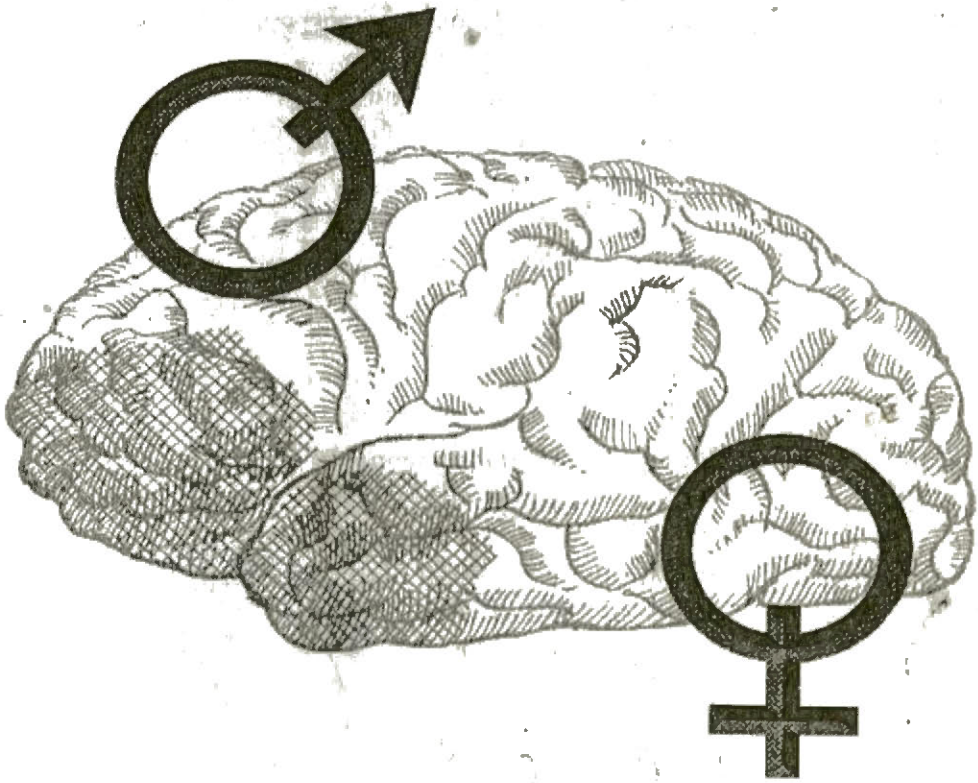
სულხან ცაბარელი

პოპულაციური ეკოლოგია



სულხან ცაგარელი

ბიოსოციოლოგია



საქართველოს განათლების სამინისტროს მიერ
დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ უმაღლესი
სასწავლებლების სტუდენტთათვის

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 2004

უაკ (UDC) 57(075.8)
ც133

სახელმძღვანელოში განხილულია ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის მიჯნაზე აღმოცენებული ახალი დისციპლინათაშორისი დარგის, ბიოსოციოლოგიის აქტუალური საკითხები. იგი ამ დარგის პირველი ქართულენოვანი გამოცემის ცდაა. სახელმძღვანელო ფართოდ არის ილუსტრირებული, რაც აადვილებს მასალის ათვისებას და საგნის შესწავლას საინტერესოს ხდის. მასში განხილულია ცხოველთა სოციალური ქცევების ბუნება და მათი ევოლუციის ასპექტების თანამედროვე ინტერპრეტაციები. სახელმძღვანელო დაეხმარებათ სტუდენტებსა და ასპირანტებს – მშობლიურ ენაზე გაეცნონ მეცნიერების ამ ახალი დარგის საფუძვლებს.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია ბიოლოგიის სპეციალობის სტუდენტებისათვის; დააინტერესებს აგრეთვე მკითხველთა ფართო წრეს.

რედაქტორები: პროფ. ა. შათირიშვილი
ი. მჭედლიძე

რეცენზენტები: პროფ. ე. აბზიანიძე
დოც. ე. ჯგერენაია



ს-284048

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2004

ISBN 99940 – 20 – 89 – 7

13426.1

ვუძღვნი მშობლების
ნათელ ხსოვნას

ავტორისაგან

ახალი მეცნიერული დისციპლინათაშორისი მიმართულება – სოციობიოლოგია მეოცე საუკუნის მიწურულს ჩამოყალიბდა. იგი ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის პრობლემათა მიჯნაზე შეიქმნა და ინტენსიურად ვითარდება. ქვეყნდება მრავალი შრომა, რომელიც ეხება ბიოსოციალურ პრობლემებს. ამ დარგში სახელმძღვანელო ყოფილ საბჭოთა კავშირში არ არსებობდა. ჩემთვის ბიოსოციოლოგიაში ინგლისურ ენაზე გამოცემული სამი მონოგრაფიული ხასიათის სახელმძღვანელოა ცნობილი: ე. ვილსონის, ა. ვალშისა და ჯ. სკოტის.

სახელმძღვანელოში განხილულია ცხოველთა სოციალური ქცევების ბუნება და მათი ევოლუციის ასპექტებთან დაკავშირებული შეხედულებები. ყოველ თავს დავურთე ლიტერატურა, რომელიც დაინტერესებულ მკითხველს გაუადვილებს საჭირო ინფორმაციის მოპოვებას იმ საკითხების შესახებ, რომლებიც თავისთავად საკამათოა და ზოგჯერ დიამეტრალურად საწინააღმდეგოც. მკითხველს ვთხოვ, ყურადღებით წაიკითხოს სურათების წარწერები, ეს გაუადვილებს ტექსტის უკეთ აღქმას.

სახელმძღვანელო „ბიოსოციოლოგია“ ამ დარგის პირველი ქართულენოვანი გამოცემის მცდელობაა. იგი შეიქმნა ბიოლოგიის ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის წაკითხული ლექციების საფუძველზე. სხვა მონაცემებთან ერთად გამოყენებულ იქნა იმ ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომელიც ტარდება ცხოველებზე ამავე უნივერსიტეტის ნეირობიოლოგიის სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში. თუ როგორ მოვახერხე ბიოსოციოლოგიის უმნიშვნელოვანეს საკითხთა თანმიმდევრული და ლოგიკური გადმოცემა – ინტერპრეტაცია, ეს უკვე მკითხველის შესაფასებელია.

სახელმძღვანელოზე მუშაობის პერიოდში დიდი დახმარება გამიწიეს კოლეგებმა, რისთვისაც მათ მადლობას ვუხდი. ნინო არჩვაძემ, ელისო ონაშვილმა, ანა სტამატელმა, მარინე შენგელიამ, რევაზ სოლომონიამ და ნოდარ ბოკუჩავამ ხელნაწერი ყურადღებით წაიკითხეს და მათი მართებული შენიშვნები გათვალისწინებულ იქნა წიგნზე მუშაობის პროცესში. ინფორმაციის მოპოვებაში დამეხმარნენ ეკატერინე მითაიშვილი და ლაურა

ჭელიძე. წიგნი დიდი გულისყურით ააწყო და დააკაბადონა მაია ჩიღვინაძემ. წიგნის გამოსაცემად მომზადებაში გაწეული შრომისათვის მინდა მადლობა გადავუხადო ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სწავლების მეთოდებისა და საშუალებების სასწავლო-მეთოდური განყოფილების გამგეს ნანა ბუაძეს.

მინდა აღვნიშნო სახელმძღვანელოს რედაქტორების – ქალბატონ ია მჭედლიძისა და ბატონ აივენგო შათირიშვილის მკაცრი და კეთილგანწყობილი ოპონირება. წიგნზე მუშაობის პერიოდში მათთან კამათმა დიდად შეუწყო ხელი სახელმძღვანელოს სრულყოფას.

მიუხედავად დიდი მცდელობისა, სახელმძღვანელო ვერ იქნება დაზღვეული ხარვეზებისაგან, რაზეც პასუხისმგებელი ავტორია. შენიშვნები, რომლებიც ხელს შეუწყობენ წიგნის დახვეწას შემდეგი გამოცემისათვის, მადლობით იქნება მიღებული.

თავი პირველი

ბიოსოციოლოგია, სოციობიოლოგია და სოციალური დარვინიზმი

შინაარსი

ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის მიჯნაზე ჩამოყალიბებული მიმართულებები 6

ბიოსოციოლოგია და სოციობიოლოგია 9

ტ. მალთუსი როგორც სოციალური დარვინიზმის წინამორბედი 15

ბიოლოგიური ევოლუციის კონცეფციის ჩამოყალიბების მოკლე ისტორია 18

სოციალური დარვინიზმი, ევგენიკა და ევფენიკა 33

მცდარი წარმოდგენა ჩ. დარვინის ევოლუციის თეორიაზე 39

ბიოლოგიური და კულტურული ევოლუციის ეპისტემოლოგია 43

ლიტერატურა 54

ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის მიჯნაზე ჩამოყალიბებული მიმართულებები

სოციოლოგია შეისწავლის სოციალური სისტემების განვითარებისა და ფუნქციონირების კანონზომიერებებს, აგრეთვე სხვადასხვა სოციალური მოვლენების ურთიერთკავშირს და ადამიანთა სოციალური ქცევის კანონზომიერებებს. ტერმინი სოციოლოგია შემოიღო ოგიუსტ კონტმა. სოციოლოგია როგორც დამოუკიდებელი მეცნიერება XIX საუკუნეში ჩამოყალიბდა.

სოციოლოგია სათავეს იღებს შორეულ წარსულში. ძველ მოაზროვნეებს შექმნილი ჰქონდათ ფილოსოფიური სისტემები, რომლებშიც გადმოცემული იყო საზოგადოებრივი ცხოვრებისა და ისტორიული განვითარების ტენდენციები.

ითვლება თუ არა სოციოლოგიის მამამთავრად კონტი, საკამათოა. ყველა უპირობოდ თვლის მას სოციოლოგიის ნათლიად. კონტმა ტერმინი შექმნა ორი განსხვავებული ენის ლათინური და ბერძნული სიტყვებისაგან. ეს სიტყვებია: ლათინური – საზოგადოება და ბერძნული – მოძღვრება. ახალი მეცნიერების აღსანიშნავად კონტი სხვადასხვა ტერმინებს ხმარობდა: „სოციალური ფილოსოფია“, „სოციალური მეცნიერება“, „სოციალური ფიზიოლოგია“ და „სოციალური ფიზიკა“. ტერმინი სოციოლოგია კონტმა პირველად იხმარა 1839 წელს „პოზიტიური ფილოსოფიის კურსის“ მეოთხე ტომის 47-ე ლექციაში. კონტის აზრით, სოციოლოგიის ჩამოყალიბება დამოუკიდებელ მიმართულებად განაპირობა იმ პრობლემებმა, რომლებსაც სხვა მეცნიერებები არ სწავლობენ. ეს საკითხებია: „საზოგადოება“, „სოციალური ორგანიზმი“, „სოციალური მოვლენა“, „სოციალური სისტემა“, „სოციალური არსებობა“ და ა.შ. ადამიანი ბუნებით სოციალურია, სოციალურობა მისი ბუნებრივი მდგომარეობაა. ბუნებრივია ეგოიზმიც. სოციალურობა თხოულობს დასწავლას. სოციალურობას ინდივიდი ითვისებს აღზრდით. საზოგადოება ბუნებრივი წარმონაქმნიდან იქცევა ხელოვნურ ნებაყოფლობით მოწესრიგებულობად.

ადამიანი თავისი სურვილით ვერ შექმნის სოციალურ მოვლენებს. მას შეუძლია შეცვალოს ისინი ბუნებრივი კანონზომიერების გათვალისწინებით. შეიძლება გაადიდო ან შეამცირო უკვე არსებული სოციალური ტენდენციები, შეცვალო მათი განვითარების სიჩქარე, მაგრამ ვერ შეცვლი მათი თანმიმდევრობის

მოწესრიგებულობას და ვერ გამოტოვებ ვერც ერთ შუალედურ ეტაპს სოციალურ სისტემაში.

იმავე 47-ე ლექციაში, რომელშიც ნახმარია ტერმინი სოციოლოგია, კონტი არისტოტელეს მოიხსენიებს სოციოლოგიის წინამორბედად. არისტოტელეს მიხედვით, დაკვირვება არის სოციოლოგიის ძირითადი ქვაკუთხედი. იგი ადამიანს განიხილავს როგორც პოლიტიკურ ცხოველს. კონტის მსოფლმხედველობა ჩამოყალიბდა ფილოსოფოსების: ბეკონის, იუმის, დეკარტისა და კონდილიაკის გავლენით. კონტი დიდად აფასებდა მონტესკიეს ღვაწლს, რომელმაც პირველმა გაავრცელა დეტერმინიზმის პრინციპები სოციალური მოვლენების შესასწავლად. მანვე აჩვენა, რომ ეს მოვლენები ექვემდებარება ბუნებრივ კანონზომიერებებს. კონტი აგრეთვე დიდ როლს ანიჭებდა ჰობსის შრომებს სოციოლოგიის ჩამოყალიბებაში. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ კონტზე დიდი გავლენა მოახდინა სენ-სიმონმა. კონტი კატეგორიულად უარყოფდა ამ გავლენას. როგორც მკვლევრები აღნიშნავენ, ძნელია მონახო კონტთან რაიმე იდეა, რომელიც სხვადასხვანაირი ფორმით უკვე არ იყოს სენ-სიმონის შრომებში. კონტის ძირითადი სოციალური ლოზუნგი – „მოწესრიგებულობა და პროგრესი“ ეყრდნობა კონდროსეს იდეას პროგრესის შესახებ, რომელსაც იგი სულიერ მამად თვლიდა.

შეიძლება ითქვას, რომ სოციოლოგია აღმოცენდა სამი კანონზომიერების კონსტატაციის საფუძველზე, რომლებიც მონაწილეობდნენ სოციოლოგიის განვითარებაში: 1) მუდმივად მიმდინარეობს სოციალური განვითარება, რომელიც უნივერსალური ბუნებისაა; 2) განვითარების საფუძველია მეცნიერული ცოდნა, რომელიც რეალიზდება ტექნიკისა და მრეწველობის განვითარებაში; 3) საზოგადოება განვითარების შედეგად იხვეწება, რაც განსაზღვრულია პროგრესის კანონის ზეგავლენით. გარკვეული აზრით, მესამე კანონზომიერება აჯამებს პირველ ორს და აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა, რათა გავერკვეთ იმ საწყის ფორმებში, რომლებმაც განაპირობეს სოციოლოგიის ჩამოყალიბება. ამით საშუალება გვეძლევა ინტერპოლაციური ანალიზის საფუძველზე გავერკვეთ პირველყოფილ ადამიანთა საზოგადოებრივი ურთიერთობების კანონზომიერებებში.

ამ პრობლემათა კვლევამ ბუნებრივად დააახლოვა სოციოლოგია და ბიოლოგია. აუცილებელი გახდა იმ მრავალფეროვანი სოციალური ურთიერთობების შესწავლა, რომლებიც არსებობენ ცხოველთა სამეფოში. ცხოველთა სოციალური ქცევების კვლევა

საშუალებას გვაძლევს გამოვარკვიოთ, თუ რა შემორჩა ცხოველური ადამიანში, უკეთ გავერკვეთ ადამიანის – სოციალური ცხოველის ბუნებაში, დავინახოთ რა არის ადამიანში ადამიანური და ცხოველური, ვიბრძოლოთ ადამიანში ცხოველური საწყისის აღმოსაფხვრელად. ბიოლოგიურისა და სოციალურის ერთიანობა ადამიანში ფილოსოფიური თვალთახედვით განხილულია ე. კოდუას წიგნში „სოციოლოგიის შესავალი".

ამ პრობლემათა არსებობამ ლოგიკურად წარმოშვა ჯერ სოციობიოლოგია, შემდეგ კი ბიოსოციოლოგია. ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის მიჯნაზე ახალი მეცნიერული მიმართულებების ჩამოყალიბების აუცილებლობა განაპირობა იმ ფაქტთა არსებობამ, რომლებსაც ადგილი აქვთ ცხოველთა სოციალური ურთიერთობების განვითარებაში. ცხოველთა სამეფოში სოციალურ ურთიერთობათა განვითარება მიმდინარეობს დაახლოებით იმგვარად, როგორც სოციოლოგიაში. ჩამოვთვლით იმ სამ კანონზომიერებას, რომლებიც განაპირობებენ ცხოველთა სოციალურ ურთიერთობათა განვითარებას: 1) ცხოველთა სოციალურ ურთიერთობათა განვითარება მიმდინარეობს მუდმივად; 2) განვითარების საფუძველია ცხოველთა დასწავლა, რომელშიც გამოხატულია ცოცხალ ორგანიზმთა თვითორგანიზაციის განსაცვიფრებელი უნარი; 3) ცხოველთა საზოგადოებრივი ურთიერთობა გარემო ფაქტორთა გავლენით იცვლება და იხვეწება.

XVIII საუკუნეში ავტონომიური დისციპლინის სახით ვითარდება ისტორიის ფილოსოფია, რომელიც სწავლობს საზოგადოების განვითარების კანონებსა და მამოძრავებელ ძალებს. ტერმინი ისტორიის ფილოსოფია პირველად იხმარა ვოლტერმა.

ისტორიის ფილოსოფიის კვლევის მეთოდოლოგიის გაფართოებამ გამოიწვია სოციოლოგიის სხვადასხვა მეცნიერებებთან დაახლოება. სოციოლოგიისა და ბიოლოგიის განვითარების მიჯნაზე ყალიბდება ახალი მიმართულებები: სოციალური დარვინიზმი, სოციალური ეკოლოგია, სოციალური ქცევათმეცნიერება, სოციალური ბიოლოგია, ბიოლოგიური სოციოლოგია, სოციონიკა* და ბიოსოციოლოგიის პრობლემატიკასთან დაკავშირებული ბიოსამედიცინო ეთიკა.*)

---

* Е.С. Филатова. Соционика для всех. Наука общения, понимания и согласия. Санкт-Петербург, 1999.

ადამიანი როგორც პიროვნება არის ისეთი სოციალური გაერთიანებების წევრი, როგორებიცაა: პირველადი სოციალური ჯგუფი, ეთნიკური კუთვნილება, სახელმწიფოს მოქალაქე და ა.შ., რომელთა ფუნქციონირება შეუძლებელია მისი აქტიური მოღვაწეობის გარეშე. ამიტომ ადამიანს ევოლუციურად ჩამოუყალიბდა სპეციფიკური ფსიქიკა, რომელიც ბიოსოციალური ბუნებისაა. ადამიანს გაცნობიერებული აქვს თავისი მოღვაწეობა, სოციალური მდგომარეობა და საზოგადოების მიერ ჩამოყალიბებული ქცევის მორალურ-ეთიკური ნორმები.

ამიტომ, ბუნებრივია, ადამიანი არის სხვადასხვა მეცნიერების კვლევის ობიექტი. გლობალური პრობლემის ცალკეული საკითხები ისწავლებოდა და ისწავლება დამოუკიდებლად. მეცნიერების განვითარების დღევანდელი დონე მოითხოვს სხვადასხვა მიმართულებათა ინტეგრაციას და ადამიანის შეცნობისათვის საერთო მეთოდის გამომუშავებას. აღნიშნული მდგომარეობა განაპირობა შემდეგმა ფაქტორებმა:

1. შეიქმნა და იხვეწება თეორიული ბიოლოგია, რომელმაც გააერთიანა ევოლუციის თეორია, სისტემათა თეორია, ორგანიზაციის მართვის თეორია და სხვ. ადამიანის ბიოლოგიური თეორიის საფუძვლები ზოგადბიოლოგიური თეორიის განუყოფელი ნაწილია;

2. ექსპერიმენტულ მეცნიერებებში დაგროვდა მდიდარი მასალა, რომელიც ეხება ადამიანის ბიოლოგიას: ფიზიოლოგია, მორფოლოგია, ემბრიოლოგია, გენეტიკა. საჭირო გახდა ამ მასალის განზოგადება ზოგადბიოლოგიურ კონცეფციაზე დაყრდნობით და მისი საზოგადოებასთან დაკავშირება;

3. დაგროვდა დიდი მასალა დემოგრაფიულ სტატისტიკაში, რომელიც იძლევა პროგნოზირების საშუალებას;

4. ეკოლოგიური კრიზისი სტიმულს აძლევს ადამიანის ბიოსოციალურ შესწავლას. ბიოგეოსფეროზე დიდ გავლენას ახდენს საწარმოო, ენერგეტიკული, მატერიალური და ინფორმაციული პროცესები. მათი მოქმედებით იცვლება ბიოტური წრებრუნვა. საზოგადოების არსებობისათვის შეუძლებელია საწარმოო პროცესთა შეწყვეტა, უნდა მოხდეს მათი ოპტიმიზაცია ადამიანის მოთხოვნილებათა შესაბამისად.

უკანასკნელ ხანს საკმაოდ მომრავლდა შრომები, რომლებშიც ზოგადბიოლოგიური წარმოდგენები ვრცელდება Homo sapi-

ens-ზე. აღსანიშნავია ცნობილი პრიმატოლოგის დ.მორისის ნაშრომი "უბალნო მაიმუნი". ავტორი განიხილავს იმ მორფო-ფიზიოლოგიურ თავისებურებებს, რომლებიც მარტო ადამიანისათვის არიან დამახასიათებელი და ხაზგასმით აღნიშნავს, რომ ადამიანებმა უნდა შევხედოთ ჩვენს თავს, როგორც ბიოლოგიურ სახეს და დავადგინოთ საზღვარი ჩვენსა და ცხოველებს შორის. წინააღმდეგ შემთხვევაში იმ ტოტს მოვჭრით, რომელზეც ვზივართ.

ენტომოლოგმა ე.ვილსონმა, რომელიც ცნობილია ფუნდამენტური გამოკვლევით „მწერთა საზოგადოება", 1975 წელს გამოაქვეყნა ნაშრომი „სოციობიოლოგია: ახალი სინთეზი", რომელიც რამდენჯერმე, ბოლოს კი 2000 წელს გამოიცა (Wilson, 2000). წიგნმა თავიდანვე მიიპყრო ყურადღება. მას გამოუჩნდნენ მიმდევრებიც: დ.ბარაში, რ.დოკინზი, მ. რიუზი, ჩ. ლამსდენი, დ. ფრიდმენი და სხვ. ცხოველთა ქცევის გენეტიკისა და ევოლუციის ცნობილმა ავტორიტეტმა, ედინბურგის უნივერსიტეტის პროფესორმა ო.მენინგმა (Менинг,1982) ამ წიგნს საუცხოო უწოდა. ვილსონის ნაშრომში სიახლედ და პერსპექტიულად მას მიაჩნია კავშირი რაოდენობრივ ეკოლოგიას, გენეტიკასა და ევოლუციურ თეორიას შორის. სოციობიოლოგია განსაკუთრებულ როლს ანიჭებს ნათესაურ გადარჩევას, რომელიც კარგად მჟღავნდება ინდივიდში და ინდივიდის დამოკიდებულებაში ჯგუფის სხვა წევრებთან.

ტერმინი „სოციობიოლოგია" პირველად ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად იხმარეს დ.სკოტმა და ჩ.ჰოკეტმა 1946 და 1948 წლებში. სკოტის(Scott, 1989) მიხედვით სოციობიოლოგია არის დამოუკიდებელი მეცნიერება, რომელსაც შუალედური მდგომარეობა უკავია ბიოლოგიას (განსაკუთრებით ეკოლოგიასა და ფიზიოლოგიას), ფსიქოლოგიასა და სოციოლოგიას შორის.

სოციობიოლოგია არ შეიძლება ჩაითვალოს სრულიად ახალ დამოუკიდებელ მიმართულებად. იგი აღმოცენდა ეთოლოგიური და ეკოლოგიური სოციალური ქცევის საფუძველზე. ამ მიმართულებისაგან განსხვავებით, სოციობიოლოგია ცდილობს ცხოველთა საზოგადოებრივი ქცევის სხვადასხვა ფორმების ახსნას გენეტიკისა და ევოლუციური თეორიის საფუძველზე. ვილსონი 1971 წელს წიგნში „მწერთა თანასაზოგადოება" ამტკიცებდა, რომ მწერთა ქცევის ბუნების გასარკვევად გამოყენებული პოპულაციური ბიოლოგიისა და შედარებითი ზოოლოგიის პრინციპები შეიძლება გავრცელდეს ხერხემლიან ცხოველებზე. ხერხემ-

ლიანთა ქცევის შესწავლის საფუძველზე მიღებული შედეგებით ვილსონი მივიდა დასკვნამდე, რომ ცხოველთა სამყაროში მოქმედი ბიოლოგიური კანონზომიერებები შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული საზოგადოებრივ მეცნიერებებში.

ვილსონის ინტერპრეტაციით სოციობიოლოგია სწავლობს საზოგადოებრივი ქცევის ყველა ფორმის ბიოლოგიურ საფუძვლებს. სხვა მკვლევრებისაგან განსხვავებით, ვილსონი ირწმუნება, რომ ევოლუციურ-ბიოლოგიური საფუძვლები შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული ადამიანის სოციალური ქცევის ასახსნელად. 1983 წელს ვილსონი ლამზდენთან თანაავტორობით გამოქვეყნებულ ნაშრომში აღნიშნავდა, რომ ყველა სოციობიოლოგს არ აინტერესებს ადამიანის სოციოლოგია. გენეტიკისა და ეთოლოგიის დაახლოებამ განაპირობა ისეთი პრობლემების კვლევა, როგორიცაა ადამიანის ქცევის გენეტიკური დეტერმინიზაცია. ასეთი სახის შრომები, რომლებიც პოპულარული გახდა ბოლო სამი ათეული წლის განმავლობაში, აშშ-ში – სოციობიოლოგიის, ხოლო ევროპაში ადამიანის ეთოლოგიის სახელითაა ცნობილი.

სოციობიოლოგიის განმარტება საკმაოდ რთული აღმოჩნდა. მისი მთავარი სისტემატიზატორი ვილსონი ნაშრომში „სოციობიოლოგია: ახალი სინთეზი" შემდეგნაირად განმარტავს ამ ახალ მიმართულებას: „სოციობიოლოგია არის საზოგადოებრივი ქცევის ბიოლოგიური საფუძვლების სისტემური კვლევა". თუმცა ასეთი განმარტება ზოგადი და საკმაოდ ფართოა.

ვილსონს, როგორც წიგნის სათაურიდანაც ჩანს, სურდა შეექმნა ახალი სინთეზური მიმართულება, რომელიც დაადგენდა ცოცხალ არსებათა და მათ შორის ადამიანთა სოციალური ქცევის ბიოლოგიურ კანონზომიერებებს. სოციობიოლოგია ჩამოყალიბდა სხვადასხვა მეცნიერებათა მიჯნაზე. იგი ემყარება პოპულაციური გენეტიკის, ეთოლოგიის, ეკოლოგიის, ევოლუციური თეორიის, მედიცინის, სოციალური ფსიქოლოგიის, ანთროპოლოგიის, ეთნოგრაფიის, ლინგვისტიკისა და სხვა მეცნიერებათა მონაცემებს. მართალია, სოციობიოლოგიის ისტორია მცირე პერიოდს მოიცავს, მაგრამ იგი მალე გახდა პოპულარული და საფუძველი ჩაუყარა კვლევის ახალ პროგრამას.

სოციობიოლოგიის ცენტრალური დოგმაა: ყოველი ინდივიდის ქცევა მიმართულია მაქსიმიზაციისაკენ, რომელიც ბიოლოგიური შეგუებულობითაა განპირობებული. ბოლო ათი წლის განმავლობაში ჩატარებული სოციალურ-ფსიქოლოგიური გა-

მოკვლევები საშუალებას იძლევა გავერკვეთ ადამიანის ქცევის თავისებურებაში, რითაც იგი, მიუხედავად ფიზიოლოგიური პროცესების მსგავსებისა, განსხვავდება ცხოველისაგან. ადამიანის უნიკალურობის აღიარებამ, განსაკუთრებით მისი ქცევების გათვალისწინებით, არ უნდა დაგვავიწყოს მნიშვნელოვანი ფაქტი: Homo sapiens-ი არის დედამიწაზე დასახლებული ბიოლოგიური სახე და სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მსგავსად ბიოსფეროს წევრია, ამიტომ კაცობრიობის განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანის ბიოლოგიის სპეციფიკის სწორად შეცნობას. ადამიანმა ევოლუციის შედეგად შეძლო თავისი ქცევების რეგულირება, რომელიც არსებულ საზოგადოებაში სოციალურად მიზანსწრაფულია. ბუნებრივია, ამ პრობლემის შეცნობა თხოულობს საბუნებისმეტყველო და საზოგადოებრივ მეცნიერებათა მიღწევების სინთეზს, რაც ჩამოყალიბდა ვილსონის ნაშრომში.

პრინციპები სინთეზისა, რომელიც შეიძლება დამყარდეს ფილოგენეზს, ეკოლოგიასა და სოციობიოლოგიას შორის, სქემატურად ნაჩვენებია ცხრილში1.1.

სოციობიოლოგიის სფუძველს წარმოადგენს რედუქციონიზმი. რედუქციონიზმი არის მეცნიერული კვლევის მეთოდოლოგია, რომლის მეშვეობითაც უკეთ შეიცნობა მატერიის უმაღლესი ფორმების ბუნება დაბალ საფეხურზე არსებული ფორმების კანონზომიერებათა გათვალისწინებით. რედუქციონიზმის ტენდენცია ნიშანდობლივია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისათვის, იგი გამოიყენება აგრეთვე ფსიქოლოგიასა და ლინგვისტიკაში. რთულ სისტემათა კვლევა მათი მარტივ შემადგენლებად დაშლის გზით ხშირ შემთხვევაში მეტად მომგებიანია. მაგალითად, გენეტიკური კოდის გაშიფვრამ ნათელი მოჰფინა მრავალ ბიოლოგიურ კანონზომიერებას, რადგანაც იგი დაყვანილ იქნა ქიმიური კანონების ურთიერთქმედებასა და კოდირების შედარებით მარტივ წესზე, რაც დასტურდება თანამედროვე მოლეკულური ბიოლოგიის მიღწევებით. ანალოგიური მდგომარეობაა სოციოლოგიაში. სოციოლოგიურ კანონზომიერებათა შესწავლა ქმნის სოციოლოგიის ბუნების კვლევის ახალ პერსპექტიულ მიმართულებას.

სოციობიოლოგია აყენებს პოსტულატს იმის შესახებ, რომ არსებობს გენები, რომლებიც აკონტროლებენ ადამიანის რთული ქცევების მრავალ ასპექტს: აგრესიას, ეგოიზმს, ალტრუიზმს,

განსხვავებულ სქესობრივ ქცევებს. რთული ქცევები დაიყვანება გენთა ექსპრესიაზე.

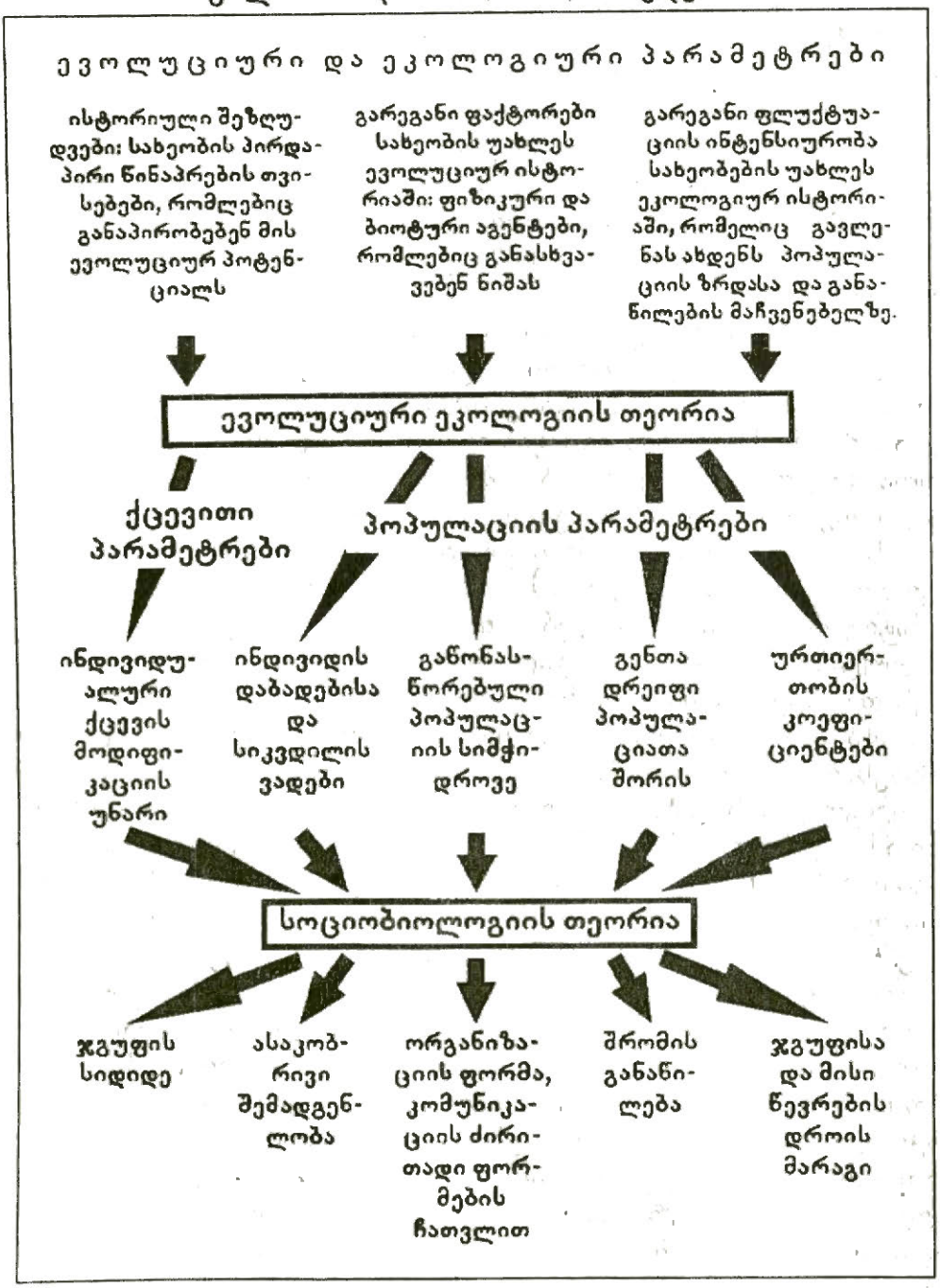
რიჩარდ დოკინზის წიგნმა „ეგოისტური გენი“ (Докинз, 1993) ფართო პოპულარობა მოიპოვა. ავტორის აზრით, გენი ეგოისტური ბუნებისაა, რადგან იგი არის წამყვანი ძალა რეპროდუქციის პროცესში. ეს დასტურდება იმით, რომ გენებს შეუძლიათ რეპლიკაცია (გამრავლება), რისი მეშვეობითაც ისინი გადაეცემიან მომდევნო თაობებს. ამ მოსაზრების მიხედვით ადამიანის ყველა რთული ქცევა გენთა რეპლიკაციისა და რეგულაციის პროდუქტია. ადამიანის ქცევის სოციობიოლოგიური და ნეირობიოლოგიური ახსნა სიცოცხლის ორგანიზაციის გენეტიკურ დონეზეა დაფუძნებული.

ვილსონის მიხედვით სოციალური სისტემები იქმნებოდა მრავალჯერ, განსხვავებული სპეციალიზაციის ხარისხითა და ორგანიზაციული დონით. განვითარების პიკს მიღწეული ცოცხალი ორგანიზმებიდან იგი გამოყოფს ოთხ დონეს: 1. უხერხემლოთა კოლონიური ფორმები; 2. საზოგადოებრივი მწერები; 3. ძუძუმწოვრები (ადამიანის გარდა); 4.ადამიანები. ოთხივე ჯგუფს აქვთ საერთო სოციალური თვისებები, მაგრამ განსხვავდებიან გაერთიანების პრინციპებით. ადამიანებმა საკუთარი სოციალური სტრუქტურა ისე რთული გახადეს, რომ გაჩნდა სოციალური ევოლუციის მეოთხე პიკი. ვილსონმა მონოგრაფიის ბოლო, 27-ე თავს დაარქვა: „ადამიანი სოციობიოლოგიიდან სოციოლოგიამდე“. იგი განაზოგადებს ბიოლოგიაში არსებულ ფაქტებს და აღნიშნავს, რომ სოციალური ქცევები გააჩნიათ ცხოველებსაც.

ევოლუციის დაბალ საფეხურზე მდგომი ცხოველების პირველადი სოციალურობა არ შეესაბამება მაღალორგანიზებული ინდივიდებისას. სოციობიოლოგთა აზრით, სოციოგენეზი ადამიანის ევოლუციის ერთ-ერთი ძირითადი პრინციპია. ამიტომ დღეს ინტენსიურად ხდება ცხოველების სოციალური ქცევების ევოლუციის შესწავლა. ამ მხრივ განსაკუთრებით საინტერესოა ძუძუმწოვრები, რადგან მათში შეიძლება გამოვლინდეს ადამიანებისათვის დამახასიათებელი ქცევების ჩანასახი. შეიძლება ვაღიაროთ, რომ ტერიტორიული და იერარქიული კონფლიქტებით წამოჭრილი სოციალური წინააღმდეგობები ადამიანს მემკვიდრულად გამოჰყვა ცხოველთა სამყაროდან. იგივე შეიძლება ითქვას აგრესიულ და ალტრუისტულ ქცევებზე. ამიტომ სოციობიოლოგია ინტენსიურად იკვლევს სოციალური ქცევების ბიოლოგიურ განვითარებას ონტო- და ფილოგენეზში.

ცხრილი 1.1

კავშირი რომელიც შეიძლება დამყარდეს ფიოლოგენეზს, ეკოლოგიასა და სოციობიოლოგიას შორის ვილსონის (Wilson, 2000) მიხედვით



ჩვენ განვმარტეთ, თუ რას შეისწავლის სოციობიოლოგია. ბუნებრივია, მკითხველს გაუჩნდება კითხვა – რა განსხვავებაა სოციობიოლოგიასა და ბიოსოციოლოგიას შორის, რას შეისწავლის ბიოსოციოლოგია.

ბიოსოციოლოგია მსგავსად სოციობიოლოგიისა, ჩამოყალიბდა ბიოლოგიისა და სოციოლოგიის მიჯნაზე. იგი სწავლობს ადამიანთა და ცხოველთა სოციალურ ცხოვრებას. მისი მიზანია, გამოარკვიოს, როგორ მოქმედებს ბიოლოგიური პროცესები სოციალურ ქცევებზე. ბიოლოგიური პროცესებიდან გამოყოფენ: ალტრუიზმს, ეგოიზმს, შიშს, სიყვარულს, დასწავლას, გონივრულ ქცევებს, თამაშებს და განწყობას. სწავლობენ ამ პროცესთა მონაწილეობას სოციოგენეზში და იმ აგრესიულობას, რომელსაც ადგილი აქვს სოციალურ ჯგუფებში. სოციობიოლოგია კი სწავლობს სოციალური ქცევის გენეტიკურ ბუნებას.

ტ. მალთუსი როგორც სოციალური დარვინიზმის წინამორბედი

სოციალური დარვინიზმი არის XIX ს. ბოლოს და XX ს. დასაწყისში ჩამოყალიბებულ იდეათა მიმართულება საზოგადოებათმცოდნეობაში. იგი საზოგადოების განვითარების კანონზომიერებებს განიხილავს ბიოლოგიური ევოლუციის თვალსაზრისით. საზოგადოების ცხოვრება ემყარება ორგანული სამყაროს ისტორიული განვითარების ფაქტორებს: ბუნებრივ გადარჩევას, არსებობისათვის ბრძოლას, მემკვიდრულ ცვალებადობას. ამ მიმართულების შორეულ წინამორბედად ითვლება ანგლიკანური ეკლესიის მოძღვარი და ჰარტფორდის კოლეჯის ახალი ისტორიისა და ეკონომიკის კათედრის პროფესორი ტომას რობერტ მალთუსი/1766-1844/.

1798 წ. გამოქვეყნებულ ტრაქტატში – „ხალხთა მოსახლეობის ბუნებრივი კანონი“ მალთუსმა ჩამოაყალიბა სოციოლოგიური დოქტრინა, რომელიც შემდგომ ფართოდ გავრცელდა საზოგადოებრივ აზროვნებაში. იგი XIX ს-ის ბოლოს განსაკუთრებით პოპულარული გახდა პოლიტიკურ ეკონომიკაში. მალთუსის კანონით, მოსახლეობა იზრდება გეომეტრიული პროგრესიით, ხოლო არსებობის საშუალებები კი არითმეტიკულით, რაც ქმნის წინააღმდეგობას საზოგადოების განვითარებაში. მან აღნიშნული მოვლენები შენიშნა მდაბიო და ღარიბი ხალხის ზედმეტად სწრაფი ტემპით

გამრავლებაში, რაც იწვევს მოსახლეობის სიჭარბეს; ამიტომ ის მდაბიოებსა და ეკონომიკურად არაუზრუნველყოფილებს ურჩევდა ქორწინებისაგან თავის შეკავებას, რათა ამით შეზღუდულიყო გამრავლება. სიღატაკე, შიმშილი, ეპიდემიები, განუხრელად მზარდი სიკვდილიანობა, მძიმე და მომქანცველი შრომა და ომები მალთუსს მიაჩნდა ხალხთა რაოდენობის ბუნებრივ მარეგულირებელ პროცესად. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ მალთუსმა ეს ნაშრომი შექმნა 1793 წელს ლონდონში გამოქვეყნებული უილიამ გოდვინის წიგნის „გამოკვლევა პოლიტიკური სამართლიანობისა და მისი გავლენისათვის ზნეობასა და ბედნიერებაზე" საპასუხოდ, რომელშიც ავტორი საყოველთაო ბედნიერების პირობას კერძო საკუთრების გაუქმებაში ხედავდა.

ბოლო დროს პოპულარობა მოიპოვა ჯ.ბონერის და გ.ბრაუნის "მოსახლეობის ოპტიმუმის" თეორიამ. გ.ტეილორი და პ.ერლიხი ეკოლოგიური კრიზისის ერთადერთ მიზეზად მოსახლეობის ზრდას აღიარებდნენ. ამ მიმართულებით საინტერესოა შევეხოთ თანამედროვე ეკონომისტის, ნობელის პრემიის ლაურეატის ფ.ჰაიეკის (**Хайек**, 1992) შეხედულებას. მოსაზრება, რომ მოსახლეობის ჭარბი ზრდა უბედურებით ემუქრება კაცობრიობას, მცდარია. ასეთი შეხედულება არის მალთუსის კონცეფციის ახლებური ინტერპრეტაცია. მალთუსის შეხედულება სწორი იყო იმ დროისათვის და იყო მოსახლეობის ჭარბ ზრდასა და საარსებო საშუალებებს შორის კორელაციის დამყარების პირველი მცდელობა. მალთუსის შეხედულება ვრცელდება ადამიანთა შრომის ერთგვაროვნებაზე. იმ პერიოდისათვის არსებობდა დაქირავებული შრომის მხოლოდ ერთი ფორმა. ეს იყო შრომა სოფლის მეურნეობაში, შრომა ერთგვაროვან გარემოში ერთი და იგივე იარაღებით, სადაც მოქმედებდა ორფაქტორიანი ეკონომიკის თეორიული მოდელი. ასეთ პირობებში მალთუსის თეორია ახლოა ჭეშმარიტებასთან. ცივილიზაციამ შეცვალა პირობები. შრომა აღარ არის ერთგვაროვანი. ეკონომიკის დივერსიფიკაცია, დიფერენცირება და სპეციალიზაცია ხელს უწყობს ახალ საწარმოო საშუალებათა გაჩენას და ზრდის შრომის ნაყოფიერებას. ამიტომ ახალ პირობებში მალთუსის დასკვნები ძალას კარგავს.

მომავალზე ფიქრი განსაკუთრებით პოპულარული ხდება კრიზისის პერიოდში. ძნელია განსაზღვრო რა მოხდება მომავალ წელს, უფრო ძნელია გრძელვადიანი პროგნოზირება. ერთი კი ფაქტია, უტყუარად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ XXVIII საუკუნის

ბოლოს მოსახლეობის რაოდენობა დედამიწაზე გაიზრდება. ფუტუროლოგთა უმრავლესობა თვლის, რომ მოგვიხდება ენერგეტიკული რესურსების მომჭირნეობით ხარჯვა. უნდა შემცირდეს ნარჩენთა რაოდენობა. მრავალი მეცნიერი იზიარებს, რომ მომავალში ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში ერთ სულ მოსახლეზე გაიზრდება ენერგეტიკული მოთხოვნა, რომელიც ვერ გამოიწვევს სასიცოცხლო პირობების გაუმჯობესებას. გამორიცხული არ არის გამოიწვიოს უკუეფექტიც.

იტალიელი ეკონომისტის, მრეწველობის მართვის სპეციალისტის, აურელიო პეჩეის ინიციატივით 1968 წლის აპრილში რომში შეიკრიბა ათი ქვეყნის 30 წარმომადგენელი. ჯგუფი შედგებოდა მათემატიკოსების, ბიოლოგების, ეკონომისტების, სოციოლოგებისა და მეწარმეებისაგან. ისინი შეიკრიბნენ, რათა გლობალური მასშტაბით განეხილათ კაცობრიობის განვითარების სირთულეების აწმყო და მომავალი. ჯგუფს ეწოდა „რომის კლუბი". კლუბი სხვადასხვა ქვეყნების ავტორიტეტულ მეცნიერულ კოლექტივებს უკვეთავს მოხსენებებს, რომელთა მასალებსაც აქვეყნებს „ რომის კლუბის მოხსენებებში", საერთო სახელწოდებით „კაცობრიობის გასაჭირი". პირველი მოხსენება „ზრდის ზღვარი" მომზადებულ იქნა მასაჩუსეტსის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის მიერ დენის და დონელ მედოუზების ხელმძღვანელობით. ჯემ ფორსტერის მიერ დამუშავებული სისტემური ანალიზის ნოვატორულ მეთოდიკაზე დამყარებით კოლექტივმა შექმნა გლობალური მოდელი. მოდელს უნდა ესინასწარმეტყველა, რა მოელის კაცობრიობას მომავალში, თუ შენარჩუნდება თანამედროვე ეკონომიკური და პოლიტიკური მეთოდები. მოდელირების შედეგებმა აჩვენა, რომ ხშირ შემთხვევაში წარმოიშვება საარსებო რესურსების მატებისა და დაქვეითების ციკლები, მოხდება მრეწველობის ზრდა საარსებო რესურსებთან ერთად. გარკვეული პერიოდის შემდეგ ზრდის ტემპი გაიზრდება მოსახლეობის ზრდასთან ერთად. გაიზრდება აგრეთვე ენერგიაზე მოთხოვნაც. წარმოიქმნება ზღვარი, რომელიც გამოიწვევს კატასტროფას. ბუნებრივია, მოხსენების მასალებმა გამოიწვია მძაფრი კრიტიკა. გამოთქმული იყო აზრი იმის შესახებ, რომ მოდელში არ იყო გათვალისწინებული ახალი ტექნოლოგიები და საარსებო რესურსები. კრიტიკის მიუხედავად მოდელირების შედეგები აფრთხილებს კაცობრიობას, ყურადღებით მოეკიდოს მომავალს.

"რომის კლუბის" პირველ მოხსენებას მოჰყვა სხვა მოხსენებებიც, რომლებიც მიეძღვნა კაცობრიობის განვითარების სხვა-

დასხვა საკითხებს: „კაცობრიობა გზაჯვარედინზე“; „საერთაშორისო წესრიგის გარდაქმნა”; „ გლობალური საზოგადოების მიზანი” და ა.შ. თუ ეკოლოგია და ეკონომიკა შეირწყმება ეთიკის საფუძველზე და გააფართოებს კვლევის პერსპექტივას, მაშინ კაცობრიობას საფუძველი ეძლევა ოპტიმისტურად ელოდოს თავის განვითარებას.

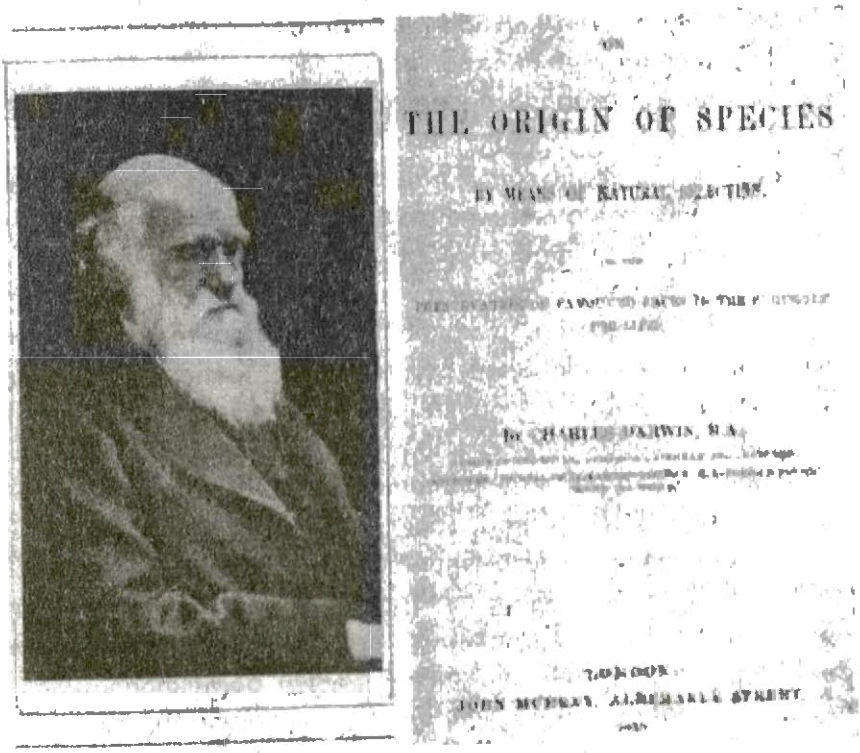
ბიოლოგიური ევოლუციის კონცეფციების ჩამოყალიბების მოკლე ისტორია

„ავტობიოგრაფიაში” დარვინი საინტერესო ფაქტს აღნიშნავს. 1838 წ. ოქტომბერში, მუშაობის მეთხუთმეტე თვეზე, მას შემდეგ, რაც მან დაიწყო მცენარეთა და ცხოველთა ცვალებადობის სისტემური კვლევა, გართობის მიზნით იგი გაეცნო მალთუსის ტრაქტატს. წაკითხულს დარვინზე დიდი შთაბეჭდილება მოუხდენია. მას შექმნია აზრი, რომ არსებობისათვის ბრძოლაში უნდა გადარჩეს სასარგებლო ცვლილების მფლობელი ინდივიდი, ხოლო საზიანოს მქონე დაიღუპოს, რაც ახალი სახეობის წარმოშობის საფუძველია. მალთუსის გავლენით დარვინმა ჩამოაყალიბა თეორია, რომლის საფუძველზეც მას შეეძლო გაეგრძელებინა მუშაობა, მაგრამ იმდენად შეშინებია არ მოქცეულიყო მალთუსის გავლენის ქვეშ, რომ თავისი აზრების ჩანაწერიც კი არ გაუკეთებია. 1842 წ. ივნისში დარვინს დიდი გატაცებით ჩამოუყალიბებია თავისი შეხედულებები 35 გვერდზე, ხოლო 1844 წ. ზაფხულის პერიოდში ეს თეორია აღწერა 230 გვერდიან ნაშრომში.

მოგვიანებით, 1859 წ., როცა დარვინმა გამოსცა „სახეობათა წარმოშობა” (Дарвин, 1952), მალთუსი შესავალში მოიხსენია, ხოლო ნაშრომის მესამე თავში ქვეთავად გამოყო გამრავლების გეომეტრიული პროგრესია და აღნიშნა მისი სამართლიანობა ცხოველთა და მცენარეთა სამყაროსათვის. დარვინი აღნიშნავდა, რომ მალთუსის მიერ ჩამოყალიბებული შეხედულება უფრო ძლიერად მოქმედებს ცხოველებსა და მცენარეებში, ვიდრე ადამიანთა საზოგადოებაში (სურ.1.1).

აღნიშნულ ნაშრომში დარვინმა სისტემაში მოიყვანა ბიოლოგიის სხვადასხვა დარგებიდან მოპოვებული მრავალი მონაცემი, რომლებშიც ნაჩვენები იყო ორგანული სამყაროს ევოლუცია. ლიტერატურული მონაცემებისა და საკუთარი მასალის ანალიზ-

ზე დაყრდნობით მან ჩამოაყალიბა ბუნებრივი გადარჩევის თეორია, რომელიც თანამედროვე ბიოლოგიის ძირითადი ქვაკუთხედია. დარვინი აღნიშნავდა, რომ პოპულაციაში შემავალი ინდივიდები ერთმანეთისაგან მრავალი ნიშნით განსხვავდებიან. განსხვავების ბუნება კი გავლენას ახდენს ინდივიდის ევოლუციურ პოტენციაზე. ინდივიდები, რომელთაც აქვთ უნარი ცვალებად გარემოში ადეკვატურად შეიცვალონ და დატოვონ დიდი რაოდენობით შთამომავლობა, მეტი ალბათობით გადარჩებიან არსებობისათვის ბრძოლაში.



სურ.1.1. *ჩ. დარვინი და სატიტულო ფურცელი მისი ნაშრომისა ბიოლოგიური ევოლუციის ძირითად საკითხებზე.*

ტერმინი "არსებობისათვის ბრძოლა" დარვინმა შემოიღო მალთუსის ზეგავლენით. არსებობისათვის ბრძოლაში იგულისხმება ორგანიზმის აქტიურობა, მიმართული სიცოცხლის შესანარჩუნებლად და შთამომავლობის არსებობის უზრუნველსაყოფად. ინდივიდთა შეგუებულობაში იგულისხმება ყველა ნიშანი, რომელიც გააჩნია ცოცხალ ორგანიზმებს. ამ საკითხებით დაინტერესებულ ქართველ მკითხველს საჭირო ინფორმაციის მიღება

შეუძლია ა. შათირიშვილის, ს.ცაგარელის, მ.ცარციძის წიგნში: "ზოგადი ბიოლოგია" (1999ნ).

ბუნებრივი გადარჩევა მოქმედებს პოპულაციის დინამიკაზე და მისი გავლენა სტატისტიკური ხასიათისაა. ბიოლოგიური ევოლუცია დარვინისეული ბუნებრივი გადარჩევით და მუტაციური ცვალებადობით მეცნიერებაში ფართოდ არის აღიარებული არა მარტო როგორც თეორია, არამედ დადასტურებულია ფაქტებითაც. დღემდე არ არსებობს ერთნაირი შეხედულება ამ ფაქტორთა მოქმედების მექანიზმის შესახებ. განსაკუთრებით გაურკვეველია გადარჩევის, მუტაციის და შემთხვევითობის როლი მაღალი დონის ბიოლოგიურ ორგანიზაციაში.

ბუნებრივი გადარჩევა შეიძლება განიმარტოს მარტივად როგორც სხვადასხვა გენეტიკური ვარიანტების დიფერენციაციის წარმოქმნა, რაც ნიშნავს, რომ ზოგიერთ მემკვიდრულ ვარიანტებს აქვს გადარჩენისა და თაობათა დატოვების მეტი შანსი. ბუნებრივი გადარჩევა მიმდინარეობს იმიტომ, რომ გარკვეულ ორგანიზმებს გააჩნიათ გადარჩენისა და დიდი რაოდენობით შთამომავლობის დატოვების მეტი უნარი. დარვინი ხაზგასმით აღნიშნავდა, რომ კონკურენცია და ელიმინაცია ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული, რადგანაც საარსებო რესურსები შეზღუდულია, ხოლო ბუნებრივი გადარჩევა გამოავლენს კონკურენციაში გამარჯვებულს.

დარვინმა, „სახეობათა წარმოშობაზე" მუშაობის ოცი წლის თავზე, 1859 წლის 18 ივნისს, ახალგაზრდა ინგლისელი ბიოგეოგრაფისა და ზოოლოგის ალფრედ რასელ უოლესისგან (1823-1913) მიიღო ხელნაწერი სტატია, რომელიც ეხებოდა ბუნებრივი გადარჩევის თეორიას. იმ პერიოდისათვის 48 წლის დარვინი ინგლისში სახელმოხვეჭილ, ავტორიტეტულ ნატურალისტად ითვლებოდა. მას გამოქვეყნებული ჰქონდა ფუნდამენტური შრომები ზოოლოგიაში, პალეონტოლოგიაში, გეოლოგიასა და გეოგრაფიაში. უოლესმა იცოდა, რომ დარვინი მუშაობდა ევოლუციის საკითხებზე. მათ ჰქონდათ მიმოწერა და უზიარებდნენ ერთმანეთს მეცნიერული კვლევის ინტერესებს. დარვინისა და უოლესის ურთიერთობა მეცნიერული კეთილსინდისიერების კლასიკური და მისაბაძი ნიმუშია. ხელნაწერის გაცნობამ ააღელვა დარვინი. ააღელვა არა მარტო იმან, რომ ახალგაზრდა მკვლევარმა დაასწრო მას, არამედ იმანაც, რომ მათი შეხედულებები და ტერმინებიც ემთხვეოდნენ. დადგა პრიორიტეტის საკითხი. ხელნაწერი დარვინს დასაბეჭდად უნდოდა გადაეცა ჩ. ლაიელისათვის და

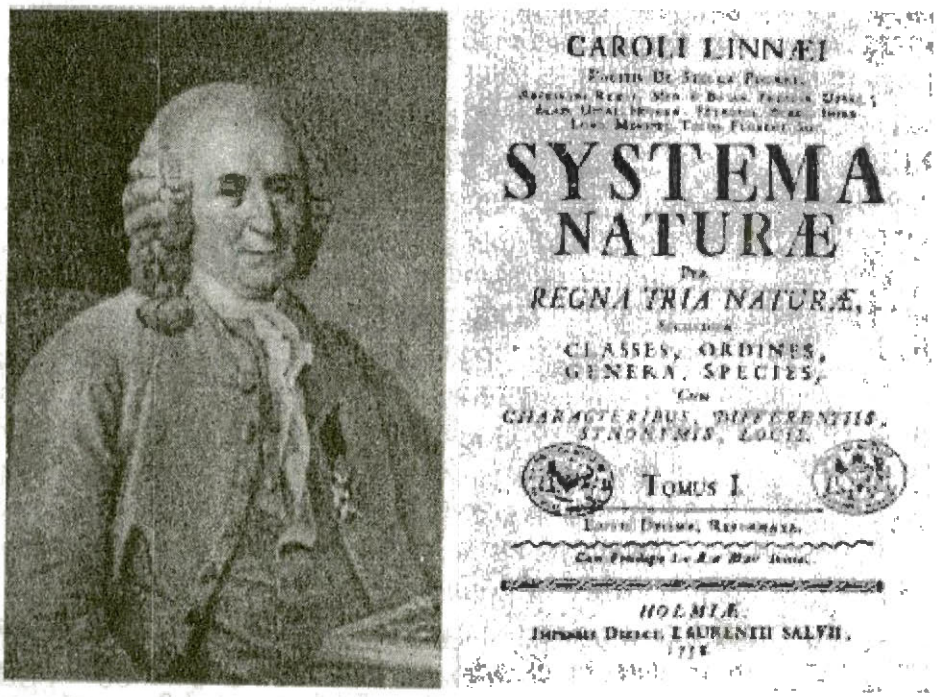
არაფერს ამბობდა იმაზე, რომ თვითონ მას უკვე ჰქონდა მომზადებული ხელნაწერი მომავალი სამტომეულისთვის.

მეგობრების დაჟინებული თხოვნით დარვინმა თავისი ნაშრომებიდან ამოკრიფა საკითხები და 1858 წლის აგვისტოში ლონდონის ლინეს საზოგადოების შრომათა კრებულში უოლესის სტატიასთან ერთად გამოაქვეყნა. მოგვიანებით უოლესი წერდა, რომ ევოლუციის თეორიაზე დარვინი გაცილებით ადრე მუშაობდა და პრიორიტეტი მას ეკუთვნისო. საინტერესოა აღინიშნოს, თუ რა განსხვავებაა დარვინისა და უოლესის შეხედულებებში. უოლესმა ვერ შეაფასა არამემკვიდრული (მოდიფიკაციური) ცვალებადობა, უარყოფდა სქესობრივ გადარჩევას. უარყო აგრეთვე ბუნებრივი გადარჩევის როლი ადამიანის ევოლუციაში. საკუთარი დაკვირვებების, იმდროინდელი მეცნიერული ცოდნისა და სელექციის მიღწევათა განზოგადების საფუძველზე დარვინს უფრო არგუმენტირებულად აქვს დასაბუთებული თავისი შეხედულებები. ამიტომაც მკვლევარნი ამ კონცეფციას დარვინ-უოლესის თეორიას უწოდებენ. 1864 წელს უოლესი სტატიაში „ბუნებრივი გადარჩევა“ იზიარებს დარვინის ყველა ძირითად იდეას და მას „ბუნებისმეტყველების ნიუტონს“ უწოდებს. 1869 წელს უოლესი აქვეყნებს წიგნს თავისი მოგზაურობის შესახებ მსგავსად დარვინის „ბიგლისა“. უოლესმა წიგნი მიუძღვნა დარვინს და ეპიგრაფში აღფრთოვანებულია მისი გენიითა და შრომებით. მანვე ევოლუციის თეორიის აღსანიშნავად შემოიტანა ტერმინი „დარვინიზმი“ (Уоллес, 1898).

დარვინის დიდი ღვაწლი კაცობრიობის წინაშე ის კი არ არის, რომ უოლესთან ერთად დაამტკიცა ბიოლოგიური ევოლუციის არსებობა, ამაზე სხვა მკვლევრებიც წერდნენ მასზე ადრე. დარვინის დამსახურება ისაა, რომ მან პირველმა აღმოაჩინა ევოლუციის ძირითადი მამოძრავებელი ფაქტორი - ბუნებრივი გადარჩევა. სწორედ ბუნებრივი გადარჩევაა ბიოლოგიური ევოლუციის წარმმართველი ფაქტორი.

დარვინამდე ბიოლოგიაში გაბატონებული იყო იდეალისტური მიმართულება — კრეაციონიზმი (კრეაციონიზმი ლათინური სიტყვაა და ქართულად შექმნას ნიშნავს). ამ მიმართულების მიმდევრებს მიაჩნდათ, რომ სიცოცხლის წარმოშობა და ორგანული სამყაროს ფორმათა მრავალფეროვნება ღმერთის შემოქმედების შედეგია. ამ აზრს იზიარებდა კარლ ლინე (1707-1778), სახეობები შექმნილია შემოქმედის მიერ, როგორც აღწერილია ბიბლიაში, ამიტომ ისინი არ იცვლებიან. ლინემდე ანალოგიური შეხედულე-

ბა ჩამოაყალიბა ერთ-ერთმა პირველმა სისტემატიკოსმა ჯონ რეიმ (1627-1705). იგი სახეობათა შემგუებლობაში ხედავდა შემოქმედის არსებობას. უილიამ ჰეილიმ (1743-1805) ჩამოაყალიბა პრინციპი: „არგუმენტაცია, გეგმიდან - აგებულება". მისი მტკიცებით ცხოველები და მცენარეები უფრო განსაცვიფრებელი მექანიზმებია, ვიდრე ადამიანის მიერ შექმნილი ძრავები. მოგვიანებით ჰეილის არგუმენტაცია დაკონკრეტდა. პირველ პლანზე გადმოვიდა ფორმათა ჰარმონიულობა და არა მათი სარგებლიანობა.



სურ.1.2. *კარლ ლინე და მისი შრომა „ბუნების სისტემა".*

მოგვიანებით აღმოჩენილ იქნა ნამარხ ცხოველთა და მცენარეთა ნაშთები, რომლებიც სადღეისოდ უკვე აღარ არსებობენ. კრეაციონისტული პოზიციიდან გამომდინარე, დაუშვებელი იყო ღმერთის მიერ შექმნილი სრულყოფილი ფორმების გაქრობა. ამ წინააღმდეგობიდან გამოსვლა მოახერხა ფრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (1769-1832). მან წამოაყენა კატასტროფათა თეორია, რომლის მიხედვითაც კატაკლიზმების შედეგად, რომელთაგან ერთ-ერთი იყო მსოფლიო წარღვნა, ამოწყდა ღმერთისაგან შექმნილი სახეობები. სხვადასხვა ეპოქაში სტიქიური კატასტროფები დიდ ტერიტორიებზე სპობდა ადგილობრივ ფლო-

რასა და ფაუნას, სადაც შემდგომ სხვა ადგილებიდან მოსული ორგანიზმები ვრცელდებოდნენ.

მეორე ფრანგმა ბიოლოგმა ბუნებისმეტყველმა-ტრანსფორმისტმა* ბიუფონმა (1707-1788) ჩამოაყალიბა შეხედულება, რომ ცხოველებს გააჩნიათ ორგანოები, რომლებიც არ სჭირდებათ. ასეთი ორგანოები წარმოიქმნა ჰიბრიდიზაციის შედეგად. ფაქტობრივად აღიარებულ იქნა სახეობათა ცვალებადობა. სახეობათა ცვალებადობას მხარი დაუჭირა ლინემაც თავისი შრომის ბოლო გამოცემაში (Кейлоу- ს, 1986, მიხედვით).

შუა საუკუნეების მოაზროვნეებს ბიბლიაში აღწერილი სამყაროს შექმნა მითად მიაჩნდათ. ავგუსტინემ (353-430) ღმერთის შემოქმედება შეადარა მცენარის პროგრესულ ზრდას. თომა აქვინელმა (1225-1274) სამყაროს შექმნა განიხილა როგორც იმ შესაძლებლობების თანდათანობითი გაფართოების პროცესი, რომელიც შემოქმედმა მატერიაში ჩადო.

ანალოგიური შეხედულება სამყაროს განვითარებაზე გააჩნდა პლატონს (427-347 ძ.წ.ა.). მისი აზრით სამყარო არის გიგანტური ორგანიზმი, რომელიც ვითარდება საიდუმლო იმპულსით. მსგავსი შეხედულებები გამოთქმული აქვთ ნატურფილოსოფოსებს: გოეთეს (1749-1831), კანტს (1724-1804) და ჩემბერს (1802-1871).

დარვინის პაპამ ერაზმ დარვინმა (1731-1807) წამოაყენა დეტერმინირებული ევოლუციის სისტემა, რომლის მიხედვითაც ორგანიზმს აქვს უნარი შეიძინოს ახალი ნიშნები. ლამარკმა (1744-1820) თავის ცნობილ ნაშრომში „ზოოლოგიის ფილოსოფია" (Ламарк - 1935, 1937) ჩამოაყალიბა ერაზმ დარვინის მსგავსი თეორია. ორივე თეორია ემყარებოდა სამ პრინციპს 1 ორგანიზმებს აქვთ განვითარების, გართულების და სრულყოფის თანდაყოლილი უნარი. ერაზმ დარვინს მიაჩნდა, რომ ორგანიზმთა სრულყოფილების უნარი ხორციელდება თანდაყოლილი აქტიურობით ღმერთისაგან ჩადებული პრინციპით. ლამარკს კი მიაჩნდა, რომ სასიცოცხლო ძალა წარმოიქმნება თვით ორგანიზმში. ორგანიზმში არსებობს სითბური და ელექტრული ფლუიდები, რომელთა გავლენით არა მარტო ნარჩუნდება, არამედ ძლიერდება კიდეც მოწესრიგებულობა. 2. ორგანიზმებს აქვთ უნარი, რო-

---

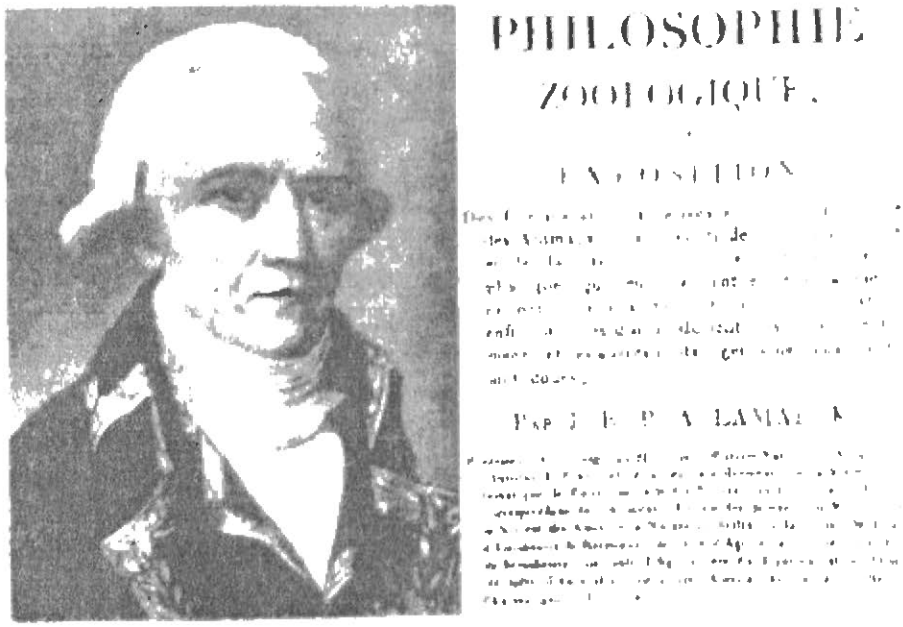
* ტრანსფორმიზმი–დარვინამდელი პერიოდის ევოლუციონისტების (რ. ჰუკი, ე.დიდრო, ე.ჟოფრუა სენტ-ილერი, ი. გოეთე და სხვ.) შეხედულებათა სისტემაა მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმების ცვალებადობისა და ერთი სახეობის მეორედ გარდაქმნის შესახებ.

ძელსაც ლამარკი უწოდებდა შინაგან სწრაფვას სრულყოფილებისაკენ. გარემო კი არ იწვევს ცვალებადობას ორგანიზმებში, ის იწვევს მოთხოვნილებაზე პასუხს. ერაზმ დარვინის მიხედვით, პასუხი ხორციელდება უხილავი საიდუმლო საწყისით, რომელიც ორგანიზმშია ჩადებული. ლამარკის მიხედვით პასუხი გარემოს მოთხოვნილებაზე ფლუიდებით ხორციელდება. 3. ნიშნები, რომლებიც წარმოიქმნება ორგანიზმში გაძლიერებული ვარჯიშით ახალი მიზნების დასაკმაყოფილებლად, თაობიდან თაობას მემკვიდრეობით გადაეცემა. თუ როგორ გადაეცემა ნიშნები, ვერც ერაზმ დარვინმა და ვერც ლამარკმა ვერ ახსნეს. მათ ვერ განსაზღვრეს აგრეთვე ისიც, თუ რატომ არ გადადის თაობებში ის ნიშნები, რომლებმაც უვარჯიშობით დაკარგეს ფუნქცია.

მ.კიმურას (Кимура, 1985) აზრით ლამარკით ასეთი დიდი დაინტერესება განაპირობა იმან, რომ მან შექმნა ბიოლოგიის ისტორიაში პირველი, სრულიად განზოგადებული შეხედულება ევოლუციურ პროცესზე. სადღეისოდ დამტკიცებულია, რომ შეძენილი ნიშან-თვისებები მემკვიდრულად არ გადაეცემა (რაც ბოლო პერიოდში საკამათოდაა მიჩნეული). ლამარკის თეორია აღმოჩნდა მცდარი. ამიტომ განაცხადა ჯ.სიმპსონმა (Симпсон, 1948) – საწყენია, რომ ასეთი კარგი თეორია აღმოჩნდა მცდარიო. ჩარლზ დარვინი ეჭვობდა, რომ ლამარკმა თავისი თეორიის იდეა ერაზმ დარვინისაგან აიღო, მაგრამ ეს ასე არ აღმოჩნდა. ჩ. დარვინი "სახეობათა წარმოშობის" მეოთხე გამოცემაში ლამარკს მოიხსენიებს დამსახურებულ, ცნობილ ბუნებისმეტყველად.

ჩ.დარვინის უშუალო წინამორბედის, ლამარკის თეორიის შემდეგ საჭიროა ჩამოვთვალოთ ის მექანიზმები, რასაც ემყარება დარვინისეული ევოლუციური თეორია. ინგლისელი ზოოლოგის პ.კეილოუს (Кейлоу, 1986) მიხედვით ესენია: 1.ერთი სახეობის ინდივიდებს შორის შეიმჩნევა მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ნიშანთა უწყვეტი ცვალებადობა. ჩვენი აზრით მას ალბათ უნდა დაემატოს ცხოველთა ქცევათა ცვალებადობაც. 2. ცვალებადობები წარმოიშვება შემთხვევით და მემკვიდრეობს. 3. ცხოველთა და მცენარეთა პოპულაციებს გააჩნია რაოდენობრივი ზრდის უნარი. 4. პოპულაციაში გაერთიანებულ ინდივიდებს უხდებათ ბრძოლა საკუთარი თავისა და მემკვიდრეების გადასარჩენად, ვინაიდან საარსებო რესურსები შეზღუდულია. 5. ბრძოლაში გადარჩებიან უკეთ შეგუებულნი და დატოვებენ თავისივე მსგავს თაობებს. 6. ბუნებრივი გადარჩევის შედეგად ინდივიდების ნა-

წილი უკეთ შეგუებული ხდება. ე. მაირი (Майр, 1974) ევოლუციურ თეორიას სრულიად სამართლიანად მიიჩნევს დიდ ბიოლოგიურ განზოგადებად.



სურ.1.3. *ჟან ბატისტ ლამარკი და მისი შრომის – „ზოოლოგიის ფილოსოფია" – სატიტულო ფურცელი.*

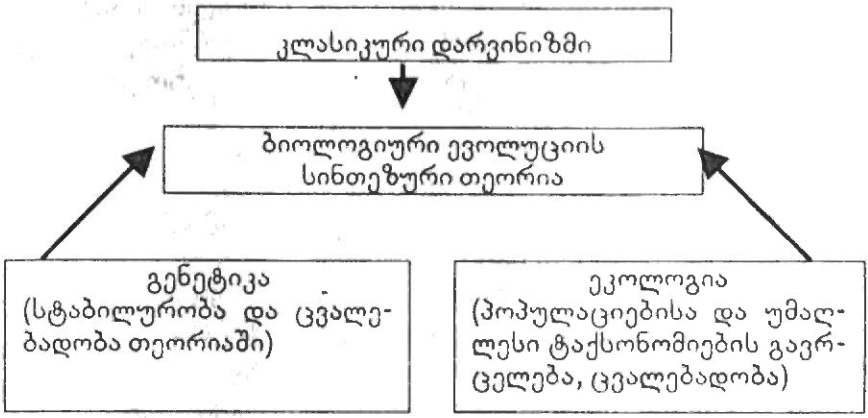
დარვინის თეორიის შექმნის შემდეგ მის საწინააღმდეგოდ იქმნება ახალი მიმართულება ნეოლამარკიზმი. ამ მიმართულების მიმდევარნი დარვინის თეორიაში არ ცნობენ ბუნებრივი გადარჩევის შემოქმედებით როლს. ნეოლამარკისტებმა შექმნეს სამი მიმართულება: 1. ორთოლამარკიზმი - აღიარებენ მიმართულ ევოლუციას, რომელიც განსაზღვრულია ორგანიზმში ჩადებული თვისებებით, ესე იგი ავტოგენეზს. 2. მექანოლამარკიზმი – ამ მიმართულების მომხრენი ევოლუციურ ცვალებადობას ხსნიან ორგანიზმთა მიზანსწრაფული სტრუქტურული და ფუნქციური ცვალებადობით გარემოს ცვლილებებზე საპასუხოდ, ესე იგი ექტოგენეზით, რომელიც ემყარება ადეკვატურ სომატურ ინდუქციას. 3. ფსიქოლამარკიზმი – ამ მიმართულების მომხრენი ევოლუციის საფუძვლად აღიარებენ ორგანიზმის გაცნობიერებულ ნებაყოფლობით აქტებს.

დარვინის იდეებზე ნეოლამარკისტთა თავდასხმას დამცველად გამოუჩნდა ა. ვეისმანი, რომელმაც ნეოდარვინიზმში შექმნა ახალი მიმართულება. მართალია, ვეისმანმა დარვინის იდეებიდან გაიზიარა მხოლოდ მოძღვრება ბუნებრივ გადარჩევაზე, მას უფრო დიდ დარვინისტად თვლიდნენ, ვიდრე თვითონ დარვინს.

1968 წელს იქმნება ახალი მიმართულება — ნეიტრალური ევოლუციის თეორია, რომლის ფუძემდებლებია იაპონელი მეცნიერი კიმურა (Кимура, 1985) და ამერიკელი მკვლევარები ჯ. კინგი, თ. ფუქსი, ჯ. კროუ. ამ თეორიის მიხედვით ევოლუცია მოლეკულურ დონეზე მიმდინარეობს არა დარვინისეული ბუნებრივი გადარჩევით, არამედ შემთხვევით წარმოქმნილი ნეიტრალური ან მიახლოებით ნეიტრალური მუტაციების დრეიფით. ნეიტრალური თეორია აგებულია მკაცრ მათემატიკურ კანონზომიერებებზე დაყრდნობით, რომლებიც საშუალებას იძლევიან რაოდენობრივად იქნეს შესწავლილი გენებისა და ცილების ევოლუცია, რითაც შესაძლებელია თეორიული შედეგების შედარება ფაქტიურ მონაცემებთან.

ამ თეორიის ჩამოყალიბებას ხელი შეუწყო ჰარდი-ვაინბერგის კანონის დადგენიდან ორი ათეული წლის განმავლობაში რ.ფიშერის, ნ. დუბინინის, დ. ჰოლდეინის და შ.რაიტის მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა. XX საუკუნის ოცდაათიან წლებში შეიქმნა პოპულაციური გენეტიკის კლასიკური თეორია, რომელიც ევოლუციის სინთეზური თეორიის საფუძველია. რაიტის ნაშრომი „ევოლუცია მენდელისეულ პოპულაციებში", ფიშერის „ბუნებრივი გადარჩევის გენეტიკური თეორია " და ჰოლდეინის „ევოლუციის ფაქტორები" გახდა კულმინაციური მომენტი პოპულაციური გენეტიკის განვითარებაში. დამყარდა სრული ჰარმონია დარვინიზმსა და მენდელიზმს შორის. როდესაც ვსაუბრობთ ევოლუციის სინთეზურ თეორიაზე, არ შეიძლება გვერდი ავუაროთ ნობელის პრემიის ლაურეატს ჰ. მელერს, რომელმაც ნათელი მოჰფინა გენთა მუტაციის როლს ევოლუციაში ბუნებრივი გადარჩევის გზით.

კლასიკური დარვინიზმის, გენეტიკისა და ეკოლოგიის მონაცემთა სინთეზის შედეგად XX საუკუნის 30-50 წლებში შეიქმნა ევოლუციის სინთეზური თეორია (სურ. 1.4). ამ თეორიის ჩამოყალიბებაში არსებითი როლი ითამაშა ს. ჩეტვერიკოვის, რ. ფიშერის, ფ. დობჟანსკის, სიმპსონის, ე. მაიერის, ჯ. ჰაქსლის, ჯ. სტებინსის გამოკვლევებმა. ევოლუციის სინთეზური თეორიის ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტი როლი მიუძღვის ჰაქსლის წიგნს „ევოლუცია: თანამედროვე სინთეზი" (1942).



სურ.1.4. *ბიოლოგიური კვლევის სხვადასხვა სფეროთა მიღწევების საფუძველზე ჩამოყალიბებული ევოლუციის სინთეზური თეორია.*

ამ თეორიის მიხედვით ევოლუციის ელემენტარული სტრუქტურა არის პოპულაცია. ევოლუციის მამოძრავებელი ფაქტორებია: მუტაციური პროცესი, გენთა დრეიფი, გენთა ნაკადი, იზოლაცია. ერთადერთ მიმართულ მთავარ და წარმმართველ ფაქტორს წარმოადგენს დარვინის მიერ აღმოჩენილი და შესწავლილი ბუნებრივი გადარჩევა. ევოლუციის სინთეზური თეორიის ძირითადი პოსტულატები შემდეგია (Воронцов, 1999):

1. ევოლუციის ელემენტარული მასალა არის მცირე, მაგრამ დისკრეტული მემკვიდრული ცვლილებები – მუტაციები მუტაციური პროცესი სტოქასტურია. იგი ევოლუციური მასალის მიმწოდებელი ფაქტორია.
2. ევოლუციის მთავარ მამოძრავებელ ფაქტორს წარმოადგენს ბუნებრივი გადარჩევა.
3. ევოლუციის ელემენტარული ერთეული არის პოპულაცია.
4. ევოლუცია ატარებს დივერგენციულ ხასიათს: წინარე ერთი ტაქსონიდან საწყისს იღებს რამდენიმე ახალი შვილეული ტაქსონი. ყოველ სახეობას ჰყავს ერთი წინაპარი ფორმა, საბოლოო ჯამში ერთადერთი წინაპარი პოპულაცია.
5. ევოლუციისათვის ნიშანდობლივია თანდათანობითი (გრადუალური) და ხანგრძლივი ხასიათი.
6. სახეობა წარმოადგენს ჩაკეტილ სისტემას, რომელიც მოიცავს მორფოლოგიურად, ფიზიოლოგიურად და გენეტიკურად განსხვავებულ, მაგრამ რეპროდუქტიულად არაიზოლირებულ ერთეულებს (მაგალითად: პოპულაცია, ქვესახეობა და ა.შ.).

7. გენთა ნაკადი (ალელთა მიმოცვლა) მხოლოდ სახეობის შიგნით მიმდინარეობს. ამდენად სახეობა წარმოადგენს გენეტიკურად ერთიან და ჩაკეტილ სისტემას, გენოფონდის ერთიანობას პანმიქსია უზრუნველყოფს.
8. ნებისმიერი რეალური ტაქსონი (სახეობა, გვარი,ოჯახი და ა.შ.) მონოფილეტური წარმომავლობისაა.
9. ევოლუციისათვის ნიშანდობლივია არამიმართული და გაუთვალისწინებელი ხასიათი.

ახალი სახეობების წარმოშობას დარვინისეული გაგებით არ იზიარებს ანრი ბერგსონი (Бергсон, 1998). იგი დარვინის ევოლუციური თეორიის ნაკლზე მიუთითებს შემდეგი პაროდიით. დავუშვათ, მოქანდაკემ მრავალი წარუმატებელი ცდის შემდეგ შექმნა მშვენიერი ქანდაკება. შექმნილი ქანდაკების მიხედვით ჩამოისხა ყალიბი და მისი მეშვეობით ქანდაკება ურიცხვ ეგზემპლარად გამრავლდა. მე ვკითხულობ: „როგორ შეიქმნა ეს მშვენიერი ქანდაკება?“ პასუხად ვღებულობ: „ყველა ცუდი ქანდაკება, რაც მოქანდაკემ შექმნა, დაამსხვრია, კარგი კი ურიცხვ ეგზემპლარად გაამრავლა“. ეს პასუხი არ მაკმაყოფილებს და განმეორებით ვკითხულობ: „კი მაგრამ, როგორ შექმნა მოქანდაკემ კარგი ქანდაკება?“ რაზედაც ასეთ პასუხს ვიღებ: „როგორ და შემთხვევით“.

დარვინის ევოლუციურ შეხედულებებს შეეხო ფრიდრიხ ნიცშე. მან თავის ნაშრომში (Ницше, 1997), პატარა ერთგვერდიან ქვეთავში „დარვინის წინააღმდეგ“ ჩამოაყალიბა თავისი დამოკიდებულება არსებობისათვის ბრძოლის მიმართ. ის აღნიშნავდა, რომ არსებობისათვის ბრძოლა არ არის კარგად დასაბუთებული. არსებობისათვის ბრძოლის შედეგი არ არის ისეთი, როგორიც მიაჩნიათ დარვინისტებს. არ იმარჯვებენ ძლიერნი და პრივილეგირებულნი. საზოგადოებაში პირიქით ხდება, ყოველთვის იმარჯვებს სუსტი. სუსტები იმარჯვებენ, ვინაიდან ისინი უფრო მეტნი და უფრო ჭკვიანები არიან, ვიდრე ძლიერები. ამავე დროს სუსტებს სულიერი სამყარო უფრო განვითარებული აქვთ.

ბევრ თანამედროვე ბიოლოგს შორის (Gould, 1980; Келерман. 1991; Авизер, 1998) გავრცელებულია აზრი, რომ დარვინის შეხედულებები დამაჯერებელი იყო 1859 წლამდე, დღეს კი მოპოვებულია მდიდარი პალეონტოლოგიური მასალა, რომელშიც არ აღმოჩნდა დარვინის თეორიის დამამტკიცებელი გარდამავალი ფორმები. ბუნებრივი გადარჩევის დამამტკიცებელი არგუმენტები ფართოდ არის განხილული წიგნში „ზოგადი ბიოლოგია“ (შათირიშვილი და სხვ., 1999).



სურ.1.5. *1874 ლონდონში გამოცემულ იუმორისტულ წიგნში მოთავსებული კარიკატურა მ. პოტტის და რ. შორტის (Potts, Short, 1999) მიხედვით. 1861 წელს ოქსფორდში ბრიტანეთის ასოციაციის სხდომაზე ტომას ჰენრი ჰაქსლის ეპისკოპოსი სამუელ უილბერფორსი შეეკითხა: „დარვინს წინაპრად მაიმუნი ბაბუის თუ ბებიის მხრიდან ჰყავდაო?". პასუხად მიუღია: თუ ამას მე მეკითხებით, ვინ მირჩევნია ბაბუად – მაიმუნი თუ ადამიანი ბუნებისაგან დავიწყებული დიდი ზეგავლენის უნარით, რომელიც ამას იყენებს მნიშვნელოვანი მეცნიერული დისკუსიის მიფუჩეჩებისათვის, მე უდავოდ ვისურვებდი მაიმუნსო!, რასაც მოჰყოლია დამსწრეთა სიცილი.*

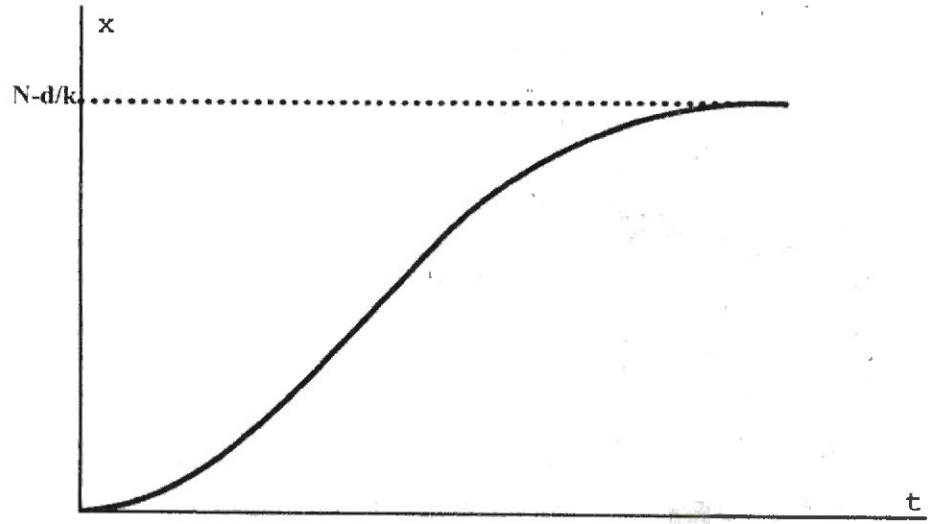
XX საუკუნის დიდი ჰუმანისტი ალბერტ შვეიცერი თავის ბიოგრაფიაში საინტერესო ცნობას გვაწვდის დარვინის ევოლუციური თეორიის შესახებ. 1908 წელს ანატომ შვალბეს უნდა წაეკითხა საჯარო ლექცია ანთროპოლოგიაში ელზასის ერთ-ერთი ქალაქის სახალხო განათლების საზოგადოებისათვის. შვალბეს რჩევისათვის მიუმართავს თავისი კოლეგისთვის, შვეიცერის მასწავლებლისათვის, პროფესორ შმიდბერგისთვის — ლექციაზე დარვინის თეორია რომ ვახსენო, მსმენელს ხომ არ გავაღიზიანებო. პასუხად კი მიუღია: „არ დაინდოთ მსმენელი. ყველაფერი უთხარით დარვინიზმის შესახებ, მაგრამ არ ახსენოთ მაიმუნი. მსმენელი კმაყოფილი დარჩება დარვინითაც და თქვენითაც". შვალბეც[*] ასე მოქცეულა, ლექციას კი დიდი წარმატებით ჩაუვლია. (სურ. 1.5).

დარვინის თეორიას დიდი შეფასება მისცა ანთროპოსოფიის ფუძემდებელმა რუდოლფ შტაინერმა. იგი წერდა, ჩვენ რომ გველიარებინა ცხოველებისა და მცენარეების მრავალფეროვანი სახეობების ერთბაშად შექმნა, როგორც ეს წარმოდგენილი ჰქონდა კარლ ლინეს, უნდა დაგვეშვა ბუნებაში სასნაულების არსებობა. დარვინმა „დაგვიმტკიცა მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების წარმოქმნა გადარჩევისა და არსებობისათვის ბრძოლის კანონებით, რითაც გამორიცხა საბოლოოდ სასნაულების არსებობა".[*]

---

[*] А. Швейцер. Жизнь и мысли. Изд. «Республика», М. 1996, стр. 66.

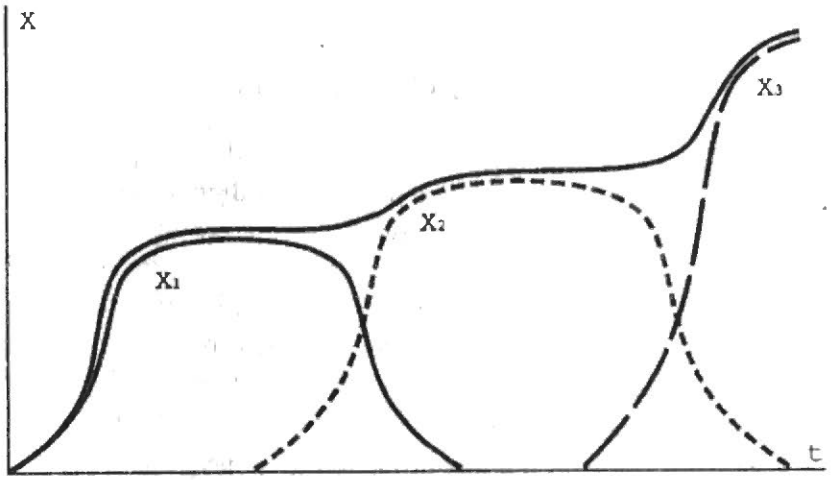
[*] А. Штайнер. Из области духовного знания, или антропософия. Изд. «Энигма», М. 1997, ст. 66.



სურ.1.6. *ლოგისტიკური მრუდი ი. პრიგოჟინის (Пригожин, 1985) მიხედვით.*

ცნობილი ბელგიელი ფიზიკოსი — ნობელის პრემიის ლაურეატი ი.პრიგოჟინი ი.სტენგერთან ერთად გამოქვეყნებულ ნაშრომში (Пригожин, Стенгер, 2000) ალბერტ აინშტაინზე წერს, რომ ის გახდა ფიზიკის დარვინი. დარვინმა გვასწავლა, რომ ადამიანი ბიოლოგიური ევოლუციის განუწყვეტელი ნაწილია, ხოლო აინშტაინმა დაგვანახა, რომ ჩვენ უწყვეტი კავშირითა ვართ დაკავშირებული სამყაროს ევოლუციასთან. დარვინის ევოლუციურმა თეორიამ დიდი გავლენა მოახდინა ფიზიკოს ლ. ბოლცმანზე. 1886 წელს წაკითხულ ლექციაში „სითბოს მექანიკური თეორიის მეორე კანონი", იგი წერს: „ჩემი ღრმა რწმენით ჩვენს საუკუნეს რკინის, ორთქლის ან ელექტროობის ეპოქას კი არ უწოდებენ, მას დარვინის ეპოქას დაარქმევენო".

პრიგოჟინი აღნიშნავს, რომ დარვინის თეორიის მიხედვით ჯერ ხდება სახეობის სპონტანური ფლუქტუაცია, რის შემდეგ ერთვება გადარჩევა და იწყება შეუქცევადი ბიოლოგიური ევოლუცია. ბოლცმანის მიხედვით შემთხვევითობა იწვევს შეუქცევადობას. დარვინისეული ევოლუციის შედეგი განსხვავდება ბოლცმანისეულისაგან. ბოლცმანის ინტერპრეტაციით, ადგილი აქვს საწყისი პირობების დავიწყებას, ირღვევა საწყისი სტრუქტურა. დარვინისეული ევოლუცია კი ასოცირდება თვითორგანიზაციასთან, რომელიც განუწყვეტლივ რთულდება.



სურ.1.7. *ეკოლოგიური ნიშნის თანმიმდევრული შევსება სხვადასხვა სახეობების მიერ ი. პრიგოჟინის (Пригожин, 1985) მიხედვით.*

თვითორგანიზაციის პრობლემისადმი მიძღვნილია მრავალი საინტერესო გამოკვლევა. მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია დარვინის შრომებს ბუნებრივი გადარჩევის როლის შესახებ ევოლუციის პროცესში. ერთი პერიოდი გაბატონებული იყო აზრი, რომ დარვინის თეორიასა და თერმოდინამიკის მეორე კანონს შორის არსებობს წინააღმდეგობა. მართლაც, დარვინის მიხედვით ბიოლოგიურ პროცესთა განვითარებისას ადგილი აქვს სტრუქტურის გართულებას და მოწესრიგებულობის ხარისხის გაზრდას. თერმოდინამიკის მეორე კანონიდან გამომდინარე კი ყოველ დახურულ სისტემაში მიმდინარე ევოლუციის პროცესი იწვევს ქაოსის (ენტროპიის) ხარისხის გაზრდას. ეს მოჩვენებითი წინააღმდეგობა მოიხსნა მას შემდეგ, რაც გაცნობიერდა ევოლუციური პროცესის ორი განსხვავებული ფაქტი: დახურულ სისტემაში მიმდინარე პროცესი იწვევს სითბურ წონასწორობას, ფიზიკურ ქაოსს, ღია სისტემებში –კი თვითორგანიზაციას.

ბიოლოგიურ პროცესთა თვითორგანიზაცია იწვევს სტრუქტურის გართულებას და სისტემის სტაბილურ ფუნქციონირებას. ეს მოვლენა კარგად ჩანს მარტივ ეკოლოგიურ მაგალითზე, რომელიც მათემატიკური მოდელის სახით აღწერა პრიგოჟინმა (Prigogine et al. 1977). პოპულაციის ზრდა გარკვეულ კონკრეტულ გარემოში აღიწერება ლოგისტიკური განტოლებით

$$\frac{dx}{dt} = KX\,(N - X) - dx$$

სადაც: K- დაბადების მახასიათებელია, dx სიკვდილიანობის, ხოლო N-გარემოს უნარი, შეინარჩუნოს პოპულაცია. ამოხსნილი განტოლება შეიძლება წარმოვიდგინოთ ლოგისტიკური მრუდის სახით (სურ.1.6). ევოლუცია მთლიანად დეტერმინირებულია. პოპულაცია მაშინ წყვეტს ზრდას, როდესაც საარსებო გარემოში საკვები ამოწურულია. შეიძლება მოხდეს ისე, რომ არეალში დასაწყისში მცირე რაოდენობით გაჩნდეს ახალი სახეობები, რომლებიც ხასიათდებიან განსხვავებული ეკოლოგიური პარამეტრებით K,N და d. ასეთი ეკოლოგიური ფლუქტუაციის გამო ისმის კითხვა პოპულაციის სტრუქტურულ მდგრადობაზე. შეიძლება ახალმა სახეობებმა შეავიწროვოს ძველი ან თვითონ გაქრეს. მდგრადობის ხაზობრივი ანალიზით ადვილია წარმოვიდგინოთ, შეუძლია თუ არა ახალ სახეობებს შეავიწროვოს ძველი იმ შემთხვევაში, თუ განხორციელდება შემდეგი პირობა

$$N_2 - d_2/K_2 > N_1 - d_1/K_1$$

თანმიმდევრობა, თუ როგორ ავსებენ სახეობები ეკოლოგიურ ნიშას, წარმოდგენილია 1.7 სურ.-ზე. ეს მოდელი საშუალებას გვაძლევს რაოდენობრივად ზუსტად დავამტკიცოთ, რომ იმარჯვებს უკეთ შეგუებული სახეობა.

ტერმინები „ლოგისტიკური მრუდი“, „ლოგისტიკური განტოლება“ შემოიღო ბელგიელმა მათემატიკოსმა და დემოგრაფმა პ.ფერხულსტმა 1832წ. ადამიანთა განსახლების აღსაწერად. ამერიკელმა ეკოლოგმა რ. პირლმა 1928წ. ლოგისტიკური მრუდი გამოიყენა პოპულაციის დინამიკის დასახასიათებლად. უ. ოდუმის (Одум, 1986) მიხედვით ლოგისტიკურ მრუდს აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{dw}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

სადაც N არის პოპულაციათა რაოდენობა, r – პოპულაციის ზრდის სიჩქარე, k – გარემოს მოცულობითი მახასიათებელი პოპულაციის მაქსიმალური სიმჭიდროვისას. ამ განტოლებას ზოგჯერ უწოდებენ „ ფერხულსტ-პირლის განტოლებას“.

სოციალური დარვინიზმი. ევგენიკა და ევფენიკა

მალთუსის თეორიის მოწინააღმდეგემ კ. მარქსმა 1873 წელს დარვინს გაუგზავნა „კაპიტალის" ფრანგული გამოცემის პირველი ტომი. მიიღო რა ეს წიგნი 1873 წლის 1 ოქტომბერს, დარვინმა მარქსს გაუგზავნა წერილი, რომელშიც იგი ცდილობდა ერთგვარად შორს დაეჭირა თავი ამ ნაშრომიდან. 1880 წელს მარქსმა დარვინს გაუგზავნა მე-12 და მე-13 თავების კორექტურა თავისი ნაშრომის ინგლისური გამოცემისა, რომელიც მისთვის სურდა მიეძღვნა და სთხოვდა კორექტურისათვის გადაეხედა. დარვინმა მარქსის თხოვნას 1880 წლის ოქტომბერში წერილით უპასუხა:

"ძვირფასო სერ!

გმადლობთ თქვენი თავაზიანი წერილისათვის და მისი დანართისათვის. ჩემ წიგნზე თქვენი შენიშვნების ამა თუ იმ ფორმით გამოსაქვეყნებლად სულაც არაა საჭირო ჩემი თანხმობა და ჩემის მხრივ სასაცილოც იქნებოდა თანხმობა ისეთ საკითხზე, რომელიც ამას არ საჭიროებს. ვამჯობინებდი, რომ განაყოფი ან ტომი (თქვენი თხზულებისა) მე არ მომეძღვნას (თუმცა გმადლობთ ჩემთვის მოგებული პატივისათვის), რადგან ეს გარკვეული ზომით იმის აღმნიშვნელი იქნებოდა, რომ ვიწონებ მთელ თხზულებას, რის შესახებაც მე არაფერი ვიცი. გადაჭრით ვუჭერ რა მხარს აზრის თავისუფლებას ყველა საკითხში, მაინც ვფიქრობ, საჭიროა ეს თუ არა. ქრისტიანობის და თეიზმის საწინააღმდეგო პირდაპირმა საბუთებმა, საეჭვოა, რაიმე შთაბეჭდილება მოახდინოს ხალხზე და რომ აზრის თავისუფლებისათვის ყველაზე უფრო მეტი სარგებლობა მოაქვს გონების თანდათანობით განათლებას მეცნიერების პროგრესის შედეგად. ამიტომ, მე შეგნებულად მუდამ გვერდს ვუვლიდი რელიგიაზე წერას და ვიფარგლებოდი მეცნიერების სფეროთი. თუმცა შესაძლოა, მე მაფიქრებდა ის წუხილი, რომელსაც გამოვიწვევდი ჩემი ოჯახის ზოგიერთ წევრში, თუ მე, ამა თუ იმ სახით, მხარს დავუჭერდი რელიგიაზე პირდაპირ თავდასხმებს.

ვწუხვარ, უარით რომ ვპასუხობ თქვენს თხოვნას, მაგრამ მე მოხუცი და ძალიან დასუსტებული ვარ და კორექტურის გადახედვა (როგორც ამ უკანასკნელი დღეების გამოცდილებამ დამარწმუნა) ძალიან მღლის.

ვრჩები თქვენი ერთგული
ჩ.დარვინი"*

---

* Ч. Дарвин, Избранные письма. Изд. «ИЛ», М. 1950, ст. 275.

ამ წერილიდან ჩანს, რომ დარვინი გაემიჯნა მარქსის იდეებს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მალთუსის სოციოლოგიურ დოქტრინას დიდი გავლენა მოუხდენია დარვინის მსოფლმხედველობაზე, რაც აისახა "სახეობათა წარმოშობაში". დარვინის ცოცხალ სისტემათა ბიოლოგიური ევოლუციის თეორიამ კი გავლენა მოახდინა მის თანამედროვე სოციოლოგზე ჰ. სპენსერზე. სპენსერმა ბიოლოგიური ევოლუციის პრინციპები გამოიყენა სოციოლოგიურ კანონზომიერებათა ასახსნელად. იგი ითვლება იმ იდეათა დამფუძნებლად, რომლებიც მეცნიერებაში ცნობილი გახდნენ სოციალურ დარვინიზმად.

ინგლისელი ინჟინრისა და ფილოსოფოსის ჰერბერტ სპენსერის (1820-1903) შეხედულებები ჩამოყალიბებულია ა. კონტის პოზიტივიზმისა და ჯ. მილის სუბიექტივიზმის გავლენით. სპენსერმა კაცობრიობას დაუტოვა მნიშვნელოვანი მეცნიერული ნაშრომი "სინთეზური ფილოსოფიის სისტემა", რომელშიც სხვა პრობლემებთან ერთად განხილულია ბიოლოგიური ევოლუციის საკითხებიც. დღეს მისი სახელი მოიხსენიება ისეთ ევოლუციონისტთა გვერდით, როგორებიც იყვნენ უოლესი და ე. ჰეკელი. განსხვავებით უოლესისაგან და ჰეკელისაგან, რომლებიც დარჩნენ ორთოდოქს დარვინისტებად, სპენსერმა მნიშვნელოვანი კორექტივები და დამატებები შეიტანა ევოლუციის თეორიაში.

სპენსერის (Спенсер, 1998) გაგებით ნებისმიერი ორი სისტემის ურთიერთქმედებით ყალიბდება წონასწორობა. ეს მდგომარეობა შეიძლება გავრცელდეს ორგანიზმისა და გარემოს ურთიერთობაზე. წონასწორობა ორგვარია, პირდაპირი და არაპირდაპირი. პირდაპირი წონასწორობა იწვევს ორგანიზმების შეგუებულობას. შეგუებულობა განიცდის ცვალებადობას გარემოს ცვალებადობიდან გამომდინარე. პირდაპირ წონასწორობასთან ერთდროულად მოქმედებს არაპირდაპირი წონასწორობა, რომელიც გამოიხატება უკეთ შეგუებულთა გადარჩენაში და რომელსაც დარვინი ბუნებრივ გადარჩევას უწოდებდა. არაპირდაპირი წონასწორობა აკეთებს იმას, რასაც ვერ ასრულებს პირდაპირი. ბუნებრივად ისმის კითხვა, რომელი წონასწორობა უფრო საჭიროა ორგანიზმთა ევოლუციისათვის. სპენსერის მიხედვით არაპირდაპირი წონასწორობა, ე.ი. დარვინისეული გაგებით ბუნებრივი გადარჩევა, მოქმედებდა, მოქმედებს და იმოქმედებს მუდამ. მცენარეებში და დაბალი განვითარების ცხოველებში ბუნებრივი გადარჩევა რჩება ევოლუციის ძირითად ფაქტორად.

უმაღლესი განვითარების ცხოველებში კი, რომელთაც კარგად გამოხატული ორგანოთა მორფო-ფუნქციური დიფერენცირება გააჩნიათ, აქტივდება პირდაპირი წონასწორობა. არაპირდაპირი წონასწორობის აქტივობა ქვეითდება და მისი ფუნქცია იფარგლება იმით, რომ დააჩქაროს პირდაპირი წონასწორობის დამყარება. სპენსერის აზრით, პირდაპირი წონასწორობა არის ლამარკის ფაქტორი, ხოლო არაპირდაპირი – დარვინისა.

ბიოლოგიური ევოლუციის სპენსერისეული კონცეფცია საფუძვლად დაედო მის სოციოლოგიურ შეხედულებებს, რომლებიც ჩამოყალიბდნენ საზოგადოების ბიოორგანულ თეორიად. სოციოლოგიაში ბიოლოგიური ევოლუციის პრინციპების გადატანით გამოიკვეთა ორი მიმართულება-ბიოორგანული და სოციალურ – დარვინისტული.

ბიოორგანული მიმართულების მიმდევრები პ.ლილიენფელდი და რ.ვორმსი არიან სპენსერის მიერ აღწერილი იმ ანალოგიის დამცველნი, რომელიც არსებობს ბიოლოგიურ და სოციალურ სისტემებს შორის. ანალოგია გამოიხატება სისტემის ნაწილთა ზრდაში, დიფერენცირებასა და ინტეგრაციაში. მათ აღნიშნულ ანალოგიაზე შეხედულებები უფრო გააღრმავეს. დაახასიათეს თითოეულის სტუქტურულ-ფუნქციური მნიშვნელობა საზოგადოების ორგანიზაციაში. მათი აზრით საზოგადოების ნებისმიერი რევოლუციური ცვალებადობა განიხილება როგორც პათოლოგია – არაბუნებრივი მოვლენა.

საზოგადოების ორგანიზაციის ბიოლოგიზაციას სოციოლოგი დარვინისტები სხვადასხვანაირად განიხილავენ.

გერმანელი სოციოლოგები ფ.შალმეიერი და გ.მაცატი გვთავაზობენ თეორიებს, რომლებიც ამოდიან წმინდა ბიოლოგიური ევოლუციის პრინციპებიდან. მ.ვაკარო აღიარებს არსებობისათვის ბრძოლის ფორმას საზოგადოებრივ ცხოვრებაში, მაგრამ ცდილობს ბიოლოგიური ევოლუციის ეს ერთ-ერთი კანონზომიერება სხვადასხვანაირად განიხილოს ადამიანებსა და ცხოველებში. ავსტრიელი სოციოლოგი იურისტის ლ. გუმპლოვიჩის შეხედულება ეყრდნობა ადამიანთა საზოგადოებაში სოციალური კონფლიქტების არსებობას, რომლის მიზეზსაც წარმოადგენს სუბიექტის მოთხოვნილება - იბატონოს სხვაზე. უ. სამნერის და უ. ბედუგოტას მიერ გამოკვლეულია პირველყოფილ საზოგადოებაში სოციალური ნორმებისა და ჩვეულების გავლენა ადამიანთა ქცევის რეგულაციაზე.

გრაფი დე ბილენვილი 1727-1732 წლებში გამოცემულ თავის შრომებში ამტკიცებდა, რომ ფრანგული არისტოკრატია არის

„დიდი რასის", დამპყრობი ფრანკების შთამომავალი, დაბალი ფენა კი "არასრულყოფილი" გალთა ტომებისა.

ბურჟუაზიული რევოლუციის შემდეგ ფრანგი მწერალი, ფილოსოფოსი და დიპლომატი ჟოზეფ დე გობინო /1816-1882/ თავის ნაშრომში "ცდა ადამიანთა რასის არაერთგვაროვნებისა" უარყოფს ადამიანთა რასის ერთიანობის ყოველგვარ ფორმას (Zopzeato, Gripper, 1999, მიხედვით). იგი ამტკიცებს რასათა იერარქიულ ბუნებას. თეთრ რასას მიიჩნევს წამყვან ძალად, ხოლო ფერადს და შავს – დაქვემდებარებულად. სოციალური ინსტიტუტები და კულტურა დეტერმინირებულია რასობრივად. გობინოს აზრით ისტორიის ტრაგიკული დიალექტიკა მდგომარეობს იმაში, რომ ხდება რასათა შერევა, რაც იწვევს ცივილიზაციის განვითარებასა და გაფართოებას თეთრი რასის მონაწილეობით. მეორე მხრივ კი ცივილიზაცია განწირულია – იგი დაიღუპება. რასობრივი ელიტარიზმი კულტურულ ფარდობითობაში გამოიხატება. მისი გაგებით ევროპული ცივილიზაცია არ არის უკეთესი სხვა ცივილიზაციებზე და როგორც სხვები, ისიც განწირულია სასიკვდილოდ.

გობინოს კონცეფციის გავლენით იქმნება რასობრივ-ანტროპოლოგიური სკოლა, რომლის წარმომადგენელი ხ.ჩემბერლენი უარყოფს გობინოს პესიმიზმს და მოუწოდებს კაცობრიობას აღადგინოს არიული სული. იგი ითვლება გერმანული ფაშიზმის მთავარ იდეოლოგად. 1895 წელს გამოცემულ ნაშრომში "მეცხრამეტე საუკუნის საფუძვლები" აღწერილია ევროპის ისტორია, რომელშიც უმაღლეს მიღწევად აღიარებულია ტევტონური კულტურა.

აღსანიშნავია ინგლისელი ფსიქოლოგისა და ანტროპოლოგის ფრენსის ჰალტონის /1827-1911/ ნაშრომები. მან ფსიქოლოგიურ ექსპერიმენტში მათემატიკური აპარატის გამოყენებით შექმნა მეთოდი ადამიანთა ინდივიდუალურ-ფსიქოლოგიურ განსხვავებათა დასადგენად, საფუძველი ჩაუყარა ანთროპოგენეტიკასა და დიფერენციალურ ფსიქოლოგიას. მის სახელთან არის დაკავშირებული ევგენიკის წარმოშობაც.

ევგენიკური მოძღვრება შეიქმნა უფრო ადრე, ვიდრე ხელმეორედ მოხდებოდა გრეგორ მენდელის მიერ დადგენილი გენეტიკური კანონების აღმოჩენა გ. დე ფრიზის, კ.კორენსისა და კ.ჩერმაკის მიერ. ნაშრომში „მემკვიდრეობითი გენია", რომელიც გამოქვეყნდა 1869 წელს, ჰალტონმა თავისი ბიძაშვილის, დარვინის იდეების გავლენით ჩამოაყალიბა ევგენიკის პრინციპები. ევგენიკა ბერძნული სიტყვაა და ქართულად კარგ გვარს ნიშნავს. ეს

არის მოძღვრება ადამიანის მემკვიდრული ჯანმრთელობის, მისი შენარჩუნების და გაუმჯობესების შესახებ. ჰალტონმა მეცნიერებს შესთავაზა შეესწავლათ ის გენეტიკური ფაქტორები, რომლებიც მომდევნო თაობებში იწვევენ ადამიანის ფიზიკურ-ფსიქიკური და გონებრივი შესაძლებლობების გაუმჯობესებას.

ევგენიკური იდეებით ინტენსიური გატაცება იწყება XX საუკუნის ოციანი წლებიდან, როცა გაფართოვდა გენეტიკური კვლევები და დადგინდა, რომ ადამიანის გენეტიკა განსაზღვრულია მენდელ-მორგანის კანონებით, დგინდებოდა ადამიანის მემკვიდრული ნიშნების კანონზომიერებები. საუბედუროდ, ევგენიკური იდეებით გატაცებული მეცნიერები და კოლექტიეები ხშირად სცილდებოდნენ მეცნიერებას, არ უცდიდნენ აღმოჩენათა კანონზომიერების ბოლომდე დადგენას და გაანალიზებას, რის შედეგადაც ირღვეოდა მომავალი კვლევების ჰუმანური პროგრამა. რიგი მეცნიერებისა ოცნებობდა კაცობრიობის მორალურ დახვეწაზე, სხვანი კი მოითხოვდნენ შეექმნათ გაბატონებული და მონური რასები. საყოველთაოდ აღიარებული გენეტიკოსი, ნობელის პრემიის ლაურეატი ჰ.მელლერი დაბეჯითებით მოითხოვდა ადამიანის ბუნების გაუმჯობესებას. ამ საკითხებს მან მიუძღვნა 200 შრომა. ამერიკის სოციოლოგიური საზოგადოების ყოფილი პრეზიდენტი წიგნში „გენეტიკა და ადამიანის მომავალი" აცხადებს: რადგან მოხერხდა ცხოველთა მოშენებაზე კონტროლი, ლოგიკურია, რომ იგი გავრცელდეს ადამიანებზეც. კ.ლორენცის აზრით თანამედროვე ადამიანს ბიოლოგიური თვალთახედვით შუალედური ადგილი უკავია ცხოველსა და იმ ადამიანს შორის, რომელიც უნდა შეიქმნას. ამიტომ ადამიანში უნდა გაიცხრილოს ცხოველური წარმოშობის არასასურველი გენები.

ღონისძიებას, რომელიც მიმართულია ადამიანთა გენოფონდის გასაუმჯობესებლად, ევგენიკური ეწოდება, ხოლო რომელიც აუარესებს გენოფონდს – დისგენიკური. ევგენიკაში ჩამოყალიბდა ორი მიმართულება: პოზიტიური და ნეგატიური. პოზიტიური ევგენიკა სწავლობს იმ ალელთა გამრავლებისა და შენარჩუნების შესაძლებლობებს, რომლებიც ხელს უწყობენ სასურველი ფენოტიპის წარმოქმნას. ნეგატიური ევგენიკა შეიმუშაებს ბრძოლის მეთოდებს ისეთ ალელთა სიხშირის შესამცირებლად, რომლებიც არეგულირებენ არასასურველი ფენოტიპის შექმნას.

ნეგატიური მიმართულება გამოიხატება იმაში, რომ ხელი შეეშალოს იმ ბავშვთა დაბადებას, რომელთაც არასასურველი გენები გააჩნიათ. ამისათვის გამოიყენება სტერილიზაცია და კლი-

ნიკური ინსულაცია. ისეთი ღონისძიების ჯამური შედეგი, რომელიც მიმართულია არასასურველი გენებისადმი, შედარებით სუსტია. განსაკუთრებით იმ პირთა მიმართ, რომელთაც ჰომოზიგოტურ-რეცესიული გენები გააჩნიათ. ხშირ შემთხვევაში პრობლემატურია, თუ რა უნდა ჩაითვალოს არასასურველად. ამიტომ ნეგატიური ევგენიკა არაეფექტურია. მისი მეთოდების გამოყენება ადამიანის მიმართ არაეთიკურია.

ლედერბერგმა შემოიღო ახალი ტერმინი ევფენიკა, რომელმაც გამოინვია ევფენიკის დიფერენცირება. ევფენიკა არის მიმართულება, რომელშიც იგულისხმება ადამიანთა პოპულაციის შეცვლა გარემოს საარსებო პირობების გაუმჯობესებით. ცნებები ევგენიკა და ევფენიკა შეიძლება შევადაროთ ფენოტიპსა და გენოტიპს. ევგენიკა შეიმუშავებს მეთოდებს გენეტიკური მასალის გასაუმჯობესებლად, ევფენიკა კი ადგენს გარემოს პირობებს, რომლებმაც გავლენა უნდა მოახდინონ ინფორმაციულ რგოლზე, როგორიცაა დეზოქსირიბონუკლეინის ჯაჭვიდან რიბონუკლეინის მჟავას აგების მატრიცული რეაქცია, შემდეგ კი ცილის სინთეზი, რომელიც აყალიბებს სასურველ ნიშანს ფენოტიპში.

უახლოეს მომავალში ალბათ შესაძლებელი გახდება შემუშავდეს გენოტიპის რეგულაცია მაკონტროლებელ გენებზე ზემოქმედების საშუალებით. ასეთი რეგულაციის მექანიზმები დგინდება. პერსპექტიული ხდება ორი მიმართულება: პირველი – თავის ტვინის მოცულობის გაზრდის რეგულაცია, შესაბამისად გონებრივი შესაძლებლობის გაზრდით. მეორე – იმუნური ბარიერის გადალახვა ორგანოთა ტრანსპლანტაციის შემთხვევაში.

ევგენიკურმა მიმართულებამ ასახვა პოვა პოლიტიკაშიც. ევგენიკის გავლენით შეზღუდულ იქნა იმიგრაცია აშშ-ში. ევგენიკის მომხრეები სხვადასხვა არგუმენტების მოშველიებით ცდილობდნენ დაესაბუთებინათ, რომ ჩრდილო და შუა ევროპიდან გადმოსახლებულ პიროვნებებს უფრო მეტი სარგებლობა მოაქვთ ქვეყნისათვის, ვიდრე აღმოსავლეთ ევროპიდან და აზიიდან გადმოსახლებულთ, ამიტომ გადმოსახლება აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებიდან და აზიიდან შეზღუდული იყო. ანალოგიურ ტენდენციას ჰქონდა ადგილი ინგლისში.

გერმანიაში ევგენიკას „რასული ჰიგიენა“ უწოდეს. შეიქმნა რასის მისტიკური კონცეფცია და ნორდიული რასა გამოცხადდა კეთილშობილ რასად, რომელიც უნდა გაბატონებულიყო კაცობრიობაზე. ამ იდეას საფუძველი დაუდო პლეტცემ 1895 წელს.

კაცობრიობა შედგება ნეგროიდული, ევროპოიდული და მონგოლოიდური რასებისაგან. მათ „დიდ რასებს“ უწოდებენ. ამ დიდ რასებში ანთროპოლოგიური კლასიფიკაციის საფუძველზე გამოყოფენ პატარა კატეგორიებს, რომლებსაც ტიპებს ან ჯგუფებს უწოდებენ. სხვადასხვა პერიოდში სხვადასხვა იდეოლოგიის გავლენით ჩამოყალიბდა რასულ-ანთროპოლოგიური სკოლები. რასულ-ანთროპოლოგიურ კონცეფციებს შორის მრავალი განსხვავების მიუხედავად შეიძლება ისინი დაყვანილ იქნენ საერთო გამაერთიანებელ პოსტულატებზე:

1. სხვადასხვა საზოგადოებები, სოციალური და კულტურული ჯგუფები თავიანთი ბუნებით რასულ-ანთროპოლოგიური წარმონაქმნებია.
2. საზოგადოებისა და კულტურის ევოლუცია რასულ-ანთროპოლოგიურ ჯგუფებში განსხვავებულია.
3. რასები და ანთროპოლოგიური ჯგუფები თვითნებურად დაყოფილია „დაბალ“ და „მაღალ“ კატეგორიებად. აქედან ჩამოყალიბდა „არასრულფასოვნების“ კატეგორია. გამართლებულია სოციალური უთანასწორობა და ექსპლუატაცია.
4. ადამიანთა სოციალური ქცევები და კულტურა მთლიანად განპირობებულია ბიოლოგიური მემკვიდრეობით.
5. რასებისა და ანთროპოლოგიური ჯგუფების შერევა მავნეა ბიოლოგიური, სოციალური და კულტურული განვითარებისთვის.

მცდარი წარმოდგენა ჩ. დარვინის ევოლუციის თეორიაზე

დარვინის მიერ მოწოდებული ბიოლოგიური ევოლუციის კონცეფცია მცდარად იქნა გაგებული ზოგიერთი მკვლევარის მიერ. ამ თეორიის მცადრმა ინტერპრეტაციამ ისეთი დიდი პოპულარობა მოიპოვა საზოგადოების ფართო ნრეებში, რომ ო. და დ. სოლბრიგებმა (Солбриг О. Солбриг Д. 1982) თავიანთი შრომის ერთერთი ქვეთავი სპეციალურად მიუძღვნეს ამ საკითხს.

გაუგებრობას იწვევს ის მცდარი ინტერპრეტაცია, რომლის მიხედვითაც ბიოლოგიური ევოლუცია გაიგივებულია არსებობისათვის ბრძოლასთან. ტერმინი „არსებობისათვის ბრძოლა“ ეკუთვნის დარვინს, რომელმაც იგი მალთუსის ზეგავლენით იხმარა თავის შრომებში: „სახეობათა წარმოშობა ბუნებრივი გადარჩევის გზით, ანუ უკეთშეგუებული ჯიშების გადარჩენა სიცოცხლი-

სათვის ბრძოლაში“ (1859); „შინაური ცხოველებისა და კულტურული მცენარეების შეცვლა“ (1868); „ადამიანის წარმოშობა და სქესობრივი გადარჩევა“ (1871). თუ ყურადღებით იქნება გაანალიზებული ზემოთ ჩამოთვლილი შრომები, დავინახავთ, რომ მეტაფორული გამოთქმა „არსებობისათვის ბრძოლა“ არასწორად იქნა ინტერპრეტირებული. დარვინს მიაწერეს ის, რაც მას არ წამოუყენებია.

დარვინი თვითონ იყო შეწუხებული მის მიმდევართა მოღვაწეობით. ისინი ცდილობდნენ სამართლიანი ევოლუციური კანონზომიერებები, რომლებიც მომქმედებენ ცხოველთა და მცენარეთა სამყაროში, გადაეტანათ და გაევრცელებინათ ადამიანთა საზოგადოებაზე. სხვათა შორის ტერმინი „არსებობისათვის ბრძოლა“ ცდილობენ არ იხმარონ იმ მკვლევარებმა, რომლებიც იზიარებენ დარვინის ევოლუციური თეორიის ყველა მოსაზრებას. ისინი „არსებობისათვის ბრძოლას“ ცვლიან ტერმინით „კონკურენცია სახეობის შიგნით“ და „სახეობათა შორის“ (Тимофеев-Ресовский, Воронцов, Яблоков. 1969. Галл, 1976; Dobzhansky 1970). კონკურენციის ორივე ფორმა, რომელიც წარიმართება ბუნებრივი გადარჩევით, შემოტანილია და დასაბუთებულია დარვინის მიერ.

ცოცხალ ორგანიზმთა შორის ბრძოლის შესახებ მცდარი იდეა პოპულარული გახდა სპენსერის შემდეგ, რომელმაც ის გამოიყენა თავის სოციალური ევოლუციის კონცეფციაში. სპენსერის ეპოქაში იდეა - არსებობისათვის ბრძოლა ინდივიდებს შორის, რომელშიც იმარჯვებს უკეთ შეგუებული და სარგებლობს გამარჯვების შედეგით, მისაღები იყო საზოგადოების გარკვეული ფენისათვის. ამიტომ სპენსერის ამგვარ ინტერპრეტაციას ბევრი მიმდევარი გამოუჩნდა. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ფართოდ გავრცელდა იდეა თავისუფალ კერძო მეწარმეობისა შეუზღუდველი უფლებებით. სოციოლოგიაში ამ იდეის დაფუძნებას ცდილობდნენ სპენსერის შეხედულებებზე დაყრდნობით. ზოგიერთი ისე შორს წავიდა, რომ სპენსერის შეხედულებებს ზნეობრივი ხასიათიც კი მიაწერა. ბიოლოგიური ევოლუციის კანონზომიერების გადატანით სოციალურ სფეროში სპენსერმა არასწორი ინტერპრეტაცია მისცა დარვინის ძირითად იდეას. დარვინის დიფერენციალური გადარჩება და თაობათა დატოვება სპენსერმა შეცვალა ბუნებრივი გადარჩევის ერთ-ერთი ელემენტით, დიფერენცირებული ამოწყდომით, რომელიც განპირობებულია გარემოსთან შეუგუებლო-

ბით. მან დაუშვა, რომ კონკურენცია არის დიფერენცირებული სიკვდილის ძირითადი მიზეზი. ამ ფორმით ეს იდეა ეკუთვნის სპენსერს და არავითარი საერთო არა აქვს დარვინთან. იგი გნოსეოლოგიურია და არ ემყარება მეცნიერულად დასაბუთებულ რეალურ მოვლენას. დარვინი „უკეთ შეგუებულებში“ გულისხმობს ინდივიდებს, რომლებიც დიდი რაოდენობით ტოვებენ რეპროდუქციის უნარიან თაობებს. ასეთები შეიძლება იყვნენ ფიზიკურად სუსტი ინდივიდებიც, რომლებიც ხშირად გვხვდებიან ბუნებაში.

დარვინის მოძღვრების შექმნიდან 100 წლის შემდეგ საბჭოთა გენეტიკოსი ტ. ლისენკო შეეცადა სოციალისტური იდეოლოგიისათვის მიესადაგებინა „დარვინიზმი“. ბიოლოგიური ევოლუციის თეორიის მისეული ინტერპრეტაცია არ არის მართებული. ლისენკომ უარყო გენეტიკისა და ციტოლოგიის ძირითადი დებულებები და დაუშვა, რომ ბუნებაში ადგილი აქვს შეძენილ ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობითობას. ბუნებრივია, ლისენკოს შეხედულება წარმოადგენს ნეოლამარკიზმს ბიოლოგიაში. ლისენკოს სურდა ეჩვენებინა, რომ ორგანულ ბუნებაში ადგილი აქვს ისეთსავე ნახტომებს, როგორც რევოლუციებს საზოგადოებაში, რათა გაემართლებინა ის სოციალური ძვრები, რომლებიც მოხდა რუსეთში XX საუკუნის დასაწყისში.

სადღეისოდ ყველას კარგად აქვს გაცნობიერებული ლისენკოს მიერ დაშვებული შეცდომების არსი, რასაც ვერ ვიტყვით სპენსერის მიმართ. სპენსერის დიდ პოპულარობას გარკვეულად ხელი შეუწყო ნიცშეს მიერ წამოყენებულმა ზეკაცის შექმნის იდეამ.

უნდა აღინიშნოს ერთი არსებითი გაუგებრობა დარვინის ევოლუციის თეორიაში. დარვინისეული გაგებით ევოლუცია ვერ საზღვრავს მომავალს. ზოგიერთები ფიქრობდნენ, რომ ბიოლოგიურ ევოლუციას გააჩნია რაღაც შინაგანი მამოძრავებელი ძალა, რომელიც მას ხდის მიზანმიმართულს. ამ თეორიას ორთოგენეზი ეწოდება. იგი ემყარება ტ. ეიმერის შეხედულებას, რომლის მიხედვითაც ევოლუციის მიმართულება განსაზღვრულია თვითონ საწყისი ცვალებადობით და არ ექვემდებარება ბუნებრივ გადარჩევას. ევოლუციის ორთოგენეზული თეორია ეწინააღმდეგება დარვინის შეხედულებას.

გაუგებრობის მნიშვნელოვანი მომენტი იქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც დარვინის ევოლუციური თეორიის შედეგით ცდილობენ იმსჯელონ მორალურ-ეთიკურ ნორმებზე. ეს ეხება ნიცშეს აზრს, რომელიც ცდილობს დაასაბუთოს არსებობისათვის

ბრძოლის უსაფუძვლობა. ის აკრიტიკებს დარვინისტებს იმ მოტივით, რომ საზოგადოებაში ძლიერებზე იმარჯვებენ სუსტები, ვინაიდან ისინი უფრო ჭკვიანები არიან და სულიერი სამყარო უფრო განვითარებული აქვთ. ევოლუციაზე მსჯელობისას დარვინი საერთოდ არ ეხება მორალის საკითხებს. არც ერთ დარვინის მიმდევარს არ აღუნიშნავს, თუ რა როლი ენიჭება ცხოველთა „ზნეობრივ" მხარეს არსებობისათვის ბრძოლაში. ევოლუციურად რაც უნდა მაღალგანვითარებული იყოს ცხოველი, ის ვერ გახდება „ზნეობრივად" უკეთესი ამომწყდარ ფორმებთან შედარებით. საერთოდ, ცხოველთა ზნეობაზე ლაპარაკი არამეცნიერულია, იგი ანთროპომორფისტული მიმართულებაა.

დარვინს აკრიტიკებს ანრი ბერგსონი. ის არ იზიარებს ახალი სახეობების წარმოშობას დარვინისეული გაგებით. ამის საილუსტრაციოდ მას მოჰყავს ზემოთ განხილული მაგალითი მშვენიერი ქანდაკების შესახებ. ბუნებრივი გადარჩევის შედარება მოქანდაკის საქმიანობასთან არ არის მართებული. თავის ტვინში მიმდინარე კოგნიტური პროცესებიდან გამომდინარე, მოქანდაკეს უყალიბდება მომავალი ქმნილების ხატი და ცდილობს მასთან მიახლოებული ქმნილება შექმნას, რასაც ხშირ შემთხვევაში ვერ ახერხებს. ბუნებრივ გადარჩევას მიზანი არ გააჩნია. მისი მოქმედების მიმართულება სტიქიურად წარმოიქმნება. მოქანდაკე თავისი პროფესიული განათლებიდან გამომდინარე მუშაობის პროცესში ცვლის ქანდაკების ფორმას. ხან რაღაცას ამატებს, ხან აკლებს. დიდი შრომის შემდეგ რაღაცით უკეთესს ღებულობს, რომელიც აკმაყოფილებს მის გემოვნებას და ამრავლებს ყალიბით იმდენჯერ, რამდენჯერაც მოინდომებს. ჩვენ შეგვიძლია ვილაპარაკოთ მოქანდაკის შემოქმედებით ევოლუციაზე, რომელიც განპირობებულია გემოვნებით, შრომისუნარიანობით და იმ სკოლის კულტურული ფასეულობით, რომლის წიაღშიც მოქანდაკე ჩამოყალიბდა როგორც ხელოვანი. ბერგსონის მიერ მოყვანილი მაგალითი ეხება კულტურის ევოლუციას და არაფერი აქვს საერთო მაკრო- და მიკრობიოლოგიურ ევოლუციასთან, რომლის შედეგად ჩნდებიან ახალი სისტემატიკური კატეგორიები.

დარვინისეული არსებობისათვის ბრძოლა სამართლიანია და მოქმედებს მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროში. მისი გადატანა ადამიანთა საზოგადოებაში არ არის მართებული. ამის წინააღმდეგი იყო თვითონ დარვინიც, რაც კარგად ჩანს იმ წერილში, რომელიც მისწერა მარქსს.

ბიოლოგიური და კულტურული ევოლუციის ეპისტემოლოგია

ევოლუცია მთავარი პარადიგმაა როგორც საბუნებისმეტყველო, ისე საზოგადოებრივი მეცნიერებებისათვის. ევოლუცია განაცხადია ისტორიის ცოდნის შესახებ. ის ამბობს: ამა თუ იმ ფენომენის წარსული მდგომარეობა არ არის მოცემული მდგომარეობის იდენტური, არ არის რეკურენტული (განმეორებადი) ან ციკლური, იგი აბსოლუტურად განსხვავდება მოცემული ფენომენის აწმყოსაგან.

ჩვენ შეგვიძლია ვისაუბროთ მზის სისტემის ევოლუციაზე და ვთქვათ, რომ მზე და პლანეტები წარსულის სხვადასხვა პერიოდში არ იყო იგივე ფორმის, რა ფორმისაც დღეს არის. ასევე შეგვიძლია ვისაუბროთ სახეობათა ან კულტურის ევოლუციის შესახებ. ყველა შემთხვევაში, როცა კი გამოიყენება სიტყვა ევოლუცია, ვგულისხმობთ სხვადასხვა პროცესებს სხვადასხვა შედეგით.

ბიოლოგიაში ტერმინი „ევოლუცია" თანამედროვე გაგებით 1762 წელს პირველად იხმარა შარლ ბონემ პროგრესული ემბრიოგენეზის მიმართ (Кейлоу, 1986). ფ.ჰაიეკის (Хайек, 1992) მიხედვით ენათმეცნიერებაში ევოლუცია 1787 წელს ნახმარი აქვს უილიამ ჯონს, რომელმაც აღმოაჩინა ინდოევროპულ ენათა საერთო წარმოშობა. 1816 წელს ფრანც ბოპამ იხმარა კულტურის ევოლუცია. 1836 წელს ენათა ევოლუციაზე წერს ვილჰელმ ჰუმბოლტი. ტერმინი „გენეტიკა" გერმანულ ენაში გამოყენებული აქვთ: 1767 წელს – ი. ჰერდერს, 1793 წელს – ფ. შილერს, 1800 წელს – კ. ვილანდს. ტერმინმა პოპულარობა მოიპოვა მას შემდეგ, რაც 1913 წელს გამოქვეყნდა უილიამ ბეიტსონის შრომა „გენეტიკის პრობლემები", რომელშიც დასაბუთებულია, რომ ბიოლოგიურ ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობითობა ხორციელდება გენთა მეშვეობით, განსხვავებით კულტურული მემკვიდრეობისაგან, რომელიც დასწავლით გადაეცემა.

ბიოლოგ ერნსტ მაირის მიხედვით ფიზიკურ სამყაროში ევოლუცია ტელეომატიკურია. ეს ნიშნავს, რომ ცვლილებები კი აღმოცენდება, მაგრამ ისინი მკაცრად დეტერმინირებული არიან, ვინაიდან ფიზიკურ კანონებს ექვემდებარებიან. მაგალითად, წითელი გიგანტი ვარსკვლავი. ჩვენ ვიცით პერიოდები, რომლებსაც ის გაივლის და შეგვიძლია მაღალი ალბათობით ვიწინასწარმეტყველოთ, თუ რა მოუვა მას მომავალში. ჩვენ ვფლობთ ამ

ცოდნას იმ მიზეზის გამო, რომ ვარსკვლავის წარსული, აწმყო და მომავალი ფიზიკის კანონებით არის დეტერმინირებული.

ორგანიზმის განვითარება კი, დაწყებული ზიგოტიდან, არ განისაზღვრება ფიზიკის კანონებით. იგი ხორციელდება უჯრედებში არსებულ დნმ-ში ჩაწერილი გენეტიკურ ინსტურქციათა სერიული პროგრამის რეალიზაციით. ამიტომაც ამ ინსტრუქციათა ცოდნა საშუალებას გვაძლევს ვიწინასწარმეტყველოთ ორგანიზმის მომავალი ფენოტიპური მდგომარეობა. ამ ცვლილებათა მიმდევრობა ასევე დეტერმინირებულია, მაგრამ განსხვავებულია ვარსკვლავის ფორმის ცვლილებისაგან, რომელსაც არა აქვს სპეციფიკური ინსტრუქცია. მაირი ასეთ ცვლილებებს – ცენტრალური პროგრამით განსაზღვრულ მიმართულ ცვლილებებს – ტელეონომიკურს უწოდებს. ტელეონომიკური ევოლუცია განსაზღვრულია ინსტრუქციათა თანმიმდევრობით. ტელეომატიკური კი რეგულირდება ფიზიკის კანონებით.

ბოლო ხანს დიდი ყურადღება ეთმობა ევოლუციური ეპისტემოლოგიის* ჩამოყალიბებას, რაც საშუალებას მოგვცემს უკეთ გავერკვეთ და გავაანალიზოთ ადამიანის ცოდნის ზრდა და მისი ფუნქციები, აგრეთვე ადამიანთა ურთიერთობის სპონტანურად ჩამოყალიბებულ სხვადასხვა ფორმის წესრიგში ამოვიკითხოთ სოციობიოლოგიური კანონზომიერებები, სწორად განვსაზღვროთ ბიოსოციალურ ურთიერთობათა მომავალი პერსპექტივა.

ევოლუციის ეპისტომოლოგია არის შემეცნების თეორიის ისეთი ნაირსახეობა, რომელიც გონს და მისი მოქმედებით შექმნილ პროდუქტს განიხილავს ევოლუციური პროცესის შედეგით. ამ მხრივ ჯერ კიდევ ბევრია გასაკეთებელი. სამართლიანად აღნიშნავს ჰაიეკი (Хаиек, 1992): „ჩვენ გვჭირდება არა მარტო ევოლუციის ეპისტემოლოგია, არამედ მორალურ ტრადიციათა ევოლუციის ცოდნა, რომელიც თავისი თვისებებით საკმაოდ განსხვავებულია იმისაგან, რაც მოქმედებს დღევანდელ ადამიანთა შორის“.

ჩვენი ქცევის მორალური ნორმები არ წარმოქმნილა ინსტინქტებიდან და არც გონის შემოქმედების შედეგია. იგი დამოუკიდებ-

---

* ეპისტემოლოგია წარმოქნილია ორი ბერძნული სიტყვისაგან: ეპისტემე-ცოდნა, ლოგოს-მოძღვრება. ტერმინი პირველად შემოიღო 1854 წელს შოტლანდიელმა ფილოსოფოსმა ჯ. ფერიემ ნაშრომში „მეტაფიზიკის საფუძვლები“. იგი ფილოსოფიის დარგია და წარმოადგენს შემეცნების თეორიას. ეპისტემოლოგია სწავლობს ადამიანის ცოდნის წარმოშობას, ხასიათს, კვლევის მეთოდებსა და ზღვარს.

ელი ფენომენია და რალაც შუალედური ადგილი უკავია ინსტინქტსა და გონს შორის.

ადამიანთა მორალურ ტრადიციათა განვითარება, ისე როგორც კულტურული ცხოვრების სხვა მრავალი ასპექტი, მიმდინარეობდა გონის ევოლუციასთან ერთდროულად.

ინსტინქტი და გონება ა.ბერგსონის (Бергсон, 1998) მოძღვრების მიხედვით ძირეულად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ინსტინქტი სიცოცხლის შინაგან ბუნებასთან არის დაკავშირებული, გონება კი სიცოცხლის მხოლოდ ზოგადი ცნებებით გამოხატულ თანაფარდობებსა და გარეგან ფორმებს იცნობს. გარეგნული, ზედაპირული ცოდნა მხოლოდ იარაღების დასამზადებლად არის ვარგისი. ინსტინქტს კი შეუძლია ახალი ცხოვრების ორგანიზაციაში მიიღოს მონაწილეობა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თუ ცოცხალი არსების ეს ორი უნარი ერთმანეთისაგან აბსოლუტურად დიფერენცირებული – გათავისთავადებული როდია. ინსტინქტი და გონება ყოველთვის ერთად არსებობს, მაგრამ სხვადასხვა არსებებში ისინი სხვადასხვანაირად არიან განვითარებული. ადამიანში გონება სჭარბობს ინსტინქტს. გონების პრევალირებას ინსტინქტზე გარკვეულად კულტურის ევოლუციამ შეუწყო ხელი.

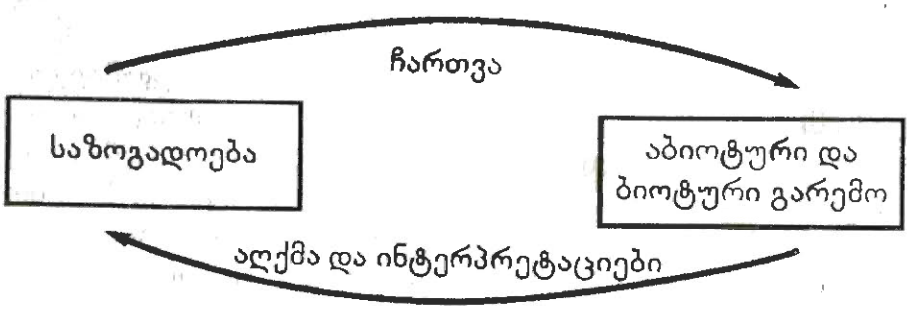
გონება და ინსტინქტი ხშირად ურთიერთსაპირისპირო გზებით აკმაყოფილებს სასიცოცხლო მოთხოვნილებებს. გარემოდან მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება შეიძლება ორგანიზმისაგან განცალკევებული შრომის იარაღის შექმნით, ან თვით ორგანიზმში არსებულ ან ევოლუციურად ახლად ფორმირებულ ორგანოთა საშუალებით. მაგალითად, ადამიანი თავისი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად თოკს და მის საგრეხ მანქანებს ამზადებს, ობობა კი თავისივე ორგანიზმში – ჯირკვალში გამოიმუშავებს სააბლაბუდე სეკრეტს.

შრომის იარაღების შექმნა ხორციელდება ფაბრიკაციის გზით. ამნაირი საქმიანობისათვის აუცილებელია გონება მისი ფარდობითი, სიმბოლური ცოდნით და მექანისტური მსოფლმხედველობისადმი მიდრეკილებით, რომელიც ნაწილთა განხილვიდან ერთ მთელად შეჯამებაზე გადადის. სრულიად განსხვავებული უნარია საჭირო ორგანოს შექმნის გზით სასიცოცხლო მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად. ეს უნარი ფაბრიკაციით კი არ წარიმართება, არამედ ორგანიზაციით. მისი წყალობითაა, რომ საზოგადოებრივ მწერებში სხვადასხვა სოციალურ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად ყალიბდებიან სხვადასხვანაირად ორგანიზებული ინდივიდები – მუშები, მეომრები და ა. შ. ამგვა-

რი ორგანიზაციული ჯგუფების ჩამოყალიბებამ საფუძველი მისცა ბერგსონს განეცხადებინა, აუცილებელია გქონდეს ინტუიციის უნარი, რათა აღიქვა სიცოცხლე მთელი მისი ორგანული მთლიანობითო. მწერთა სოციალურ ქცევათა ინსტინქტურ გამოვლენაში მან დაუშვა ცხოველებში არა მარტო საკუთარი სიცოცხლის, არამედ სხვა არსებათა სიცოცხლის ხედვაც.

აღსანიშნავია ერთი ფაქტი: დარვინმა თავის "სახეობათა წარმოშობაში" მე-8 თავი მიუძღვნა ინსტინქტებს. თავის დასაწყისში მან განაცხადა, რომ ის არ ეხება გონებრივი შესაძლებლობის წარმოშობას ისევე, როგორც საერთოდ სიცოცხლის წარმოშობას. მე-8 თავში დარვინიმა აღწერა რამდენიმე ინსტინქტური ქცევა და აღნიშნა მათი ცვალებადობა. სწორედ ამაშია დარვინის დამსახურება. მან მეცნიერებაში გაბატონებული მეტაფიზიკური შეხედულება ორგანიზმთა ცვალებადობის შესახებ მატერიალისტური მსოფლმხედველობით შეცვალა. არსებობს გამოთქმა – ყველაზე პრაქტიკულია კარგი თეორიის არსებობა; ეს ვრცელდება ბიოლოგიური ევოლუციის თეორიაზეც.

XIX საუკუნის შუა წლებიდან – თეორიის შექმნიდან – მისი მნიშვნელობა განუხრელად იზრდება. იგი პრაქტიკულად დიდ გავლენას ახდენს თითქმის ყველა ბიოლოგიური დისციპლინის განვითარებაზე. თანამედროვე კაცობრიობის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი პრობლემა არის ურთიერთობა ბიოსფეროსთან. ადამიანი თავისი გაჩენის დღიდან აქტიურად იჭრება ისტორიულად ჩამოყალიბებულ ეკოსისტემებში. ოპტიმალური გზების არჩევა დედამიწის პროდუქტიულობის გაზრდის მიზნით და მეურნეობის პერსპექტიული დაგეგმვა ბიოლოგიური მიმართულებით თხოულობს ევოლუციური პროცესების ცოდნას. ეს პროცესი სქემატურად ასე შეიძლება წარმოვადგინოთ. (სურ. 1.8).



სურ.1.8. *ურთიერთობა საზოგადოებასა და გარემოს შორის*

სახეობათა ევოლუცია თანამედროვე გაგებით თავისი შედეგებით არაწინასწარმეტყველურია. ნაწილობრივ იგი ემორჩილება ბუნებრივ გადარჩევას, რომელიც დეტერმინისტულია იმ თვალთახედვით, რომ იგი სახეობას უკეთ ადაპტირებულად აყალიბებს. ბუნებრივი გადარჩევა მხოლოდ ნაწილია ევოლუციის პროცესის მამოძრავებელი ძალებისა. ამ დროს სახეობის ევოლუციაში არანაირი პროგრამა არ ვლინდება, არ წარმოჩინდება. ნიუტონისთვის დამახასიათებელი პოტენციალი არ გამოვლინდება Australopithecus afarensis-იდან. ის ფაქტი, რომ ნიუტონს თავის წინაპრებში A. afarensis ჰყავდა, ბევრს არ ნიშნავს. ასეთი წინაპარი სხვა ადამიანებსაც და სხვა სახეობებსაც ჰყავდათ. A. afarensis პოტენციალი შეიძლება გამოვლენილიყო სხვადასხვა მიმართულებით და მათ შორის ერთ-ერთი ნიუტონიც გახლავთ. მაგრამ ნიუტონი არ იყო A. afarensis პოტენციალის უკეთესი გამოვლენა, ვიდრე რომელიმე ნეანდერტალელი. ამას მივყავართ მნიშვნელოვან თვალთახედვამდე. ვარსკვლავთა ევოლუციისა თუ ორგანიზმთა განვითარებისაგან განსხვავებით, რომლებიც მოიცავენ მხოლოდ ერთეული ობიექტის ახალ ფორმაში გარდაქმნას, ნეოდარვინისტულ მიმართულებას შემოაქვს ახალი განსხვავებული კომპონენტი – შთამომავლობის დივერგენცია მათი წინაპრებისაგან და ერთმანეთისაგან ხაზების დაშორების შემდეგ. ბუნებრივმა გადარჩევამ შესაძლოა ორი ევოლუციური ხაზი სხვადასხვა მიმართულებით წაიყვანოს. ამ პროცესებში გენთა დრეიფისა და მუტაციური პროცესის მონაწილეობა ბიოლოგიური ევოლუციის მიმართულებას გაუთვალისწინებელს და არაწინასწარმეტყველურს ხდის.

ბიოლოგიური ევოლუციის თეორია აყენებს მრავალ კომპლექსურ პრობლემას, რომელიც უშუალოდ ეხება ადამიანს. ადამიანი ერთი მხრივ, არის ბიოლოგიური ევოლუციის შედეგი და იმავდროულად არის სოციალური არსება. მის ფორმირებაში დიდი როლი ენიჭება კულტურულ ევოლუციას.

ვ. გრანტის (Грант, 1980, 1991) მიხედვით კულტურული ევოლუცია მიმდინარეობს თაობებს შორის კულტურული ფასეულობების თანდათანობით დაგროვებით. პირველად ხდება სასარგებლო ცოდნის შეძენა, რომელიც ვრცელდება თანასაზოგადოების ინდივიდთა მასაში. დასწავლის საშუალებით შეძენილი ცოდნა გადადის მომდევნო თაობაში. მომდევნო თაობა შეძენილ ცოდნას ამატებს მის მიერ აღმოჩენილ ახალს და ეს პროცესი გრძელდება უწყვეტად.

კულტურულ ევოლუციას ზოგჯერ მოიხსენიებენ როგორც ფსიქოსოციალურ, ზეორგანულ ან ეკოსომატურ ევოლუციას. ცნობილი ავსტრო-ამერიკელი ეკონომისტი, ნობელის პრემიის ლაურეატი ჰაიეკი (Хайек, 1992) აკრიტიკებს სოციობიოლოგებს, რომლებიც ამტკიცებენ, რომ ენა, მორალი, სამართალი და ა. შ. გადადის გენეტიკურად, რის მექანიზმებსაც ხსნის თანამედროვე მოლეკულური ბიოლოგია. ეს იდეა ისეთივე მცდარია, როგორიც ის, თითქოს ადამიანმა შექმნა და გამოიგონა ისეთი ინსტიტუტები, როგორიცაა: მორალი, სამართალი, ენა, ფული, ან თავისი სურვილისამებრ შეძლებს მათ დახვეწას. ამ საკითხების სწორი ახსნა, ხაზგასმით აღნიშნავს ჰაიეკი, უნდა არსებობდეს ინსტინქტსა და გონიერებას შორის. ამიტომ ბიოლოგიური და კულტურული ევოლუცია რაღაცაში ანალოგიურიები, მაგრამ დიდად განსხვავებულები არიან. ჰაიეკი ეყრდნობა ჯულიან ჰაქსლის აზრს და აღნიშნავს, რომ კულტურული ევოლუციის პროცესი ძირეულად განსხვავებულია ბიოლოგიურისაგან. მას გააჩნია საკუთარი კანონზომიერებები, მექანიზმები, მართვის ფორმები, რომლებიც ვერ აიხსნება მარტო ბიოლოგიური ევოლუციის პოზიციიდან.

ჰაიეკი ევოლუციურ თეორიას ფართო ისტორიულ კონტექსტში განიხილავს. ევოლუციური ეპისტომოლოგიისათვის აუცილებელია გავერკვეთ იმ განსხვავებაში, რაც არსებობს ბიოლოგიურ და კულტურულ ევოლუციას შორის, უნდა გამოვარკვიოთ ის ევოლუციური პროცესები, რომლებსაც ექვემდებარება სოციალურ-ეკონომიკურ ფორმაციათა განვითარება. ევოლუციის ეპისტემოლოგიას ართულებს თანამედროვე ფიზიკის მიღწევები. ჩნდება ახალ-ახალი ელემენტარული ნაწილაკები, რომლებიც აფართოებენ ჩვენს წარმოდგენებს სამყაროს ევოლუციაზე. ფიზიკურ-ქიმიურმა მონაცემებმა ცხადყო, რომ ევოლუცია არ შემოიფარგლება მხოლოდ ცოცხალი სისტემებით. ევოლუციას ადგილი აქვს არაორგანულ ბუნებაშიც.

კულტურული ევოლუციის პროცესები თავიანთი შედეგებით ცხრ.-ში 1.2 დაჯგუფებულია იმ ფუნქციური მსგავსებით, რომელიც მოწოდებულია ი. სკოტის (Scott, 1989) მიერ. ცვლილების პროცესების საერთო კატეგორია მოიცავს ინდივიდუალური ორგანიზაციებისათვის დამახასიათებელ პირველად პროცესებს, როგორიცაა ფანტაზია, გონიერება და დასწავლა. მეტყველების საშუალებით ინდივიდუალური პროცესები ერთიანდება ჯგუფებად. ცვლილებებს განიცდის თვით ენა. სინერგული პროცესების (რომლებიც გარკვეულ კომბინაციებს შეიცავენ ინდი-

ვიდებს შორის) ფანტაზიის შედეგად გვეძლევა გამოგონება, ინოვაცია და აღმოჩენა.

ცვლილებების მესამე კატეგორია წარმოადგენს ინფორმაციის მიღების და შენახვის პროცესს. ბოლოს მოცემულია დირექტიული პროცესების ჯგუფი: ფსიქოლოგიური სელექცია ან ტელეონომია. ხდება დიფერენციული გადარჩენა ან ნატურალური სელექცია. ზოგადი ცვლილებები ხორციელდება დაბადებით და სიკვდილით. სიკვდილის შედეგად ქრება ინფორმაცია. დაბადებით კი მიმდინარეობს ინფორმაციის რეორგანიზაცია. გადაცემის პროცესები არის ერთ-ერთი მთავარი კატეგორია. იმიტაცია ხდება ცხოველებში მეტყველების გარეშე, ხოლო ადამიანებში იგი თან სდევს მეტყველებიან და არამეტყველებიან ქცევებს. ენობრივი კომუნიკაცია მოიცავს გააზრებული ინსტრუქციით სწავლას. ცხადია, ასეთი კლასიფიკაცია ხელოვნურია, ვინაიდან ადგილი აქვს პროცესთა ერთმანეთში გადაფარვას. მესამე ჯგუფში ასახულია კულტურული ევოლუციის ყველაზე მნიშვნელოვანი სახეები.

ცხრილში (ცხ. 1.2) მოტანილი კულტურული ევოლუციის პროცესების და პროდუქტების დიდი რიცხვი კონტრასტშია ბიოლოგიურ ევოლუციასთან, რომელსაც გააჩნია ოთხი ძირითადი პროცესი და პირდაპირი გავლენა აქვს ცოცხალ მატერიაზე. კულტურულ ევოლუციას სამი ტრანსმიტული გადაცემის პროცესი გააჩნია, ბიოლოგიურს კი მხოლოდ ერთი. ბიოლოგიური ევოლუციის პირდაპირი გავლენა შემოფარგლულია ერთი პროდუქტით – ფიზიოლოგიური ორგანიზაციით.

კულტურული ევოლუცია განსხვავდება ტელეონომიკური და ტელეომატიკური პროცესებისაგან. იგი შეიცავს დეტერმინისტულ ელემენტებს, რომლებიც მოიცავენ კულტურათა ადაპტაციას გარემო პირობებთან. ეს ადაპტაცია შეიძლება სხვადასხვა კულტურული გზებით განხორციელდეს. კულტურათა უმეტესი ასპექტი გარკვეულწილად მოიცავს თავისუფალ არჩევანს. მაგალითად, მიუხედავად იმისა, რომ გრამატიკა ენისათვის აუცილებელია, ცნობილია სინტაქსის გენერაციის უამრავი გზები, რომლებიც თანაბრად სრულუფლებიანი ხდება. არსებობს ადამიანის შემოსვის უამრავი ფორმა, რომლებიც ძირითადად წარსულითა და მოდით განისაზღვრება და მხოლოდ ნაწილობრივ – სითბოთი და დაცვითი ფუნქციებით. ამგვარად, კულტურული ხასიათის გენერაცია რომელიმე საწყისი წერტილიდან მოიცავს მრავალ სტოქასტურ ფაქტორს. განა ვინმეს შეუძლია იწინასწარმეტყველოს ჩაცმის ის ვარიანტები, რომლებსაც გვთავაზობენ მხატვარ – მოდელიორები. მიუხედავად ამისა, ჩვენ შეგვიძლია გამო-

ვიცნოთ ეპოქა, რომელშიც სურათია გადაღებული და იგი გვაძლევს ცოდნას მოდის ცვლილებების შესახებ დროში. ეს არის სერიულობის უკან მდგომი ლოგიკა.

ცხრილი 1.2

კულტურული ევოლუციის პროცესები და პროდუქტები ი. სკოტის (Scott 1989) მიხედვით

ა. **ცვლილების პროცესები:**
1. პირველადი შინაგანი პროცესები (ორგანიზმებში):
   ა) ფანტაზია და პროექციული აზროვნება,
   ბ) დასწავლა.
2. ჯგუფური პროცესები:
   ა) ენის ცვლა:კონცეპტები და ორგანიზაცია,
   ბ) სინერგიული პროცესები: კომბინატორული პროცესები და სინერგიული პრობლემების ამოხსნა,
   გ) გამოგონება, ინოვაცია, აღმოჩენა.
3. დაგროვების პროცესები: ინფორმაციის დაგროვება.
4. დირექტიული პროცესები:
   ა) ფსიქოლოგიური სელექცია-ტელეონომია,
   ბ) დიფერენციული გადარჩენა-ნატურალური სელექცია,
   გ) სიკვდილი და დაბადება.

ბ. **გადაცემის პროცესები:**
1. მოდელი, იმიტაცია.
2. ენობრივი კომუნიკაცია – სწავლა,
3. დიფუზია და არტეფაქტების რეპროდუქცია.

გ. **კულტურული ევოლუციის შედეგები:**
1. ენობრივი შედეგები:
   ა) თავად ენა – ლექსიკა და გრამატიკა,
   ბ) იდეები: არასიტყვიერი ფენომენების სიმბოლური გამოსახვა, კონცეპტების ჩამოთვლით,
   გ) ჩანაწერები,
   დ)ქცევის წესები,
   ე) ცერემონიული ქცევები.
   2. არაენობრივი ქცევა
3. სოციალური ორგანიზაცია, ინსტიტუციური ორგანიზაციის ჩათვლით.
4. ხელსაწყოები, მანქანები – არტეფაქტები, რომლებიც დაკავშირებული არიან ენერგიის მოხმარებასთან.
5. სიმბოლური არტეფაქტები:
   ა) რელიგიური,
   ბ) არტისტული.
6. კონსტრუქციები – შენობები და ა. შ.
7. წარმოება – საჭმელი, ტანსაცმელი და ა. შ.

ბიოლოგიური ევოლუციისაგან განსხვავებით კულტურულს აქვს ტელეოლოგიის ელემენტები, რომლებიც გულისხმობენ განსაზღვრული მიზნებისაკენ ქმედებას. ტელეოლოგიური აზროვნება შეიძლება იყოს რელიგიური, როდესაც მოვლენები ინტერპრეტირდება, როგორც ღვთისმიერი, წინასწარგანსაზღვრული გეგმის შედეგი. კულტურული ევოლუციის გავლენით ჩვენ ვსაუბრობთ აგრეთვე ხალხის გეგმებზე და იმ საქმეებზე, რომლებსაც ისინი ახორციელებენ თავიანთი მიზნების მისაღწევად. გარკვეულწილად, სპეციფიკური, დამახასიათებელი კულტურული ისტორიები წარმოადგენენ მიზნის განხორციელებისათვის ხალხთა ქმედების შედეგს.

დარვინის შრომების გამოქვეყნების შემდეგ ძალიან სწრაფად იწყება ბიოლოგიური ევოლუციის პრინციპების შეჭრა საზოგადოებათმცოდნეობის, ეკონომიკისა და ლინგვისტიკის სხვადასხვა სფეროებში. ერთ-ერთი პირველი, ვინც გამოიყენა დარვინის თეორია არაბიოლოგიური დანიშნულებით, იყო ცნობილი გერმანელი ლინგვისტი ავგუსტ შლეიხერი. იენის უნივერსიტეტმა 1900 წელს გამოაცხადა კონკურსი სამეცნიერო ნაშრომებზე, რომლებშიც უნდა ასახულიყო, თუ რა მნიშვნელობა აქვს სახეობათა წარმოშობის თეორიულ პრინციპებს პოლიტიკურ კონცეფციათა განვითარებასა და სახელმწიფო კანონმდებლობაში. კონკურსში პირველი ადგილი მიენიჭა ვილჰელმ შალმაიერის ნაშრომს „მემკვიდრეობა და გადარჩევა ხალხთა ცხოვრებაში“.

დარვინის კონცეფციამ გავლენა იქონია ლიტერატურათმცოდნეობაზეც. ამ მხრივ აღსანიშნავია ჩვენი თანამემამულის, გამოჩენილი კრიტიკოსის კიტა აბაშიძის ლიტერატურული მოღვაწეობა. მან ქართველ მკითხველს „ივერიის“ (1894 წლის №165 და №166) ფურცლებიდან გააცნო თავისი მასწავლებლის ფ. ბრუნეტიერის შრომების შინაარსი. წერილში „ევოლუციის მოძღვრება კრიტიკაში“ ნათლად ჩანს, რატომ მიიღო აბაშიძემ ბრუნეტიერის ევოლუციური მეთოდი და როგორ ესმის მისი არსი. სტატიაში აშკარად იგრძნობა აბაშიძის ფართო ერუდიცია. მას ღრმად ჰქონია გაანალიზებული დარვინის ევოლუციური თეორია.

რადგან ევოლუციის თეორიამ დიდი სამსახური გაუწია არა მარტო საბუნებისმეტყველო დარგს, არამედ საზოგადოდ ისტორიასა და ფილოსოფიას, ბრუნეტიერს სურდა ეს თეორია გამო-

ეყენებინა ლიტერატურის ისტორიასა და კრიტიკაში. ამისათვის მან მოიშველია დარვინისა და ჰეკელის თეორიები, იპოლიტ ტენმა კი ლიტერატურის ისტორიაში გამოიყენა სენტ ილერის და კიუვიეს თეორიები. ბრუნეტიერის მიხედვით, როგორც ცოცხალ ბუნებაში იცვლება ერთი სახეობა დივერგენციის შედეგად, ასევე ერთი რომელიმე ლიტერატურული ჟანრი იბადება, იზრდება, შემდეგ კი გადადის სხვა მონათესავე ჟანრში. იბადება შეკითხვა, თუ ლიტერატურული ჟანრები და ფორმები ერთიმეორეს მისდევენ, ერთიმეორეში გადადიან, ეს ხდება შემთხვევით, თუ რაიმე კანონს ექვემდებარება? რა ესთეტიკური კავშირი არსებობს ორ ერთიმეორის მიმდევარ ლიტერატურულ ჟანრს შორის? თუ ერთი ფორმა მეორეში გადადის, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ახალ ფორმას ნასესხები აქვს ძველი ფორმის თვისებები და მასთან შედარებით პროგრესის გზაზე დგას, თუ არა? ბრუნეტიერს კრიტიკაში შეაქვს „ბუნებრივი გადარჩევა“, რომლითაც უნდა აიხსნას ლიტერატურის ევოლუცია.

თანამედროვე ფრანგი ფილოსოფოსი და კულტურის თეორეტიკოსი მიშელ-პოლ ფუკო (1926-1984) მიიჩნევს, რომ მეცნიერება ადამიანის შესახებ პირველ მიახლოებაში მოიცავს სამი ეპისტემული მიმართულების ერთობლიობას. ცოდნის ეს ახალი მიმართულება ჩამოყალიბდა ბიოლოგიის, ეკონომიკისა და ფილოლოგიის ისტორიული განჯითარების საერთო მსგავსი ნიშნების საფუძველზე. (Фуко, 1994). მაგალითად, ბიოლოგიური ევოლუცია განუყოფელია ენის თეორიისაგან.

ფუკო ადამიანის სოციობიოლოგიურ არსს განიხილავს ბიოლოგიურ, ეკონომიკურ და ენობრივ პრო ექციაში. ბიოლოგიურად ადამიანი ფუნქციის მატარებელია. იგი ეებულობს სხვადასხვა სახის გამღიზიანებლებს, როგორიცაა: ფიზიოლოგიური, სოციალური და კულტურული. ადამიანი ამ გამღიზიანებლებზე რეაგირებს, პოულობს მისთვის საჭირო ოპტიმალურ ვარიანტს და შესაბამისად მოქმედებს. მოქმედება კი უნარჩუნებს ნორმალური ფუნქციონირების უნარს. ყალიბდება ორი ეპისტემა: ფუნქცია და ნორმა.

ეკონომიკურად ადამიანი არსებაა, რომელსაც გააჩნია სხვადასხვა მოთხოვნილებები, ეძებს სიამოვნებას და სარგებელს, ამიტომ სხვებთან ურთიერთობისას უხდება კონფლიქტურ სიტუაციებში მონაწილეობა. კონფლიქტის შედეგად ზოგჯერ იმ-

არჯვებს და იკმაყოფილებს მოთხოვნილებას, შეიძლება მოხდეს პირიქითაც. იგი ცდილობს თავი აარიდოს კონფლიქტებს, მოახერხოს ურთიერთსაწინააღმდეგო სიტუაციების შემსუბუქება, ქმნის წესებს, რომლებიც ერთდროულად ზღუდავენ მის სურვილს და აქრობენ კონფლიქტებს. ისევე როგორც ბიოლოგიურ პროექციაში, ეკონომიკურშიც ორ ეპისტემასთან გვაქვს საქმე: კონფლიქტთან და წესთან.

ენობრივ პროექციაში ადამიანი მიმიკით, ჟესტებით და ვერბალური ქცევებით ცდილობს გამოხატოს თავის ტვინში მიმდინარე ნებისმიერი პროცესი. ყველაფერი, რაც ადამიანის გარშემოა: საგნები, რიტუალი, ჩვევები და სხვა მრავალი ყალიბდება როგორც ნიშნების სისტემა. ენობრივ პროექციაში ყალიბდება წყვილი: ნიშანი და სისტემა.

სამი წყვილი: ფუნქცია – ნორმა, კონფლიქტი-წესი და ნიშანი-სისტემა აყალიბებს ადამიანის ბუნებაში ღრმად ჩაწვდომის პერპექტივას. ჩამოთვლილი სამი წყვილის განხილვისას არ უნდა შემოვიფარგლოთ მხოლოდ იმ პროექციებით, რომლებშიც ისინი პირველად ჩნდებიან. ეს წყვილები მოქმედებენ ერთდროულად და გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე. ამ სამ წყვილთა ურთიერთობა ჩამოყალიბებულია და კვლავ განიცდის ცვლილებას ბიოლოგიური და კულტურული ევოლუციის ზემოქმედებით.

კულტურული ევოლუციის საკითხებს ჩვენ კვლავ დავუბრუნდებით მოგვიანებით, როდესაც ადამიანთა ალტრუიზმს შევეხებით.

ლიტერატურა

აბაშიძე კ. ცხოვრება და ხელოვნება. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 1971.

კოდუა ე. სოციოლოგიის შესავალი. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი. 1986.

პოპერი კ. რჩეული ნარკვევები „დიოგენე" 2000.

შათირიშვილი ა., ცაგარელი ს., ცარციძე მ. ზოგადი ბიოლოგია. თბილისი.1999.

ცარციძე მ., ცაგარელი ს., შათირიშვილი ა. ბიოლოგიის შესავალი. თბილისი. 1999.

Авизер Н. В начале. Сотворение мира и наука. 1998.

Бергсон А. Творческая эволюция. Москва. Изд. «КАНОН - пресс», «Кучково поле». 1998.

Вейсман А. Лекции по эволюционной теории. Изд. «М. и С. Сабашниковых». М. 1905.

Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. Изд. Прогрес-Традиция. М. 1999.

Гапп Я. М. Борьба за существование как фактор эволюции. Изд. «Наука». 1976.

Гидденс Э. Социология. Изд. «Эдиториал УРСС». М. 1999.

Гранит В. Эволюция организмов. Изд. «Мир». 1980.

Гранит В. Эволюционный прогресс. Изд. «Мир». 1980.

Дарвин Ч. Происхождение видов. Изд. сельскохозяйственной литературы. М. 1937.

Докинз Р. Эгоистичный ген. Изд. «мир». М.1993.

Иорданский Н.Н. Эволюция жизни. Изд. центр «Академия». М. 2001.

Кейлоу П. Принципы эволюций. Изд. «Мир». М. 1986.

Келеман Л. Возможность поверить. Изд. «Рекламно-издательский дом в Москве». 1991.

Кимура М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности. Изд. «Мир». М. 1985.

Ламарк Ж. Философия зоологии. Изд. «биологической литературы». Т1, 1935; т2. 1937. Москва-Ленинград.

Левонтин Р. Генетические основы эволюции. Изд. «Мир». М. 1978.

Майр Э. Популяции, виды и эволюция. Изд. «Мир», М. 1974.

Меннинг О. Поведение животных. Вводный курс. Изд.. «Мир». М. 1974.

Ницше Ф. Сумерки кумиров, или как философствовать молотом. Республика Белорусь. Минск. Изд. «Белорусский дом печати». 1997, ст. 129-230.

Одум Ю. Экология. В двух томах. Изд. «Мир» М. 1986.

Пилбим Д. Происхождение гоминоидов и гоминид. В мире науки. №5, 1984.

Пригожин И. От существующего к возникающему. Изд. «Наука». М. 1985.

Пригожин И., Стенгер И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой, изд. «Эдиториал УРСС». М. 2000.

Симпсон Д. Темы и формы эволюции. Изд. «ИЛ». 1948.

Солбриг О., Солбриг Д. Популяционная биология и эволюция. Изд. "Мир". М. 1982.

Спенсер Г. Опыты научные и философские. Изд. «Современный литератор». Минск. 1998.

Стрингер К. Происхождение современных людей. В мире науки №2, 1991.

Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яковлев А.В., Краткий очерк теории эволюции. М. 1969.

Хайек Ф. Пагубная самонадеянность. М. Изд. « Республика», 1996.

Штайнер Р. Из области духовного знания, или антропософия. Москва. Изд. «Энигма», 1997.

Эрлих А., Холм Р. Прогресс эволюции. Изд. «Мир», М. 1966.

Уоллес А. Р. Дарвинизм. Изложение теории естественного подбора. М. 1898.

Фуко М. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. Изд. «Прогресс», М. 1977.

Dobzhansky Th. Genetics of the Evolutionary Process. Columbia Univ. Press, 1970

Gould S. G. Is a new and general theory of evolution emerging. Paleobiology 6. pp. 119-130, 1980.

Gould S. The Panda`s Thumb. New York, Viking Penguin, 1980

Potts M., Short R. Even since Adam and Eve, The evolution of human sexuality. Cambridge University Press, 1999

Mayr E. This is biology. The science of the living world. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 1999.

Pregogine I., Herman R., Allen P. The evolution of complexity and the laws of nature. In: Gaols in a global community: A report to the Club of Rome v.1 Ed. E. Jaszlo, J. Biezman. Oxford, Pergamon, Press. 1977

Scott J. The evolution of social systems Gordon end Greach science publishers, New-York, London, Paris, Tokyo, Malbourne. 1989

Walsh A. Biosociology. An emerging paradigma. Westport, Connecticut London. 1995

Wilson E. Sociobiology: The new synthesis The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England, 2000

თავი მეორე

ქცევის კვლევის მიზანი და მეთოდები

შინაარსი

ბიჰევიორიზმი 60

ბიჰევიორიზმის ევოლუცია. ნეობიჰევიორიზმი 64

ქცევის ემერჯენტულობა და მოლიარული განსაზღვრა 67

გეშტალტი და ინსაიტი 68

სისტემის ანალიზის ზოგადი პრინციპი, შავი ყუთი, მოდელირება და ინფორმაცია 72

უკუკავშირის პრინციპი 78

ინსტინქტი 85

ეთოლოგია, იმპრინტინგი და ნ. ტინბერგენის ოთხი პარადიგმა 91

ქცევის რეგულირების ლორენცის ჰიპოთეტური მოდელი 103

ქცევის რეგულირების ტინბერგენის იერარქიული მოდელი 103

მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი და რელიზერები 104

სოციალიზაცია 112

ლიტერატურა 119

გარემოში მიმდინარე მუდმივად ცვლადი ფაქტორების გავლენით ცხოველები მრავალფეროვან ქცევით აქტებს ახორციელებენ. ქცევა არის ფსიქიკური პროცესების გავლენით გამოხატული ორგანიზმის საერთო აქტიურობა, რომელიც ხორციელდება ჩონჩხის კუნთების მოქმედებით და რომელსაც არეგულირებს ნერვული და ენდოკრინული სისტემები. იმის მიხედვით, თუ რა როლს ასრულებს ქცევა ორგანიზმის მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად, არსებობს საკვებმოპოვებითი, თავდაცვითი და გამრავლებასთან დაკავშირებული ქცევები. ცხოველთა და ადამიანთა თამაშიც ქცევის გარკვეული ფორმაა. ცხოველები საკვებმოპოვებითი ქცევებით გარემოში საკვებს მოიპოვებენ, თავდაცვითი ქცევების განხორციელებით ისინი ახერხებენ თავი აარიდონ არასასურველ პირობებს, რის შედეგადაც ინარჩუნებენ არსებობას, უფრთხილდებიან ნაშიერებს, უნარჩუნებენ მათ სიცოცხლეს.

ევოლუციური განვითარების დაბალ საფეხურზე მდგარი ცხოველები, რომელთაც ფსიქიკა არ გააჩნიათ, გარემო ფაქტორების ზემოქმედებას ტაქსისებით პასუხობენ.

ცნობილია ქცევების შესწავლის ორი მეთოდი: ერთი – ლაბორატორიული, როდესაც ექსპერიმენტები ტარდება სხვადასხვა ცხოველებზე, რათა დადგინდეს თავის ტვინის ნერვული ცენტრებისა და შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლებიდან გამოყოფილი ჰორმონების გავლენა ცხოველთა ქცევებზე. ექსპერიმენტული გამოკვლევები საშუალებას იძლევა დავადგინოთ გარემოს ფაქტორთა გავლენა ქცევითი აქტების განხორციელებაზე. ცდები ტარდება ფიზიოლოგიურ და ფსიქოლოგიურ ლაბორატორიებში. ქცევების შესწავლის მეორე მეთოდი არის დაკვირვება. დაკვირვება მიმდინარეობს ბუნებრივ პირობებში და მის საფუძველზე ხდება ქცევების ანალიზი, ქცევების შემსწავლელ დარგს ქცევათმეცნიერება ეწოდება*.

ცხოველების თითქმის ყოველი ქცევა, რომელსაც ვაკვირდებით, შეგუებითი ხასიათისაა. ცხოველები ადექვატურად რეაგირებენ გამღიზიანებლებზე, რის შედეგადაც მოიპოვებენ საკვებს, გაურბიან მტერს, მრავლდებიან და ზრუნავენ შთამომავლობაზე. ცხოველები უშვებენ შეცდომებსაც, ძირითადად მაშინ, როდესაც ისინი არაბუნებრივ პირობებში ხვდებიან.

---

* ქართველ მკითხველს დიდი ინფორმაციის მოპოვება შეუძლია პროფ. თ. ნანეიშვილის წიგნში „ქცევის ფსიქოფიზიოლოგია". თბილისი, 1996.

ქცევათმეცნიერების მიზანს შეადგენს დაკვირვების შედეგად მოახდინოს ცხოველთა ქცევის სხვადასხვა ფორმების სისტემატიზაცია, გამოარკვიოს ცხოველი რატომ იქცევა ასე და არა სხვანაირად? ცხადია, ქცევა განპირობებულია ორგანიზმის გენომით. თუ ცხოველს არა აქვს ფრთები, ვერ იფრენს. ფრთების ქონა ან არქონა დამოკიდებულია გენოტიპზე. გენებით განსაზღვრულია ინდივიდის ფიზიკური ნიშნების დიაპაზონი. კონკრეტული ნიშნების რეალიზაცია ხდება გენოტიპისა და გარემოს ურთიერთობით ემბრიონული და პოსტემბრიონული განვითარების პერიოდში. ეს შეხედულება, რასაკვირველია, ვრცელდება ქცევებზეც, მაგრამ უფრო რთული ხასიათისაა. კონკრეტული ფიზიკური ნიშანი ძირითადად ჩამოყალიბებულია ემბრიონული განვითარებისას. მაგალითად, სისხლის მიმოქცევის სისტემა, სუნთქვის სისტემა, საჭმლის მომნელებელი და ა.შ. ხოლო გენოტიპისა და გარემოს ურთიერთობით მუდმივად იცვლება ქცევითი პროცესები.

გამოთქმა „ცხოველები მოქმედებენ ინსტიქტურად, ადამიანი კი გონებრივად" მოძველდა, მაგრამ დღემდე არ დაუკარგავს პოპულარობა. ეს გამოთქმა შეიძლება სხვადასხვანაირად იქნეს ინტერპრეტირებული. ერთი კი ნათელია, საკითხი ეხება იმას, თუ როგორ ხდება ინდივიდის ქცევის ფორმირება.

ქცევის პრობლემის კვლევაში საჭიროა გამოიკვეთოს სამი ძირითადი ასპექტი: ფსიქოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ევოლუციურ-გენეტიკური. სამივე ასპექტი მჭიდროდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული და განუყოფელია. საუკუნეთა განმავლობაში ადამიანთა წარმოდგენები საკუთარ და ცხოველთა ქცევებზე ვითარდებოდა ნატურფილოსოფიური მიმართულებით. XVIII საუკუნიდან იწყება სხვადასხვა მეცნიერული დისციპლინების დიფერენცირება, რომლებიც ცალ-ცალკე შეისწავლიან ქცევათა სამი ჩამოთვლილი ასპექტის რომელიმე პრობლემას.

ქცევის ფიზიოლოგიაში პირველი კვლევები ჩაატარა სტივენ გეილსმა (1677-1761), რომელმაც 1730 წელს ექსპერიმენტულად დაადგინა ავტომატურ რეფლექსთა არსებობა თავმოკვეთილ ბაყაყში. იმავე საუკუნის 60-90 წლებში ალბრეხტ ფონ გალერმა (1708-1777) და ფრანც იოსებ გალმა (1758-1828) საფუძველი ჩაუყარეს ნევროლოგიას. ერნსტ ვებერმა (1795-1878) ექსპერიმენტულად შეისწავლა ადამიანთა აღქმა, რის შემდეგაც ინტენსიურ განვითარებას იწყებს ფსიქოფიზიკა. რაც შეეხება ცხოველთა ურთიერთ- და გარემო ფაქტორებთან დამოკიდებულებას, იგი

შეისწავლეს ნატურალისტებმა და ზოოლოგებმა: რენე ანტუან რეამიურუმ (1683-1757), ჟორჟ ლუი ბიუფონმა (1707-1788) და ჟან ფრანსუა ლამარკმა (1744-1829). 1809 წელს ლამარკმა გამოაქვეყნა ნაშრომი „ზოოლოგიის ფილოსოფია“. ლამარკის მიერ წამოყენებული იდეები შეიძლება ჩაითვალოს ეთოლოგიური კვლევების დაწყების წინამორბედად.

ბიჰევიორიზმი

XX საუკუნის დასაწყისში ფსიქოლოგიაში იწყება განვითარების ახალი დიდი ეტაპი. ფსიქოლოგიაში ჩნდება გამოთქმა „ქცევის ფაქტი“. ქცევას ფსიქოლოგები მიიჩნევენ ფსიქიკის გარეგან გამოხატულებად. ერთის მხრივ, ეს არის ფიზიოლოგიურ პროცესთა გამოხატულება: პოზა, მიმიკა, ინტონაცია, გამოხედვა, გაწითლება, გაფითრება, კანკალი, სუნთქვის სიხშირის ცვლილება, კუნთური დაძაბულობა და სხვა. მეორეს მხრივ: სხვადასხვა მოძრაობები, ჟესტები, მისალმება, თავის დახრა, ხელების მოძრაობა, მუშტის ბრახუნი. მესამე – რთული ქცევითი აქტის გამოვლენა რაიმე მიზნის განსახორციელებლად. ჩამოთვლილი და სხვა რთული ქცევები საზოგადოებრივი ან სოციალური ბუნებისაა და უნდა ემორჩილებოდეს ურთიერთობათა ქცევით ნორმებსა და თვითშეფასებას.

1913 წელს ამერიკელი ფსიქოლოგი ჯონ უოსტონი აქვეყნებს სტატიას „ფსიქოლოგია ბიჰევიორისტის თვალთახედვით“. ეს წელი ფსიქოლოგიაში ითვლება ახალი მიმართულების - ბიჰევიორიზმის დასაწყისად (behaviour - ინგლისურია და ქართულად ქცევას ნიშნავს). ბიჰევიორიზმის დაფუძნებაში უოტსონი ემყარებოდა სამ მოსაზრებას. პირველი -ის თვლიდა, რომ ფსიქოლოგიამ უნდა შეისწავლოს ადამიანის ქცევა. თეორიის მიზნად მიაჩნდა ქცევის ხასიათის წინასწარ განჭვრეტა და კონტროლი მასზე. იგი ბიჰევიორიზმისთვის ინტროსპექციული მეთოდით მიღებულ დასკვნებს არ თვლიდა მეცნიერულად ღირებულად. მეორე - უოტსონი საჭიროდ თვლიდა ფსიქოლოგიის გადაქცევას პრაქტიკულ საკითხთა შემსწავლელ მეცნიერებად. მას არ მიაჩნდა საკმარისად ცნობიერების მხოლოდ ლაბორატორიული კვლევა, რომელიც მარტო ფსიქოლოგებისთვის იყო საინტერესო. მესამე – უოტსონი თვლიდა, რომ ფსიქოლოგია უნდა გამხდარიყო საბუნებისმეტყველო დისციპლინა და კვლევებში უნდა გამოეყენებინა მეცნიერული, ობიექტური მეთოდები. ბიჰევიორიზმის არსი

და ამოცანები ლაკონურად ჩამოყალიბებულია უოტსონის მიერ დიდ საბჭოთა ენციკლოპედიაში, რედაქციის თხოვნით.

უოტსონის განმარტებით ქცევა არის რეაქციათა სისტემა. მან პირველმა შემოიტანა ფსიქოლოგიაში ტერმინი „რეაქცია" და დაასაბუთა მისი წარმოშობა. ადამიანის ნებისმიერ რეაქციას საფუძვლად უდევს გარემოს კონკრეტული ფაქტორი. მან გარემოს ფაქტორების აღსანიშნავად შემოიღო ტერმინი „სტიმული" და ჩამოაყალიბა გახმაურებული და პოპულარული ფორმულა სტიმულ-რეაქცია:

S–R

სადაც S - არის გარემოს სტიმული.
R - ორგანიზმის რეაქცია.

უოტსონი S–R უწოდებს ქცევის ერთეულს და ფსიქოლოგისაგან თხოულობს შემდეგი ამოცანების გადაჭრას:

- დადგინდეს და აღიწეროს რეაქციათა ტიპები;
- შესწავლილ იქნეს რეაქციათა ფორმირების პროცესი;
- შესწავლილ იქნეს რეაქციათა კომბინაციები, ე.ი. დადგინდეს რთულ ქცევათა წარმოშობა.

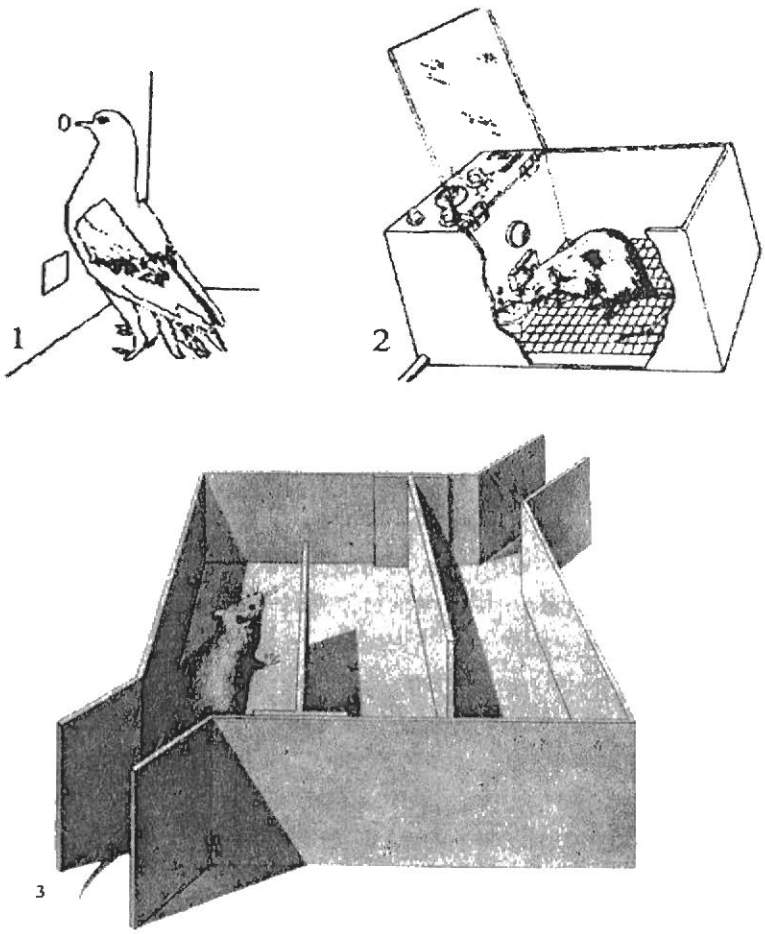
ბიჰევიორისტები ცდილობენ ორი საკითხის გადაჭრას. პირველი, სიტუაციის, ე.ი. სტიმულის მიხედვით პროგნოზირებულ იქნეს ადამიანის ქცევა ანუ რეაქცია. მეორე, რეაქციის მიხედვით დადგინდეს მისი გამომწვევი სტიმული.

ბიჰევიორიზმი შეიქმნა როგორც გამოკვეთილი საბუნებისმეტყველო მიმართულება. მისი შემქმნელები ცდილობდნენ გამოენახათ ობიექტური მეთოდები ფსიქიკური პროცესების შესასწავლად. ბიჰევიორისტთა მიხედვით ისეთი ცნებები, როგორიცაა: გაცნობიერება, განცდა, მწუხარება და სხვა არ შეიძლება ჩაითვალოს მეცნიერულად, ვინაიდან, ისინი წარმოადგენენ თვითდაკვირვების შედეგს და ვერ ხერხდება მეცნიერული მეთოდებით მათზე დაკვირვება და აღწერა.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ბიჰევიორისტები ცდებს ძირითადად ცხოველებზე ატარებდნენ. ცდის ობიექტებად შერჩეული იყო თაგვები და ვირთაგვები. ექსპერიმენტები ტარდებოდა სპეციალურად დამზადებულ კაბინებში (სურ. 2.1.). ისინი ცხოველებს თვლიდნენ სუფთა ობიექტებად, ვინაიდან მათ ქცევებზე გავლენას არ ახდენდა ცნობიერება. ცდის შედეგები თამამად გადაჰქონდათ ადამიანზე. მაგალითად მოვიტანთ უოტსონის (Уот-

сон, 1930) შეხედულებას ბავშვის სქესობრივი აღზრდის შესახებ, რომელიც მან ჩამოაყალიბა ვირთაგვებზე დაკვირვების შედეგად. ექსპერიმენტი ჩატარდა სპეციალურად მოწყობილ გრძელ კაბინაში, რომლის ბოლოებში ჩასმული იყო ერთ მხარეს მამრი ვირთაგვა, საპირისპირო მხარეს კი მდედრი. ცხოველები ერთმანეთთან რომ მისულიყვნენ, უნდა გადაელახათ მათ შორის მოთავსებული ელექტრიფიცირებული იატაკი.

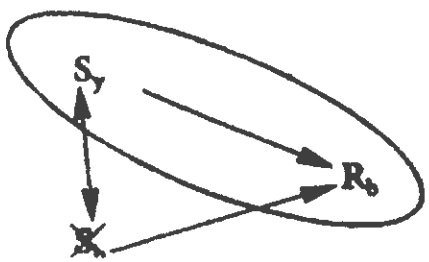
ცდის პირველ ვარიანტში მამრს აძლევდნენ საშუალებას



სურ.2.1. *სკინერის ექსპერიმენტულ კაბინაში 1-მტრედი ნისკარტს ურტყამს ფერად წრეს, ხოლო 2-ვირთაგვა აწვება ბერკეტს. ამ პროცედურის შემდეგ ცხოველები ღებულობენ საკვების პატარა ულუფას. 3-ლაბირინთში ვირთაგვებზე ტარდება სხვადასხვა სახის ექსპერიმენტები. ო. მენინგის და დ. მაკ-ფარლენდის (Мининг, 1982; Мак-Фарленд, 1988) მიხედვით.*

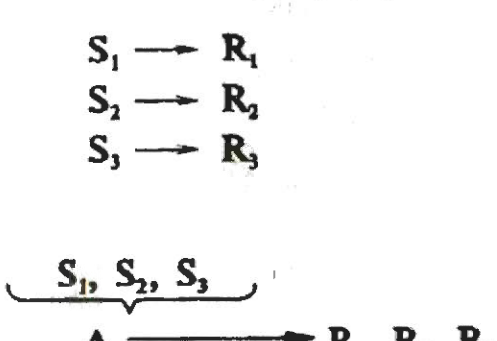
მისულიყო მდედრთან და ზომავდნენ დენის ძაბვას, რომლის გადალახვაც შეეძლო მამრს. მეორე ვარიანტში მდედრს ეძლეოდა საშუალება მისულიყო მამრთან. ამ შემთხვევაშიც დგინდებოდა დენის ის მაქსიმალური ძაბვა, რომლის გადალახვაც შეეძლოთ მდედრებს. დადგინდა, რომ მდედრი ვირთაგვები გარბოდნენ უფრო მაღალი ძაბვის დვნზე, ვიდრე მამრები. ამ ექსპერიმენტული შედეგის საფუძველზე უოტსონი დედებს მიანიშნებს იმ შეხედულების მცდარობაზე, თითქოს მათ ქალიშვილებს არ აინტერესებთ ვაჟები.

უოტსონი ფსიქოლოგებს ურჩევდა, მოეხერხებინათ ადამიანის სიცოცხლის აღწერა დაბადებიდან სიკვდილამდე ამ მიზნით მან შემოიტანა ფსიქოლოგიაში „ექსპერიმენტული პრინციპი“ და დაიწყო რეაქციათა ტიპების აღწერა. პირველ რიგში ის გამოყოფს თანდაყოლილ და შეძენილ რეაქციებს. ამავე პერიოდში, 1913 წელს, გამოიცა ვ. ბეხტერევის ნაშრომის „ობიექტური ფსიქოლოგია“ გერმანული და ფრანგული თარგმანები. უოტსონი იცნობდა ი. პავლოვისა და ვ. ბეხტერევის შრომებს. ის უპირატესობას ანიჭებდა ვ. ბეხტერევის მოძრაობითი რეაქციების გამომუშავების მეთოდს ი. პავლოვის მეთოდებთან შედარებით, მაგრამ პავლოვის ტერმინი – პირობითი რეფლექსი – უფრო მოსწონდა, ვიდრე ი. ბეხტერევისეული – თანმხვედრი რეფლექსი. უოტსონი პირობითი რეფლექსის კონცეფციას მიიჩნევს ბაზისად ფსიქოლოგიური თეორიის შესაქმნელად. მისი გაგებით ყოველი ახალი რეაქცია წარმოიქმნება განპირობებულობით. წარმოვიდგინოთ სქემატურად პირობითი რეფლექსის გამომუშავება (სურ 2.2.). უპირობო სტიმული (S_y) იწვევს უპირობო რეაქციას ($R_ი$). თუ უპირობო სტიმულს წინ უწრებს რაიმე ნეიტრალური სტიმული ($S_ა$) და ეს თანხვედრა რამოდენიმეჯერ განმეორდა, დადგება მომენტი, როდესაც პირობითი სტიმული გახდება უპირობო რეაქციის გამომწვევი. ამ სქემაზე დაყრდნობით უოტსონმა წამოაყენა რთული რეაქციების ფორმირების მექანიზმი (სურ. 2.3.). სურათზე ნაჩვენებია:



სურ.2.2 *პირობითი რეაქციის გამო მუშავების სქემა*

პირველი უპირობო სტიმული იწვევს პირველ უპირობო რეაქციას, მეორე – მეორეს, მესამე – მესამეს. შემდეგ ყველა უპირობო სტიმული შეიცვალა ერთი პირობითი სტიმულით (A), ეს პირობითი სტიმული შემდგომ ხდება რთულ რეაქციათა კომპლექსის განხორციელების გამომწვევი.



სურ.2.3. *რთული რეაქციების გამომუშავების სქემა, ჯ. უოტსონის მიხედვით.*

ბიჰევიორიზმი არის ქცევათმეცნიერების დარგი, რომელიც ცდილობს ობიექტური მეთოდების მეშვეობით დააკავშიროს გარემო ფაქტორების გავლენა ადამიანისა და ცხოველთა ქცევების წარმოშობაზე „სტიმული-რეაქციის" სქემის გამოყენებით. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს გამოვლენილი და დაკვირვებადი ქცევა. ქცევის კვლევაში უარყოფილია ცნობიერება, ინტროსპექცია, ინტერპრეტაცია და ყველა სხვა სუბიექტური მეთოდი.

ბიჰევიორიზმი წარმოიშვა XX საუკუნის დასაწყისში ამერიკაში და რევოლუციური ძვრები მოახდინა ფსიქოლოგიაში. ბიჰევიორისტულ შეხედულებებს იყენებენ თანამედროვე ფსიქოლოგიაში, სოციოლოგიაში, სოციობიოლოგიაში, ნეირო კიბერნეტიკაში, ავტომატების თეორიასა და რთულ სისტემათა ფუნქციონირების აღწერაში.

ბიჰევიორიზმის ევოლუცია. ნეობიჰევიორიზმი.

ბიჰევიორისტული კვლევების გაფართოებამ მალევე ნათელი გახადა უოტსონის „სტიმული-რეაქციის" სქემის შეზღუდულობა. სტიმულსა და ქცევას შორის იმდენად რთული და მრავალფეროვანი დამოკიდებულება არსებობს, რომ ძნელდება მათ შორის ცალსახა კავშირის დადგენა. ამიტომ ამ ხარვეზის გამოსწორებისათვის ე. ტოლმენმა გადაწყვიტა, S-R შორის შემოეტანა დამატებითი შუალედური ცვლადი. უოტსონის სქემამ მიიღო შემდეგი სახე:

S-V-R

შუალედურ V ცვლადში ტოლმენი გულისხმობდა: მიზანს, ჰიპოთეზას, სურვილს, შემეცნებით რუკებს და სიტუაციურ ხატებს, რომელთა შინაგანი გავლენით სტიმულები იწვევდნენ ქცევის გარეგან გამოხატულებას.

ე. ტოლმენის მიერ შემოტანილი ცვლადები ფაქტიურად ცნობიერების ექვივალენტები იყო. ამიტომ ამ ცვლადებს ის კონსტრუქტორებს უწოდებდა, რომელთა შესახებ მსჯელობა შეიძლება მხოლოდ განხორციელებული ქცევის თვისებებიდან გამომდინარე. ე. ტოლმენი ცხოველთა მიზნის არსებობას ხსნის სამი ფაქტორის მეშვეობით. პირველი – ცხოველი მანამდე აგრძელებს ძიებით აქტივობას, ვიდრე არ იპოვის კონკრეტულ ობიექტს. მეორე, როგორც კი მიიღებს ობიექტს, აქტიურობას წყვეტს; მესამე – განმეორებით ქცევაში ობიექტს პოულობს გაცილებით სწრაფად. ჩამოთვლილი ფაქტორები ამტკიცებენ, რომ ცხოველს მიზანი გააჩნია. მიზნის მისაღწევად განხორციელებული რეაქციები კი არის ქცევის თვისებები და არავითარი საფუძველი არ გაგვაჩნია დავუკავშიროთ ისინი ცნობიერებას.

ე. ტოლმენის მიერ „სტიმული-რეაქცია“ სქემის მოდიფიცირების შემდეგ მორიგ დიდ ნაბიჯს ბიჰევიორიზმის ევოლუციაში ახალი ტიპის პირობითი რეაქციების კვლევა წარმოადგენდა. ი. პავლოვის (Павлов, 1938) მიხედვით პირობითი რეაქცია ყალიბდება პირობით და უპირობო სტიმულთა მრავალჯერადად თანხვედრილი მოქმედების შედეგად, რომელსაც კლასიკური განპირობება უწოდეს. დადგენილი იქნა ისეთი პირობითი რეაქციის ფორმირება, რომლის განმტკიცება ხდებოდა უპირობო სტიმულით მისი შესრულების შემდეგ. ასეთ რეაქციას ე. თორნდაიკი უწოდებს ინსტრუმენტულს, ხოლო ბ. სკინერი (Скинер, 1986) – ოპერანტულს. ლიტერატურაში ზოგჯერ ეს რეაქციები მოიხსენიება როგორც პირველი ტიპის პირობითი რეფლექსი (კლასიკური) და მეორე ტიპის პირობითი რეფლექსი (ინსტრუმენტული და ოპერანტული).

აღსანიშნავია ერთი ფაქტი. ი. პავლოვის სიცოცხლეშივე, ივ. ბერიტაშვილმა 1932 წელს გამოაქვეყნა საკმაოდ დიდი მოცულობის 470 გვერდიანი ნაშრომი „Индивидуально приобретенная деятельность центральной нервной системы“, რომელიც ემყარებოდა გერმანულ ენაზე დაბეჭდილ მის სტატიას (Beritoff, 1927). ი. ბერიტაშვილმა საფუძვლიანად გააანალიზა ბეხტერევისა და პავლოვის ლაბორატორიებიდან გამოსული შრომები, რომლებიც პირობითი რეფლექსების ფორმირებას ეხებოდნენ. ი. ბერიტაშვილი ტერ-

მინის - პირობითი რეფლექსი – გამოყენების წინააღმდეგი იყო. მის ნაცვლად მან შემოიღო ინდივიდუალურად შეძენილი ან გაავტომატებული მოქმედება. შრომის (Беритов,1932) შესავალში იგი აღნიშნავს, რომ მონოგრაფია ეხება მხოლოდ ცხოველთა ინდივიდუალურ-შეძენილ მოქმედებას, რაც არავითარ შემთხვევაში არ უნდა იქნეს გაიგივებული ქცევასთან. მან მკაცრად გამიჯნა პირობითრეფლექსური მოქმედება ქცევისაგან. ი. ბერიტაშვილი 1926-1927 წლებში სხვანაირად ფიქრობდა. 1927 წელს მან ჟურნალ „Успехи биологии“-ს რედაქციას გადასცა გამოსაქვეყნებლად სტატია სათაურით „Наука о поведении как учение о рефлексах“. სტატია დიდი დაგვიანებით, 1929 წელს გამოქვეყნდა. სტატიაში ი. ბერიტაშვილი ემხრობა იმ შეხედულებას (რომელსაც იზიარებდა ფიზიოლოგებისა და რეფლექსოლოგების უმრავლესობა), რომ მეცნიერება ქცევის შესახებ არის მოძღვრება რეფლექსოლოგიის შესახებ. ი. ბერიტაშვილის (Беритов,1932) აზრით, რეფლექსისაგან განსხვავებით ქცევას არ გააჩნია საკუთარი რეცეპტორული ველი. ორგანიზმის რეფლექსური პასუხი არის იზოლირებული რეაქცია ამა თუ იმ ორგანოსი ან ორგანოთა სისტემისა, ქცევა კი არის ორგანიზმის როგორც მთლიანის მოქმედება.

ამრიგად, მეცნიერება ქცევის შესახებ არის დამოუკიდებელი მიმართულება საკუთარი სპეციფიკური კანონზომიერებით. მისი გაიგივება არ შეიძლება ცენტრალური ნერვული სისტემის ზოგად ფიზიოლოგიასთან, ი. პავლოვის უმაღლეს ნერვულ მოქმედებასთან და არც ი. ბერიტაშვილის ცხოველთა ინდივიდუალურ-შეძენილ მოქმედებასთან. ეს შეხედულება გამოთქმულია ბერიტაშვილის (Беритов,1932) ნაშრომის შესავალში.

ბიჰევიორისტი ე. ტოლმენი 1922-1926 წლებში აქვეყნებს შრომებს (Tolman,1922;1925;1926), რომლებშიც გაკრიტიკებულია ჯ. უოტსონის ზოგიერთი შეხედულება და ნეობიჰევიორისტული შეხედულებები. ე. ტოლმენი აღნიშნავს, რომ უოტსონი ქცევას განიხილავს ორი სხვადასხვა მიმართულებით, რომელთა დიფერენცირება ვერ ხერხდება. ერთი მხრივ, მას ქცევა განხილული აქვს, როგორც იმ ფიზიკური და ფიზიოლოგიური პროცესების ერთობლიობა, რომლებიც მიმდინარეობენ რეცეპტორებში, გამტარ გზებსა და ეფექტორებში. ამ პროცესებს ტოლმენი მოლეკულურ ქცევად მიიჩნევს. ის აღნიშნავს, რომ, მართალია უოტსონს ნათლად არა აქვს გააზრებული, მაგრამ მიდის იმ დასკვნამდე, რომ ქცევა უფრო დიდია და ფართო, ვიდრე მისი განმსაზღვრელი მო-

ლეკულური პროცესები, ამავე დროს იგი განსხვავებულია მის შემადგენელ ფიზიკურ კომპონენტთა ჯამისაგან.

ქცევის ემერჯენტულობა და მოლიარული განსაზღვრა

ე. ტოლმენმა (Толмен, 1980) აღნიშნა, რომ ქცევა ემერჯენტული ფენომენია და საკუთარი თვისებები გააჩნია. ემერჯენტულობის ფენომენზე ფილოსოფიური ასპექტით ერთ-ერთი პირველი შრომა გამოაქვეყნა მ. დუგალმა (Dougal, 1929) შავი ყუთის განხილვისას. ემერჯენტულობის ბუნებაზე მსჯელობს ინგლისელი ბიოლოგი როს ეშბი წიგნში „კიბერნეტიკის შესავალი" (Эшби,1959).

Emergent ინგლისური სიტყვაა და ქართულად უეცრად, მოულოდნელად წარმოშობილს ნიშნავს. მეცნიერული თვალთახედვით ემერჯენტული ბუნების ზუსტი განმარტება არ არსებობს. ამიტომ ეშბის მოაქვს სხვადასხვა მაგალითი ემერჯენტულობის ბუნების უკეთ გასარკვევად. ამიაკი და ქლორწყალბადი აირებია. მათი შეერთების შედეგად წარმოიქმნება ახალი თვისებების მყარი ნივთიერება, მარილი NH_4Cl– ამონიუმის ქლორიდი. ნახშირბადს, წყალბადს და ჟანგბადს, პრაქტიკულად არცერთს, გემო არა აქვს, მაგრამ ზოგიერთ მათ ნაერთს, მაგალითად, შაქარს, გემო აქვს. წყალბადი იწვის, ჟანგბადი წვას უწყობს ხელს, მათი ნაერთი წყალი კი სულ სხვა თვისებებისაა, არ იწვის. ანალოგიურ შემთხვევას ვხვდებით ტექნიკაში. რამოდენიმე შავი ყუთის გაერთიანება ერთ სისტემად წარმოშობს ახალ თვისებებს.

ემერჯენტულობის ფენომენი მჟღავნდება ადამიანთა და ცხოველთა ქცევაშიც. ქცევა ხორციელდება მრავალი რეაქციის ინტეგრაციის საფუძველზე. ცალ-ცალკე არცერთ რეაქციას არ შეუძლია შვასრულოს მიზანმიმართული ქცევა. ამიტომ ქცევა განიცდის ცვლილებებს და იხვეწება, განსხვავებით რეაქციებისაგან, რომლებიც სტაბილურები და ძნელად ცვალებადი არიან.

ქცევის ემერჯენტულ ფენომენზე დაყრდნობით ე. ტოლმენი 1932 წლიდან სხვადასხვა პუბლიკაციებში ავითარებს შეხედულებას ქცევის მოლიარულ თვისებაზე. 1961 წ ვებსტერის მესამე ახალი საერთაშორისო ლექსიკონის ორტომეულის განმარტებით, მოლიარობა არის ნივთიერებათა მასა, რომელსაც ამავე ნივთიერების მოლეკულებისა და ატომებისაგან განსხვავებული მოძრაო-

ბის თვისებები გააჩნია. ქცევის მოლიარულ თვისებაში, მოლეკულური ბიჰევიორიზმის საპირისპიროდ, ტოლმენი გულისხმობს ორგანიზმის ზოგად საერთოქცევით აქტიურობას, რომელსაც თავისთავადი დამახასიათებელი თვისებები გააჩნია. მოლეკულურ და მოლიარულ ბიჰევიორიზმს შორის გასამიჯნავ კვლევებს სათავე დაუდო ბროუდმა (Broad, 1920). პირველ ხანებში ბროუდი ცდილობდა გაეყო ბიჰევიორისტული კვლევები ორი მიმართულებით. პირველ მიმართულებაში ყურადღება მახვილდებოდა მხოლოდ სხეულის აქტიურობაზე ქცევის გამოვლენისას. მეორე კი ითვალისწინებდა იმ ჰიპოთეტურ მოლეკულურ პროცესებს, რომლებიც მიმდინარეობდნენ ნერვულ სისტემაში.

ე. ტოლმენი (Толмен, 1980) ამტკიცებს, რომ ყოველი ქცევითი აქტი შესაძლებელია აღიწეროს მისი შემადგენელი მოლეკულური, ფიზიკური და ფიზიოლოგიური პროცესებით, მაგრამ ვინაიდან ის მოლიარული ფენომენია, გააჩნია ზოგიერთი საკუთარი მახასიათებელი. სწორედ ქცევის ეს საკუთარი მახასიათებლები აინტერესებს ფსიქოლოგიას (Хегенхан, Олсон, 2004) ქცევის მოლიარული მახასიათებელი ვერ აიხსნება კუნთებში, ჯირკვლებში და ნერვულ ქსელებში მიმდინარე პროცესებით. ქცევა უნდა იქნეს შესწავლილი მხოლოდ მისი თვისებებიდან გამომდინარე. თაგვის სირბილი ლაბირინთში, კატის გამოსვლა ექსპერიმენტული კაბინიდან, ბავშვის დამალვა უცხო პირსაგან, ადამიანის დაბრუნება სახლში საჭმელად ან საკონცერტო დარბაზში მუსიკის მოსასმენად წასვლა; მანდილოსნის საუბარი მეგობართან ტელეფონით – ჩამოთვლილი ქცევები მოლიარული ბუნებისაა. ამ შეხედულებას მრავალი მკვლევარი იზიარებს (Holt, 1915; 1931. Zaguna, 1916; 1927. Weiss, 1919. Kantor, 1924).

გეშტალტი და ინსაიტი

იმავე წლებში, როდესაც ამერიკაში შემეცნების ფსიქოლოგიის საწინააღმდეგოდ შეიქმნა ბიჰევიორიზმი, გერმანიაში სტრუქტურალიზმის საპირისპიროდ იქმნება გეშტალტფსიქოლოგია. Gestalt გერმანული სიტყვაა და ქართულად ფორმას, სტრუქტურას ნიშნავს. გეშტალტ-ფსიქოლოგიის საწყისად ითვლება 1912 წელი, როდესაც მაქს ვერტჰაიმერმა გამოაქვეყნა შრომა მოძრაობის მხედველობითი ილუზიის შესახებ (Wertheimer, 1912). გეშტალტ ფსიქოლოგიას საფუძველი ჩაუყარეს მაქს ვერ-

ტჰაიმერმა (1880-1943), ვოლფგანგ კელერმა (1887-1967) და კურტ კოფკამ (1886-1941). მკვლევარები ერთმანეთს შეხვდნენ 1910 წელს ფრანკფურტის ფსიქოლოგიის ინსტიტუტში, სადაც ვერტჰაიმერი ცდილობდა ექსპერიმენტულად მოენახა პასუხი, თუ როგორ ხდება ხილული მოძრაობის აღქმის ხატის ჩამოყალიბება. ამ კვლევებში, როგორც ცდის პირები, ჩაბმული იყვნენ კელერი და კოფკა, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობდნენ ექსპერიმენტის შედეგების განხილვაში.

გეშტალტისტები და ბიჰევიორისტები ცდილობდნენ შეექმნათ ახალი ფილოსოფია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში. ბიჰევიორისტებმა მოდელად ბიოლოგია აირჩიეს, ხოლო გეშტალტისტებმა – ფიზიკა. ცნობიერების პრობლემამ ეს ორი მიმართულება ერთმანეთს დაუპირისპირა. ბიჰევიორისტები ცნობიერების კვლევას ფსევდომეცნიერებად თვლიდნენ და ფსიქოლოგიიდან სურდათ მისი ამოღება ქცევების შესწავლისას. გეშტალისტები კი ცდილობდნენ ახალი ინტერპრეტაცია მიეცათ ცნობიერების ფაქტებისათვის, როგორც ფსიქიკის ერთ-ერთი გამოხატულებისათვის.

მეორე დაპირისპირება ბიჰევიორიზმსა და გეშტალტიზმს შორის გამოიწვია პრობლემამ, თუ როგორ ხდება მთლიანისა და ნაწილის აღქმა. ბიჰევიორისტების მიხედვით რთული რეაქციები წარმოადგენს ნაწილების ჯამს. მათი აზრით მთლიანის წარმოდგენა ხდება ნაწილების გაერთიანებით. გეშტალტისტები კი იცავდნენ შეხედულებას – სტრუქტურა, რომელიც შედგება ნაწილებისგან, აღიქმება არა როგორც ნაწილების ჯამი, არამედ როგორც ერთი მთლიანი, შემდეგ კი ხდება მთლიანის დანაწილება.

ამ იდეაზე დაყრდნობით გეშტალტ ფსიქოლოგია გახდა მიმართულება, რომელიც სუბიექტის ფსიქიკურ მოქმედებას განიხილავს გარემოს პირობებთან მთლიანობაში (გეშტალტურად) აღქმის საფუძველზე. გარემოს ამგვარ აღქმას გეშტალტისტები მიაწერენ ფსიქიკის მქონე ცხოველებსაც.

გეშტალტისტები ცდილობდნენ ახალი ფიზიკური იდეები გადმოეტანათ ფსიქოლოგიაში. მაქსველის ელექტრომაგნიტური ველის თეორიაში გეშტალისტები ხედავდნენ ნიშნებს, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელი იქნებოდა შექმნილიყო ორგანიზმის ფსიქიკური ფუნქციის სურათი. მათი აზრით, შუამავალი ფიზიკურ ველსა და სუბიექტის მთლიანის აღქმაში უნდა გამხდარიყო ახალი ფიზიოლოგია, მთლიანისა და დინამიკური სტრუქტურის - გეშტალტის შემსწავლელი ფიზიოლოგია. ამიტომ უარყოფილ

იქნა იზოლირებულ ნეირონთა, ნეირონულ ანსამბლთა და მათი გამტარი გზების შემსწავლელი ნეიროფიზიოლოგია.

გეშტალტისტებმა დაუშვეს „ფსიქოლოგიური ველის“ არსებობა და მას იმანენტური თვისება მიანიჭეს, რათა ფიზიკური მსოფლმხედველობით შეესწავლათ ცნობიერება. იმანენტური (immanens)-ლათინური სიტყვაა და ქართულად ნიშნავს საგნის, მოვლენის შინაგანად დამახასიათებელ, ნიშანდობლივ თვისებას. ფიზიკასთან ანალოგიამ ვერაფერი ახალი ვერ შემატა ფსიქიკის შესწავლას. მოგვიანებით, 1956 წელს, ფიზიკური და ფსიქოლოგიური ველების ანალოგიაზე დაყრდნობით, ცნობილმა ამერიკელმა ფიზიკოსმა რობერტ ოპენჰეიმერმა ამერიკის ფსიქოლოგთა ასოციაციის ყრილობაზე განაცხადა: მეცნიერებისათვის ცნობილია ველის ფიზიკური თეორია. როდესაც მესმის, ველის თეორია როგორ იხმარება ფიზიკასა და ფსიქოლოგიაში, მე ვნერვიულობ, რისი გადმოცემაც არ შემიძლიაო (Oppenheimer, 1956).

პირველი მსოფლიო ომის წლებში გეშტალტ ფსიქოლოგიის დამაარსებლები დაიშალნენ. ვერტჰაიმერმა მუშაობა დაიწყო წყალქვეშა გემების აღმოჩენის მეთოდზე. კოფკა მუშაობდა ჰოსპიტალში მეტყველების პრობლემაზე. მკურნალობდა მეტყველებადაქვეითებულ დაჭრილებს. კელერმა განაგრძნო მუშაობა ფსიქოლოგიაში. ომის დაწყებამდე რამოდენიმე თვით ადრე კელერი პრუსიის მეცნიერებათა აკადემიის წინადადებით გაემგზავრა კუნძულ ტენერიფზე (კანარის კუნძულები) შიმპანზეს ქცევების შესასწავლად. მისი მუშაობის შედეგები გამოქვეყნდა 1917 წელს. კელერის (Келер, 1930) ცდებში, რომლებიც კლასიკურებად ითვლებიან, ცენტრალური როლი ენიჭება ინსაიტის საკითხს. ინსაიტი (incite-ინგლისურია, ქართულად გაბრწყინებას ნიშნავს) კელერის გაგებით არის ცხოველის სწრაფი, მოულოდნელი გადასვლა სწორ ქცევაზე. გეშტალტისტების მიხედვით ინსაიტი ხორციელდება მოულოდნელად, მთლიანი სიტუაციის აღქმის საფუძველზე. ინსაიტის დროს წარმოიქმნება ქცევის განხორციელების იდეა. ინსაიტის შედეგად წარმოქმნილი ქცევა დასწავლით იხვეწება. ინსაიტს მიენიჭა უნივერსალური თვისება. ყველა ადაპტაციურ ქცევას გეშტალტისტები ხსნიდნენ ინსაიტით, განსხვავებით ბიჰევიორისტებისაგან, რომელთაც წამოყენებული ჰქონდათ პრინციპი – „სინჯი, შეცდომა და შემთხვევითი სწორი ქცევა“. ინსაიტის გავლენით იცვლება შეგუებითი ქცევის ფორმა. ინსაიტი ხელს უწყობს ახალი ხატების სტრუქტურის

ჩამოყალიბებას. ინსაიტით წარმოქმნილი ქცევა არ შეიძლება გაიგივდეს ინსტინქტთან. მისი გაიგივება არ შეიძლება აგრეთვე სწრაფად გამომუშავებულ პირობით რეფლექსთან. ინსაიტი სუბიექტის ინდივიდუალური გამოხატულებაა და არ შეიძლება გავრცელდეს მთელი სახეობის წარმომადგენლებზე. ინდივიდის ინსაიტური ქცევა მიბაძვით შეიძლება გავრცელდეს პოპულაციის სხვა წარმომადგენლებშიც.

კელერის შრომის შემდეგ ქვეყნდება კოფკას (Koffka, 1921) წიგნი „ფსიქიკის განვითარების საფუძვლები“ და ვერტჰაიმერის (Wertheimer, 1923) პროგრამული სტატია, რომლებშიც ასახულია ის პრობლემატიკა, რომელიც ეხება გეშტალტის კვლევას. გეშტალტის თეორია ვერ შეასრულებდა წამყვან როლს, თუ ის არ იქნებოდა დაფუძნებული საბუნებისმეტყველო მეცნიერების მიღწევებზე. დაფუძნება დაიწყო კელერის წიგნიდან, რომელშიც წამოყენებულ იქნა იდეა – გეშტალტის ფიზიკა. კელერმა და მასთან მეცნიერული ინტერესებით გაერთიანებულმა მეგობრებმა წამოაყენეს მოსაზრება, რომ გეშტალტის პრინციპი საერთოა ბუნების სხვადასხვა მოვლენებისათვის. ეს შეხედულება აისახა იზომორფიზმის კონცეფციაში. იზომორფიზმის მიხედვით ელემენტები და მათი ურთიერთობა სისტემაში ცალსახად მსგავსია მეორე სისტემაში არსებული ელემენტებისა და მათი ურთიერთობისა. გეშტალტისტები ერთმანეთის მიმართ იზომორფულად თვლიდნენ ფიზიოლოგიურ და ფსიქოლოგიურ სისტემებს, მსგავსად იმისა, როგორც ტოპოგრაფიული რუკები ასახავენ რელიეფის ხასიათს.

XX საუკუნის ოციანი წლები აღსანიშნავია გეშტალტ ფსიქოლოგების მიერ ექსპერიმენტული ფაქტების დაგროვებით. ისინი ძირითადად ეხებიან მხედველობითი აღქმით ფორმირებულ ხატებს, რომელთა საფუძველზე ჩამოყალიბებულია 114 კანონი. ამ კანონებიდან აღსანიშნავია პრეგნანტულობა, რომელიც დღესაც არსებობს. მხედველობით სენსორულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით ფორმირებული ხატი არის სწორი და სიმეტრიული. შეიქმნა მეთოდი, რომელიც იძლევა საშუალებას განისაზღვროს სხვადასხვა ხატების ინფორმაციის რაოდენობა. გეშტალტისტები შეეცადნენ აღეწერათ ადამიანის შემოქმედებითი პროცესი, რომლის საფუძველზეც ხორციელდება ინსაიტი. დადგინდა, რომ სწორი ქცევის განსახორციელებლად საჭიროა რამოდენიმე პირ-

ობა. ამ პირობათა ანალიზი ადამიანს აძლევს უნარს, გადაწყვეტილება შემთხვევით არ მიიღოს.

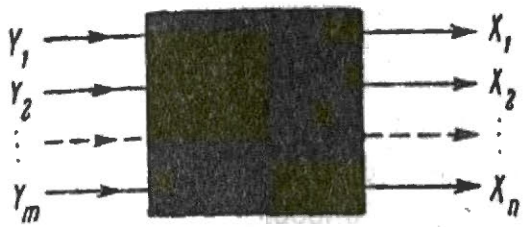
ი. როკი და ს. პალმარი (Рок, Палмар, 1991) გეშტალტ ფსიქოლოგიის მემკვიდრეობის განხილვისას აღნიშნავენ: კურტ ლევინმა, სოლომონ აშმა და ფრიც ჰაიდერმა სოციალური ფსიქოლოგიდან განდევნეს ბიჰევიორისტთა წარმოდგენები. მათ უარყვეს ბიჰევიორისტული ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ სოციალური ქცევები შეიძლება მთლიანად ახსნილიყო ჯილდოთი და შექებით განმტკიცებული რეაქციებით. საპირისპიროდ გეშტალისტებმა შემოიტანეს მიმართულება, რომლის მიხედვითაც ადამიანს შეუძლია გააანალიზოს სხვა ადამიანთა ქცევები, დაადგინოს მათი გრძნობები, აღქმის უნარი, მიზანი, განწყობა და სხვა. ასეთ მიმართულებას კაუზალური ატრიბუცია ეწოდა.

სისტემის ანალიზის ზოგადი პრინციპი, შავი ყუთი, მოდელირება და ინფორმაცია

„სისტემა" ბერძნული სიტყვაა და ქართულად გაერთიანებას, მთლიანს ნიშნავს. სისტემა არის ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების მოწესრიგებული სიმრავლე და წარმოადგენს ერთ მთლიანს. სისტემები არის მარტივი და რთული. ბიოლოგიური სისტემები ხასიათდება სირთულით, ამიტომ მათ დიდ სისტემებს უწოდებენ. ბიოლოგია კვლევებში იყენებს სისტემათა თეორიას. სისტემათა თეორია არის მიმართულება, რომელიც აფუძნებს მათემატიკურ, საბუნებისმეტყველო და სოციალურ მეცნიერებათა მეთოდოლოგიას სხვადასხვა სახისა და ტიპის სისტემათა ქცევის, ფუნქციონირების და განვითარების შესასწავლად.

სისტემის ორგანიზაციის ფორმალური განხილვისას ფართოდ არის გამოყენებული დამხმარე კონცეფცია-შავი ყუთი. შავი ყუთი პირობითად ეწოდება სისტემას, რომლის შესახებ ცნობილია, რომ მას შეუძლია შესავალზე მიიღოს სიგნალების გარკვეული სიმრავლე და გენერირების შედეგად გამოსავალზე დაამყაროს ერთი მკაცრი კონკრეტულად დასაშვები კავშირი სხვა სიმრავლეებიდან. დამკვირვებლისათვის უცნობია სისტემის შინაგანი სტრუქტურა და მასში მიმდინარე პროცესები. შავი ყუთის გამარტივებული სქემა წარმოდგენილია სურათზე 2.4. სისტემა ხასიათდება შესავალზე შემდეგი ზემოქმედებით: $Y_1, Y_2, \ldots Y_m$. გამოსავალზე კი: $X_1, X_2, \ldots X_n$.

ამგვარი კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენს ფუნქციური კავშირის დადგენა შესავალსა და გამოსავალს შორის. სისტემის სირთულის გამო უმრავლეს შემთხვევაში შეუძლებელი ხდება კავშირის დადგენა, ამიტომ ასეთ შემთხვევაში მიმართავენ ექსპერიმენტს. ბიოლოგიაში იყენებენ მოდელირებას, რათა განსაზღვრონ ფუნქციური დამოკიდებულება შესავალსა და გამოსავალს შორის. მას მაკრომოდელირება ეწოდება. არსებობს შავი ყუთის შინაგანი სტრუქტურის მოდელირება მისი ფუნქციონირების დასადგენად. ასეთ მოდელირებას მიკრომოდელირება ეწოდება.



სურ.2.4. *შავი ყუთის სქემა. ა. ლონერის (Лорнер, 1967) მიხედვით.*

კვლევის ასეთი მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა გავერკვეთ ისეთი სისტემების მოქმედებაში, რომელთა სტრუქტურა უცნობია ან ძალიან რთულია და დასკვნის გაკეთება მოქმედების შესახებ შეუძლებელია. შავი ყუთის პრინციპი ფართოდ არის გამოყენებული კიბერნეტიკაში, მართვის სისტემების იდენტიფიკაციასა და მოდელირებაში. მისი გამოყენება შესაძლებელია ბიოლოგიური ორგანიზაციისა და ევოლუციის კვლევაში. შავ ყუთად შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც თავის ტვინი, ასევე მთლიანი ორგანიზმი და პოპულაციაც. თუ ასეთი სისტემის მდგომარეობას დავაკვირდებით დიდი ხნის განმავლობაში ან ჩავატარებთ ექსპერიმენტს, შეგვეძლება ვიწინასწარმეტყველოთ დროის ყოველი მომენტისათვის გამოსავალი კოორდინატები შესავალ ცვალებადობაზე. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ რაც უნდა დეტალურად შევისწავლოთ შავი ყუთის ქცევა, ვერ შევიქმნით დამაჯერებელ წარმოდგენას შინაგანი სტრუქტურის შესახებ, რადგანაც ერთგვაროვანი ქცევის განხორციელების უნარი გააჩნიათ სხვადასხვა სისტემებს. სისტემებს, რომლებსაც გააჩნიათ შესავალ – გამოსავალი სიდიდეების ერთნაირი სიმრავლე და ერთნაირად მოქმედებენ გარემოს ზეგავლენით, იზომორფულები ეწოდებათ. A და B სისტემების იზომორფულობა შეიძლება გამოისახოს ტოლობათა სიმრავლით:

თუ

$Y_{1A}(t)= Y_{1B}(t),\quad Y_{2A}(t)= Y_{2B}(t),\ldots\ \ldots,\ Y_{mA}(t)= Y_{mB}(t)$

მაშინ

$X_{1A}(t)= X_{1B}(t)$, $X_{2A}(t)= Y_{2B}(t)$,... ..., $X_{nA}(t)= X_{nB}(t)$
ნებისმიერი t მომენტისათვის.

აღსანიშნავია ერთი გარემოება: ვიდრე კიბერნეტიკაში ჩამოყალიბდებოდა მკაცრი მათემატიკური კონცეფცია შავი ყუთის შესახებ, გრეგორ მენდელმა მსგავსი ლოგიკის საფუძველზე ჩამოაყალიბა გენეტიკური კანონზომიერებები ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის შესახებ. მენდელისთვის შავი ყუთი იყო ბარდა. ანალოგიურ სურათს წარმოადგენს ბიჰევიორისტების მიერ ცხოველთა ქცევების შესწავლა სტიმული-რეაქციის მეთოდით. ადრეული ბიჰევიორისტებისათვის შავი ყუთი იყო ადამიანი და ცხოველი. დღეს ბიოლოგია აღჭურვილია მძლავრი შავი ყუთის მეთოდით, რომელსაც ეფექტურად იყენებს ცოცხალ სისტემათა კვლევაში.

სისტემათა თეორიის გამოყენება ბიოლოგიაში განვიხილოთ სხვადასხვა მაგალითებზე. მარტივ შემთხვევაში გვაქვს შავი ყუთის ორი განსხვავებული შესავალი A და არა A, გამოსავალი კი (+) და (-) . ასეთი მდგომარეობა არსებობს მაღალსპეციფიკური ფერმენტის მოქმედებისას. ფერმენტი მოქმედებს სუბსტრატზე A და არ მოქმედებს სხვა სუბსტრატზე არა A (ცხრილი 2.1.).

ცხრილი 2.1.

მარტივი კანონზომიერება
შესავალსა და გამოსავალს შორის

შესავალი	გამოსავალი
A	+
არა A	-

უფრო რთული შავი ყუთი შეიძლება აღიწეროს ალბათობათა მატრიცით (Кастлер,1968), როდესაც ყოველ შესავალზე X_i და გამოსავალზე Y_i გააჩნია პირობითი ალბათობა. Y_i წარმოიშვება X_i პასუხად (სურ. 2.5.). ასეთი მატრიცა წარმოდგენას გვაძლევს ზომიერად სპეციფიკურ ფერმენტთა მოქმედების შესახებ, რომლებიც სხვადასხვა სუბსტრატზე სხვადასხვა ალბათობით რეაგირებენ.

	y = 1	2	3	•	•	•	j	•	•
x = 1	0,89	0,01	0,00	•	•	•	•		
2	0,04	0,80	0,01	•	•	•	•		
3	•	•	•	•	•	•	•		
•	•	•	•	•	•	•	•		
•	•	•	•	•	•	•	•		
•	•	•	•	•	•	•	•		
i	•	•	•	•	•	•	p(j/i)		
•									
•									

სურ.2.5. *გამოსავალის სიხშირეების მატრიცა გ. კასტლერის (Кастлер,1968) მიხედვით.*

ზოგჯერ კავშირი შესავალსა და გამოსაეალს შორის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ანალიზური ფორმით. მაგალითად, თუ ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ S_0- პოპულაციის საწყისი სიდიდან S_D- რაოდენობის ინდივიდებმა გადაიტანეს D დოზის ზემოქმედება, მაშინ პოპულაციის გადარჩენა ექსპონენციურად დამოკიდებულია რომელიმე ფაქტორზე. ეს გამოიხატება შემდეგი ფორმულით:

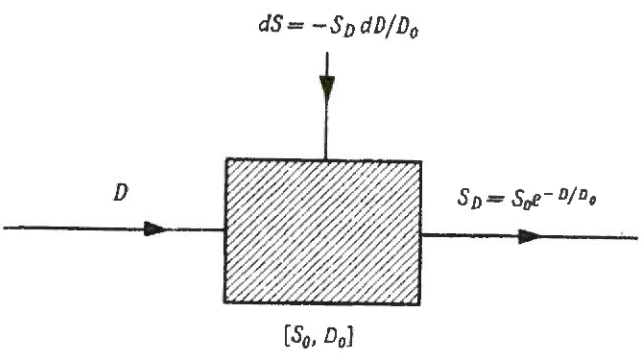
$$S_D=S_0e^{D/D_0}$$

სადაც D/D_0-არის მოქმედი აგენტის დოზა, გაზომილი D_0 ერთეულში.

ამ შემთხვევაში პოპულაციის გადარჩენა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც შავი ყუთი, რომელიც შესავალზე ღებულობს D-ს და პროდუცირების შედეგად გამოსავალზე S_D-ს. შავი ყუთი ხასიათდება ექსპონენციური კანონით და ორი პარამეტრით: S_0 და D_0 (სურ. 2.6.).

ცხოველთა ურთიერთობა ინფორმაციის გაცვლასთან არის დაკავშირებული. ინფორმაციის თეორია გამოყენებულია გენეტიკაში, განვითარების ბიოლოგიაში, ნეირობიოლოგიასა და სხვა

მრავალ ბიოლოგიურ კანონზომიერებათა შესასწავლად. ბიოლოგთა წინაშე ისმება პრობლემები, რომელთა გადაწყვეტა მოითხოვს ინფორმაციის თეორიის გამოყენებას. ეს საკითხებია: 1) რა რაოდენობის ინფორმაცია გადადის თაობებში ნუკლეინის მჟავას საშუალებით? 2) რა რაოდენობის ინფორმაციაა მთლიანად ორგანიზმში ან ზიგოტაში? 3) როგორ იცვლება ინფორმაციის რაოდენობა ინდივიდუალური განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე? 4) რა მინიმალური რაოდენობის ინფორმაციაა საჭირო ქცევითი ადაპტაციის ჩამოყალიბებისათვის? 5) რა რაოდენობის ინფორმაციაა ჩადებული ხატის არსებობაში? 6) მიღებული ინფორმაციის რა რაოდენობას იმახსოვრებს თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურები? შეიძლება ბევრი მაგალითის ჩამოთვლა.



სურ.2.6. *ექსპონენციური კანონზომიერება შესავალსა და გამოსავალს შორის. გ. კასტლერის (Кастлер,1968) მიხედვით.*

ინფორმაციის რაოდენობრივი ზომის ცნება, რომელიც აღინიშნება H(X,Y)-ით, შემოტანილ იქნა კლოდ შენონის მიერ 1949 წელს (Шенон, 1963) შემდეგი სახით:

$$H(X,Y)=H(X)-H(X/Y) \qquad (1)$$

სადაც

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} P(X_i)\log_d P(X_i) \qquad (2)$$

არის სისტემის განუზღვრელობა (ანუ ჩვენი არცოდნის ზომა, რომელსაც სისტემის ენტროპია ეწოდება) ექსპერიმენტის ჩატარებამდე, ხოლო

---

* იგულისხმება, რომ ლოგარითმის ფუძე d>1. იმ შემთხვევაში, როცა d=2 ამბობენ, რომ ენტროპია იზომება ბიტებში. ტერმინი ბიტი შემოღებულია ინგლისური **binary digit**-იდან და ქართულად ორობით ერთეულს ნიშნავს. ბიტი არის ინფორმაციის რაოდენობის ერთეული.

$$H(X/Y) = -\sum_{i}^{n}\sum_{j}^{m} P(x_i y_i) \log_d P(x_i / y_i) \qquad (3)$$

არის ნარჩენი ენტროპია, ანუ ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ დარჩენილი განუზღვრელობა.

სოციალური ქცევების განხორციელებისათვის კომუნიკაცია ანუ ინფორმაციის გაცვლა ცხოველთა შორის აუცილებელია. როდესაც რომელიმე ცხოველი თავისი მოქმედებით ცვლის მეორის ქცევას, ვამბობთ, რომ ადგილი ჰქონდა ინფორმაციის გადაცემას. ასეთი ქცევები სპეციალიზებულია და ადაპტაციური ხასიათისაა ორივე ცხოველისათვის. ინფორმაციის გადაცემაში მონაწილეობს შვიდი კომპონენტი:

1. გამგზავნი – ინდივიდი, რომელიც ინფორმაციის წყაროა.
2. მიმღები – ინდივიდი ან ინდივიდთა ჯგუფი, რომლებიც ცვლიან ქცევას.
3. კავშირის არხი – გზა, რომელსაც გადის სიგნალი (მაგალითად, ხმა, სუნი და ა.შ.).
4. ხმაური – ფონური აქტივობა, რომელსაც არავითარი კავშირი არა აქვს სიგნალთან.
5. კონტექსტი – გარემო, რომელშიც სიგნალი გადაიცემა და მიიღება.
6. სიგნალი – ქცევა, რომელსაც ახორციელებს გამგზავნი.
7. კოდი – მთლიანი კრებადობა ყველა შესაძლო სიგნალისა და კონტექსტისა.

თუ როგორ შეიცვლება მიმღების ქცევა, დამოკიდებულია კომპონენტებზე.

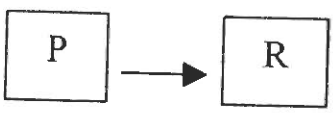
ექსპერიმენტული კვლევებით დადგინდა, რომ თურმე ცხოველები კომუნიკაციურ სიგნალებად იყენებენ ისეთ ქცევებს, რომლებსაც ახორციელებენ ბუნებასთან ადაპტირებულ პირობებში. ცხოველთა უმრავლესობა სიგნალებისათვის ერთნაირ, მსგავს ქცევათა სიმრავლეს იყენებს. ძუძუმწოვარა ცხოველებში სმიტის (Smith, 1969) მიხედვით გამოყენებულია ქცევების 12 კატეგორია, რომლებიც პრაქტიკულად მოიცავენ მთელ გადასაცემ ინფორმაციას, ასეთი კატეგორიებია:

1. იდენტიფიკაცია - ინფორმაცია იმ კლასის დასადგენად, რომელსაც განეკუთვნება გამგზავნი.
2. ალბათობა - ცნობა იმის შესახებ, რომ გამგზავნი ანალოგიურ ქცევას მოიმოქმედებს.

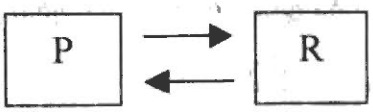
3. ზოგადი სიგნალი, რომლისთვისაც ძნელი მისაწერია კონკრეტული ფუნქცია.
4. ლოკომოცია - მოძრაობის დაწყებამდე ან მოძრაობის დაწყების შესახებ გადაცემული ინფორმაცია.
5. აგრესია - ინფორმაცია მოსალოდნელ თავდასხმაზე.
6. გაქცევა - ცნობა გაქცევის ალბათობის შესახებ.
7. არა აგონისტური კომპლექსი - სიგნალთა სიმრავლე, რომელიც აღნიშნავს, რომ აგონისტური მოქმედება დაბალი ალბათობისაა.
8. ასოციაცია - ცნობა გადაცემულია მაშინ, როდესაც ერთი ცხოველი უახლოვდება მეორეს ან დგას მასთან.
9. კომპლექსი შეზღუდული კავშირით - მშობლებსა და ნაშიერებს ან სექსუალურ პარტნიორებს შორის გადაცემული ცნობა.
10. თამაში - თამაშის დროს გადაცემული ინფორმაცია.
11. კოპულაცია - კოპულაციამდე და კოპულაციის დროს გამოყენებული ცნობა.
12. ფრუსტრაცია - დემონსტრაცია, წარმოშობილი მხოლოდ იმ პირობებში, როდესაც დასაშვები ქცევის ალბათობა რატომღაც კავდება.

უკუკავშირის პრინციპი

სისტემის ქცევა განისაზღვრება შინაგან და გარეგან ფაქტორთა ურთიერთობით. ეს ურთიერთობა ისე უნდა წარიმართოს, რომ არ დაირღვეს სისტემის ფუნქციონირების ჰომეოსტაზი. სისტემის ჰომეოსტაზის შენარჩუნება მიმდინარეობს რეგულირების საფუძველზე. რეგულირება ხორციელდება სისტემის შიგნით ქვესისტემათა ურთიერთობით და მთლიანად მთელი სისტემის ურთიერთობით გარემოსთან. რეგულირება ხორციელდება უკუკავშირის პრინციპით. სისტემაში გაერთიანებულ ორ ქვესისტემას თუ ექნება ისეთი ურთიერთობა, როდესაც P მოქმედებს R-ზე, მაგრამ R არ მოქმედებს P-ზე, ეს ურთიერთობა შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ამ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ P დომინირებს R-ზე. კიბერნეტიკას განსაკუთრებით აინტერესებს ისეთი შემთხვევა, როდესაც ქვესისტემები გავლენას ახდენს ერთმანეთზე:



თუ დინამიკური სისტემის ორი ქვესისტემა ასეთი წრიული კავშირით იქნება დაკავშირებული, ვამბობთ, რომ მათ აქვთ უკუკავშირი. ქვესისტემათა ურთიერთობა შეიძლება ზოგადად დადგინდეს განტოლებით ან განტოლებათა სისტემით. სისტემაში თუ არის შემდეგი დამოკიდებულება:

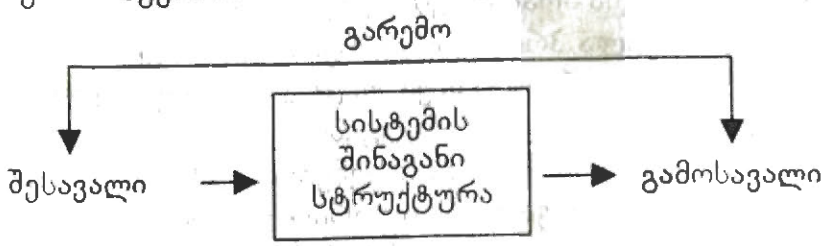
$$x'=2xy$$
$$y'=x-y^2,$$

ამ შემთხვევაში y-ის მნიშვნელობა ცვლის x-s, ასევე x-ის მნიშვნელობა მოქმედებს y-ზე. საწინააღმდეგო სურათი გვექნება იმ სისტემაში, სადაც არის შემდეგი დამოკიდებულება:

$$x'=2x$$
$$y'=x-y^2,$$

ამ შემთხვევაში x-ის ცვლილება არ არის დამოკიდებული y-ის მნიშვნელობაზე. x დომინირებს y-ზე , მოქმედება წარიმართება ერთი მიმართულებით.

ბიოლოგიური სისტემები არსებობს კონკრეტულ გარემო პირობებში. მათ შეუძლიათ თვითორგანიზაციის საფუძველზე ცვალონ ქცევები, დატოვონ რეპროდუქციის უნარის მქონე თაობები, რის გამოც პოპულაცია აგრძელებს არსებობას. არსებობს მრავალი პოპულაცია ქცევითი აქტების მრავალფეროვნებით. ყველა პოპულაციის ურთიერთობა გარემოსთან ხორციელდება ერთი საერთო სქემით:



სურ.2.7. *გარემოსა და სისტემის ურთიერთობა უკუკავშირის პრინციპით. შესავალზე სისტემა ღებულობს სიგნალებს გარემოდან, ხოლო გამოსავალზე ასრულებს ქცევებს.*

ცხოველი რეცეპტორების მეშვეობით ღებულობს გარემოდან ინფორმაციას N_0 სიდიდით, რომელსაც იმახსოვრებს. გარკვეული t დროის შემდეგ ხდება დავიწყება, ინფორმაციის ცვლილება დროში გამოისახება დიფერენციალური განტოლებით:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

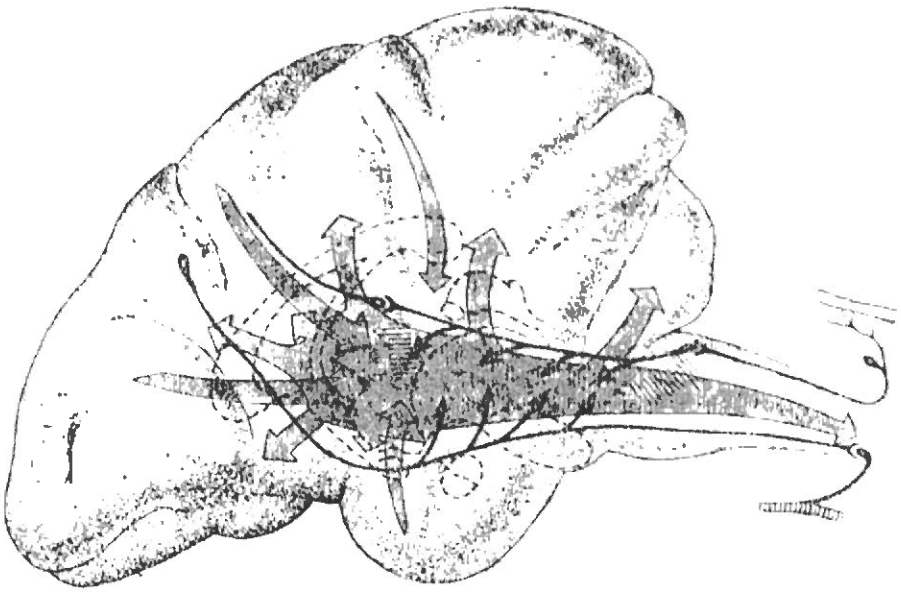
ამ დიფერენციალური განტოლების ამოხსნის შემდეგ ვღებულობთ:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ამგვარი ლოგიკით შეიძლება მოინახოს უკუკავშირი მეხსიერებასა და დავიწყებას შორის. დამოკიდებულება შესაძლებელია გამოისახოს გრაფიკით, რომელიც გვაჩვენებს დამახსოვრებული ინფორმაციის (N/N_0) დინამიკას დროში.

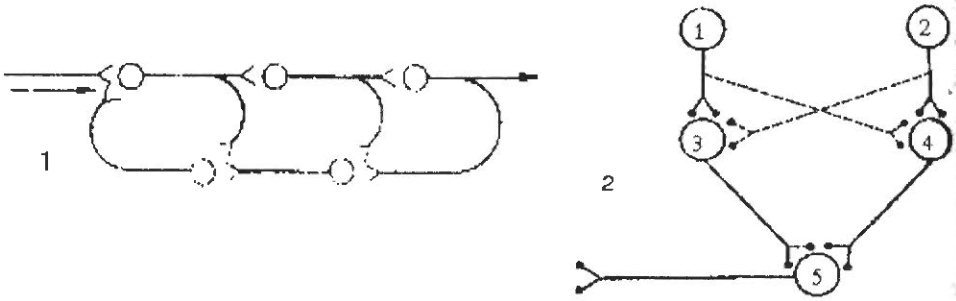
უკუკავშირის პრინციპით მოქმედებს ტვინის ღეროს ბადებრივი ფორმაცია დიდი ტვინის ქერქის ელექტრულ აქტივობაზე. (სურ. 2.8.). ელექტრონეიროფიზიოლოგიური მონაცემებით დადგინდა დიდი ტვინის ქერქის გავლენა ბადებრივი ფორმაციის აღმავალ ფუნქციაზე. პერიფერიული იმპულსები იწვევს ბადებრივი ფორმაციის და ქერქის ზოგად გააქტივებას. ქერქს კი თავის მხრივ კორექცია შეაქვს ბადებრივი ფორმაციისა და აფერენტული და ეფერენტული გზების ცალკეული რგოლების მოქმედებაში. ასეთი რეგულაციის შედეგად ნერვული მოქმედება განსაზღვრული მიმართულებით წარიმართება. ამ მაგალითით ნაჩვენებია დიდ სისტემაში მიმდინარე მართვის რეგულირების პროცესი. თუ ნეირობიოლოგია მოახერხებს აღწეროს თავის ტვინში მიმდინარე მართვის ყველა პროცესი, იქმნება პერსპექტივა, რომ შავი ყუთი გადაიქცეს თეთრ ყუთად. ეს კი, ცოდნის დღევანდელი დონიდან გამომდინარე, ძნელი წარმოსადგენია.

უკუკავშირის პრინციპის გამოყენებით შექმნილია ნეირონული ქსელების სხვადასხვა სახის თეორიული მოდელები. ასეთ ჰიპოთეტურ ქსელებზე ტარდება ექსპერიმენტები. შესადარებლად სურ.-ზე 2.9. წარმოდგენილია დადებითი უკუკავშირით მოქმედი ნეირონული ქსელი დეტექტორულ ნეირონთან.



სურ.2.8. *დიდი ტვინის ქერქისა და ბადებრივი ფორმაციის ურთიერთობის სქემატური სურათი, ე. სოკოლოვის (Соколов, 1966) მიხედვით. წვრილი ისრებით ნაჩვენებია ბადებრივი ფორმაციის კოლატერალები სენსორულ და მამოძრავებელ გამტარ გზებთან. მსხვილი ისრებით ნაჩვენებია კორტიკოფუგალური გავლენა ბადებრივ ფორმაციაზე. მსხვილი ისრებითაა აღნიშნული აგრეთვე ბადებრივი ფორმაციის აღმავალი გავლენა ქერქზე, ნათხემზე და დაღმავალი გავლენა ცენტრალურ სენსორულ გადამრთველზე.*

ე. სოკოლოვმა (Соколов, 1966) წამოაყენა ნერვული სტიმულის მოდელი. მისი არსი მდგომარეობს შემდეგში. არსებობს ნეირონების პოპულაცია, რომელიც ინახავს ინფორმაციას გამღიზიანებელის თვისებებზე. გრძნობათა ორგანოზე გამღიზიანებლის მოქმედებისას ხდება მისი შედარება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში არსებული მსგავსი თვისებების მოდელთან. გამღიზიანებელის მოდელთან შეუსაბამობის შემთხვევაში ვითარდება საორიენტაციო რეფლექსი. ამ რეფლექსის გამომუშავების სქემა ნაჩვენებია სურათზე (სურ.2.10), რომელშიც წამყვანი როლი ენიჭება უარყოფით უკუკავშირს.



სურ.2.9. *ჰიპოთეტური ნეირონული ქსელები. 1-დადებით უკუკავშირზე შექმნილ ნეირონულ ქსელებს აქვს უნარი წარმოქმნას მოქმედების პოტენციალი აგზნების რევერბერაციის შედეგად. 2-დეტექტორული ნეირონული ქსელი. 1-ნეირონი ამგზნებ გავლენას ახდენს მე-3 ნეირონზე და შემაკავებელს მე-4 ნეირონზე. 2-ნეირონი კი საწინააღმდეგოდ მოქმედებს, 3-ს აკავებს და 4-ს ააგზნებს. ამიტომ 5-ნეირონი განმუხტვებს იძლევა იმ შემთხვევაში, როდესაც წარმოიქმნება გასხვავება 1 და 2 ნეირონთა იმპულსაციას შორის. პ. ჰაინდის (Хаинд, 1975) მიხედვით.*

უკუკავშირით ჩამოყალიბებული პოლისინაფსური ნერვული ქსელების ფუნქციონირების მოდელური აღწერა მოგვცა ს. დეიჩმა (Дейч, 1970). სქემატურად ნეირონთა ქსელი მოცემულია სურ.-ზე 2.11. სურათზე შედარებულია ლორენტე დე ნოს მიერ აღწერილი ნეირონების მარტივი და რთული ქსელები. ორივე ქსელს, მარტივსა და შედარებით რთულსაც, გააჩნია ერთი შესავალი V_1 და ერთი გამოსავალი V_2. ქსელი აღწერილია შემდეგი გამოსახულებით:

$$V_2 = V_1(t-\tau) + SV_2(t-\tau)$$

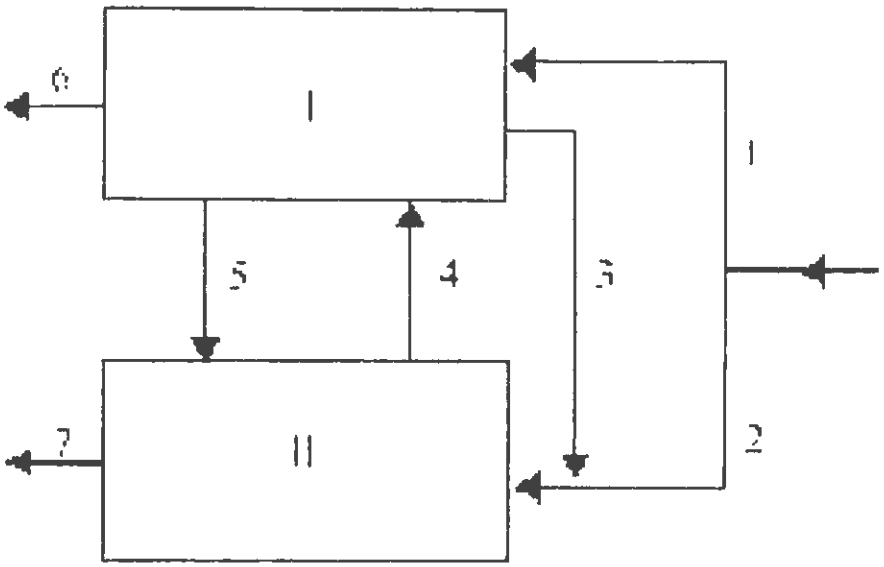
ფორმულაში $V(t-\tau)$ შეესაბამება ბიჯის ცვლილებას τ ერთეულით დროში. როდესაც სინაფსი S ამგზნებია (S=1), სისტემა ხაზოვან რეჟიმში იმუშავებს. ლაპლასის გარდაქმნის გამოყენებით ზემოთ მოყვანილი ფორმულა იღებს შემდეგ სახეს:

$$V_2 = (V_1 + V_2)e^{-s\tau}$$

საიდანაც

$$V_2 = \frac{V_1 e^{-st}}{1 - e^{-st}}$$

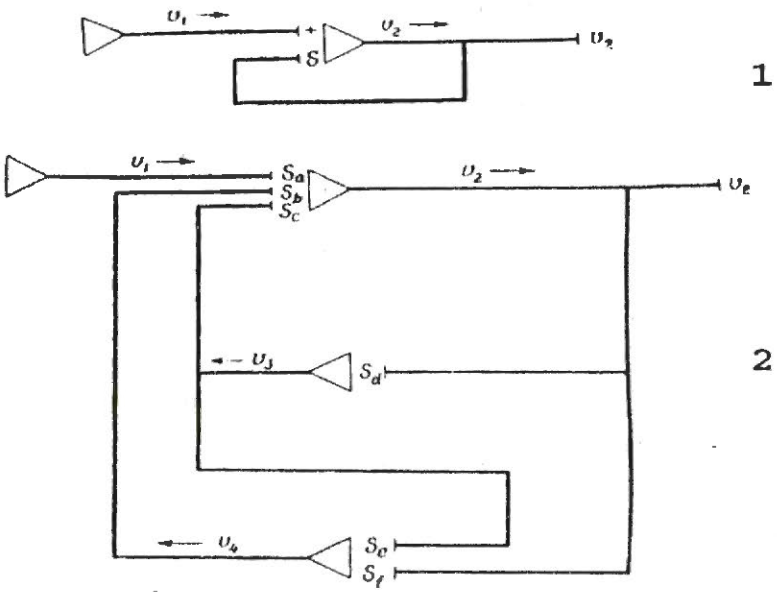
წევრი e^{-st} მაჩვენებლად გაჩნდა უკუკავშირის გამო.



სურ.2.10. *საორიენტაციო რეფლექსის ფორმირების სქემა ე. სოკოლოვის (Соколов, 1966) მიხედვით.*

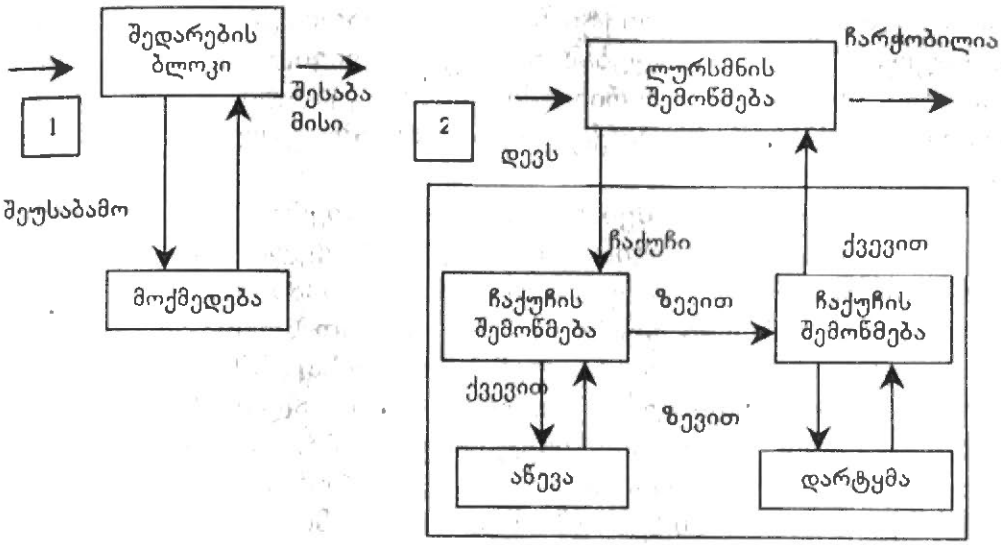
I-მოდელირებადი სისტემა, II - გამაძლიერებელი სისტემა. 1-სპეციფიკური გზა რეცეპტორიდან მოდელირებად სისტემაში, 2-ეფერენტული გზის კოლატერალების კავშირი გამაძლიერებელ სისტემაში. 3-უარყოფითი სინაფსური უკუკავშირი მოდელირებადი სისტემიდან გამაძლიერებელ სისტემასთან და ეფერენტულ კოლატერალებთან. 4-აღმავალი გამააქტივებელი გზა გამაძლიერებელი სისტემიდან მოდელირებადში. 5-გზა მოდელირებადი სისტემიდან გამაძლიერებელში (გადაეცემა ინფორმაცია გამღიზიანებლის და მოდელის შეუთავსებლობაზე). 6-სპეციფიკური რეაქციის გზა, როდესაც გამღიზიანებელსა და ნერვულ მოდელს შორის შესაბამისობაა. 7. არასპეციფიკური ვეგეტატიური და სომატური რეაქციების გზა, რომელიც წარმოიქმნება გამაძლიერებელი სისტემის სტიმულაციის შედეგად.

ამ მოდელის ანალიზის საფუძველზე ს. დეიჩი აკეთებს დასკვნას, რომ უკუკავშირი ზრდის რეგულირების საიმედოობას.



სურ.2.11. *ტიპიური პოლისინაფსური ნეირონული ქსელები უკუკავშირით. ს. დეიჩის (Дейч, 1970) მიხედვით. 1- მარტივი ქსელი. 2- შედარებით რთული ქსელი. S_k - კოეფიციენტები, რომლებშიც გათვალისწინებულია სინაფსთა წონა ($-1<S_k<1$).*

უკუკავშირი არის სისტემის გამოსავლის ზემოქმედება ამავე სისტემის შესავალზე. უფრო ფართოდ – გამოსავლის ფუნქციონირების გავლენა შესავლის ფუნქციონირებაზე. უკუკავშირის პრინციპი ერთ-ერთი კარდინალური საკითხია კიბერნეტიკასა და ავტომატური მართვის თეორიაში. უკუკავშირი მოქმედებს სხვადასხვა ბუნების ჩაკეტილ მართვის სისტემაში, როგორიცაა: ტექნიკური, ბიოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური. თუ უკუკავშირის ზემოქმედებით შემცირებას იწყებს სისტემის საწყისი მდგომარეობა, კავშირი უარყოფითია. ასეთ უკუკავშირს უარყოფითი ეწოდება. უარყოფითი კავშირის კოეფიციენტი 0-ზე მცირეა. თუ უკუკავშირის ზემოქმედებით ზრდას იწყებს სისტემის საწყისი მდგომარეობა, კავშირი დადებითია. ასეთ უკუკავშირს დადებითი ეწოდება. დადებითი უკუკავშირის კოეფიციენტი ყოველთვის 0-ზე მეტია.



სურ.2.12. *T-O-T-E-ს ელემენტები. 1-მოქმედების შეწყვეტა. 2-T-O-T-E იერარქიული ორგანიზაცია ლურსმნის ჩაჭედებისას.*

ადამიანის მიზანსწრაფული მოქმედება დ. მილერმა, ი. გალანტერმა და კ. პრიბრამმა (Миллер, Галантер, Прибрам, 1965) აღწერეს სისტემით T-O-T-E, რაც ქართულად ასე გამოითქმის: სინჯი-ოპერაცია-სინჯი-გამოსავალი. შემოთავაზებული სისტემის ფუნქციონირება უკუკავშირის მოქმედების პრინციპზეა დამოკიდებული (სურ. 2.12.). ავტორთა შეხედულებით ასეთი სისტემის გამოყენება შეიძლება ქცევის მრავალი პირობისათვის. მაგალითად, სურათის 2 ნაწილში სქემატურად გამოსახულია ადამიანის მოქმედება ლურსმნის ჩაჭედებისას – როგორ ხმარობს ჩაქუჩს ადამიანი და როგორ მიდის საბოლოო შედეგამდე უკუკავშირის გავლენით. ამ პრინციპით მოქმედებს ყველა რეფლექსი. ავტორთა მიხედვით ამ პრინციპით უნდა მოქმედებდეს სქემა სტიმული-რეაქცია. ამიტომ T-O-T-E შეიძლება მიღებულ იქნეს ქცევის ერთეულად.

ინსტინქტი

ინსტინქტი არის ევოლუციურად ჩამოყალიბებული, სიცოცხლისათვის აუცილებელი მიზანსწრაფული, უპირობო რეფლექსთა ერთობლიობით განხორციელებული ქცევა, რომლის განხორციელების უნარსაც ორგანიზმი მემკვიდრეობით ღებულობს

მშობლებისაგან. (ინსტინქტი-intsinctus, ლათინური სიტყვაა და ქართულად მოთხოვნილებას ნიშნავს).ინდივიდუალური განვითარების სხვადასხვა პერიოდში განსხვავებული ინსტინქტები ვლინდება. ინსტინქტური ქცევა გააჩნია ცხოველებსაც და ადამიანსაც.

იდეა ინსტინქტის შესახებ სათავეს სოკრატედან (470-399 ძვ.წ.აღ.) იღებს. მას ინსტინქტი მიაჩნდა ცხოველთა დაბალი ფსიქიკის გამოხატულებად, განსხვავებით ადამიანისაგან, რომელსაც დიდი გონებრივი უნარი გააჩნია. ალბათ სოკრატეს გავლენით უნდა აიხსნას ისეთი მოვლენა, რომელსაც ხშირად ვაწყდებით ჩვენს ყოველდღიურ ურთიერთობებში. ადამიანის ყოველგვარი უმსგავსო ქცევა ინსტინქტს მიეწერება. გავრცელებულია შეხედულება, რომ ადამიანმა უნდა დაფაროს და აღმოფხვრას ინსტინქტები. ინსტინქტს უპირისპირებენ მორალს და გონივრულ ქცევებს. ეთოლოგებს ინსტინქტის შესახებ სხვა წარმოდგენა აქვთ. ისინი ინსტინქტს განიხილავენ როგორც თანდაყოლილ პროგრამას ქცევების განსახორციელებლად. ინსტინქტი არის სახეობრივი გენეტიკური მეხსიერება, რომელიც აუცილებელია პოპულაციების არსებობისათვის. ამიტომ ადამიანისათვის აუცილებელია ინსტინქტური ქცევა. ინსტინქტი რომ არ ჰქონოდა, ადამიანი ლაპარაკსაც ვერ ისწავლიდა.

ადამიანისა და ცხოველთა ინსტინქტური ქცევები არ უნდა გავაიგივოთ მექანიკურ გაავტომატებულ მოძრაობებთან. ინსტინქტურ ქცევად ჩაითვლება ისეთი მოქმედება, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

- განხორციელებული კონკრეტული ქცევა უნდა იყოს დაკვირვებული ამავე სახეობის სხვა წარმომადგენლებში;
- განხორციელებული ქცევა უნდა იყოს მემკვიდრულად გადმოცემული მშობლებისაგან;
- განხორციელებული ქცევა არ უნდა იყოს დასწავლის ან გონივრული მოქმედების შედეგი;
- ინსტინქტური ქცევის განხორციელებისათვის საჭიროა კონკრეტული შინაგანი ან გარეგანი გამღიზიანებლის არსებობა;
- ინსტინქტური ქცევა შეიძლება განხორციელდეს უმიზნოდ, თუკი არსებობს გამღიზიანებელი.

მკვლევარებს აღწერილი აქვთ რუდიმენტული ინსტინქტები. ეს ისეთი ინსტინქტური ქცევებია, რომლებსაც არავითარი სარ-

გებლობა არ მოაქვთ შემსრულებლისათვის. მაგალითად, ოთახის ძაღლი სანამ დაწვება, ტრიალებს. ამ ტრიალს ადრე მნიშვნელობა ჰქონდა ცხოველისათვის. როდესაც ის ველზე ცხოვრობდა, ათვალიერებდა დიდ ბალახს დასაწოლად (Лютц, 1925). რუდიმენტული ინსტინქტები გაქრობის პირასაა მისული. მათ ბუნებრივი გადარჩევის გავლენით დაკარგეს ან კარგავენ ფუნქციას. ამგვარი ტიპის ინსტინქტები ბევრია შინაურ ცხოველებში.

მკვლევართა შორის შეხედულება ინსტინქტის წარმოშობის შესახებ უკიდურესად განსხვავებულია. პრობლემისადმი მიდგომა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელ ბიოლოგიურ მიმართულებას იზიარებს ეს თუ ის ავტორი. ძველ შრომებში გავრცელებულია მეტაფიზიკურ-თეოლოგიური მოსაზრებები ინსტინქტის წარმოშობის შესახებ.

პლატონი (427-347 ძვ.წ.აღ) და ბევრი ძველი ბერძენი ფილოსოფოსი ადამიანის ქცევებს განიხილავდნენ როგორც იმ რაციონალური და თავისუფალი პროცესების შედეგს, რომელბსაც სუბიექტი ირჩევს თავისი გონებრივი შესაძლებლობის კარნახით. ამ მიმართულებას რაციონალიზმი უწოდეს და იგი დღესაც განაგრძობს არსებობას. თომა აქვინელი (1225-1274) აღნიშნავდა, რომ ადამიანს გააჩნია გრძნობადი და რაციონალური სურვილები, ხოლო ცხოველებს მხოლოდ გრძნობადი. ამიტომ ადამიანს აქვს უნარი იმოქმედოს ან არ იმოქმედოს, მაშინ როცა ცხოველი ყოველთვის მოქმედებს მხოლოდ გრძნობადი სურვილის არსებობის გამო. მოგვიანებით რეიმარუსმა (1694-1768) გაიმეორა თომა აქვინელის მოსაზრება და აღნიშნა, რომ ცხოველები უკეთესად ასრულებენ შემოქმედის პრინციპებს, ვიდრე ადამიანი, რადგანაც მოქმედებენ ინსტინქტურად. ანალოგიურ შეხედულებას იზიარებს ფიზიოლოგი იოჰანეს მიულერი (1801-1858) და ინსტინქტს მუდმივ კანონს უწოდებს, რომლის არსი ადამიანის გონისათვის შეუცნობელია.

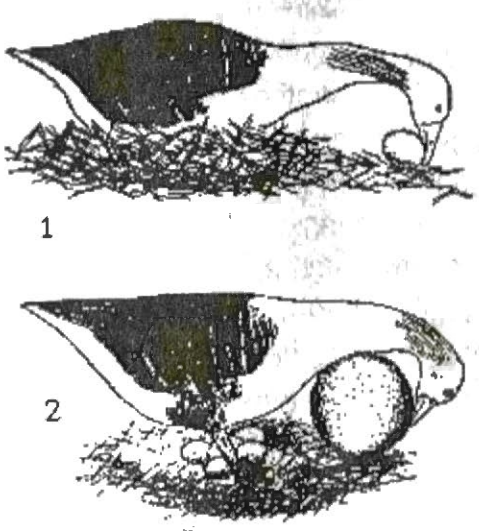
კონცეფცია ინსტინქტის შესახებ ყალიბდებოდა ფიზიოლოგიურისა და ფსიქიკურის ურთიერთობის გათვალისწინებით. ინსტინქტს მიიჩნევდნენ თანდაყოლილ ქცევად, რომელიც არ იცვლება ზრდის, განვითარების და ცდის ზემოქმედებით. ეთოლოგებმა დაამტკიცეს, რომ ინსტინქტი განიცდის ევოლუციას, ისევე როგორც ყველა სხვა ფენოტიპური ნიშანი. 1948 წელს კუბიემ (Kubie, 1948) გამოაქვეყნა სტატია „ინსტინქტი და ჰომეოსტაზი", რომელშიც განხილულია ინსტინქტის არსი. ინსტინქტი დაფუძნებულია ორგანიზმის ბიოქიმიურ გარემოზე და ხორცი-

ელდება რთულ ფსიქიკურ პროცესთა ზემოქმედებით ნერვულ სისტემაში მიმდინარე ცვლილებების შედეგად. კუბიემ მოახდინა ინსტინქტთა კლასიფიკაცია. პირველად ინსტინქტებს წარმოადგენს ის ქცევები, რომლებიც დაკავშირებული არიან საკვების მოხმარებასთან და გადამუშავებულ ნაჩენთა გამოყოფასთან. ინსტინქტთა ამ ჯგუფში ერთიანდება ის ქცევები, რომლებიც დაკავშირებული არიან: სუნთქვასთან, შიმშილთან, წყურვილთან, შარდის გამოყოფასთან და დეფეკაციასთან. თითოეული მათგანი დაკავშირებულია ორგანიზმის ბიოქიმიურ ჰომეოსტაზთან. სხვადასხვა გამღიზიანებელთა გადაცემით ნერვულ სისტემაში ორგანიზმი ახორციელებს კონკრეტულ მიზანმიმართულ ქცევას. მეორადი ინსტინქტები დაკავშირებულია გამრავლებასთან ანუ სახეობის გადარჩენასთან. ამ ქცევათა ბიოქიმიური საფუძველი უცნობია. მესამე კატეგორიის ინსტინქტებს კუბიე შემსრულებელს უწოდებდა. პირველადი ინსტინქტებისაგან განსხვავებით, ამ კატეგორიის ქცევების განხორციელებაზე აქტიურ გავლენას ახდენს ფსიქიკური პროცესები, რომელთა გავლენით განისაზღვრება პირველადი და მეორადი ინსტინქტებით განპირობებული მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების ეფექტურობა. კუბიემ ჩამოაყალიბა ინსტინქტთა იერარქია, რომელიც საკამათოა და ბევრი საკითხი აუხსნელი რჩება.

ინსტინქტის კონცეფციაში საინტერესოა აღინიშნოს ასოციაციური ფსიქოლოგიის მიმდევართა შეხედულებები. ისინი მატერიალისტების მსგავსად უარყოფდნენ ყოველგვარ თავისუფალ მოქმედებას. არ თვლიდნენ საჭიროდ, რომ ქცევა აეხსნათ ფიზიკური ან ფიზიოლოგიური მიდგომით. ჯონ ლოკი და დევიდ იუმი (მაკ-ფარლენდის, – Мак-Фарленд, 1988, – მიხედვით) გამოთქვამდნენ მოსაზრებას, რომ ქცევა ყალიბდება ცდის მეშვეობით, ასოციაციის კანონების შესაბამისობით. ამ შეხედულებამ დიდი გავლენა მოახდინა ფსიქოლოგიის როგორც მეცნიერების ჩამოყალიბებაზე მის ადრეულ პერიოდში. ადრეული პერიოდის ასოციაციური მიმართულების მკვლევარები ინსტინქტურ ქცევად თვლიდნენ მნიშვნელოვან ბიოლოგიურ მოტივთა დაკმაყოფილებას. ზოგიერთთა მტკიცებით ინსტინქტი იწვევს მოქმედებას მანამ, ვიდრე გაკეთებული იქნება მოქმედების შედეგის პროგნოზი. ინსტინქტს თვლიდნენ მოტივაციური ძალის წყაროდ, ზოგიერთები კი თვითონ ინსტინქტს თვლიდნენ ძალად. ინსტინქტის ასეთი კონცეფცია არსებობდა ახალ რაციონალისტებამდე. XIX საუკუნის ბოლოს ახალმა რაციონალისტებმა

ადამიანის ბუნება წარმოიდგინეს ინსტინქტისა და რაციონალური აზრის კომბინაციად. მოსაზრება ინსტინქტის როგორც პირველადი მამოძრავებელი ქცევითი აქტივობის შესახებ გაზიარებულ იქნა ფროიდისა და მაკ-დუგალის მიერ.

ჩ. დარვინი იყო პირველი მკვლევარი, რომელმაც განმარტა ინსტინქტი ცხოველთა ქცევის ობიექტურ ანალიზზე დაყრდნობით. მან ინსტინქტი ახსნა, როგორც სხვადასხვა ქცევითი ელემენტებისაგან შემდგარი რთული რეფლექსები, რომლებსაც ცხოველი მემკვიდრულად იღებს. ესე იგი ინსტინქტი არის ბუნებრივი გადარჩევის შედეგი. ჩ. დარვინის ინსტინქტის კონცეფცია დეკარტეს შეხედულებების მსგავსია. განსხვავება ისაა, რომ დარვინი ღმერთის მაგივრად ბუნებას თვლიდა ინსტინქტის ევოლუციის განმსაზღვრელად.

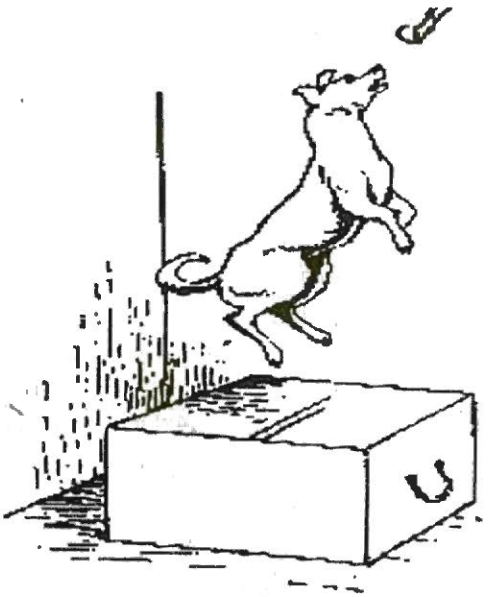


სურ.2.13. *ბატის მიერ კვერცხის შეგორება. 1-ბატი ცდილობს ბუდიდან ამოვარდნილი კვერცხი დააბრუნოს უკან. 2- ბატის მცდელობა ბუდეში შეიტანოს კვერცხის გიგანტური მოდელი. ნ. ტინბერგენის (Tinbergen, 1951) მიხედვით.*

დარვინის იდეები ინსტინქტის ბუნების შესახებ საფუძვლად დაედო კლასიკური ეთოლოგიის მიმდევართა შეხედულებებს. ეს შეხედულებები ჩამოყალიბებულია ლორენცის (Zorenz, 1937ა, 1937ბ; 1939; 1957.), ტინბერგენის (Tinbergen, 1955; 1959) და ტორპეს (Thorpe, 1963) შრომებში.

ეთოლოგებმა განსაკუთრებული ყურადღება დაუთმეს ინსტინქტების შესწავლას. მათი განმარტებით, ინსტინქტი კონკრეტული ქცევების კომპლექსია (სურ.2.13). ამიტომაც ერთი სახეობის ყველა ინდივიდს ერთნაირი ინსტინქტები აქვს. მიუხედავად ინსტინქტური ქცევების მდგრადობისა, იგი მაინც განიცდის ცვალებადობას – ექვემდებარება გარემოს ფაქტორთა გავლენას. ინსტინქტური ქცევები სხვადასხვანაირია. საინტერესო ფაქტია აღწერილი პინგვინთა ცხოვრებიდან. მდედრი პინგვინი კვერცხის დადების შემდეგ მამრის მეთვალყურეობაში 15

დღით ტოვებს კვერცხებს, თვითონ კი ზღვაში გადის, რათა აღიდგინოს წონა, რომელიც დაკარგა კვერცხის დების პერიოდში. მამრი არ სცილდება კვერცხებს და სხეულის წონის 25-40% კარგავს. მდედრის დაბრუნების შემდეგ კი ისინი მორიგეობით ათბობენ კვერცხებს. ასე იქცევა ყველა პინგვინი.



სურ.2.14. *ძაღლი ხტუნვით რომ ვერ შესწვდა მაღლა დაკიდებულ საკვებს, ყუთი გამოიყენა. მან ყუთი თვითონ მიათრია საკვების ქვეშ. პ. შოვენის (Шовен, 1972) მიხედვით.*

ფრინველი, რომელიც ბუდეს მიწაზე იკეთებს და კვერცხებს დებს, ბუდესთან მოახლოებულ მტაცებელს როცა შეამჩნევს, გადმოდის ბუდიდან და იწყებს კოჭლობით სიარულს, ისე რომ მტაცებელმა შეამჩნიოს. მტაცებელი ცდილობს დაიჭიროს ფრინველი, ის კი მოჩვენებითი კოჭლობით მტაცებელს გაიტყუებს და აშორებს ბუდეს. როდესაც მტაცებელი მიუახლოვდება ფრინველს და დააპირებს მის დაჭერას, ის აფრინდება. საინტერესოა ისიც, რომ ფრინველი გაფრინდება ბუდის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ასეთი ქცევით ფრინველი გადაარჩენს კვერცხებს და ზოგიერთ შემთხვევაში გამოჩეკილ ბარტყებსაც.

ცხოველებს აქვთ უნარი ინსტინქტურ ქცევებში გამოიყენონ დასწავლის შედეგად ჩამოყალიბებული ჩვევები, რის შედეგადაც ახორციელებენ გონივრულ ქცევებს. გონივრული ქცევების მეშვეობით ცხოველი უკეთესად ეგუება გარემოს. ქცევა მიზანსწრაფულია. ეთოლოგებმა აღწერეს გონივრული ქცევის მრავალი მაგალითი (სურ. 2.14. და 2.15).

შემუშავებულია სპეციალური მეთოდები, რომელთა საშუალებითაც შეისწავლიან ცხოველთა გონივრულ ქცევებს ბუნებ-

რივ და ლაბორატორიულ პირობებში. ამ საკითხს ვრცლად განვიხილავთ მერვე თავში.



სურ.1.15. *შიმპანზე ბაძავს ადამიანის მოქმედებას. პ. შოვენის (Шовен, 1972) მიხედვით.*

ლორენცმა (Lorenz, 1937) აღნიშნა, რომ ცხოველთა ქცევის მრავალი ფორმა ხორციელდება ფიქსირებულ მოქმედებათა კომპლექსით, რომელიც სახეობებში განსხვავებული და გენეტიკურად დეტერმინირებულია. მოგვიანებით ლორენცმა (Lorenz, 1950) წამოაყენა ჰიპოთეზა, რომ ყველა მოქმედების ფიქსირებული კომპლექსი ანუ ინსტინქტი მოტივირებულია სპეციფიკური ენერგიის მოქმედებით. ინსტინქტური ძალა (drive) იწვევს ადექვატურ ქცევას. ჰიპოთეზა განხილული იქნება ქვემოთ.

ეთოლოგია, იმპრინტინგი და ნ. ტინბერგერის ოთხი პარადიგმა

ტერმინი ეთოლოგია ბიოლოგიაში შემოტანილია 1859 წელს დარვინის წინამორბედის, ეტიენ ჟოფრუა სენტილერის შვილის, იზიდორ ჟოფრუა სენტილერის მიერ. სიტყვა ეთოს ბერძნულია და ქართულად ხასიათს, ჩვევას, ზნეს ნიშნავს. ამ სიტყვით ძველი

ელინელი ფილოსოფოსები აღინიშნავდნენ ადამიანის სტაბილურ ინდივიდუალურ ხასიათს, რომელიც მას დაბადებიდან გააჩნია. ეს სიტყვა გახდა ხასიათის ტიპოლოგიისა და ფიზიოგნომიკის საფუძველი. ფიზიოგნომიკა არის ძველ აღმოსავლეთში და ელინურ ხანაში გავრცელებული მოძღვრება ადამიანისა და ცხოველის გარეგნულ შესახედაობასა და მათ ხასიათს შორის აუცილებელი კავშირის არსებობის შესახებ. ეთოსიდან წარმოდგება ეთიკა, რომელიც არისტოტელეს შრომებში განმარტებულია, როგორც ადამიანთა ქცევის ნორმების დისციპლინა.

ეთოლოგია არის ზოოლოგიის დარგი, რომელიც სწავლობს ცხოველთა ინსტინქტური ქცევის ბიოლოგიურ ხასიათს და მის ევოლუციას, ესე იგი შეისწავლის გენეტიკურად განსაზღვრულ ქცევებს. მართალია, ეთოლოგიური კვლევის ელემენტები გვხვდება XVIII-XIX საუკუნეების ბუნების მკვლევართა შრომებში, მაგრამ როგორც დამოუკიდებელი მიმართულება, იგი ჩამოყალიბდა XX საუკუნის 20-30-იან წლებში და უკავშირდება ავსტრიელი ლორენცის და ჰოლანდიელი ტინბერგენის სახელებს. ამ მკვლევართა მეცნიერული მიდგომა ცხოველთა ქცევისადმი შემზადებული იყო ამერიკაში უიტმენის (1842-1910), კრეიგის (1876-1954) და გერმანიაში – ჰეინროცის (1871-1954) შრომებით. 1973 წელს ლორენცს და ტინბერგენს კარლ ფონ ფრიშთან ერთად მიენიჭათ ნობელის პრემია მედიცინის დარგში.

ეთოლოგია სწავლობს ცხოველთა ქცევებს ბუნებრივ პირობებში, აგრეთვე ვოლიერებში მოთავსებული და ადამიანის მიერ მოშინაურებული ცხოველების ქცევებს. ეთოლოგიის მიზანია გამოავლინოს იმ ქცევითი ჩვევების ცვალებადობა, რომლებიც ცხოველებს უვითარდებათ ვოლიერში იძულებითი მოთავსებისას. საინტერესოა იმის დადგენა, თუ რატომ არის ადვილი ზოგიერთი ცხოველის მოშინაურება და ზოგიერთისა კი – შეუძლებელი.

ეთოლოგია იკვლევს მტაცებლისა და მსხვერპლის ურთიერთობას ბუნებრივ პირობებში, იგი აანალიზებს მტაცებლის მიერ მსხვერპლის მოსაპოვებლად განხორციელებულ ქცევებს. თავისთავად საინტერესოა ის ქცევითი აქტები, რომელთა მეშვეობითაც პოტენციური მსხვერპლი თავს იცავს. ასევე საინტერესოა იმ ქცევათა მექანიზმების გამოვლენა, რომელთა საშუალებითაც ცხოველები თავს არიდებენ გარემოს არახელსაყრელ პირობებს და იწყებენ მიგრაციას. ეთოლოგია შეისწავლის იმ ქცევებსაც, რომელთაც ცხოველები შთამომავლობაზე ზრუნვისას ავლენენ, იმ ჩვევებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან ტერიტორიის

მოპოვებასა და საბინადრო გარემოს მოწყობასთან, აგრეთვე სოციალურ ურთიერთობათა ჩამოყალიბებას ცხოველთა თანასაზოგადოებაში; იმას, თუ რის საფუძველზე ხდება ზოგიერთი ცხოველი ლიდერი, ზოგი კი დაქვემდებარებული.

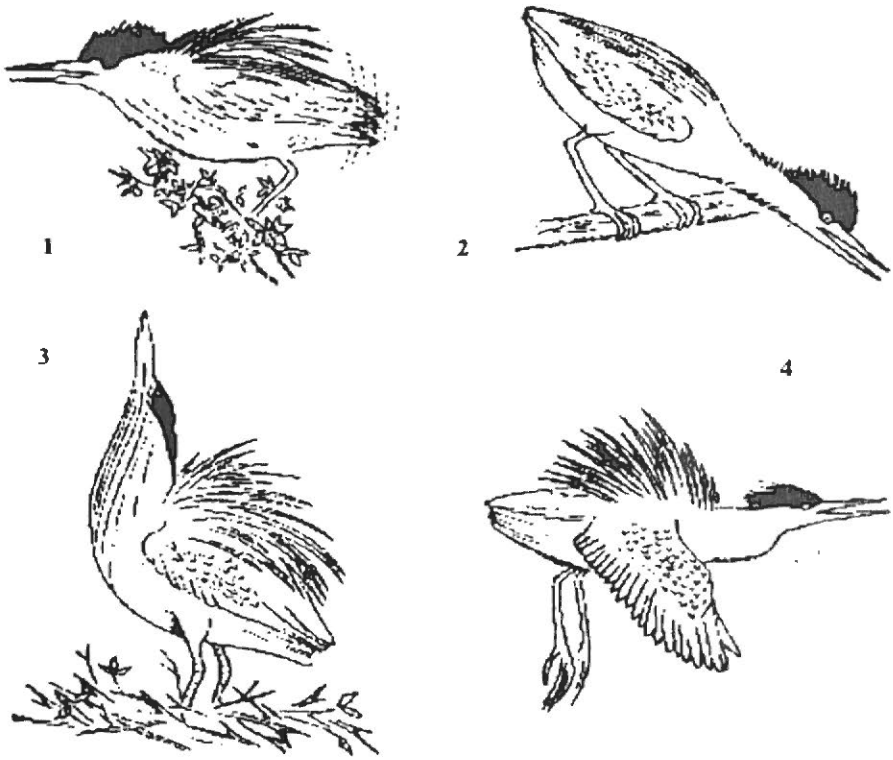


სურ.2.16. *ბავშვი ხელის შეხებისას იცინის გაღებული პირით. ანალოგიურად იქცევა კაპუცინი. ჟურნალის The Oxford Companion to Animal Behavior, 1981 მიხედვით.*

ცხოველთა ქცევების შესწავლისას იმდენი საინტერესო და მნიშვნელოვანი ფაქტი გამოვლინდა (სურ. 2.16), რომ მათ საფუძველზე შეიქმნა სპეციალური მიმართულება – ადამიანის ეთოლოგია. იგი სწავლობს ადამიანის ქცევებს, მის ფსიქოლოგიურ და სოციალურ ფორმირებას განათლებასთან კავშირში. ცალკე დარგად გამოიყო ბავშვთა ეთოლოგია, რომელიც შეისწავლის თამაშის გავლენას პიროვნების ფორმირებაზე.

ეთოლოგები სვამენ ორ შეკითხვას. პირველ რიგში ეთოლოგებს აინტერესებთ, როგორ მოხდა ქცევის ევოლუცია და რა გზით არის ის ადაპტაციური. მაგალითად, დაკვირვებებით დაადგინეს, რომ კატები ცდილობენ იყვნენ მარტოდ, ეულად, მაშინ როცა ძაღლები ცხოვრობენ ჯგუფებად, ეს ფაქტი შეიძლება აიხსნას იმით, რომ კატები შეეგუენ ტყეში ცხოვრებას, სადაც არ არის ჯგუფურად ცხოვრებისა და ნადირობის შესაძლებლობა, მაშინ, როცა ძაღლები შეეგუენ გაშლილი სივრცეების გარემოს, სადაც ისინი კოოპერატიულად ნადირობენ. მეორე, ეთოლოგები დაინტერესებული არიან განსაზღვრონ აგრეთვე, რომელი ქცევაა თანდაყოლილი და რომელი შეძენილი. ცხოველების ქცევა არის შეგუებითი – ეს ზრდის იმის შესაძლებლობას, რომ ინდივიდუალური გენები გადაეცეს მომდევნო თაობებს (სურ. 2.17). სხვა სიტყვებით, ქცევითი აქტი არის ინდივიდის მიერ განხორციელე-

ბული ქმედება, რომელიც ექვემდებარება ბუნებრივ გადარჩევას ისევე, როგორც ფენოტიპის სხვა ასპექტები. ის ინდივიდები, რომელთა ქცევითი აქტები ძლიერ ადაპტირებულია, პოპულაციის გენოფონდის უმეტეს ნაწილს შეიცავენ.

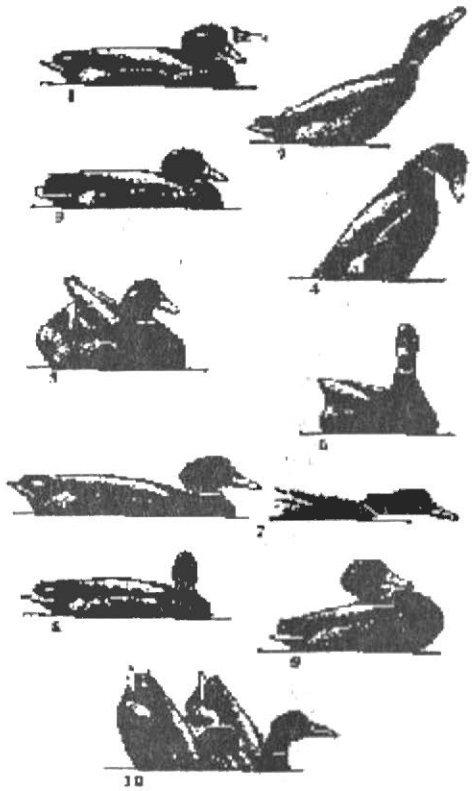


სურ.2.17. *მამრ ფრინველთა ოთხი პოზის დემონსტრაცია, რომელთა შედეგადაც ისინი ტერიტორიიდან აგდებენ სხვა მამრებს და იახლოებენ მდედრებს. 1- აგრესიულობის პოზა. 2-მამრის ნისკარტის მოძრაობა. 3- ყელის გამოწევის პოზა 4 - ნელი ფრენა. ა. მიურიკის (Meyerricks, 1960) მიხედვით.*

ორგანიზმთა ფენოტიპი შეიცავს ქცევითი აქტების მთელ რეპერტუარს (სურ. 2.18. და სურ. 2.19). გარეგანი სტიმულის სახე განსაზღვრავს, თუ რომელი აქტი უნდა გამოვლინდეს. ქცევითი აქტების საზღვარი მერყეობს პირველადად თანდაყოლილიდან პირველად შეძენილამდე. თითოეულ შემთხვევაში ქცევითი აქტის ფორმას განსაზღვრავს გენეტიკური მემკვიდრულობა და გარემო პირობები. თუ ქცევა თანდაყოლილია, მაშინ გენოტიპი

თამაშობს დომინანტურ როლს, ხოლო თუ შეძენილია – დასწავლილი გარემო პირობები.

6. ტინბერგენმა წინ წამოსწია ცხოველებზე ბუნებრივ პირობებში დაკვირვების მნიშვნელობა. ის აკვირდებოდა შავთავა თოლიებს, ისინი ბუდიდან ყოველთვის აგდებენ კვერცხების ნაჭუჭებს გამოჩეკვის შემდეგ. ექსპერიმენტთა სერიით მან განსაზღვრა, რომ ის ბუდეები, რომლებშიც დატოვებული იყო ნაჭუჭები, ხდებოდა მტაცებელი ფრინველების, კერძოდ ყვავის, თავდასხმის საგანი, განსხვავებით იმ ბუდეებისაგან, სადაც ნაჭუჭი არ იყო. ეს ფაქტი შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ნაჭუჭების გადაყრით თოლიები ცდილობენ დაიცვან თავიანთი შთამომავლობა. ეს თვისება ევოლუციური პროცესის შედეგად გადაირჩა, როგორც წარმატებული რეპროდუქციის შედეგი.



სურ.2.18. *იხვების საკვების მოპოვების ათი პოზა წყლის ზედაპირზე. 1-ნისკარტის ბრუნვა. 2-თავის აწევა. 3-კუდის ქნევა. 4-სტვენა. 5- თავის და კუდის მაღლა აწევა. 6- მობრუნება მდედრისაკენ. 7-მისალმება ცურვის დროს. 8-თავის მობრუნება კეფით მდედრისაკენ. 9- მკერდის გამოწევა. 10- მოძრაობა ზევით და ქვევით. კ. ლორენცის მიხედვით.*

ქცევის ევოლუციის შემდეგი მაგალითი არის თუთიყუში Agapoznis-ის მიერ ბუდის შენება. ამ გვარის სამ სახეობას აქვს ბუდის აგების განსხვავებული მეთოდები. ის ფაქტი, რომ ეს ნიშანი კონტროლდება გენებით, დამტკიცდა ექსპერიმენტულად: ის სახეობა, რომელიც მასალას იღებდა ფრთებით, შეაჯვარეს იმას, რომელიც მასალას იღებდა ნისკარტით, მიღებულმა ჰიბრიდმა ვერ მოახერხა ბუდის აგება შერეული გენების გამო.

თანდაყოლილი ქცევებია: ორიენტაცია, ნავიგაცია, მიგრაცია, სოციალური ქცევები. სხეულის ორიენტაციას სტიმულის მიმართულებით ან საწინააღმდეგოდ ეწოდება ტაქსისი. ცხოველები ავლენენ ტაქსისის სხვადასხვა ფორმებს: ფოტოტაქსისი (სტიმული, სინათლე), ქემოტაქსისი (სტიმული, ქიმიური ნივთიერება) – ცხოველები მცირე რაოდენობით გამოყოფენ ჰორმონებს – სასიგნალო მოლეკულებს, რომლებიც მათ ეხმარებიან ურთიერთ შეცნობაში.



სურ.2.19. *ბუმბულის წმენდის რიტუალიზებული ქცევა. 1-Tadorna iadorna, 2-Anas platyrhynchos. 3-Anax querquedula 4-Aix galericulata. The Oxford Companion to Animal Behaviour, 1981, მიხედვით.*

დასწავლილი ქცევა არის ქცევის ცვლილება გარემოს შესაბამისად. დასწავლის უნარი გადაეცემა მემკვიდრეობით და შესაძლებლობას იძლევა ორგანიზმმა შეცვალოს თავისი ქცევა გარემოს შესაბამისად. ცნობილმა ეთოლოგმა ლორენცმა (Lorenz,1935; 1937) აღმოაჩინა, რომ ახლად გამოჩეკილი ფრინველები დასდევენ იმ საგანს, რომელიც მოძრაობს. ასეთ ქცევას მან იმპრინტინგი უწოდა და აღნიშნა, რომ ეს არის მშობლების ამოცნობის დასწავლის პროცესი. (imprinting ინგლისური სიტყვაა და წარმოდგება imprint-ისაგან, რაც ქართულად შთაბეჭდილებას ნიშნავს). ჩვეულებრივ, მოძრავი ობიექტი, რომელსაც ისინი მიჰყვებიან, არის დედა, ლორენცმა ბატის ჭუკებს იმპრინტინგი ჩაუტარა საკუთარ თავზე. გამოჩეკილ ჭუკებს ნამდვილი დედის მაგივრად ლორენცი დახვდათ. მათ ლორენცი ეგონათ დედა (სურ. 2.21.). ლორენცმა აღმოაჩინა, რომ თუ ბატის ჭუკები გამოჩეკიდან პირველი ორი დღე იქნებოდნენ იზოლირებული, იმპრინტინგის პროცესი ირღვეოდა. ე.ი. არსებობს

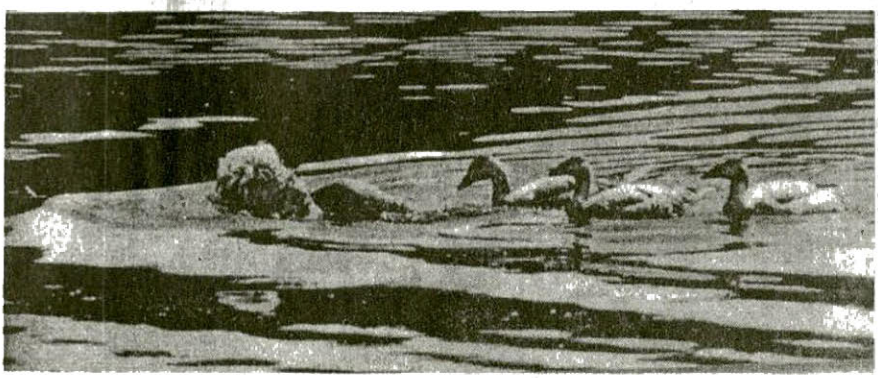
დროის კრიტიკული პერიოდი, როცა შესაძლებელია იმპრინტინგი. აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა სახეობის ფრინველებს აქვთ სხვადასხვა ხანგრძლივობის კრიტიკული პერიოდები. იმპრინტინგი ფრინველებში შეისწავლება ჰესის აპარატში (Hess, 1959) (სურ 2.22). თუ მამრი ბელურა ჭიკჭიკებს იზოლაციაში, მისი ჭიკჭიკი ხარვეზიანია, ვიდრე ბუნებაში. თუ ბელურა ისმენს მოზრდილის ჭიკჭიკს კრიტიკული პერიოდის განმავლობაში (10-50 დღე გამოჩეკის შემდეგ), ის ისწავლის ნორმალურ ჭიკჭიკს. ბელურა არასდროს არ სწავლობს ჭიკჭიკს სხვა სახეობის ფრინველისაგან.



სურ.2.20. *იმპრინტირებული ბატები კლოდ ლორენცს გამოედევნებიან როგორც დედას. ნ. ტინბერგენის (Тинберген, 1985) ფოტო.*

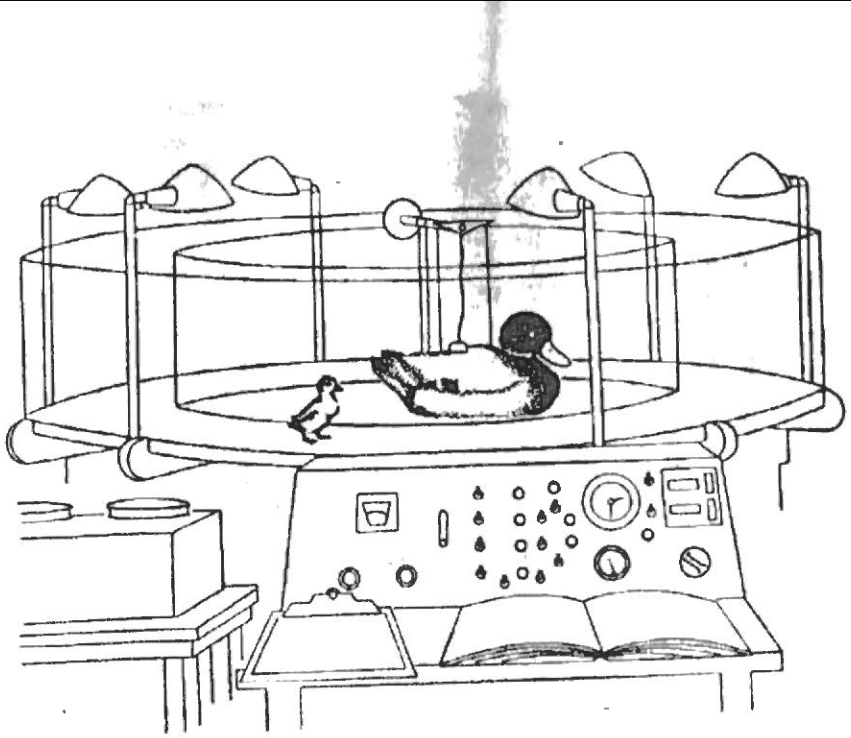
იმპრინტინგი არის დასწავლის განსაკუთრებული ფორმა, რომელიც დაკავშირებულია ორგანიზმის სენსორული სისტემის მომწიფებასთან. იგი ყალიბდება პოსტნატალური განვითარების ადრეულ პერიოდში. იმპრინტინგი, როგორც დასწავლის განსაკუთრებული ფორმა, განხილული იქნება მეოთხე თავში. ცხოველები გარემო სტიმულების არჩევის საფუძველზე წარმოქმნიან სტაბილურ ქცევებს, ამიტომ სხვადასხვა იმპრინტინგის წარმოშობა დაკავშირებულია სხვადასხვა მოდალობის სტიმულებთან. არსებობს დედობის, სქესობრივი და ადევნების იმპრინტინგი (Тинберген, 1985, Хорн, 1988). იმპრიტინგის მოვლენა ფართოდ არის შესწავლილი ფრინველებში. ძუძუმწოვარებში მისი ინტენსიური კვლევა დაიწყო ბოლო წლებში (სურ. 2.23, 2.24, 2.25). ამ მიმართულებით გამოკვლევა ერთ-ერთმა პირველებმა ჩაატარეს ჰარლოუმ და ციმერმანმა (Harlow, Zimmerman, 1959). მკვლევრებმა ახალშობილ მაკაკებს დედის მაგივრად კონტაქტი დაამყარებინეს ტყავისა და

მავთულისაგან დამზადებულ მოდელებთან (სურ.2.26). მაკაკებმა უპირატესობა ტყავის მოდელს მიაკუთვნეს. იმპრინტინგის შემდეგ პატარა მაკაკებს გაუჭირდათ ნამდვილ დედასთან ურთიერთობა.





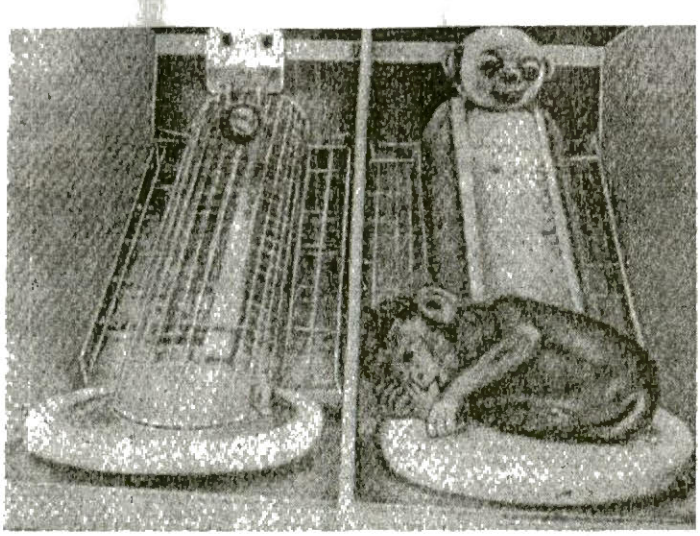
სურ2.21. *იმპრინტირებული ბატები ცურვით მიჰყვებიან კლოდ ლორენცს და თმაზე ეალერსებიან როგორც დედას. ნ. ტინბერგენის (Тинберген, 1985) ფოტო.*



სურ.2.22. *ჰესის (Hess, 1959) აპარატი ფრინველთა იმპრინტინგის შესასწავლად.*



სურ.2.23. *დედისადმი დამოკიდებულების ინსტინქტს ამჟღავნებს იმპრინტირებული ცხენირემი. ბ. მანტეიფელის (Мантейфель, 1980) მიხედვით.*

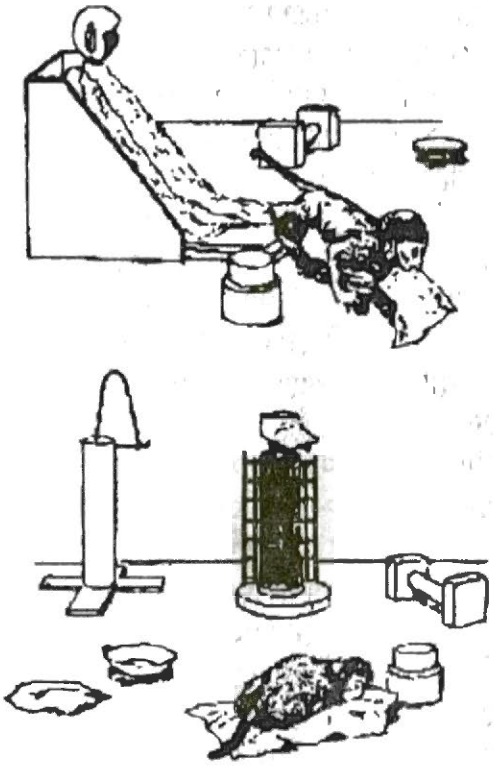


სურ.2.24. *ახალშობილი მაკაკას ურთიერთობა მავთულისა და ტყავისაგან გაკეთებულ დედის მოდელთან. ჰარლოუ, ციმერმანის (Harlow, Zimmerman, 1959) მიხედვით.*



სურ.2.25. *იმპრინტირებული ჩრდილოეთის ირემი მიჰყვება ადამიანს. ბ. მანტეიფელის (Мантейфель, 1980) მიხედვით.*

ეთოლოგია გაემიჯნა ბიჰევიორიზმის ძირითად პრინციპს- სტიმული-რეაქცია. ეთოლოგიური მიდგომით ცხოველი ყოველთვის ფილტრავს გარემოს სტიმულებს გამომდინარე მისი შინაგანი მდგომარეობიდან. კ. ლორენცი და ნ. ტინბერგენი დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდნენ ცხოველთა ქცევების შესწავლას ბუნებრივ პირობებში. ბევრ შემთხვევაში ზოგიერთი მკვლევარი სრულიად უსაფუძვლოდ განსაზღვრავს ეთოლოგიას როგორც ცხოველთა ქცევების შესწავლას მხოლოდ ბუნებრივ პირობებში. სინამდვილეში ეთოლოგიური კვლევები შეიძლება ჩატარდეს ცხოველთა იზოლაციაშიც და შინაურ ცხოველებზეც. კ. ლორენცის შრომები გამოირჩევა ფილოსოფიური მიდგომით. მისმა შრომებმა დიდი გავლენა მოახდინა ქცევათმეცნიერებაზე. ნ. ტინბერგენი იყო ბიოლოგ-ნატურალისტი, რომელმაც ჩაატარა მრავალი ბრწყინვალე ექსპერიმენტი ბუნებრივ პირობებში. მთავარი, რითაც გამოირჩევა მისი კვლევის მიმართულება, ეს არის ქცევის ევოლუციური ანუ ფუნქციური არსის გაერთიანება მის გამომწვევ მიზეზობრივ მექანიზმთან. 1963 წელს ნ. ტინბერგენმა სტატიაში „ ეთოლოგიის მიზანი და მეთოდი“ ჩამოაყალიბა ოთხი კითხვა, რომლებზეც პასუხი საშუალებას იძლევა მთლიანად გავერკვეთ ნებისმიერ ქცევაში. ეს კითხვებია:



სურ.2.26 *ჰარლოუს (Харлоу,1961) ცდა. 150 დღის მაკაკა (ზევით) იკვლევს გარემოს, რომელშიც ხელოვნური მავთულისაგან გაკეთებულ დედას გადაკრული აქვს ბუნებრივი ტყავი. ქვევით, მაკაკა ყურადღებას არ აქცევს უტყავო მავთულისაგან გაკეთებულ ხელოვნურ დედას.*

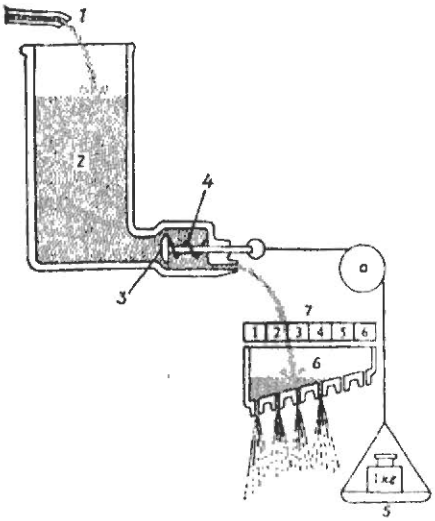
1. რა არის ცხოველთა ამა თუ იმ ქცევის განხორციელების მიზეზი.
2. როგორ ხდება ონტოგენეზში ქცევის ჩამოყალიბება.
3. რა მნიშვნელობა აქვს ქცევას ცხოველთა გადარჩენაში.
4. როგორ მიმდინარეობდა ქცევის ევოლუცია.

6. ტინბერგენის ამ ოთხ პარადიგმას, რომლებიც შეიძლება ჩაითვალონ ეთოლოგიის მთავარ თავისებურებად, ზოგჯერ ლიტერატურაში მოიხსენიებენ შემდეგი მოდიფიკაციით: 1. ქცევის გამომწვევი უშუალო მიზეზები. 2. ქცევის განვითარება. 3. ქცევის ევოლუცია. 4. ქცევის ფუნქცია. ბიოლოგი ევოლუციონისტები იკვლევენ ქცევის ფუნქციურ მნიშვნელობას, ფსიქოლოგები – ქცევის შესაძლო მიზეზებსა და მექანიზმებს, ეთოლოგია კი ლორენცისა და ნ. ტინბერგენის გავლენით ქცევას შეისწავლის ზემოთ აღნიშნული ყველა მიმართულებით.

ქცევის განმსაზღვრელი პრინციპები (მაგ. პირობითობა) შეიძლება შესწავლილ იქნეს ცხოველებზე და შემდეგ ექსტრაპოლირებული ტესტირებულ ადამიანებზე. ცხოველებზე შეიძლება ჩატარდეს ქცევის შემსწავლელი მწვავე ცდები და შემდეგ აპრობირებული ადამიანებზე. მნიშვნელოვანი ეთოლოგიური კონცეფციებია: 1. ტერიტორიულობა: ორი მშობელი და მათი ნაშიერი, ან უფრო დიდი სოციალური ერთეული მოიპოვებს და მონიშნავს თავის საბინადრო გარემოს, მათ შეუძლიათ დაიცვან იგი სხვა სახეობების ცხოველებისაგან. 2. დომინანტური იერარქიები: არის სისტემები, სადაც ჯგუფში ცხოველები განლაგდებიან გარკვეული თანმიმდევრობით. ეს დაიკვირვება მრავალ სოციალურ სახეობაში. 3. წყვილების კავშირი: განისაზღვრება ორი ინდივიდის კავშირით რეპროდუქციის მიზნით. ამ კავშირის ვარიაციები მოიცავს წლიურ მონოგამიას (ერთ ცხოველთან კავშირი ყოველ წელს), პოლიგამიას (როცა ერთი მამრი ეჯვარება რამდენიმე მდედრს) და პოლიანდრიას (ერთი მდედრი ეჯვარება რამდენიმე მამრს). აღრევა არის არამიმდევრობითი შეჯვარება მრავალ მდედრთან ან მამრთან.

ქცევის რეგულირების ლორენცის ჰიპოთეტური მოდელი

ლორენცმა (Lorenz, 1950) წამოაყენა ქცევის რეგულირების ჰიპოთეტური ჰიდრავლიკური მოდელი (სურ 2.27.). მოდელი მოიცავს შემდეგ ძირითად ელემენტებს: ონკანს, რომლიდანაც წყალი გადადის აუზში; ზამბარით დამაგრებულ სარქველს, რომელიც წყალს უშვებს აუზიდან; ფირფიტას, რომელზეც შეიძლება დაიდოს სიმძიმე. წყლის დონე აუზში შეესაბამება ქცევის მოქმედების წარმმართველ სპეციფიკურ ენერგიას. დროთა განმავლობაში წყალი აუზში იმატებს, რის გამოც წონა, რომელიც გვევლინება როგორც სტიმული, ხსნის სარქველს და უშვებს წყალს. სარქველი ასრულებს თანდაყოლილი ქცევის გამშვები მექანიზმის როლს. სარქველის გახსნის ხარისხი (მსუბუქად თუ მძიმედ) დამოკიდებულია წონაზე. მანძილი, სადამდეც იღვრება წყალი, დამოკიდებულია რეაქციის ინტენსივობაზე, რომელიც გაზომვადია.



სურ.2.27. *ლორენცის (Lorenz, 1950) მიერ შემოთავაზებული ქცევის რეგულირების ჰიდრავლიკური მოდელი. 1-ონკანი, რომლიდანაც უწყვეტად მოედინება წყალი. 2-წყლის აუზი. 3-სარქველი. 4-ზამბარა. 5-ჩამოკიდებული ჯამი. 6-დანადგარი, რომელშიც ჩაედინება წყალი. 7-გრადუირებული შკალა რეაქციის ინტენსივობის გასაზომად.*

ქცევის რეგულირების ტინბერგენის იერარქიული მოდელი

ლორენცისაგან განსხვავებით ტინბერგენმა წამოაყენა უფრო რთული მოდელი. მოდელი შეიქმნა ქცევის სტრუქტურის ასახსნელად ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. ტინბერგენი

ეყრდნობოდა მოქმედების ფიქსირებულ კომპლექსს და სპეციფიკურ ენერგიას. ტინბერგენის მოდელში ინსტინქტები წარმოდგენილია ორგანიზებულ იერარქიულ სისტემად. ქცევის გამშვები ენერგია მოთავსებულია რომელიმე მაღალი დონის ინსტინქტში, მაგალითად, „გამრავლების ინსტინქტში". მაღალი დონიდან ენერგია ედინება დაბალ დონეზე და ხვდება წინააღმდეგობებს, ვიდრე მიაღწევს ქცევის მოსამზადებელ დაბალ დონეს.

მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი და რელიზერები

მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი (მფკ-fixed action patterns) არის ქცევის თანდაყოლილი მოტორული სტერეოტიპი. ლორენცმა (Lorenz, 1937) გამოთქვა მოსაზრება, რომ ზოგიერთი ქცევა წარიმართება მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსით, რომელიც სახეობის ყველა ინდივიდისთვის მსგავსია. მოგვიანებით მან (Lorenz, 1950) ჩამოაყალიბა შეხედულება, რომ მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი ანუ ინსტინქტი მოტივირებულია სპეციფიკური ენერგიის ზემოქმედებით. სპეციფიკური ენერგიის მოტივირებული ზემოქმედება შედარებულ იქნა წყლით სავსე ჭურჭელთან. ყველა ინსტინქტს საკუთარი ჭურჭელი გააჩნია; როდესაც ამოქმედდება გამშვები გამღიზიანებელი, სითხე იღვრება გამიზნულ ჭურჭელში, როგორც ინსტინქტური ძალა და ცხოველი ახორციელებს ადეკვატურ ქცევას. ნ. ტინბერგენის (Tinbergen,1951) მიხედვით ეს ჭურჭელი, ანუ ინსტინქტური ქცევების ცენტრი, ორგანიზებულია იერარქიული პრინციპით. ერთი სახის აქტიურობის, მაგალითად გამრავლების ცენტრი, რთავს მის დაქვემდებარებულ და შემადგენელ აქტივობას, როგორიცაა: ბუდის აშენება, პარტნიორის მოპოვება და მშობლიური ზრუნვა. მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი ხასიათდება შემდეგი თვისებებით:

1. მფკ არის თანდაყოლილი სტერეოტიპი, მკაცრად განსაზღვრული და მოსალოდნელი მაღალორგანიზებული მოტორული აქტების თანმიმდევრობა.
2. მფკ არის მოძრაობის რთული კომპლექსი. სირთულის გამო იგი განსხვავდება მარტივი რეფლექსისაგან.

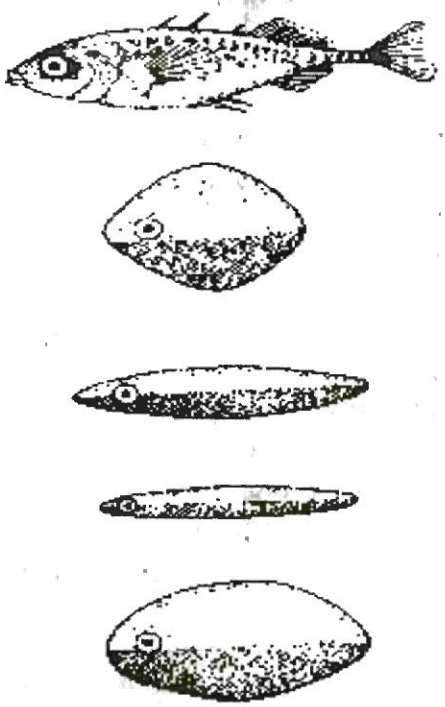
3. მფკ-ის ერთნაირი გამოვლენა აქვს სახეობის ერთი და იგივე სქესის, ასაკისა და ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ყველა ინდივიდს.
4. მფკ გამოიწვევა მარტივი მაღალსპეციფიკური სტიმულით.
5. მფკ-ის განმეორება გაძნელებულია.
6. მფკ რეაგირებს გარეგან სტიმულებზე, რომელთაც მხოლოდ მოქმედების გამშვების როლი აკისრიათ. მფკ აგრძელებს მოქმედებას სტიმულის შეწყვეტის შემდეგ. დაწყებული მფკ აგრძელებს მოქმედებას მაშინაც, როდესაც გარემო აღარ საჭიროებს მფკ-ს არსებობას.
7. მფკ-ის განხორციელება არ არის დამოკიდებული წინა პერიოდზე. იგი პრაქტიკულად სრულად ხორციელდება პირველივე მოქმედებისას.

ეთოლოგიური კვლევების გაფართოებამ გამოავლინა, რომ თურმე ბევრი მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი უფრო ცვალებადია, ვიდრე ადრე ეგონათ. ამიტომ ზოგიერთი ეთოლოგი ფიქრობს მფკ-ს სახელი შეუცვალოს. შემოთავაზებულია „მოძრაობითი კომპლექსი" (motor pattern), „მოქმედების კომპლექსი" ან „მოდალური მოქმედების კომპლექსი".

დღეისათვის ძალიან ცოტაა ცნობილი იმის შესახებ, თუ რა ფაქტორები მონაწილეობენ მფკ-ს წარმოშობაში. ერთი კი შეიძლება ითქვას, პირობით – რეფლექსური დასწავლა და ცხოველთა ვარჯიში არ შეიძლება მივაკუთვნოთ ამ ფაქტორებს. ლორენცი თვლის, რომ დასწავლას შეუძლია შეზღუდული, მცირე გავლენა მოახდინოს მფკ-ს განვითარებაზე, მაგრამ მისი შეცვლა არ შეუძლია. რასაკვირველია, ცხოველებს აქვთ უნარი განახორციელონ მოძრაობის ახალი ფორმები, რომლებიც განპირობებული არიან გენეტიკურად მიღებული ქცევებით. ტაქსისი ეთოლოგთა მიხედვით არის მიმართული მოძრაობა, რომელიც თან ახლავს მფკ-ს. ტაქსისი ყოველთვის მიმართულია გამღიზიანებლისაკენ, მფკ კი – მხოლოდ დასაწყისში. სურათზე (სურ. 2.13) გამოხატულია რუხი ბატი, რომელიც კვერცხს იგორებს ბუდეში, იგი ასრულებს გვერდით მოძრაობებს. ეს გვერდითი მოძრაობები ტაქსისია. ტაქსისი შეწყდება, თუ კვერცხი ბუდიდან გაგორდება, მფკ კი აგრძელებს მოქმედებას.

ეთოლოგების წინაშე დაისვა სერიოზული პრობლემა. მათ მიზნად დაისახეს გამოერკვიათ, თუ როგორ ახდენს სტიმულები გარკვეული რეაქციების გამოწვევას. დადგინდა, რომ ცხოვე-

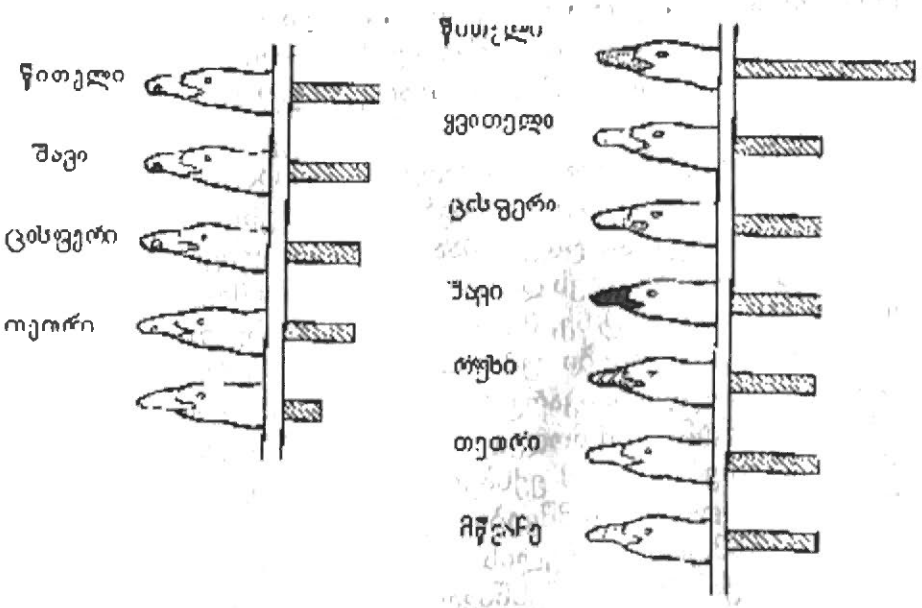
ლებს გააჩნიათ სტიმულთა ამოცნობის რაღაც შინაგანი მექანიზმები. ამ შემოთავაზებულ მექანიზმს უწოდეს თანდაყოლილი გამშვები მექანიზმი (Lorenz, 1950). შემოთავაზებულ მექანიზმს გააჩნია სამი ასპექტი. პირველი - იგულისხმება, რომ მექანიზმი გენეტიკურად არის განპირობებული, რაც ნიშნავს, რომ სტიმულის გარჩევა და მასზე ადეკვატურად რეაგირება თანდაყოლილია და წარმოადგენს ცხოველთა სახეობრივ განმასხვავებელ ნიშანს. მეორე - იგულისხმება, რომ თანდაყოლილ გამშვებ მექანიზმში ხდება იმ სპეციფიკური ენერგიის გამოთავისუფლება, რომელიც საჭიროა ადაპტაციური ქცევის განსახორციელებლად. ეს ასპექტი იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ გამშვებ სტიმულებს ზოგიერთი ეთოლოგი რელიზერს უწოდებს. რელიზერი (relese)-ინგლისური სიტყვაა და ქართულად გამონთავისუფლებას, გაშვებას ნიშნავს. რელიზერებად მიღებულია ისეთი გარეგანი სიგნალის გადაცემა, როდესაც ერთი ცხოველი მეორეს ატყობინებს ინფორმაციას კონკრეტული ქცევის შესასრულებლად. ეს ხდება მტაცებელსა და მსხვერპლს შორის, სქესობრივ პარტნიორებს შორის, მშობლებსა და ნაშიერებს შორის და სხვა მრავალი გამაფრთხილებელი ინფორმაციის გადაცემისას. ცხოველები ინფორმაციის გადაცემას ზოგჯერ ახდენენ განსაკუთრებული ქცევებით. რელიზერი ვრცელდება მორფოლოგიურ სტრუქტურაზეც, რომელ-



სურ.2.28. *ტინბერგენის (Tinbergen, 1951) მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტი თევზ Gasterosteus aculeatus-ის მამრ ინდივიდებზე აგრესიული ქცევის გამოსაწვევად. ზემოთ ნაჩვენებია მკვდარი მამრი თევზი, რომლის მუცელს დაკარგული აქვს წითელი ფერი. ქვევმოთ ნაჩვენებია თევზის ცუდი მოდელები. მათი მუცლის ფერი საკმარისი აღმოჩნდა იმისათვის, რომ მამრ თევზებს გამოეხატათ აგრესიული ქცევა. წითელი ფერი აღმოჩნდა აგრესიის გამშვები ფაქტორი.*

საც სიგნალური დატვირთვა გააჩნია (Менинг,1982). ამიტომ ტერმინ რელიზერის გავრცობა ყველა გამღიზიანებელზე არ შეიძლება. მესამე ასპექტი, რომელიც ეხება თანდაყოლილ გამშვებ მექანიზმს, არის ის, რომ იგი სტერეოტიპულია და წარმოადგენს მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს.

თანდაყოლილი გამშვები მექანიზმის არსებობის დასამტკიცებლად ტინბერგენმა (Tinbergen, 1951, ძვლიანი თევზების Gasterosteus aculeatus მამრ ინდივიდებზე ჩაატარა ექსპერიმენტი, რომელიც ნაჩვენებია სურათზე 2.28.



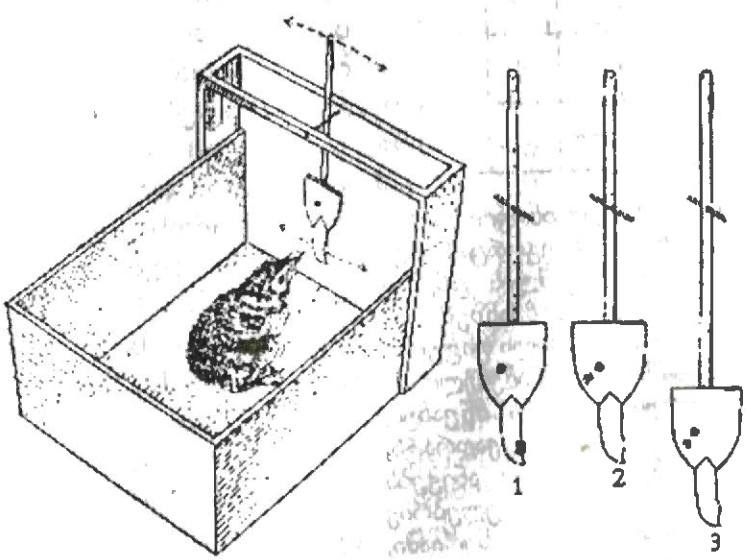
სურ.2.29. *თოლიათა რეაქცია სხვადასხვა ფერის ნისკარტის და ლაქის მოდელებზე პ. შოვენის (Шовен, 1972) მიხედვით. დაშტრიხული ხაზებით ნაჩვენებია რეაქციათა ინტენსივობა. მარცხნივ ნაჩვენებია ლაქათა ფერი, ყველა ნისკარტი ერთი ფერისაა. მარჯვნივ – სხვადასხვა ფერის ნისკარტები ულაქოდ.*

გამოჩეკიდან რამოდენიმე საათის შემდეგ თოლიების ბარტყები თხოულობენ საკვებს. საკვებს მშობლები ნისკარტით აძლევენ, თან აკვირდებიან, როგორ ღებულობენ ბარტყები საკვებს. ისინი თანდაყოლილ რეაქციას ამჟღავნებენ ნახევრად მონელებული საკვების მიღებაში. პირველად მოუხერხებლად იღებენ, შემდეგ კი სწრაფად და მთლიანად. ტინბერგენი და ბერენდსი დაინტერესდნენ გამოერკვიათ, როგორი რელიზერები იწვევენ ბარ-

ტყეებში საკვების მოპოვების ქცევას. ამ საკითხის გამოკვლევას მრავალი ექსპერიმენტის ჩატარება დასჭირდა. ბარტყებს აჩვენებდნენ მუყაოსაგან გაკეთებულ თოლიას თავს ნისკარტით. ნისკარტი იყო ყვითლად შეღებილი ბოლოზე შესამჩნევი წითელი ლაქით. სხვა მოდელებზე ნისკარტს სხვადასხვა ფერად ღებავდნენ და ლაქებიც სხვადასხვა ფერისა იყო. ბარტყებთან მორიგეობით მიჰქონდათ სხვადასხვა მოდელები (სურ. 2.29). ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ ფრინველების საპასუხო ქცევა დამოკიდებულია ნისკარტის ფერსა და ლაქას შორის კონტრასტულობაზე. ნისკარტის ფერს მნიშვნელობა არა აქვს. გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ წითელი. წითელი ფერის ნისკარტი იწვევს ორჯერ მეტ რეაქციას. მშობლების თავის ფერი, რომელსაც კარგად ხედავენ ბარტყები, არანაირ გავლენას არ ახდენს ფრინველთა ქცევაზე.

ნ. ტინბერგენმა და ა. პერდეკმა (Tinbergen, Perdeck, 1960) სხვადასხვა მხედველობითი სიგნალის აღქმის გამოსაკვლევად შექმნეს მოდელები და ცდები ჩაატარეს თოლიებზე. მოდელი გამოსახავდა თოლიას თავს და ნისკარტს. ერთ მოდელზე ლაქა იყო გამოსახული ნისკარტზე, მეორეზე კი – შუბლთან. ცდებით დადგინდა, რომ თოლიები უპირატესობას ანიჭებდნენ მოდელს, რომელზედაც ლაქა ნისკარტზე იყო გაკეთებული. ნაკლებ ყურადღებას ავლენდნენ იმ მოდელისადმი, რომელსაც ლაქა შუბლზე ჰქონდა გაკეთებული. ამ ექსპერიმენტული ფაქტით დადგინდა, რომ თანდაყოლილი გამშვები მექანიზმი ერთვება მაღალსპეციფიკური გამღიზიანებელის გააქტივების შედეგად. კენკვის გამშვები მექანიზმის შესწავლის საფუძველზე ჰეილმანმა (Hailman, 1967; 1969) გამოაქვეყნა ორი შრომა საინტერესო სათაურებით – „ინსტინქტის ონტოგენეზი" და „როგორ ისწავლება ინსტინქტი". ტინბერგენისა და პერდეკის ცდებმა გამოიწვია კამათი და წამოჭრა მრავალი შეკითხვა. რამდენ ხანს გრძელდებოდა მოდელთა დემონსტრირება? იყო თუ არა მოდელები სტანდარტული? რა ადგილას იყოს ლაქა გაკეთებული მოდელზე? და ა.შ. ჰეილმანმა (Hailman, 1969) წამოყენებული საკითხები გადაჭრა მარტივად და რადიკალურად. ექსპერიმენტული სიტუაცია, რომელშიც ცდებს ატარებდა ჰეილმანი, ნაჩვენებია სურათზე (სურ. 2.30). ჰეილმანმა გამოიყენა სამი მოდელი, რომლებსაც ამოძრავებდა საექსპერიმენტო აპარატში ზამბარის გამოყენებით. ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა შემდეგი ფაქ-

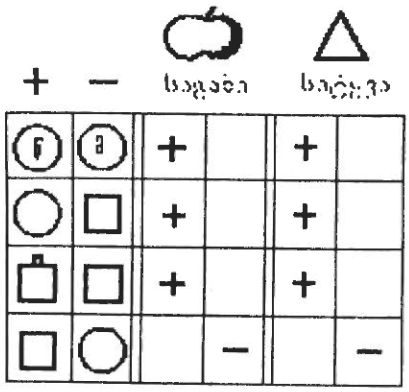
ტი. ახალგამოჩეკილი თოლიები კენკვას იწყებდნენ იმ მოდელიდან, რომელიც შედარებით მარტივი იყო. ის თოლიები, რომელთაც ბუდეში ჯდომის გამოცდილება ჰქონდათ, უპირატესობას ანიჭებდნენ ორ მოდელს-შუბლზე ლაქით. მოდელები მოძრაობდნენ სხვადასხვა სიჩქარით. ვინაიდან ცხოველები რეაგირებდნენ სწრაფად მოძრავ მოდელზე, ეს ჩაითვალა ინსტინქტურ ქცევად, ხოლო რეაგირება გარკვეული სტიმულის კონფიგურაციაზე აიხსნა გამოცდილების საფუძველზე. დადგინდა გარემოს გავლენა ქცევის სხვა ფორმებზე, როგორიცაა კენკვის სიზუსტე და მშობელთა იდენტიფიკაცია. ამრიგად დადგინდა, რომ კენკვა არის ინსტინქტი, ანუ მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი საინტერესო ონტოგენეზით.



სურ.2.30 *საექსპერიმენტო დანადგარი თოლიებში კენკვის უპირატესობის დასადგენად. მარცხნივ საექსპერიმენტო დანადგარი. მარჯვნივ: 1-ნორმალური, 2-ნელი და 3-სწრაფად მოძრავი სადემონსტრაციო მოდელები. ი. ჰეილმანის (Hailman, 1969) მიხედვით.*

XX საუკუნის მიწურულს, სხვადასხვა მეცნიერებების თეორიულ საფუძველთა გაერთიანებით ცალკე დარგად ჩამოყალიბდა სემიოტიკა. სემიოტიკა, სხვანაირად სემიოლოგია, ბერძნული სიტყვაა და ქართულად ნიშნავს მოძღვრებას ნიშნის შესახებ. სემიოტიკა სწავლობს ნიშნის და ნიშანთა სისტემის ბუნებას. სემიოტიკაში ცალკე მიმართულებადაა გამოყოფილი ბიოსემიოტიკა

და ნეიროსემიოტიკა. ეთოლოგები დიდ ყურადღებას უთმობენ იმ პრობლემათა კვლევას, რომლებიც ეხებიან ცხოველთა კომუნიკაციას – როგორ ხდება სიგნალთა ფილტვრა ნერვული სისტემის პერიოფერიულ ნაწილში და უშუალოდ თავის ტვინში. ამ მიმართულებით დიდი ექსპერიმენტული მასალაა დაგროვილი, მაგრამ პრობლემა მაინც გადაუჭრელია.



სურ.2.31. *შიმპანზე იმახსოვრებს ნიშანს (სამკუთხედს, როგორც სიტყვის აღმნიშვნელს) ვაშლის ცნების დასამახსოვრებლად. შიმპანზემ უნდა ამოარჩიოს ორი წყვილი ფიგურიდან ვაშლის ნიშნის აღმნიშვნელი. ის ირჩევს წითელს და არა მწვანეს, წრეს და არა კვადრატს, გამონაზარდიან კვადრატს ანიჭებს უპირატესობას, ვიდრე ჩვეულებრივ კვადრატს. ცდების მეორე სერიაში, მას შემდეგ, რაც ცხოველმა დაიმახსოვრა სამკუთხედი როგორც ვაშლის ცნების აღმნიშვნელი, მას აჩვენეს ლურჯი სამკუთხედი, ცხოველმა ფიგურებიდან ამოარჩია სამკუთხედის ამსახველი ნიშნები. ანთროპოიდებს ჰქონიათ ცნებათა აღმნიშვნელი სიმბოლური ნიშნების დამახსოვრების უნარი. დ. პრიმაკის (Premack, 1977) მიხედვით.*

ნეიროსემიოტიკური თვალთახედვით საინტერესო ექსპერიმენტი ჩაატარა დ. პრიმაკმა (Premack, 1973, 1977) აფრიკაში გაზრდილ ექვსი წლის შიმპანზეზე, სახელად სარაზე. დიდი ხნის განმავლობაში სარას ავარჯიშებდნენ დამაგნიტებულ დაფაზე ჩამოკიდებული პლასტიკური ფიგურებით. ფიგურების დაფარვაში გამოხატავდნენ საგნის ნიშნებს, თვისებებს, ხოლო სარას შინაგანი დამოკიდებულება საგნისადმი დგინდებოდა დაფაზე ჩამოკიდებული ფიგურების ანალიზის საფუძველზე. ექსპერიმენტის დაწყების წინა პერიოდში სიტყვის დასწავლა ასოცირდებოდა საგანთან. გარკვეული მუყაოს ფიგურა ყოველთვის იდო ხილის გვერდით. ერთი ვაშლთან, მსხალთან მეორე, მესამე კი ყოველთვის ბანანთან. მომდევნო ეტაპზე სარას ასწავლიდნენ სხვადასხვა ფიგურებიდან ამოერჩია ის ფიგურა, რომელიც ხილის გვერდზე იდო. სწორი პასუხის შემთხვევაში სარა იღებდა ამორჩეულ ხილს, ხოლო ფიგურა იკიდებოდა დაფაზე. ბუნებრივად ისმება კითხვა, რა ფუნქციას ასრულებს ეს ფიგურები მას შემდეგ, რაც სარამ დაისწავლა კავშირი ფიგურებ-

სა და ხილს შორის. ფიგურები ნამდვილად გამოხატავს თუ არა საგნის (ხილის) მნიშვნელობას, უფრო ზუსტად, საგანთა კლასს? ვინაიდან ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო სამი სხვადასხვა ხილი, ეს შემოწმდა ორ სინჯში ფიგურათა შედარების საფუძველზე. სარას ჯერ აჩვენეს ვაშლი, შემდეგ კი მას ეძლეოდა საშუალება, ამოერჩია ოთხი ალტერნატური წყვილიდან ის ფიგურები, რომლებიც უკეთ ასახავდნენ ვაშლის ნიშნებს. მსგავსი ექსპერიმენტი სარაზე უკვე იყო ჩატარებული. ასე რომ მას უკვე ჰქონდა გამომუშავებული ჩვევა, ამოერჩია საგნის ამსახველი ფიგურები. ამ ექსპერიმენტში კი სარას უნდა შეედარებინა წითელი და მწვანე, წრე და კვადრატი, კვადრატი – მეორე კვადრატთან, რომელსაც გამონაზარდი ჰქონდა და კვადრატი წრესთან. სურათზე (სურ. 2.31) ნაჩვენებია, თუ რომელ ფიგურებს მიანიჭა უპირატესობა ვაშლის ნიშნების გამოსახვაში. სარამ წითელს მიანიჭა უპირატესობა მწვანესთან შედარებით, წრეს ორივე შემთხვევაში კვადრატთან შედარებით, გამონაზარდიან კვადრატს ჩვეულებრივ კვადრატთან შედარებით. რამოდენიმე ხნის შემდეგ ექსპერიმენტი შეცვლილი პირობებით კვლავ გაიმეორეს. ვაშლის მაგივრად მაიმუნს აჩვენს ლურჯი სამუთხედი. მას იმავე ფიგურებიდან უნდა ამოერჩია სამკუთხედთან მიმსგავსებული ფიგურები. სარამ ამ ამოცანასაც გაართვა თავი. დაფაზე ჩამოკიდა სამკუთხედს მიმსგავსებული ფიგურები, რომლებიც ნაჩვენებია სურათზე 2.31 - მარჯვნივ. ექსპერიმენტით დ. პრიმაკმა დაადგინა, რომ მაიმუნს (შიმპანზეს) აქვს უნარი დაიმახსოვროს ნიშანი და შეუცდომლად მოახდინოს მისი გამოსახულების დიფერენცირება. დამატებითი ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ სარას აქვს უნარი დაისწავლოს სემანტიკური დამოკიდებულება. სარა ფლობს ცნებებს: მსგავსია და განსხვავებული. აღწერილი მეთოდიკით შეიძლება დადგინდეს, თუ რამდენი ნიშნისა და სიტყვათა კომბინაციის დამახსოვრების უნარი გააჩნია შიმპანზეს. ეს საკითხები აინტერესებს ნეიროსემიოტიკას. სემიოტიკით დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია ინფორმაცია მიიღოს უ. სტეპანოვის (Степанов,1971) წიგნიდან და შრომათა კრებულიდან ვ. რუბახინის (Рубахин, 1977) რედაქტორობით.

მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი თანდაყოლილ გამშვებ მექანიზმებთან ერთად წამყვან როლს თამაშობს მრავალი სახეობის ცხოველის არსებობაში. იგი თანდაყოლილი ქცევის პროგრამების ამოქმედებით უზრუნველყოფს, რომ ცხოველებს

შეექმნათ ნორმალური ადაპტაციური პირობები. ეს კომპლექსები წარმოიშვა და განიცდის დახვეწას ბუნებრივი გადარჩევის ზემოქმედებით. ბუნებრივმა გადარჩევამ რომ იმოქმედოს, საჭიროა პოპულაციაში არსებობდეს გენეტიკური ცვალებადობა და პირობები, რომ სხვადასხვა გენოტიპის ინდივიდებმა მოახერხონ საკუთარი გენების შეტანა მომავალი თაობების გენოფონდში, ქცევამ განიცადოს ევოლუცია. ქცევის ევოლუცია განხილული იქნება წიგნის მესამე თავში.

სოციალიზაცია

ტოტალური სოციალური გამოცდილება მთლიანობაში სოციალიზაციას წარმოადგენს, რომელიც ინდივიდის განვითარებას ცვლის. იგი შედგება პროცესებისაგან, რომლებიც ორგანიზმის საპასუხო ქცევების დონეთა უმრავლესობას მოიცავენ. ჩვეულებრივ, ფსიქოლოგიაში სოციალიზაცია მთავარი სოციალური ქცევების მონაპოვარს წარმოადგენს. ანთროპოლოგიაში – კულტურის გადაცემას, სოციოლოგიაში – ჩვილებსა და ბავშვებში მომავალი სოციალური ქმედებების განვითარებას. ბიჰევიორისტები სოციალიზაციას ჩვეულებრივ დასწავლის პროცესის აღსანიშნავად ხმარობენ; მაგრამ თუ შეფარდებით დასწავლას ადგილი აქვს ცხოველთა ყველა ჯგუფში, მაშინ მისი განმარტება მოიცავს სოციალურად ინდუცირებული საპასუხო რეაქციების ყველა ჯგუფს. თუ ამ შემოთავაზებას მართებულად მივიჩნევთ, მაშინ ე. ვილსონის (Wilson, 2000) თანახმად შეგვიძლია გამოვყოთ სამი კატეგორია:

1. მორფო-გენეტიკური სოციალიზაცია, მაგ: კასტების დეტერმინაცია;
2. სახეობისათვის დამახასიათებელი თვისებების დასწავლა;
3. საზოგადოებაში ევოლუციურად ჩამოყალიბებულ კულტურულ ნიშნებთან ადაპტაცია.

საზოგადოებრივი მეცნიერები და ზოოლოგები წააწყდნენ ორ პრობლემას, რომლებმაც სოციალიზაციის წინაშე დიდი სირთულე წარმოშვეს. პირველი მდგომარეობს გასხვავებული ქცევითი ელემენტებისა და კომბინაციების ტექნიკურ სირთულეში. მეორე პრობლემა თავისთავად სოციალური გარემოს სირთულით არის განპირობებული.

მიუხედავად ამისა, ექსპერიმენტული გამოკვლევები საინტერესო განზოგადებებს გვაწვდის; როგორც მოსალოდნელი იყო, სახეობათა სოციალური ფორმა კორელაციაშია ტვინის ზომასა და დასწავლის უნართან. უხერხემლოთა კოლონიის წევრები და საზოგადოებრივი მწერები სოციალიზებული არიან ძირითადად ფიზიოლოგიურ და ქცევით მოვლენებზე დაყრდნობით, რომლებიც განვითარების ადრეულ პერიოდში კლას პრივილეგირებას განსაზღვრავენ. კოლონიური ნაწლავღრუიანების ზოოიდების დაარსება შესაძლებელია მხოლოდ მორფოგენეტიკური ცვლილებებით, ხოლო სხვა ზოოიდებს შორის მათი ლოკალიზაციითაა გამოწვეული. თუმცა ამ ცხოველებში სოციალური ქცევის განვითარება არ არის გაანალიზებული. ხილული საპასუხო რეაქციები იმდენად ელემენტარული და სტერეოტიპულია, რომ, როგორც ჩანს, დასწავლა არ თამაშობს მნიშვნელოვან როლს. საზოგადოებრივ მწერებში პრივილეგირებულობა განისაზღვრება ძირითადად კოლონიის მოწიფული წევრების მიერ განვითარებად ინდივიდებზე ფიზიოლოგიური ზეგავლენით. ჭიანჭველების ზოგიერთ სახეობაში ხშირად ეს დამოკიდებულია საჭმლის იმ რაოდენობასა და ხარისხზე, რომელიც ლავრას მიეწოდება. ფუტკრებში საჭმლის ხარისხი გარკვეული ელემენტების არსებობით ან არარსებობით განისაზღვრება. ტერმიტების ჟელეში, რომელიც საკვებად ლარვების გარკვეულ რიცხვს მიეწოდება, მეფეებისა და დედოფლების მიერ წარმოებული ინჰიბიტორული ნივთიერებები (ფერომონები) განაპირობებს ნიმფების უმრავლესობის სტერილურ მუშებად ჩამოყალიბებას. ქცევითი ურთიერთობები მწერების მხოლოდ ყველაზე პრიმიტიულ საზოგადოებაში თამაშობს გადამწყვეტ როლს. გვ. Polistes მდედრი კრაზანების უმრავლესობა, რომელთაც გამრავლების ერთნაირი შესაძლებლობები აქვთ, აღმოაჩენენ რა კოლონიას, ინერგებიან მასში; მაგრამ მხოლოდ ერთი თამაშობს დომინანტ როლს, ხდება რა კვერცხისმდებელი დედოფალი, სხვებს კი აიძულებს დამხმარე მუშებად გადაიქცნენ. დამორჩილებულებში ადგილი აქვს საკვერცხეების რედუცირებას. ისინი იძულებით იმყოფებიან დათრგუნულ მდგომარეობაში. დედოფლის სიკვდილის შემთხვევაში, დარჩენილ მდედრებს შორის ხდება ბრძოლა დედოფლის დომინანტი როლის დასაკავებლად. ამ მდედრების სტატუსი და, მაშასადამე, სოციალიზაცია, გარკვეულწილად დასწავლაზეა დაფუძნებული. ძალაუფლების მოსაპოვებლად წარმოებულ ახალ შეჯახებებზე აშკარა ზეგავლენას ახდენს წინა წარმატებები და მარცხი.

დასწავლის როლი ამ პროცესში არასოდეს ყოფილა ბოლომდე გარკვეული. ცნობილია, რომ ფუტკრები დაისწავლიან მათთან ერთად მცხოვრები კომპანიონის სუნს, სკისა და საკვები რესურსების მდებარეობას. შესაძლებელია იზოლირებული მუშების გაწვრთნა შედარებით რთულ ლაბირინთებში ორიენტირებისათვის, შესაძლოა ფერის, სულ მცირე ორი კვირით დამახსოვრება, მისი 2 მოლარული საქაროზას ხსნარით დაჯილდოვებასთან ასოცირებით. საჭმლის ადგილმდებარეობა ველზე შეიძლება დამახსოვრებულ იქნეს 6-დან 10 დღემდე.

რაც შეეხება პრიმატებს, აქ სოციალიზაცია გაცილებით კარგადაა შესწავლილი, რაც ორი ფაქტით არის განპირობებული: მაიმუნების ფილოგენეტიკური კავშირი ადამიანთან და ის, რომ სოციალიზაცია დასწავლის მეშვეობით ყველაზე ღრმა ამ ცხოველებში აღმოჩნდა.

სოციალიზაციაში ჩართული ქცევითი ელემენტები დიდად არის დამოკიდებული ნორმალური განვითარებისათვის აუცილებელ გამოცდილებაზე. ამ ელემენტების იდენტიფიკაცია ადვილია მათი რედუქციის შემთხვევაში, როცა ნორმალური სოციალური გამოცდილების ელემენტები დაფარულია. ეს არის დეპრივაციის მეთოდი. ზოგჯერ იგივე ან დამატებითი ელემენტების აღმოჩენა და დახასიათება შესაძლებელია სტიმულების რაოდენობის გაზრდით ნორმალურ ლაბორატორიულ დონეზე მაღლა. ეს არის გამდიდრების (გაფართოების) მეთოდი.

პრიმატებში, კერძოდ კი რეზუსის მაიმუნებში, სოციალიზაციის შესწავლა დამყარებულია დეპრივაციის მეთოდზე. გამოცდილების შედეგი გრძელდება ყველაზე ძლიერიდან სუსტადმოქმედისაკენ. ჩატარებულ იქნა სხვადასხვა ხასიათის დეპრივაცია.

1. ახალგაზრდა მაიმუნი იზრდება ქსოვილისაგან გაკეთებული ხელოვნური დედის მიერ. იგი უარყოფს ნამდვილ დედას და ყველა სხვა სოციალურ პარტნიორს სქესმწიფობამდე (Harlow, Zimmerman, 1959).
2. ახალგაზრდა მაიმუნი განვითარების განმავლობაში მთლიანად ან ნაწილობრივ იზრდება დედის მიერ, მაგრამ სქესმწიფობამდე მას არ ეძლევა სხვა მაიმუნებთან კონტაქტის საშუალება (Mason, 1965; Hinde, Spencer-Booth, 1969).
3. ახალგაზრდა ცხოველი მოშორებულია საკუთარ დედას, მაგრამ აქვს სხვა თანატოლ მაიმუნებთან ურთიერთობის შესაძლებლობა (Sackett, 1970).

4. ახალგაზრდა ცხოველი იზრდება ჯგუფში თავისი ბუნებრივი დედის მზრუნველობის ქვეშ, მაგრამ როგორც ჩვილს დროდადრო იზოლირებაში ამყოფებენ (Kaifman, Rosen bbum, 1967; Spencer-Boot, Hinden, 1971).
5. ახალგაზრდა ცხოველი ვითარდება ნორმალურ სოციალურ ჯგუფში, მაგრამ შეზღუდულ ლაბორატორიულ პირობებში (Mason, 1965).
6. ახალგაზრდა იზრდება თავისი ბუნებრივი დედის მიერ, რამდენადაც ეს შესაძლებელია, ნორმალურ და სრულყოფილ გარემოში.

დროთა განმავლობაში პატარა სულ უფრო მცირე დროს ატარებს დედასთან, ამასთან ზრდის სხვა მაიმუნებთან კონტაქტის ხარისხს. თითოეულ აქტივობაზე გამოყოფილი დროის რაოდენობა ასაკთან ერთად ხაზობრივად ან ლოგარითმულად იცვლება.

პოირიერმა (Poirier, 1972), ეფუძნებოდა რა სოციალური განვითარების ბუნებას, წამოაყენა მოსაზრება, რომ იგი შეიძლება დაიყოს ოთხ პერიოდად. პირველ - ნეონატალურ პერიოდში, ცხოველი დაუცველი ჩვილია. გარდამავალ პერიოდში პატარას მოძრაობები მდიდრდება მოზრდილის ლოკომოციური და კვებითი ნიმუშებით. თუმცა, პატარა კვლავ ახლო კონტაქტშია დედასთან. დედა ტოვებს მას გარკვეული პერიოდით სათამაშოდ და გამოსაკვებად. პრიმატებში ეს პერიოდი რამოდენიმე თვე გრძელდება. ამის შემდეგ ნაშიერი გადადის სოციალიზაციის პერიოდში, როცა იგი გაცილებით მეტ დროს ატარებს ჯგუფის სხვა მაიმუნებთან, ვიდრე დედასთან. ამ პერიოდის მთავარი მოვლენებია: ბავშვობის დასრულება და ბავშვური ქცევითი ნიმუშების თანდათანობითი გაქრობა. საბოლოოდ ცხოველი გადადის მოზრდილობის პერიოდში, რომლის განმავლობაშიც ქცევის ბავშვური მაგალითი სრულიად ქრება და მოწიფულის ქცევის ნიმუშები, რომელიც სექსუალურ ქცევებს მოიცავს, პირველად ჩნდება პრაქტიკაში. მდედრი მოწიფულობას უფრო ადრე აღწევს, ვიდრე მამრი; ისეთ ცხოველებში, რომელთაც სიცოცხლის მცირე ხანგრძლივობა ახასიათებთ, ორივე სქესი უფრო სწრაფად აღწევს სქესმწიფობას, ვიდრე ისეთებში, რომელთაც სიცოცხლის გრძელი ციკლი ახასიათებთ.

სოციალიზაციის მოგვიანებითი პერიოდისათვის დამახასიათებელი ურთიერთობები გააანალიზეს ვან ლაუიქ-გუდალმა, როუელმა და ჰინდემ. დეტალურად სახეობათა მხოლოდ მცირე

რიცხვი იქნა შესწავლილი, რომელიც ბაბუინების, მაკაკებისა და შიმპანზეების ზოგიერთ სახეობებს მოიცავს. დედისაგან დამოუკიდებლად პირველ კონტაქტს ჩვეულებრივ სიბლინგებს (სიბლინგი ჰქვია ღვიძლ დას და ძმას) შორის აქვს ადგილი. განსაკუთრებულად ფრთხილი დედებიც კი თავის უფროს შვილებს პატარებთან ურთიერთობის ნებას აძლევენ, უფრო მეტად კი დებთან და ნახევარდებთან.

ახალგაზრდა ბაბუინები და მაკაკები 6 კვირის ასაკში იწყებენ თანატოლებთან ურთიერთობას. ისინი დიდი ხნის განმავლობაში ტოვებენ დედებს და დროის უმეტეს ნაწილს თანატოლებთან თამაშში ატარებენ. ფაქტიურად აგრესიული და სექსუალური ქცევების ყველა კომპონენტი ამ პერიოდში იღებს საწყის სახეს, შემდგომი კი სრულყოფას განიცდის. თავდაპირველად ქცევის ნიმუშები თამაშში გამოიხატება და ვლინდება უსისტემოდ დაკავშირებული, არაფუნქციონალური ფრაგმენტების სახით. მოგვიანებით, მოზრდილობის პერიოდში, ეს ფრაგმენტები უკავშირდება ერთმანეთს და აგრესიული და სექსუალური ქცევების სრულ რეპერტუარს ქმნის. თამაშებისას დამყარებულმა ურთიერთობებმა შეიძლება გადამწყვეტი როლი ითამაშოს ინდივიდის მომავალი სოციალური სტატუსის განსაზღვრაში.

პრიმატების სახეობებში ახალგაზრდას და მოწიფულს შორის ურთიერთობის ხასიათი საოცრად ცვალებადია. დეიდებისა და მამიდების როლში არიან მოზრდილი და მოწიფული ახალგაზრდა მდედრები, აგრეთვე არანათესავები, რომლებიც ერთგვარ მზრუნველობას იჩენენ სხვა მდედრების ნაშიერების მიმართ. ეს მოვლენა უფრო მეტად ბაბუინებში და რეზუსებშია გამოხატული. ჩვილები დაბადებიდან რამოდენიმე დღის შემდეგ არჩევენ დეიდა-მამიდებს და დედებს. პირველი მათ ნაკლებად იზიდავს და უფრო მოზრდილი ინდივიდები შესაძლებლობის შემთხვევაში ცდილობენ თავი დააღწიონ მათ. დეიდა-მამიდებისაგან ყურადღებას ჩვილი დედის მიერ უარყოფის შემთხვევაში ითხოვს. სარგებელი, რომელსაც ახალგაზრდები იღებენ, არის მომავალში გამოსადეგი პრაქტიკის გავლა და სხვა, ისეთ დედასთან კავშირის დამყარება, რომელიც შესაძლოა სასარგებლო აღმოჩნდეს მომავალი სოციალური სტატუსის დასამკვიდრებლად.

ზოგიერთი სახეობის, მაგ. რეზუსის მაიმუნების მოზრდილი მამრების უმეტესობა თითქმის ტოტალურ იგნორირებას უკეთებს ჩვილებს. არსებობს მეორე უკიდურესობა, მაგალითად Barbary, რომელიც იგივე გვარს მიეკუთვნება, რომლის მამრიც

ინტენსიურ მზრუნველობას იჩენს პატარების მიმართ, და იყენებს ამ მექნიზმს მოქიშპე მამრებთან შესარიგებლად.

რაც უფრო ახალგაზრდაა ცხოველი, მით უფრო ღრმა ეფექტი აქვს მოცემული ტიპის სოციალურ დეპრივაციას. 6 თვის იზოლაცია იწვევს ჩვილის სოციალური შესაძლებლობების გამოუსწორებელ ნგრევას, მაგრამ მისი ეფექტი მხოლოდ დროებითი და მინიმალური იქნება მოწიფულ მამრებზე. ტოტალური დეპრივაცია ჩვილის განვითარების თითქმის მთლიანად დამახინჯებას იწვევს, თუმცა შესაძლოა მისი ნაწილობრივი განეიტრალება, თუ ჩვილს ხშირად, მაგრამ ხანმოკლე პერიოდებით მიეცემა თავის ტოლებთან ურთიერთობის საშუალება. შეზღუდულ ლაბორატორიულ, მაგრამ ნორმალური სოციალური ჯგუფების გარემოცვაში აღზრდილი მაიმუნები განასხვავდებიან მხოლოდ იმ დროით, რომელიც საჭიროა ნორმალური სექსუალური ქცევების ჩამოსაყალიბებლად.

უკიდურესი დეპრივაციის შედეგად გამოწვეული ტრავმა ნათლად პირველად იქნა განხილული ჰარლოუს ცნობილ ექსპერიმენტში „დედობრივ სიყვარულზე" და რეზუსის მაიმუნებში არსებული სოციალიზაციის სხვა ასპექტზე დაყრდნობით. ჩვილებს აცილებდნენ ბუნებრივ დედებს და ორი შემცვლელი მოდელის არჩევანის წინაშე აყენებდნენ: ერთი კონსტრუირებული იყო მავთულისაგან, მეორე კი – ნაჭრისაგან. აშკარა უპირატესობა ნაჭრის მოდელს ენიჭებოდა. მოდელი მიღებულ იქნა მაშინაც კი, როცა მას ველოსიპედის ფარებისაგან დამზადებული დიდი თვალები და უცნაური სახე გაუკეთეს, რითაც ის სათამაშოს უფრო ემსგავსებოდა, ვიდრე ნამდვილ მაიმუნს. ახალგაზრდა მაიმუნები ფიზიკურად კარგად ვითარდებოდნენ. რძეს მათ ბავშვივით ჩვეულებრივი ბოთლით აწოვებდნენ, რომელიც მოდელის წინა მხარესთან იყო დაკავშირებული. ამით ვითომ ნამდვილი დედის შესანიშნავი შემცვლელი იქნა მონახული. მაგრამ ზრდასთან ერთად, სხვა მაიმუნებთან ურთიერთობისას აღმოჩნდა, რომ ახალგაზრდა მაიმუნებს არანორმალური სოციალური ქცევები ჩამოუყალიბდათ. მსგავსი დევიაციები ადამიანთა საზოგადოებაში ფსიქოზებად იქნებოდა მიჩნეული. ისინი ხან ზედმეტად აგრესიულნი, ხან კი – აუტისტურნი იყვნენ, ბევრს ტიროდნენ და თავის თითებსა და სათამაშოებს წოვდნენ. როგორც მოგვიანებით ჰარლოუმ და მასონმა აჩვენეს, ასეთი მამრები სექსუალურად ჩამოუყალიბებლები იზრდებიან. შეწყვილების მცდელობისას ისინი საჭირო პოზიციას ვერ იღებენ.

დევიაციებს მდედრებშიც ჰქონდა ადგილი, ესტრუსისას ისინი უარს ამბობდნენ შეწყვილებაზე. ძალდატანების შემთხვევაში აჩენდნენ შვილებს, მაგრამ ცუდად ეპყრობოდნენ მათ: არ აჭმევდნენ და ხშირად აბიჯებდნენ კიდეც. ზოგიერთი ჩვილი გადარჩენას შეუპოვრობით ახერხებდა, სხვები კი გადასარჩენად უნდა დაშორებოდნენ ბუნებრივ დედას. დევიაციის ხანგრძლივობის ზრდა ქცევის ნორმალური ნიმუშიდან დეპრივაციის ხარისხის გადიდებას იწვევდა. 3 თვის იზოლაციის შედეგი დეპრესია იყო, მაგრამ შესაძლებელი იყო გამოჯანმრთელება, ყოველგვარი გადახრის გარეშე. 6 თვის იზოლაცია იწვევდა დროებით ნგრევას, ხოლო 1 წლისა – ფაქტიურად ტოტალურ განადგურებას.

მიუხედავად დიდი მცდელობისა, რეზუსის მაიმუნების სოციალიზაციის პროცესი მხოლოდ მცირე ხარისხითაა შესწავლილი.

ჰარლოუ მიიჩნევდა, რომ ფიზიკური კონტაქტი და თანატოლებთან თამაშში ჩართული სენსომოტორული პროცესები აუცილებელია. მეიერი თვლიდა, რომ ვიზაულური კონტაქტი ადეკვატურია.

ლიტერატურა

Беритов И.С. Индивидуально-приобретенная деятельность центральной нервной системы. Тифлис, 1932.

Бехтерев В.М. Объективная психология. Вып. 3. Петербург, 1912.

Вертгеймер М. О гештальттеории. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст: 84-98. М. 1980.

Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. Изд. "ИЛ", М., 1968.

Дейч С. Модели нервной системы. Изд. "Мир". М., 1970.

Дембовкий Ян. Психология животных.Изд. "ИЛ". М. 1959.

Кастлер Г. Общие принципы анализа систем. В кн: Теоретическая и математическая биология. Ред. Т. Ватерман и Д. Моровит. Изд. "Мир", ст. 340-362, М., 1968.

Кёлер В. Исследование интеллекта человекоподобных обезьян, изд. "Коммунистической академии", М., 1930.

Кёлер В. Некоторые задачи гештальтпсихологии. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст. 102-121, М., 1980.

Кёлер В. Об изоморфизме. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст. 99-101, М., 1980.

Левин К. Топология и теория поля. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст. 122-130, М., 1980.

Лернер А. Начала кибернетики. Изд. "Мир", М., 1967.

Лютц К. Психология животных (зоопсихология). Тула, "Тулпечать", 1925.

Мак-Фарленд Д. Поведение животных. Психобиология, этология и эволюция. Изд. "Мир", М., 1988.

Мантейфель Б.П. Экология поведения животных. Изд. "Наука", М., 1980.

Мениг О. Поведение животных. Вводный курс. "Мир", М., 1982.

Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. Изд. "Прогресс", М., 1965.

Морган Л. Привычка и инстинкт. С.-Петербургъ, 1899.

Павлов И.П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения животных). Л., 1938.

Попугаева А.Г. Импринтинг (запечатлевание). Изд. "Наука", Л., 1973.

Рок И., Палмер С. Наследство гештальт психологии. В мире науки, №2, 1991.

Рубахин В.Ф. Психологические проблемы переработки знаковой информации. Сборник статей. Изд. "Наука", М., 1977.

Скинер Б. Оперантное поведение. В кн: История зарубежной психологии, ст. 60-96, М., 1986.

Слоним А.Д. Инстинкт, загадки врожденного поведения организмов, Изд. "Наука", Ленинград, 1967.

Соколов Е.Н. Нейронный механизм ориентировочного рефлекса. Симпозиум, 18-й Международный конгресс психологов. Изд. "Наука", ст. 31-33, 1966.

Степанов Ю.С. Семиотика. Изд. "Наука", М., 1971.

Тинберген Н. Поведение животных. Изд. "Мир", М., 1985.

Толмен Э. Поведение как молярный феномен. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст. 46-62, М., 1980.

Толмен Э. Когнитивные карты у крыс и у человека. В кн: Хрестоматия по истории психологии, ст. 63-82, М., 1980.

Уотсон Дж. Психологический уход за ребенком. М., 1930.

Флуранса И. Об инстинкте и уме животных. Санкт-Петербургъ, 1859.

Хайнд Р. Поведение животных. Изд. "Мир", М., 1975.

Халл К. Принципы поведения. В кн: История зарубежной психологии, ст. 38-59, М., 1986.

Хегенхан Б., Олсон М. Теории научения. Питер, 2004.

Хорн Г. Память, импринтинг и мозг. Изд. "Мир", М., 1988.

Циглер Г. Душевный мир животных. Изд. "Земля и фабрика" М., 1925.

Шенон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. Изд. "ИЛ", ст. 243-332, М., 1963.

Шовен Р. Поведение животных. Изд. "Мир", М. ,1972.

Эшби Р. Введение в кибернетику, Изд. "ИЛ", М., 1959.

Beer C.G. Species-typical behavior and ethology. In: D.A. Dewsbury, D.A.Rethlingshafer (Eds). Comparative psychology: A modern survey. New York, pp. 21-77. 1973

Beritoff I. Ueber die individuell-erworbene Tätigkeit des Zentralnervensystems. J.P.N. pp. 113-335, v. 33, 1927.

Broad C.D. The mind and its place in nature. N.Y. 1920.

Dougall W. Modern materialism and emergent evolution. N.Y., 1929.

Hailman I.P. The ontogeny of an instinct: The pecking response in chicks of the laughing gull (Larus atricul la L). Behavior, Suppl. 15, 1-150, 1967.

Hailman I.P. How an instinct is learned. Scientific American, 221(6), 98-106, 1969.

Harlow H.F. Affectional responses in the infant monkey. Science, 1930: 421-432, 1959.

Harlow H.F. The development of learning in the rhesus monkey. American Scientist, 47(4): 459-479, 1959.

Harlow H.F. Maternal behavior of rhesus monkeys deprived of mothering and peer associations in infancy. Proccedings of the American Philosophical Society, 110(1): 58-99, 1966.

Hess E.H. Imprinting. Science, 130: 133-141, 1959.

Hinde R.A. The behavior of socially living rhesus monkeys in their first two and a half years. Animal Behavior, 15(1): 169-196, 1967.

Hinde R.A. Animal behavior: A synthesis of ethology and comparative psychology New York. 1970,

Hinde R.A. Biological bases of human social behavior McGraw-Hill Book Co, New York ,xvi+462 pp. 1974.

Holt E.B. The freudian wish. N.Y., 1915.

Holt E.B. Animal drive and learning process. N.Y., 1931.

Kantor I.R. Principles of psychology. N.Y.,1924.

Kaufman I.C., Rosenblum L.A. Depression in infant monkeys separated from their mothers. Science, 155: 1030-1031, 1067.

Koffka K. Grundlagen der psychischen Entwicklung. Berlin ,1921.

Kubie L., Instincts and homeostasis, "Psychosom, Med"., 10. pp. 15-30, 1948.

Laguna Cr.A. The Sensation and Perception. J. Philos. Psychol. Sci Meth., 13 pp. 617-630, 1916.

Laguna Cr. A. The Speech its function and development. New Haven, 1927.

Lehrman D.S. A critique of Konrad Lozen's theory of instinctive behavior. Quarterly Review of Biology, 28, 337-363, 1953.

Lorenz K. The companion in the bird's world. Auk, 54: 245-273, 1937.

Lorenz K. Über den Begriff der Instinktenhandlung. Folia biotheoreth., Leiden, Bd. 2,p.17, 1937a.

Lorenz K. Über die Bildung des Instiktegriffes. Naturwiss., Iahtg. 25, s. 289, 1937. b.

Lorenz K. Verglechende Verhaltensforschung. Zoolog. Anzeig., Suppl. Bd. 12,S. 69, 1939.

Lorenz K. The comparative method in studying innate behavior patterns. Sym. Sol. exp. Biol., 4, pp. 221-268, 1950.

Lorenz K. Methoden der Verhaltensforschung. Handb. Zool., Bd. 1,S.10, 1957.

Lorenz K. The evolution of behavior. Scientific American, 199(6), 67-78, 1958.

Mason W.A. The social development of monkey and apes. In: I. DeVore, (Ed): Primate behavior field studies of monkeys and apes. pp. 514-543, 1965.

Meuerricks A.I. Comparative breeding behavior of four species of North American hezons. Nuttal Ornitological Club Publications 2, 1-158, 1960.

Oppenheimer R. Analogy in science. American. Psychologists, 131, 1956.

Poirier F.E. Introduction. In F.E. Poirier, (Ed): Primate socialization, pp. 3-28, 1972.

Premack D. Sprache beim Schimpansen? In Schwidetzky I. (Hrsg). Über die Evolution der Sprache, Frankfurt/Main, 1973.

Premarc D. Intelligence in ape and man. N.Y., 1977.

Rowell Thelma E. Social behavior of monkeys. Penguin Books, Harmondsworth Middlesex, pp. 302 1072 –9.

Sackett G.P. Unlearned responses, differential rearing experiences, and the development of social attachments by rhesus monkeys. In: L.A. Rosenblum, (Ed): Primate behavior: developments in field and laboratory research. vol 1, pp. 111-140, 1970.

Swith W.I. Messages of vertebrate communication. Science, 165, pp. 145-150, 1969.

Spencer-Boot Yvette., Hinde R.A. The effects of thirteen days maternal separation on infant rhesus monkeys compared with those of shorter and repeated separations. Animal Behaviour, 19(3): 595-605, 1971.

Thorpe W.H. Learning and instinct in animals. London, 1963.

Tinbergen N. On the stimuls situation releasing the begging response in the newly hatched herring gull chick. Behavior, 3, pp. 1-39, 1950.

Tinbergen N. The Herring Gull's World. London., Collins, 1953.

Tinbergen N. The study and instinct. Oxford-press, 1955.
Tinbergen N. Comparative studies of the behavior of gulls (Laridae). Behaviour, v.15, p.1, 1959.
Tolman E.C. A new formula for behaviorism. Psyhol. rev, v29, 1922.
Tolman E.C. Behaviorism and purpose. J. Phil., v.22, 1925.
Tolman E.C. A behavioristic theory of ideas. Psyhol. Rev, v.5, 1926.
Watson J.B. Psychology from the standpoint of a behaviorist. Philadelphia, 1919.
Watson J.B. Behaviorism. N.Y., 1930.
Weiss A.P. The relation between physiological psychology and behavior psychology. J. Philos, Psychol. Sci. Meth, 16, pp. 626-634, 1919.
Wornen F.G., Livingston R.B., Brain-stem reticular formation. 1961.
Wertheimer M. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. Psychol. Forsch, №4, 1923.

თავი მესამე

ქცევის გენეტიკური კონტროლი და ევოლუცია

შინაარსი

მემკვიდრულობის კოეფიციენტის გამოთვლა 132

გენი და ბიოქიმია 134

ნეიროანატომია და გენთა მოქმედება 139

ქცევის მაკონტროლებელი გენები 151

სისხლის ჯგუფების მემკვიდრეობასთან კორელირებადი ადამიანთა ხასიათები 167

ქცევის ევოლუცია 173

ცხოველთა სოციალური იერარქიის ევოლუცია 181

ქცევასთან დაკავშირებული მორფოლოგიური ნიშნების ევოლუცია 183

ლიტერატურა 185

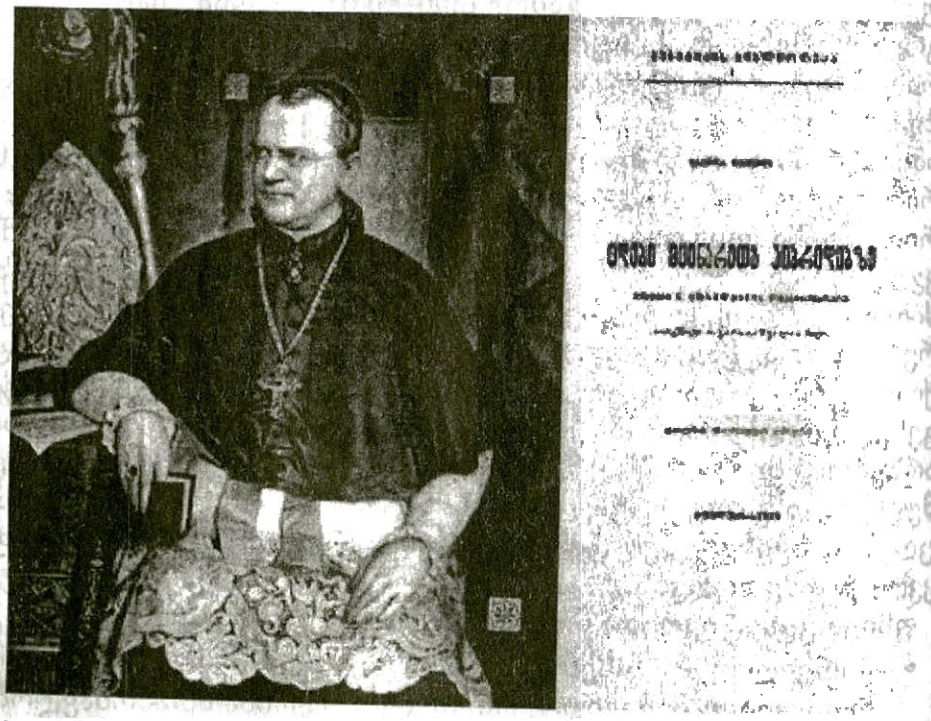
გერმანელმა ფიზიკოსმა, ფსიქოლოგმა და ფილოსოფოსმა გუსტავ თეოდორ ფეხნერმა 1860 წელს გამოაქვეყნა ნაშრომი „ფსიქოფიზიკის ელემენტები“, რომელშიც ჩამოაყალიბა შეხედულება, რომ ფსიქიკური და ფიზიკური მოვლენები ერთმანეთს ფუნქციურად უკავშირდება. ნაშრომში წამოყენებულმა იდეებმა ხელი შეუწყო ექსპერიმენტული ფსიქოლოგიის ჩამოყალიბებას. ფეხნერის ნაშრომის გამოქვეყნებიდან ექვსი წლის შემდეგ გრეგორ მენდელის (სურ. 3.1.) ნაშრომში „ცდები მცენარეთა ჰიბრიდებზე“, მოცემულია ალელური მემკვიდრეობის სამი კანონზომიერება, რითაც საფუძველი ჩაეყარა გენეტიკას. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ორი მნიშვნელოვანი მეცნიერული დარგი – ექსპერიმენტული ფსიქოლოგია და გენეტიკა ისტორიულად ერთ პერიოდში ჩამოყალიბდა, განვითარების მომდევნო ეტაპზე მათი კვლევის პრობლემატიკა იშვიათად იკვეთებოდა. გენეტიკოსები ძირითადად იკვლევდნენ მორფოლოგიური ნიშნების მემკვიდრეობას და იშვიათად – ქცევის გენეტიკის საკითხებს, ფსიქოლოგები კი დაინტერესებული იყვნენ ქცევისა და ინტელექტის გენეტიკით, მაგრამ კვლევებში იყენებდნენ მენდელამდე არსებულ მეთოდებს. ამ ორი მიმართულების დაახლოებას ხელი შეუწყო ფსიქოგენეტიკის ჩამოყალიბებამ. ფსიქოგენეტიკოსები ცდებში იყენებდნენ როგორც გენეტიკის, ასევე ფსიქოლოგიის კვლევის მეთოდებს.

ფსიქოგენეტიკოსთა წინაშე დაისახა ოთხი პრობლემა:

- პირველი – ისეთი ქცევითი ფორმების გამოვლენა, რომლებიც მემკვიდრეობით გადაეცემიან შთამომავლობას.
- მეორე – ქცევითი ფორმების განმსაზღვრელ გენთა გამოვლენა და მათი ბუნების დადგენა.
- მესამე – კონკრეტული ქცევის მაკონტროლებელი გენის ლოკალიზაციის (ლოკუსის) განსაზღვრა ქრომოსომაში.
- მეოთხე – გენების ურთიერთქმედებისა და ონტოგენეზში მათი ექსპრესიის შედეგად გარკვეული ფენოტიპის ადაპტაციური ქცევების ჩამოყალიბების დადგენა.

ჩამოთვლილ პრობლემათა კვლევაში ეთოლოგთა და განსაკუთრებით ნეიროეთოლოგთა და ნეირობიოლოგთა ჩაბმამ კვლევის მიმართულება თეორიულად და მეთოდურად გააფართოვა. დამოუკიდებელ მიმართულებად ჩამოყალიბდა ქცევის გენეტიკა. ნეიროგენეტიკოსები ქცევის გენეტიკას იკვლევენ როგორც ლაბორატორიულ, ასევე ბუნებრივ პირობებში. განსაკუთრებული

ყურადღება ეთმობოდა გენოტიპისა და გარემოს ურთიერთქმედებას ქცევის ჩამოყალიბებაში, ამიტომ ქცევის გენეტიკის შესწავლისას წარმოიშვა სამი სირთულე: პირველი დაკავშირებულია გარემო ფაქტორთა კონტროლის სირთულესთან. მეორე – ქცევითი ფორმის ობიექტურ შეფასებასთან, მესამე კი – ცხოველთა დასწავლის უნართან და განსჯით ქცევასთან.



სურ.3.1. *გრეგორ მენდელი (1822-1824) და მისი შრომის ქართული თარგმანის გარეკანი.*

ერთუჯრედიან და უხერხემლო ცხოველებზე ქცევის გენეტიკური პროცესების შესასწავლად ჩატარებული ექსპერიმენტების პირობების მკაცრი კონტროლი ადვილია. ეს ნიშნავს, რომ ექსპერიმენტული ფაქტორების ცვლილება, რომელიც გავლენას ახდენს ქცევის გენეტიკაზე, ადვილი დასადგენია და შესაძლებელია მისი რაოდენობრივი შეფასება. მღრღნელებზე ანალოგიური მიზნით ჩატარებულ ცდებში ასევე ადვილდება ექპერიმენტული პირობების სტანდარტიზაცია, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ქცევების რეგისტრირებისათვის გამოყენებულია ელექტრონული აპარატურა. ექსპერიმენტების ჩატარება გართულებულია სხვა ხერხემლიან ცხოველებზე, რადგანაც სხვადასხვა გარემო-

ში მცხოვრები ცხოველები ადაპტაციის გავლენით იძენენ გამოცდილებას, რომელიც გავლენას ახდენს დაკვირვებად ქცევებზე. მაგალითად, ერთი და იგივე გენეტიკური ხაზის თაგვები, რომლებიც იზოლირებულად ან ჯგუფში არიან გამოზრდილნი, სხვადასხვანაირად ავლენენ აგრესიულ ქცევებს. უფრო სერიოზულ სირთულეს იწვევს ის გარემოება, რომ ცხოველის მიერ ცდამდე გამოცდილება ზოგიერთ შემთხვევაში საერთოდ არ გაითვალისწინება ექსპერიმენტში. საეარაუდოა, რომ სხვადასხვა ლაბორატორიებიდან გამოქვეყნებულ ნაშრომებში ეს განსხვავებული ქცევის გენეტიკის შესახებ ფაქტორთა გაუთვალისწინებლობით იყოს განპირობებული.

აუცილებელია ზუსტად შეფასდეს გენეტიკური და გარემო ფაქტორები და მათი ურთიერთდამოკიდებულება ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზისას. ექპერიმენტში არ უნდა იყოს დაშვებული სისტემატური შეცდომები. ქცევითი აქტები ზუსტად უნდა იქნეს გაზომილი.

ქცევის გენეტიკა შეისწავლის აგრეთვე ცხოველთა დასწავლას და გონივრულ ქცევებს. გენეტიკის სხვა განხრებს ამ პრობლემებთან შეხება არა აქვს. ეს ფაქტორები არსებითია და გამოირჩევა უნიკალური თავისებურებით. ამიტომ ქცევის გენეტიკა ითვლება სპეციფიკურ დარგად. გენეტიკის კლასიკური ობიექტის დროზოფილას მაგალითზე დასწაელის ქცევის გენეტიკის შესწავლა ნაკლებად ხელსაყრელია. დასწავლა განპირობებულია უმეტესწილად თანდაყოლილი თვისებებით. მას განსაზღვრავს ნერვული სისტემის სტრუქტურა. ხერხემლიან ცხოველებში დასწავლას დიდი როლი ენიჭება ქცევათა წარმართვაში. ბიოლოგი ევოლუციონისტის ე. მაირის (Mayr, 1974) აზრით, უნდა გაიმიჯნოს თანდაყოლილი და გამომუშვებული ქცევები. ტერმინი – თანდაყოლილი – ეხება გენოტიპს და ვრცელდება განვითარების დაბალ საფეხურზე მდგომ ცხოველთა რეფლექსურ ქცევაზე. ტერმინი – გამომუშავებული (შეძენილი) – ვრცელდება ფენოტიპზეც. ამიტომ ამ ორი ტერმინის ერთმანეთთან დაპირისპირება არ შეიძლება. ე. მაირმა იპოვა გამოსავალი. მან ქცევა დაუკავშირა გენეტიკური პროგრამის კონცეფციას. კონცეფცია ჩამოყალიბდა მოლეკულური ბიოლოგიისა და ინფორმაციის თეორიის გადაკვეთის მიჯნაზე. გენეტიკური პროგრამის ის ნაწილი, რომელიც არ განიცდის მნიშვნელოვან მოდიფიკაციას ფენოტიპის ტრანსფორმაციისას, არის დახურული პროგრამა. გენეტიკური პროგრამის მეორე ნაწილია გარემო ფაქტორების

გავლენით ფენოტიპის ჩამოყალიბება. ფენოტიპი ონტოგენეზური განვითარების მანძილზე განიცდის სხვადასხვა მოდიფიკაციას. ასეთი ფენოტიპის ნაწილი მოიცავს შეძენილ კომპონენტებს, რასაც ე. მაირი ღია პროგრამას უწოდებს. დახურული პროგრამა დამახასიათებელია იმ ცხოველებისათვის, რომელთა სიცოცხლის ხანგრძლივობა ხანმოკლეა. ღია პროგრამა აქვთ იმ ცხოველებს, რომლებიც დიდხანს ცოცხლობენ. ღია პროგრამა განსაზღვრავს დასწავლის უნარს და კოგნიტურ პროცესებს.



სურ.3.2. *თომას ჰანტ მორგანი (1866-1945). Darnell I. Lodish H. Baltimore D. Molecular Biology Scientifc American Boors, 1981.*

ქცევის მემკვიდრულობის საკითხებით ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში დაინტერესებული იყვნენ შუმერები და ეგვიპტელები. ისტორიამ შემოინახა წერილობითი წყაროები ცხენთა სელექციისა და მეომარი სპილოების მოშენების შესახებ. ანალოგიური პრობლემით დაინტერესებული იყვნენ ბერძენი ფილოსოფოსები. როგორც ლ. კოროჩკინი (Корочкин, 1997) აღნიშნავს, IV საუკუნის თეოლოგს ნეტარ ავგუსტინეს ჰქონია შეხედულება თევზების ქცევაზე. ის წერს, რომ თევზების შთამომავალობა არა მარტო გარეგნულად, არამედ ქცევითაც ჰგავს მშობლებს. მომდევნო პეროდში ამავე პრობლემით იყვნენ დაინტერესებული ლეონარდო და ვინჩი და მიშელ მონტენი. დიდ მოაზროვნეთა გამო-

ნათქვამებიდან ბევრმა დრომ გაიარა, მაგრამ კამათი ქცევის გენეტიკოსთა შორის დღესაც არ განელებულა.

ტომას ჰანტ მორგანის (სურ. 3.2.) პატარა ლაბორატორიაში, რომელსაც „დროზოფილათა ოთახი" უწოდეს, შექმნილმა შრომებმა საფუძველი ჩაუყარა გენეტიკური კვლევების ახალ ეტაპს. ბანანის პატარა ნაჭრებთან ერთად კოლბაში მოთავსებულ წყვილ დროზოფილას 12 დღე სჭირდება, რომ 1000 ინდივიდი წარმოქმნას. გენეტიკური კვლევების ამ კლასიკურ ობიექტზე ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მორგანმა შექმნა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია, რომელიც თანამედროვე ბიოლოგიის ქვაკუთხედია. მემკვიდრეობითობაში ქრომოსომების ფუნქციის დადგენისათვის მორგანს 1933 წელს ნობელის პრემია მიენიჭა. მოვიყვანთ ერთ პატარა ნაწყვეტს მორგანის ნობელის ლექციიდან, რომელიც შეგვიქმნის წარმოდგენას, თუ როგორი მდგომარეობა იყო XX საუკუნის 30-40-იან წლებში გენეტიკაში და რა პერსპექტივები ისახებოდა მომავალი კვლევებისათვის.

„როგორი ბუნებისაა მენდელის მიერ თეორიულად აღმოჩენილი მემკვიდრეობითობის ელემენტები? რას წარმოადგენს გენები? გვაქვს თუ არა უფლება მას შემდეგ, რაც გენები ქრომოსომებში მოვათავსეთ, ისინი მატერიალურ ნაწილკებად განვიხილოთ და მოლეკულებზე უფრო მაღალი რანგის ქიმიურ ერთეულებად მივიჩნიოთ? გენეტიკოსებს შორის არ არის ერთიანი აზრი გენის ბუნების შესახებ. მეცნიერები ჯერ კიდევ ვერ შეთანხმდნენ, რეალურია ისინი თუ აბსტრაქტული, რადგან თანამედროვე გენეტიკური ცდები ისეთ დონეზეა, რომ ჯერჯერობით არა აქვს მნიშვნელობა – ჰიპოთეზური ნაწილაკია გენი თუ მატერიალური. ორივე შემხვევაში ეს ერთეული სპეციფიკურ ქრომოსომასთან არის ასოცირებული და შეიძლება ადგილი მიეჩინოს მასში წმინდა გენეტიკური ანალიზის გზით. ამიტომაც, თუ გენი მატერიალური ერთეულია, მაშინ ის ქრომოსომის ნაწილი უნდა იყოს, ხოლო თუკი გენი აბსტრაქტული კატეგორიაა, იგი ქრომოსომის გარკვეულ ადგილს უნდა მივაკუთვნოთ, თანაც სწორედ იმ ადგილს, რომელსაც პირველი ჰიპოთეზა გულისხმობდა. ამიტომ პრაქტიკულ გენეტიკურ მუშაობაში სულ ერთია, რომელ მოსაზრებას დავუჭერთ მხარს."*

---

* Thomas H. Morgan. The relation of genetics to physiology and medicine. Nobel Lecture, June 4, 1934

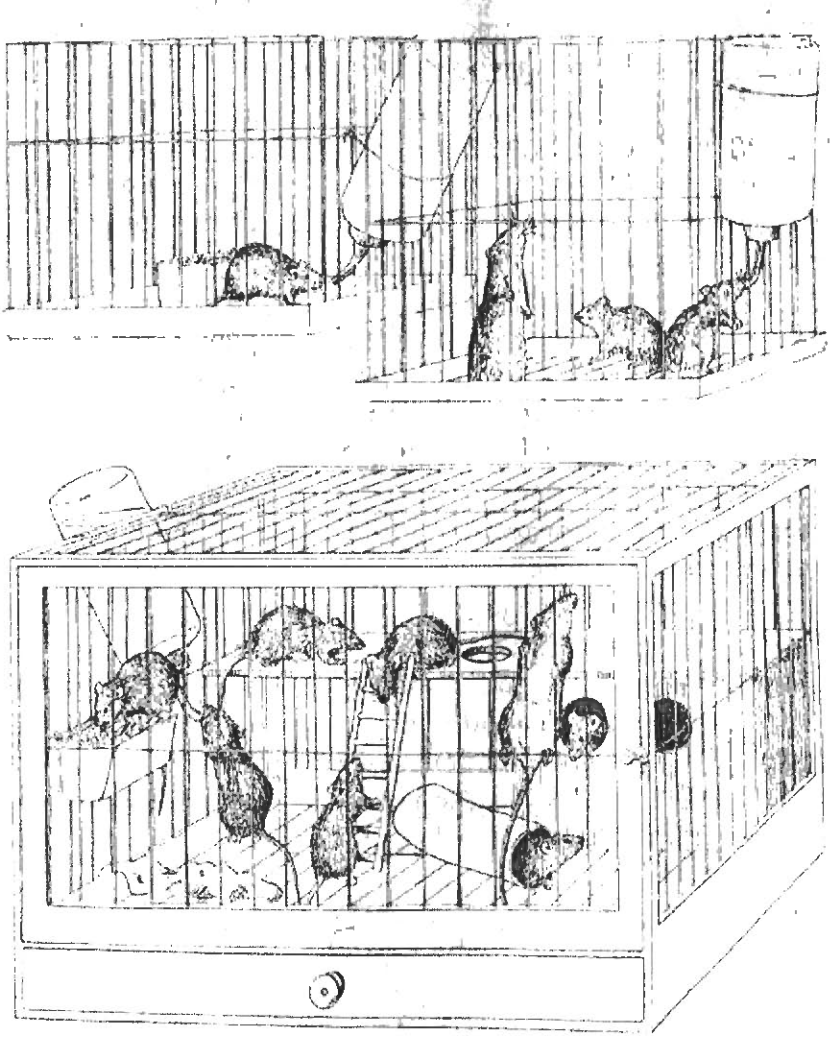
ქცევის გენეტიკის საკითხით დაინტერესებულა ფიზიოლოგი ი. პავლოვი. 1923 წელს იგი აყალიბებს შეხედულებას, რომ ინდივიდუალურად გამომუშავებული პირობითი რეფლექსი შეიძლება შთამომავლობით გადავიდეს თაობაში და დროთა განმავლობაში ჩამოყალიბდეს თანდაყოლილ უპირობო რეფლექსად. ი. პავლოვის ეს ლამარკისეული შეხედულება გააკრიტიკა გენეტიკოსმა ნ. კოლცოვმა და აღნიშნა, ვინაიდან ი. პავლოვს არასოდეს უმუშავია გენეტიკაში, ამიტომ მას ბოლომდე არა აქვს წარმოდგენილი გენეტიკური პრობლემის სირთულეო. მომდევნო შრომებში ამ საკითხს პავლოვი აღარ დაბრუნებია. მან კრიტიკა გაიზიარა.

გ. მენდელის შრომის შემდეგ კარგად არის გარკვეული ფენოტიპის ჩამოყალიბების კანონზომიერებები, რომლებიც ეხებიან მორფოლოგიურ ნიშნებს. მემკვიდრულია თუ არა ფსიქიკური დაავადებები? თაობებში გადადის თუ არა მშობლების გონებრივი შესაძლებლობები? და სხვა მრავალი კითხვა, რომელიც ეხება ქცევის გენეტიკას, საკამათოა. ქცევის გენეტიკოსთა შორის, რაც უნდა მრავალფეროვანი იყოს დავის სფერო, საბოლოოდ ის დადის ერთ კარდინალურ პრობლემაზე – რა როლს ასრულებს გენოტიპისა და გარემო ფაქტორების ურთიერთობა თანდაყოლილი ქცევების ჩამოყალიბებასა და გამოვლენაში. ამ პრობლემით დაინტერესდნენ ტულუზის უნივერსიტეტის ფსიქოფიზიოლოგიის ლაბორატორიის პროფესორი ჟ. მედიონი და ასისტენტი ჟ. ვაისი (Медиони, Вайс, 1987). ისინი საკუთარი ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზსა და ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით აყალიბებენ შეხედულებას, რომ ქცევა არ არის თანდაყოლილი და არც შეძენილი, იგი ჩამოყალიბებულია გენებისა და გარემო ფაქტორების ურთიერთობის საფუძველზე.

ამ საკითხზე საინტერესო მოსაზრება აქვს გამოთქმული ცნობილ კანადელ ფსიქოფიზიოლოგს დ. ჰებს (Hebb, 1953). გენთა და გარემო ფაქტორთა ზეგავლენა ქცევაზე შეიძლება გამოიხატოს ორი ფორმით. პირველი – სხვადასხვა გენოტიპის მქონე ცხოველები სხვადასხვანაირად რეაგირებენ გარემოს ერთსა და იმავე ფაქტორზე. მეორე – სხვადასხვა გარემოში გაზრდილი ერთი და იგივე გენოტიპის მქონე ცხოველები სხვადასხვა ქცევით უნარს ამჟღავნებენ.

1972 წელს ტეხასის უნივერსიტეტში მ. მანოსევიჩმა და რ. მონტემაიორმა (Manosevitz, Montemayor, 1972) ჩაატარეს ექსპერიმენტი გენოტიპისა და გარემო ფაქტორების გავლენის შესასწავ-

ლად ქცევითი ფენოტიპის დისპერსიაზე. შესწავლილ იქნა თაგვების კვლევითი აქტივობა უცნობ გარემოში. ცდის ობიექტად შერჩეულ იქნა სხვადასხვა გარემოში გაზრდილი თაგვების ორი იზოგენური (როდესაც ყველა ინდივიდი ერთი გენოტიპისაა) ხაზი



სურ.3.3. *თაგვების კვლევითი აქტივობის შესასწავლად ცხოველებს ზრდიდნენ ორ გარემოში. ზემოთ - ცხოველებს ყუთში გარდა საკვებურისა, არაფერი არ უდევთ. ქვემოთ — გალიაში, რომელსაც გამდიდრებულ გარემოს უწოდებენ, ცხოველებს უხდებოდათ სხვადასხვა საგნებთან ურთიერთობა და კიბეზე მოძრაობა. ჟ. მედიონის და ჟ. ვაისის (Медион, Вайс, 1987) მიხედვით.*

(სურ. 3.3.). დადგინდა, რომ გამდიდრებულ გარემოში გამოზრდილ თაგვებს კვლევითი აქტივობა დაბალი ჰქონდათ, იმ ცხოველებთან შედარებით, რომლებიც სტანდარტულ გარემოში იზრდებოდნენ. განსხვავება ახსნილ იქნა იმ ფაქტით, რომ გამდიდრებულ გარემოში გამოზრდილი ცხოველებისათვის ახალ გარემოში უცნობი საგნები ნაკლები აღმოჩნდა. ორივე ხაზის თაგვებს დაქვეითებული ჰქონდათ კვლევითი აქტივობა 16%-მდე. მოყვანილი ექსპერიმენტული ფაქტები მეტყველებენ იმაზე, რომ არსებობს ურთიერთკავშირი გენოტიპსა და გარემო ფაქტორებს შორის. ი. ფულერმა და ვ. ტომპსონმა (Fuller, Thompson, 1960) გამოაქვეყნეს მონოგრაფია „ქცევის გენეტიკა“, რომელიც ამ დარგის დამოუკიდებელ მიმართულებად ჩამოყალიბების საფუძველი გახდა. ამის შემდეგ სწრაფად ვითარდება ქცევის გენეტიკა. ინტენსიურად ხდება ქცევაზე სხვადასხვა გენეტიკურ ფაქტორთა გავლენის კვლევა, რომელსაც ხელი შეუწყო სოციობილოგიურმა მიმართულებამ. ვინაიდან მკვლევრები დაინტერესებული იყვნენ ქცევის სხვადასხვა პრობლემატიკით, დ. ტისმენმა (Thessen, 1972) ჩამოაყალიბა ექვსი ფუნდამენტური საკითხი, რომელთა შესწავლაც სავალდებულო იყო:

1. გენოტიპური გასხვავება გავლენას ახდენს თუ არა კონკრეტულ ქცევაზე?
2. თუ გავლენას ახდენს, რომელი გენები და რამდენი?
3. ქცევის ცვლილებებში რა წილით მონაწილეობენ გენეტიკური და გარემო ფაქტორები?
4. როგორი ონტოგენეტიკური და ფიზიოლოგიური პროცესები განაპირობებენ გენთა ზემოქმედებას ქცევაზე?
5. რას იძლევა გენეტიკური ანალიზი ქცევის ადაპტაციური როლის გარკვევისათვის?
6. როგორ ურთიერთმოქმედებენ გენები და გარემო ქცევის დეტერმინაციაში?

მემკვიდრულობის კოეფიციენტის გამოთვლა

ქცევის გენეტიკაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მემკვიდრულობის კოეფიციენტის გამოთვლას. ვინაიდან ეს სიდიდე წარმოდგენას გვიქმნის პოპულაციაში გენოტიპის წილზე გამოხატულ ქცევით ცვლილებებში, პირველ რიგში ჩვენ უნდა შევძლოთ ქცევის ცვლილებების რაოდენობრივი შეფასება. დავუშვათ, გვყავს

საექსპერიმენტოდ გამოყოფილი თაგვების ორი ჯგუფი თითოეულ ჯგუფში სამ-სამი ცხოველით. ტესტირებას ვატარებთ ღია ველში. პირველი ჯგუფის ცხოველებმა გადალახეს კვადრატები შემდეგი რაოდენობით 49, 50, 51. მეორე ჯგუფის ცხოველებმა კი 30, 50 და 70. მეორე ჯგუფში ცვლილება უფრო დიდია, ვიდრე პირველში. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ ეს ცვლილება შევაფასოთ რაოდენობრივად. ამიტომ ვიქცევით შემდეგნაირად. ვაზუსტებთ სხვაობას ყოველი თაგვის მიერ გადალახულ რაოდენობასა და საშუალო სიდიდეს შორის. შემდეგ ეს სიდიდე აგვყავს კვადრატში და მისგან ვადგენთ საშუალო რაოდენობას. შესაბამისად სიდიდეები იქნება 0,7 და 266,7. ამ საშუალო სიდიდეების შექმნაში მონაწილეობენ როგორც გენოტიპური, ასევე გარემო ფაქტორები (Дьюсбери, 1981). თუ ზოგად ფენოტიპურ ცვლილებას ავლნიშნავთ ($V_{ზოგად}$), მაშინ გენეტიკური ($V_გ$) იქნება გენოტიპის ცვლილება. $V_ფ$– ცვლილებაა გარემო ფაქტორების გავლენით, V_i-იქნება გენოტიპისა და გარემო ფაქტორების ურთიერთობა. ზოგადი ფენოტიპური ცვლილება შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით:

$$V_ზ=V_გ+V_ფ+V_i$$

V_i-შეიძლება უგულებელყოფილ იქნეს, როგორც უმნიშვნელო, მაშინ ფორმულა მარტივდება და ღებულობს შემდეგ სახეს:

$$V_ზ=V_გ+V_ფ$$

მემკვიდრულობა ფართო გაგებით, ანუ გენეტიკური დეტერმინაციის კოეფიციენტი (გდკ) შეიძლება დადგინდეს შემდეგი ფორმულით:

$$გდკ=\frac{V_ზ}{V_გ}$$

გდკ – ღებულობს მნიშვნელობებს 0-დან 1-მდე. გდკ შეიძლება გამოითვალოს სხვადასხვა მეთოდებით. ადამიანის შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ტყუპების მეთოდი, დადგენილ იქნეს კორელაცია მშობლებსა და შვილებს შორის, აგრეთვე სიბსებს შორის. ცხოველებზე ჩატარებულ კვლევებში იყენებენ გადარჩევის მეთოდს და მენდელის კანონებს. გენეტიკური დეტერმინაციის კოეფიციენტის გამოთვლა გვეხმარება განვსაზღვროთ, თუ რომელ ფენოტიპურ ქცევას აქვს დიდი მემკვიდრულობა. კოეფიციენტის მნიშვნელობა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ხელოვნურ გადარჩევაში.

გენეტიკური დეტერმინაციის კოეფიციენტს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება დასწავლაში. ყოველი ნიშნის ფენოტიპური ცვალებადობის ნაწილის ჩამოყალიბება განპირობებულია გენეტიკური განსხვავებით. ამ საკითხს ყურადღება მიაქცია ამერიკელმა გენეტიკოსმა ჯეი ლაშმა. მან შემოიტანა ცვლადები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელი გახდა მემკვიდრულობის რაოდენობრივი შეფასება.

H – მემკვიდრულობა;

V_T – ნიშნის ზოგადი ფენოტიპური ცვალებადობა;

V_g – ინდივიდთა შორის გენეტიკური განსხვავებით განპირობებული ფენოტიპური ნაწილის ცვალებადობა;

V_E – ფენოტიპური ნაწილის ცვალებადობა, განპირობებული გარემო ფაქტორების განსხვავებით, რომლებშიც უხდებათ ფორმირება ინდივიდებს;

მაშინ $V_T=V_g+V_E$, საიდანაც

$$\text{მემკვიდრულობა} = \frac{\text{გენეტიკური დისპერსია}}{\text{ფენოტიპური დისპერსია}}$$

$$H = \frac{V_g}{V_T} = \frac{V_g}{V_g + V_E}$$

გენი და ბიოქიმია

ადამიანი და ყველა ცხოველი მემკვიდრეობით იღებს სახეობისათვის დამახასიათებელ მოქმედებათა ფიქსირებულ კომპლექსს. ინფორმაცია ასეთი ქცევების შესახებ მემკვიდრეობით, გენების მეშვეობით გადაეცემა. გენის ან გენთა მოქმედების გავლენა კონკრეტული ქცევის განხორციელებაზე მოიცავს ბიოქიმიურ, მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ პროცესთა თანმიმდევრულ რთულ ჯაჭვს. დღეს ინტენსიურად მიმდინარეობს ამ ჯაჭვის ცალკეული რგოლის კვლევა. გამოვლენილია ზოგიერთი გენები, რომლებიც აკონტროლობენ ასეთი ქცევების განსახორციელებლად ყველა სპეციფიკური პროცესის წარმმართველი ნაერთების კოდირებას. კვლევის ეს მიმართულება წარმოადგენს ქცევის გენეტიკის კარდინალურ პრობლემას. მას ი. გოულდმა (Gould, 1974) მოლეკულური ეთოლოგია უწოდა.

გენი არ არის მემკვიდრული ინფორმაციის ფუნქციურად დაუყოფადი სტრუქტურული ერთეული. თანამედროვე თვალთა-

ხედვით გენი წარმოადგენს დნმ-ის მონაკვეთს, რომელიც აკოდირებს ერთი მაკრომოლეკულის სინთეზს ან ასრულებს რომელიმე ელემენტარულ ფუნქციას. გამოირკვა, რომ გენები ნაირგვარია. ზოგიერთი მათგანი ორგანიზებულია ოპერონებად; აკონტროლებს ერთ ან რამოდენიმე ფერმენტულ რეაქციას; შეიცავს ან არ გააჩნია ინტრონები (არაკოდირებადი უბნები); განლაგებულია ხაზობრივი თანმიმდევრობით, ან სტრუქტრურულად გადაფარულია. არსებობს სტრუქტურული გენები, რომლებიც აკოდირებენ პოლიპეპტიდების, ტ-რნმ-ის და ი-რნმ-ის მოლეკულებს. ამათ გარდა, არსებობს გენომის ისეთი ელემენტები (ძნელია მათ გენი უწოდოთ), მარეგულირებელი უბნები, რომლებიც განაპირობებენ გენის ჩართვას ან გამორთვას (Инге-Вечтомов, 1989).

მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის შემადგენლობაში მყოფი ყველა უჯრედი დასაბამს ერთი უჯრედიდან-ზიგოტიდან იღებს. მიტოზური გაყოფით თითოეულ უჯრედში ერთნაირი გენეტიკური მასალაა წარმოდგენილი. მიუხედავად ამისა, უჯრედები მორფოლოგიურად და ფუნქციის მიხედვით მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ხერხემლიან ცხოველებში გამოყოფენ 200-ზე მეტი ტიპის უჯრედს. ამდაგვარ ნაირგვარობას იწვევს გენომის შემადგენელი სხვადასხვა სახის გენის ექსპრესია (Сингер, Берг,1998)

ონტოგენეზში გენეტიკური მასალის რეალიზაცია ძალზე რთული პროცესია. ინდივიდუალური განვითარების პროცესში სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედებში ხორციელდება სხვადასხვა გენების ექსპრესია. ბუნებრივია, თითოეულ მათგანში მათთვის სპეციფიკური ცილა სინთეზირდება. უჯრედში გენომის გენების 7-10% ფუნქციონირებს (რეპრესირებულია).

ონტოგენეზში ხორციელდება მემკვიდრული ინფორმაციის რეალიზაცია, ამასთანავე გენეტიკური სისტემა აკონტროლებს ცალკეული ქსოვილებისა და ორგანოების თანმიმდევრული ჩამოყალიბების პროცესს. უჯრედში ექსპრესირებულ გენთა სპექტრი დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელ ქსოვილს მიეკუთვნება იგი, ასევე სასიცოცხლო ციკლის რომელ პერიოდს და ინდივიდუალური განვითარების რომელ სტადიაზე იმყოფება უჯრედი. ამრიგად, უჯრედთა ნაირგვარობა ძირითადად გენთა დიფერენცირებული ექსპრესიითაა განპირობებული.

გენების დიფერენცირებული ექსპრესია, ე.ი. მათი აქტივობის რეგულაცია, ხორციელდება მატრიცული პროცესების (რეპ-

ლიკაცია, ტრანსკრიფცია, ტრანსლაცია) ნებისმიერ ეტაპზე, ასევე ირნმ-ისა და პოლიპეპტიდური ჯაჭვის მომწიფების პროცესში[1].

ემბრიონული განვითარების ადრეულ სტადიაზე იწყება ჰომეოზისური გენების ექსპრესია, რის შედეგადაც ემბრიონი იწყებს დანაწევრებას უჯრედულ ველებად. შემდეგ ამ ველებიდან ვითარდება ქსოვილები, ორგანოები და ყალიბდება ორგანოთა სისტემები. ჰომეოზისური გენები განსაზღვრავს უჯრედების სტრუქტურას მომავალი ფუნქციონირებისათვის.

მიღებული სიგნალების მეშვეობით განისაზღვრება ის თანმიმდევრობა, თუ სხეულის რომელი ნაწილიდან უნდა დაიწყოს ფორმირება ამა თუ იმ უჯრედებმა, ქსოვილებმა და, რასაკვირველია, ორგანოებმა. ხშირ შემთხვევაში ორგანიზმის სტრუქტურისა და ფუნქციის თავისებურება თითქოს ისეა გათვლილი, რომ მაქსიმალურად გაიზარდოს მისი შეგუებულობა კონკრეტულ გარემოსთან. ორგანიზმის ამ თვისებას ზოგადად ადაპტაცია ეწოდება. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ჩვენ გვიხდება საუბარი ბიოქიმიურ ადაპტაციაზე. ორგანიზმის მეტაბოლური აქტივობა დაკავშირებულია ფერმენტებთან და ნუკლეინის მჟავებთან, ამიტომ ადაპტაციური პროცესები უნდა წარიმართოს ისე, რომ მაკრომოლეკულათა ფუნქცია და მათი მოქმდების სიჩქარე არ დაირღვეს გარემო ფაქტორების ზემოქმედებით. ეს მიიღწევა სამი მექანიზმით, ანუ სამი ძირითადი სტრატეგიით:

1. ორგანიზმის ამა თუ იმ ნაწილში მაკრომოლეკულათა ტიპის შეცვლით;
2. მაკრომოლეკულის რაოდენობის ან კონცენტრაციის შეცვლით;
3. მაკრომოლეკულის ფუნქციის ადაპტაციური რეგულაციით.

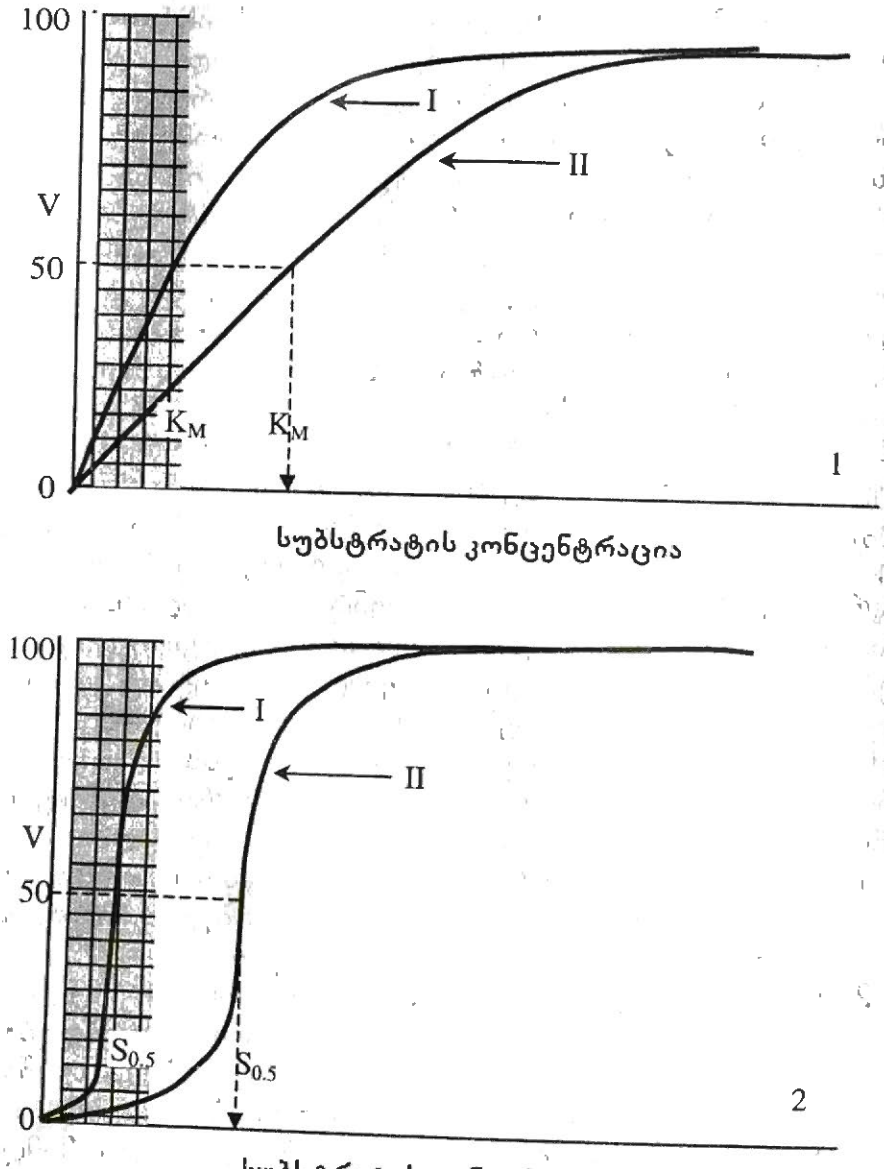
ბიოქიმიური სტრატეგიის ამ სამი ვარიანტიდან ორგანიზმი ერთ-ერთის ან მათი კომბინირების გამოყენებით ინარჩუნებს მეტაბოლური ფუნქციის ჰომეოსტაზს. მეტაბოლურ პროცესებში წამყვან როლს თამაშობს ფერმენტები. ფერმენტთა აქტივობა განისაზღვრება: 1. სუბსტრატისა და კოფაქტორის არსებობით; 2. ფიზიკური ფაქტორებით-ტემპერატურა და წნევა, 3. ურთიერთობით მეტაბოლიტებთან, რომელთაც ფერმენტთა მოდულატო-

[1] М. Сингер, П. Берг, Гены и геномы, М, «Мир», 1998. С.Г. Инге-Вечтомов, Генетика с основами селекции, М. «Высшая школа». 1989.

რებს უწოდებენ. ისინი ახდენენ მეტაბოლიზმის სწრაფ, ზუსტ და განსაზღვრულ რეგულაციას. ფერმენტთა მოდულატორები იყოფა ორ კლასად. დადებითი მოდულატორები, რომლებიც ზრდიან ფერმენტთა აქტივობას და უარყოფითები, რომლებიც მოქმედებენ საწინააღმდეგოდ. ფერმენტული რეაქცია სამ ეტაპიანია: პირველი – წარმოიქმნება ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი. მეორე – კომპლექსის აქტივაცია. მესამე - პროდუქტის (ან პროდუქტების) გამოთავისუფლება და თავისუფალი ფერმენტების რეგენერაცია. ფერმენტთა აქტივობის რეგულაციის მექანიზმში დიდი როლი ენიჭება სუბსტრატის კონცენტრაციას, რომელიც გავლენას ახდენს ბიოქიმიურ პროცესებზე (სურ. 3.4.).

ბიოქიმიური ადაპტაციის სიჩქარე გარემოს რომელიმე კონკრეტული ფაქტორის ცვლილებისას დამოკიდებულია მეტაბოლური რეგულაციის მექანიზმის იერარქიაში ამ ადაპტაციის ადგილზე. ფერმენტთა აქტივობის მოდულაცია, რომელიც უკვე მოქმედებს უჯრედში, ქმნის პირობებს მომენტალური ადაპტაციისათვის. იმის მიხედვით, თუ რომელი უნდა მოხდეს, გენის აქტივაცია ან რეპრესია, საჭიროა საათები და შეიძლება დღეებიც კი. იმ შემთხვევაში, თუ გენომში მოხდება დნმ-ის ჯაჭვში ახალი მონომერების თანდათანობითი დაგროვება, რაც აკოდირებს ადაპტური გენის პროდუქტებს, ამას შეიძლება დასჭირდეს რამოდენიმე თაობა. დროის მიხედვით ადაპტაცია დაყოფილია სამ ტიპად.

1. ევოლუციური ადაპტაცია, რომელიც მოითხოვს ახალი გენეტიკური ინფორმაციის შეძენას. ბუნებრივია, მის განხორციელებას სჭირდება თაობები.
2. აკლიმაცია და აკლიმატიზაცია. ლაბორატორიულ პირობებში ორგანიზმთა ტემპერატურის ცვლილებასთან შეგუებულობის ან ფოტოპერიოდიზმის შესწავლას აკლიმაცია ეწოდება, ბუნებრივ პირობებში კი – აკლიმატიზაცია. ხშირ შემთხვევაში ადაპტაცია მიმდინარეობს ინდივიდის სიცოცხლეში და მისი დასრულება ხდება საათების ან თვეების განმავლობაში. ამის კარგ მაგალითს წარმოადგენს სეზონურობა როგორც თბილსისხლიან, ასევე ცივსისხლიან ცხოველებში.
3. მომენტალური ადაპტაცია, რომლის მექანიზმიც უცნობია. გამოთქმულია სავარაუდო მოსაზრება, რომ მომენტალური ადაპტაციის ბიოქიმიური მექანიზმი ჩადებული უნდა იყოს მეტაბოლიზმში.



სურ.3.4. *სუბსტრატის გავლერება ორი სხვადასხვა ტიპის ფერმენტებით. პ. ხოჩაჩკას და დ. სომეროს (Хочачка, Сомеро, 1977) მიხედვით. 1–ტიპის ნავლერობის მრუდს აქვს ჰიპერბოლური ფორმა, 2-ტიპისას კი სიგმოიდური. სუბსტრატის კონცენტრაცია, როცა სიჩქარე (V) არის V_{max}-ის ნახევარი, აღნიშნულია როგორც K_m (ჰიპერბოლური ფორმის დროს), ხოლო $S_{0.5}$–სიგმოიდურის შემთხვევაში. ფიზიოლოგიური კონცენტრაციის არე დაშტრიხულია და დაბალია K_m-სა და $S_{0.5}$-ზე.*

ნეიროანატომია და გენთა მოქმედება

მოლეკულური გენეტიკის კვლევის ერთ-ერთ ძირითად ობიექტს წარმოადგენს დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავას მაკრომოლეკულა. გენეტიკური ინფორმაცია მასში ჩაწერილია კოდის მეშვეობით, რომელსაც უნივერსალურს ვუწოდებთ. რადგანაც, თუ ცნობილია როგორ ხდება გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემა ერთ რომელიმე უჯრედში, გვეცოდინება ინფორმაციის გადაცემა სხვა უჯრედებში, ორგანოებში და საერთოდ ყველა ცოცხალ სისტემაში. ამიტომაც განაცხადა მონომ – ის, რაც მისაღებია E. Coli-სთვის, მისაღებია სპილოსათვისაც. მემკვიდრულობა არის დნმ-ის ბიოქიმია. ბიოქიმიური მეთოდებით შესაძლებელია შევისწავლოთ გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემის მექანიზმები და არა თვითონ ინფორმაცია.

არაგენეტიკური ინფორმაციის მიღებას, ჩაწერას და ცირკულაციას ახორციელებენ ნეირონული წრეები, რომელთა ელემენტარულ სტრუქტურულ და ფუნქციურ ერთეულს ნეირონი წარმოადგენს. არ ვამბობთ, რომ ნერვული სისტემის ფუნქციონირება არის ნეირონთა ბიოქიმია. საქმე ისაა, რომ ასეთი გამოთქმა ვერ მოიცავდა ისეთ საკითხებს, როგორებიცაა: განცდა, აზროვნება, დასწავლა, ცნობიერება და სხვ მრავალს. ერთი რამ ნათელია, ყველა ეს ფუნქცია განპირობებულია არა ერთეულ ნეირონთა ბიოქიმიური, უფრო ზუსტად, ნეიროქიმიური თვისებებით, არამედ დიდ სისტემაში არსებული ასეული ნეირონის ინტეგრალური მოქმედებით. მიუხედავად ნეირონთა დიდი მრავალფეროვნებისა და ფუნქციური სირთულისა, ამ უჯრედთა ნეიროქიმია სტერეოტიპულია, მოქმედება კი მარტივი. ისინი პრიმიტიული გვეჩვენება იმ დიდ სტრუქტურასთან შედარებით, როგორიცაა თავის ტვინი. ნეირონის ძირითად ფუნქციას სიგნალის გადაცემა წარმოადგენს. არსებობს სიგნალის გადაცემის ორი გზა: ელექტრული და ქიმიური. აღსანიშნავია, რომ სიგნალი მცირე, მაგრამ სფეციფიკურ ინფორმაციას შეიცავს. სიგნალის სპეციფიკურობა დაკავშირებულია მისი წარმოშობის და მიღების ადგილთან, ანუ იმ ორგანოთა უჯრედებთან, რომელთა შორის ხდება მისი გადაცემა. ასეთი სპეციფიკურობის შედეგია ის, რომ ჩვენ ვისმენთ და ვერ ვხედავთ ბგერას. არდანახვა არ არის დამოკიდებული არც ელექტრული და არც ქიმიური ნერვული იმპულსის კოდზე. სპეციფიკურობა განსაზღვრულია იმით, რომ თავის

ტვინის კეფის ნაწილში მოთავსებული მხედველობის ქერქი დაკავშირებულია თვალთან და არა ყურთან.

ნეირობილოგიის ერთ დიდ პრობლემას წარმოადგენს იმის გარკვევა, თუ როგორ პოულობს ნეირონები თავის ადგილს თავის ტვინში და როგორ ამყარებს საიმედო კავშირებს ერთმანეთთან და ეფექტორებთან მიზანმიმართული ქცევების განსახორციელებლად. ფ. ხუხოს (Хухо, 1990) მიხედვით, ადამიანის ნერვული სისტემა შეიცავს 10^{10} ნეირონს, რომელთაგან ყველა ამყარებს სინაფსურ კავშირს სხვა ნეირონთან. ერთ ნეირონი ღებულობს ინფორმაციას 10000-სისაგან, თვითონ კი ამყარებს კავშირს 1000-თან.

ასეთი რთული და ზუსტი ურთიერთკავშირი ნეირონთა შორის მყარდება გენეტიკური პროგრამის მონაწილეობით. ამიტომ ნეირობიოლოგიის ამოცანა დაიყო სამ დამოუკიდებელ ასპექტად: ჩვენ უნდა შევისწავლოთ ნეირონთა პოპულაციის ინდივიდუალიზაცია: გამტარი გზების ჩამოყალიბება; ნეირონთა სხეულის, აქსონთა და დენდრიტთა შესაბამისობა სხვა ნეირონებთან.

ცოცხალი ორგანიზმის განვითარება ორ ძირითად პერიოდს მოიცავს. ესენია: მუცლადყოფნის, ანუ პრენატალური და დაბადების შემდგომი, ანუ პოსტნატალური განვითარების პერიოდები. განვითარების პრენატალური პერიოდი იწყება კვერცხუჯრედის განაყოფიერების შემდეგ. ამ პერიოდში მიმდინარე პროცესები სხვადასხვა უჯრედის, ქსოვილის, ორგანოსა და მთლიანი ორგანიზმის ფორმირებას ემსახურება. თავდაპირველად განსიზალვრება წარმოქმნილი უჯრედების ბედი – დეტერმინაცია. დეტერმინირებული უჯრედები იძენენ განსაზღვრულ სტრუქტურასა და კონკრეტული ფუნქციის შესრულების უნარს (დიფერენცირება). დიფერენცირება არის დეტერმინაციის გარეგანი გამოვლინება. ამავე დროს, უჯრედების კოორდინირების საფუძველზე იწყება ორგანოების და მთელი სხეულის ფორმირება – მორფოგენეზი. უკანასკნელი წლების განმავლობაში მოლეკულური ბიოლოგიის მეთოდების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა იმ მექანიზმების შესწავლა, რომლებიც ამ პროცესებს მართავენ. კერძოდ, დადგინდა და გაიშიფრა მორფოგენეზში ჩართული გენები და გენთა პროდუქტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანიზმის სტრუქტურების ჩამოყალიბებას.

XIX საუკუნეში პირველი მიკროსკოპული კვლევების დაწყებას უკავშირდება განვითარებადი ნერვული ქსოვილის შესწავლა, რომელიც დღესაც ინტენსიურად მიმდინარეობს. ამ ახალი მიმართუ-

ლების დიდ მკვლევრად აღიარებულია ლეიფციგში მომუშავე შვეიცარიელი ვ.ჰისი. როგორც მკვლევრები აღნიშნავენ, მიუხედავად იმისა, რომ ჰისის მიკროსკოპული მასალა დაბალი ხარისხისა იყო, მისმა იდეებმა და თეორიულმა შეხედულებებმა დიდი კვალი დააჩნია ნეირომორფოლოგიის განვითარებას. 1880 წელს ჰისმა აღწერა აქსონი, როგორც ნეირონის სომის გამონაზარდი, რამაც ხელი შეუწყო ნეირონული თეორიის შექმნას. ჰისმა გაამდიდრა მეცნიერება ტერმინების – დენდრიტისა და ნეიროპილის შემოღებით. 1875 წელს ნეიროანატომებს მიკროსკოპული მეთოდის გამოყენებამ ნერვული ქსოვილის შესწავლის საშუალება მისცა. იტალიელმა ნეიროანატომმა კ. გოლჯიმ დანერგა ნერვული ქსოვილის დიფერენცირებული შეღებვის მეთოდი, რომელმაც გააფართოვა წარმოდგენა ნეირონის შესახებ. კ. გოლჯის თანამედროვე ესპანელმა ს. კახალმა (სურ. 3.5.) ცხოვრება მიუძღვნა ახალი მეთოდის გამოყენებით ნერვული სისტემის ფუნქციონირების მეცნიერულ კვლევას. მის ფუნდამენტურ ნაშრომს „ადამიანისა და ხერხემლიან ცხოველთა ნერვული სისტემის ჰისტოლოგია“, რომელიც ესპანურ ენაზე გამოქვეყნდა 1904 წელს, დღესაც არ დაუკარგავს ინტერესი ნეირობიოლოგთა შორის. თავის ტვინის მიკროსკოპიული ანატომიის შესახებ საინტერესო ცნობებს იძლევა ს. კახალი (Кахаль, 1985) ავტობიოგრაფიაში.

ბუნებრივად იბადება კითხვა, ევოლუციურად როგორ ჩნდება თავის ტვინის ის სტრუქტურები, რომლებიც არეგულირებენ ქცევებენ და წარმართავენ ამა თუ იმ ფსიქიკურ პროცესებს? რა მექანიზმებით მოქმედებს მათ ცვალებადობაზე გამოცდილება და დასწავლა? ამ კითხვაზე პასუხი ვერ შემოიფარგლება მხოლოდ ფსიქოლოგიისა და ფიზიოლოგიის სინთეზით. საჭიროა გამოყენებულ იქნეს ისეთი დისციპლინების მიღწევები, როგორიცაა: ნეიროანატომია, ემბრიოლოგია, ევოლუციური ბიოლოგია და მოლეკულური გენეტიკა.

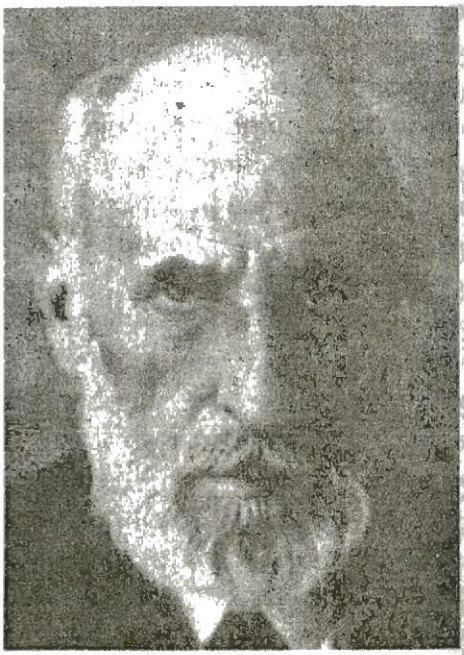
ადამიანის პრენატალურ (მუცლადყოფნის) განვითარებაში არჩევენ სამ ძირითად პერიოდს. ესენია: საწყისი (ადრეული ემბრიოგენეზი), ჩანასახოვანი და ნაყოფის პერიოდები. თავის მხრივ ადრეული ემბრიოგენეზი ექვს სტადიას მოიცავს:

1. ზიგოტა (დნმ-ს და ცილის ბიოსინთეზი);
2. დანაწევრება (ყველა ძირითადი ტიპის რნმ-ს სინთეზი);
3. მორულა (ტოტიპოტენტიური უჯრედები – უჯრედები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მთლიანი ორგანიზმის ფორმირებას);

4. ბლასტოცისტი (იკარგება ტოტიპოტენტურობა, იწყება უჯრედების დეტერმინაცია-ჩანასახოვანი და არაჩანასახოვანი სტრუქტურების წარმოქმნა);
5. გასტრულა (ჩანასახოვანი ფურცლების და ღერო უჯრედების ფორმირება);
6. ორგანოგენეზი (ორგანოთა ჩანასახების და უჯრედული კლონების ფორმირება).



კ. გოლჯი (1844-1926)



ს. კახალი (1852-1934)

სურ.3.5. *გოლჯმა შეიმუშავა ნერვული ქსოვილის არჩევითი შეღებვის მეთოდი. კახალმა შეისწავლა სხვადასხვა ცხოველის ნერვული სისტემის მრავალი სტრუქტურის ნეიროანატომია. ორივე მკვლევარს 1906 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ნერვული სისტემის შესწავლისათვის. დ. ჰიუბელის (Хьюбел, 1984) მიხედვით.*

გასტრულაციის პროცესში ფორმირებული ჩანასახოვანი ფურცლები ინდუცირებს ახალი სტრუქტურების წარმოქმნას (პირველადი ემბრიონული ინდუქცია). ასეთი ინდუქციის შედეგად დორსალური ექტოდერმიდან დეტერმინირებული უჯრედები დასაბამს აძლევს სისტემას.

ჰომეოზისური გენები, რომლებიც სხვადასხვანაირად არიან განაწილებული ემბრიონში, განსაზღვრავს უჯრედების ბუნებას და ბედს. განვითარების ადრეულ სტადიაზე მათი ინტენსიური ექსპრესია სხეულის წინა-უკანა ღერძის გასწვრივ ხდება. გვიან სტადიაზე, როდესაც იწყება ორგანოების ფორმირება, ადგილი აქვს ამ გენების ექსპრესიის აღდგენას. ამ დროს მიღებული ე.წ. სიგნალების მეშვეობით განისაზღვრება, თუ სხეულის რომელი ნაწილიდან იწყებს ფორმირებას ესა თუ ის უჯრედი და შესაბამისად ორგანო. ეს კარგად არის შესწავლილი ბაყაყის ემბრიონის მაგალითზე.

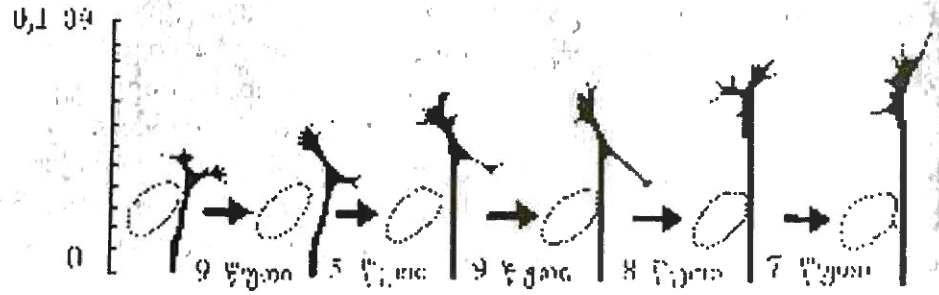
ჰომეოზისური გენების შესწავლას საფუძველი ჩაუყარა გამოკვლევებმა, რომლებსაც ატარებდა კალიფორნიის ტექნოლოგიის ინსტიტუტში ე. ლუისი. ის სწავლობდა ჰომეოზისურ მუტაციებს (სხეულის ერთ ნაწილში წარმოიქმნება სტრუქტურა, რომელიც ნორმაში სხვა ნაწილში უნდა იყოს განთავსებული). საინტერესოა ჰომეოზისური მუტაციები დროზოფილაზე, რომლებიც განაპირობებენ ზრდასრული მწერის სხეულის ერთი ნაწილის ტრანსფორმაციას მეორეში. მაგალითად, ერთ-ერთი ასეთი დომინანტური მუტაციის შედეგად მწერის თავზე არსებული ანტენის ნაცვლად ვითარდება კარგად ფორმირებული ფეხი. .

გენური ინჟინერიის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ჰომეოზისური გენების გამოყოფა. ეს არის მონათესავე გენების ოჯახი, რომელიც განსაზღვრავს სხეულის ფორმას. ყველა ძუძუმწოვარს გააჩნია 38 ჰომეოზისური გენისაგან წარმოქმნილი ოთხი კომპლექსი, რომლებიც სხვადასხვა ქრომოსომებში არიან განთავსებული. ესენია: HOXA, HOXB, HOXC და HOXD. ადამიანში არის შესაბამისად – HOX1, HOX2, HOX3 და HOX4. გენთა ეს ჯგუფები განლაგებულია 2,7,12 და 17 ქრომოსომაში.

ძუძუმწოვრების ცენტრალური ნერვული სისტემის განვითარების პროცესში წარმოიქმნება სხვადასხვა ტიპის უჯრედები. ისინი დასაბამს მულტიპოტენტური ღერო უჯრედებიდან იღებენ. განვითარების ადრეულ ეტაპზე ხდება ღერო უჯრვდების პოპულაციის განახლება და მათი რიცხვის შევსება. უფრო გვიან ეტაპებზე უჯრედები წყვეტენ თვითგანახლებას და ხდება მათი ნეირონებად და გლიურ უჯრედებად დიფერენცირება. ამ პროცესში ჩართულია ნერვული უჯრედების ზრდის სპეციფიკური ფაქტორები Mash1 და Prox1. ამ ფაქტორებს ექსპრესირებს ღერო უჯრედების გარდამავალი პროლიფერირებადი პოპულაცია, რომელიც გან-

სხვავდება თვითგანახლებადი ღეროვანი უჯრედებისაგან. Mash1 და Prox1 ფაქტორების სინთეზის დაწყება ემთხვევა ღეროვანი უჯრედების დიფერენცირების ადრეულ ეტაპს. Mash1 და Prox1 ფაქტორები ცნს-ის დიფერენცირების ადრეულ ეტაპებს აკონტროლებენ.

ხერხემლიანებში ცნს-ის განვითარების შესწავლამ აჩვენა, რომ ემბრიონში ანტეროპოსტერული განლაგების შესახებ ინფორმაციის გენერირება სასიგნალო გრადიენტების საშუალებით ხდება. მათი ბუნება ჯერჯერობით არ არის ცნობილი. განლაგების შესახებ ინფორმაცია Hox გენს გადაეცემა სპეციფიკური ტრანსკრიფციის ფაქტორით. დადგინდა, რომ გასტრულაციის სტადიაზე ემბრიონში ექსპრესირდება ცილები, რომლებიც უკავშირდებიან Hox გენის რეგულატორულ ელემენტს (CDX). ამ ცილებს შორის იდენტიფიცირებულია cdx გენის პროდუქტები. ხერხელმლიანებში cdx გენის პროდუქტები გადასცემენ ინფორმაციას მდებარეობის შესახებ Hox გენს, ამ უკანასკნელის ენჰანსერულ უბანში CDX უბანთან დაკავშირების გზით. (ძიძიგურის, 2000, მიხედვით).

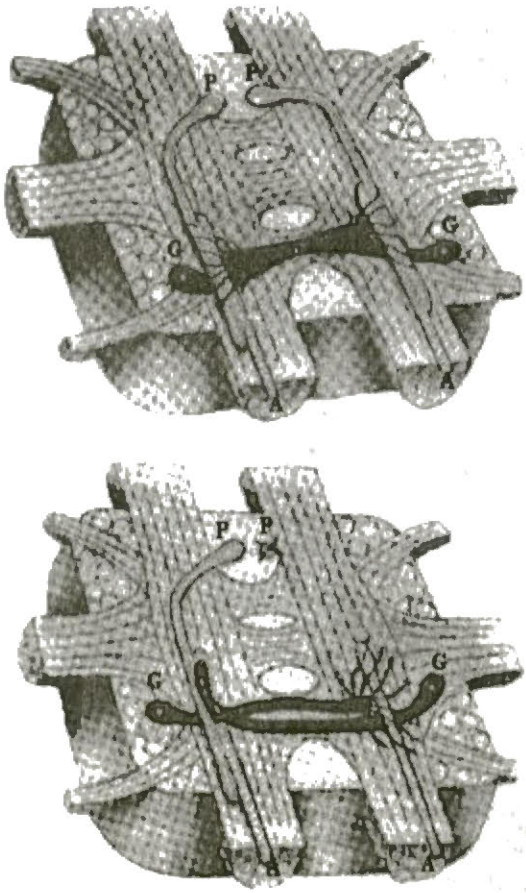


სურ. 3.6. *ქსოვილთა კულტურაში ბაყაყის ემბრიონის ნეირონის ბოჭკოს ზრდა. წუთებით გამოხატულია მიკროსკოპით დაკვირვების ინტერვალები. ელიფსი გამოხატავს ერითროციტს. გ. შეპერდის (Шеперд, 1987) მიხედვით.*

თავის ტვინის განვითარებაში გამოყოფენ რვა ძირითად თანმიმდევრულ სტადიას.

1. ნერვული ფირფიტის ინდუქცია.
2. სხვადასხვა უბნებში უჯრედთა დაყოფის ლოკალიზაცია.
3. უჯრედთა მიგრაცია წარმოშობის ადგილიდან იმ ადგილამდე, სადაც საბოლოოდ რჩებიან.

4. უჯრედთა აგრეგაცია, რომელიც იწვევს ტვინის ნაწილთა იდენტიფიკაციის ფორმირებას.
5. მოუმწიფებელ ნეირონთა დიფერენცირება.
6. ნეირონთა შორის კავშირების ჩამოყალიბება.
7. ზოგიერთ ნეირონთა არჩევითი სიკვდილი.
8. ადრე ჩამოყალიბებულ ზოგიერთ ნეირონულ კავშირთა ლიკვიდაცია და ახალი კავშირების სტაბილიზაცია.

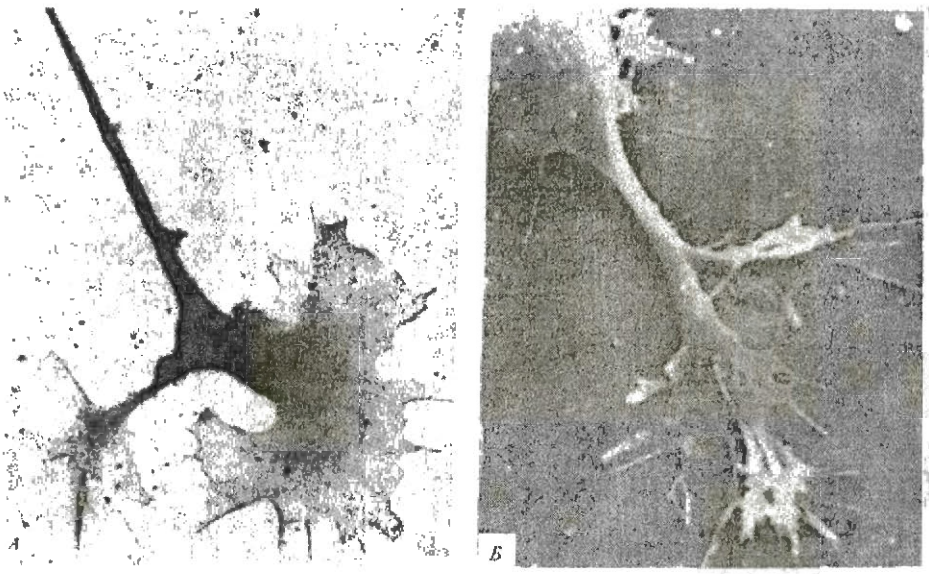


წარმოიქმნება ნეირობლასტები-წინამორბედი უჯრედები, რომლებიც დაყოფის შედეგად წარმოშობენ სპეციფიკური ტიპის ნეირონებს. ნეირონთა დაბადების ზუსტი მომენტი შესაძლებელია დადგინდეს ნიშანდებული თიმიდინის ინექციით, რომელსაც მიტოზამდე შთანთქავს უჯრედი. უჯრედები, რომელთაც განიცადეს ბოლო მიტოზი, შეიცავენ მონიშნულ თიმიდინს. ასეთი უჯრედები კარგად ჩანან რადიოავტოგრაფიულ ჭრილებზე. ამიტომ შესაძლებელი გახდა ნეირონთა წარმოშობის ზუსტი

სურ.3.7. *ემბრიონულ პერიოდში განვითარებადი ნეირონის მიერ გამონაზარდებით შესაბამისი ადგილის მოპოვება ბოჭკოთა სიმრავლეში. ზევით ნაჩვენებია ორი G ნეირონის ზრდის კონუსის გზა A და B ნეირონთა გამონაზარდებში. ქვემოთ- 10 საათიანი G ნეირონის (მარჯვნივ) ზრდის კონუსი შედის AP ბოჭკოებში და განაგრძნობს ზრდას მათ გვერდით, ამყარებს კავშირს P ნეირონის ბოჭკოებთან და არა A-სთან. ეს მტკიცდება ექსპერიმენტით. როდესაც მოკლეს P ნეირონი, სქემაზე კარგად ჩანს G ნეირონის(მარცხენივ) ზრდის კონუსი, რომელიც ქაოტურად იტოტება და ვერ პოულობს საჭირო მიმართულებას. ა. რილოვის (Рылов, 1986) მიხედვით.*

დროის დადგენა. აღნიშნული მეთოდი საკმაოდ ეფექტური აღმოჩნდა, განსაკუთრებით თავის ტვინის ქერქის შრეების ფორმირების პროცესის ანალიზისათვის.

ნეირონთა ბოჭკოების ზრდას (სურ. 3.6.) ასტიმულირებს NGF-ცილა. ეს ცილა სისხლის გარდა თითქმის ყველა ქსოვილშია. NGF-ს მოქმედების მექანიზმი შეუსწავლელია (Хухо,1990). მორფოლოგიური წარმონაქმნი, რომელიც ნეირონის გამონაზარდების სივრცულ მიმართულებას არეგულირებს, პირველად კახალმა აღწერა და მას აქსონის ზრდის კონუსი უწოდა (სურ. 3.7.).

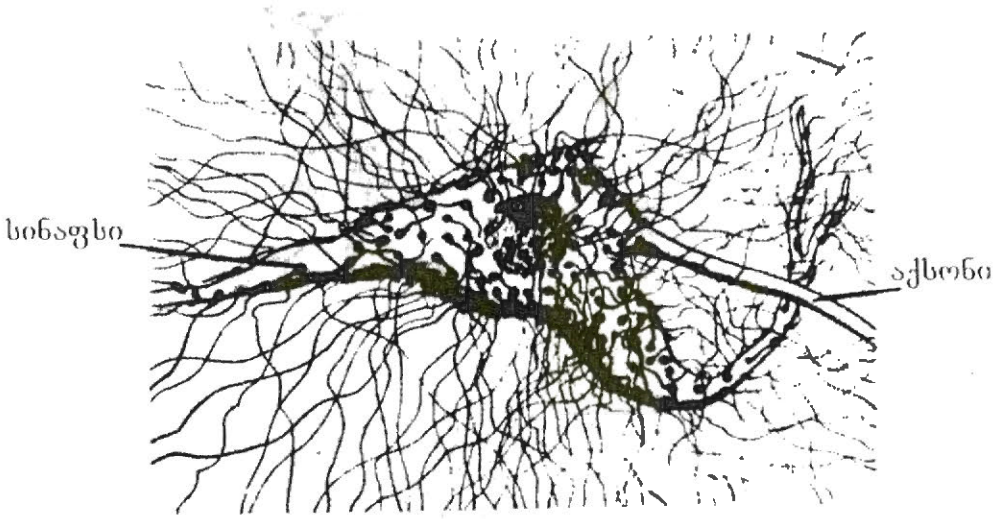


სურ.3.8. *ორი ნეირონის ელექტრონული მიკროფოტოგრაფია, რომელზეც ჩანს აქსონთა ზრდის კონუსი. 1 — მიკროფოტოგრაფია, რომელზეც ჩანს ორი ზრდის კონუსი და ფილოპოდიები. 2 - მიკროფოტოგრაფია (რასტრული ელექტრონული მიკროსკოპით), ჩანს ემბრიონის ჰიპოკამპის ნეირონის მზარდი დენდრიტი. უ. კოუენის (Коуэн, 1984) მიხედვით.*

ქსოვილთა კულტურაში დადგინდა, რომ ზრდის კონუსი სხვადასხვა მიმართულებით უშვებს პატარა გამონაზარდებს - ფილოპოდიებს, რომლებიც თითქოს იკვლევენ გარემოს (Гудмен, Бастиани, 1985). ფილოპოდიების მეშვეობით მყარდება კავშირი ორ ნეირონს შორის (სურ. 3.8.). ჩამოყალიბებული ნეირონი აქსონით და სინაფსებით ნაჩვენებია სურ-ზე 3.9. ადამიანის თავის ტვინის მასის მატება ემბრიონული განვითარების სხვადასხვა პერიოდისათვის ნაჩვენებია სურ-ზე 3.10. ჩამოყალი-

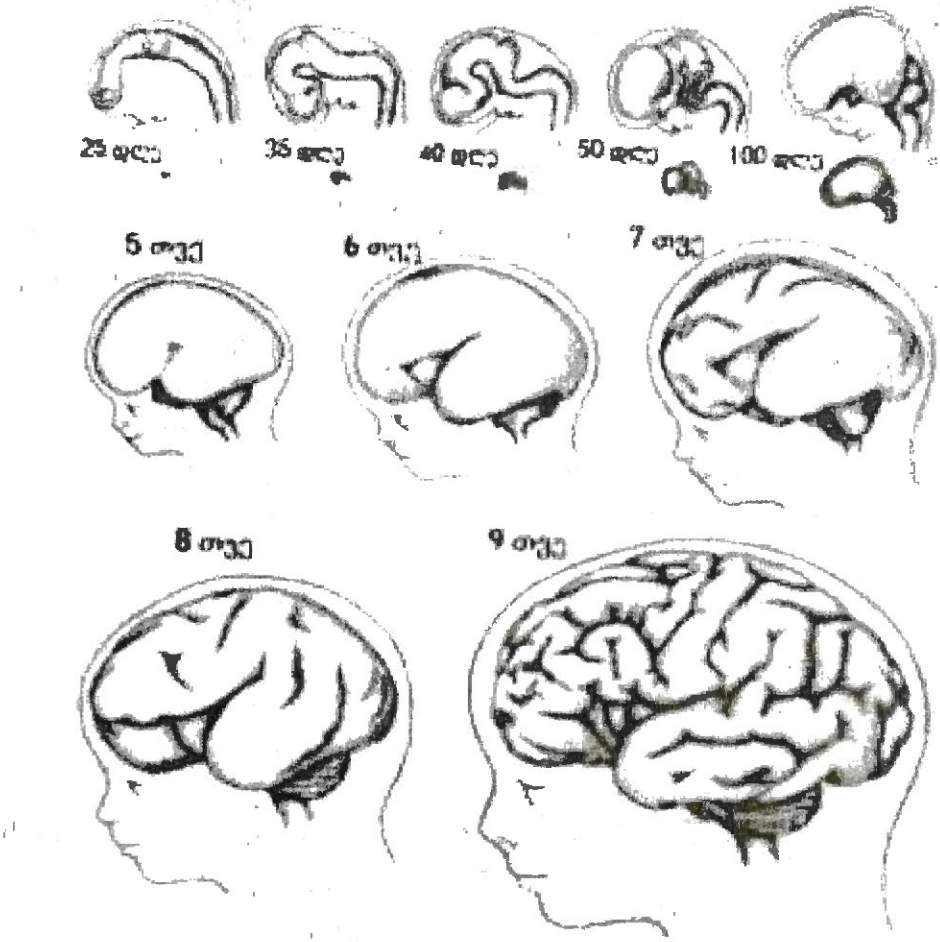
ბებული თავის ტვინის მოქმედების ორგანიზაციის ზოგადი სქემა წარმოადგენილია სურ-ზე 3.11.

თავის ტვინის მორფო-ფიზიოლოგიური პროცესების მოლეკულური კვლევის შედეგად დადგინდა მნიშვნელოვანი ფაქტი. აღმოჩნდა, რომ ძუძუმწოვართა ტვინის უჯრედებში აქტიურდება გაცილებით მეტი გენი, ვიდრე სხვა ორგანოების უჯრედებში. ადამიანის თავის ტვინიც ექვემდებარება ასეთ კანონზომიერებას. გენეტიკურ დაავადებათა რეესტრიდან გენების დაახლოებით 50% არის სხვადასხვა სიმპტომების მატარებელი, რომლებიც გავლენას ახდენენ ნერვული სისტემის ფუნქციონირებაზე. გამოდის, რომ გენომის ყოველი მეორე გენი დაკავშირებულია ნერვული სისტემის ამა თუ იმ პათოლოგიასთან (Александров, 2001). თუ ამ სიმრავლეს დავუმატებთ სტრუქტურათა ფორმის წარმომქმნელ პროცესებში მონაწილე მედიატორთა მასინთეზირებელ და თავის ტვინში მიმდინარე სხვა მრავალ პროცესებში მონაწილე გენთა რაოდენობას, მივიღებთ, რომ თავის ტვინში ექსპრესირებულია არა გენების 50%, არამედ გაცილებით მეტი. მიახლოებითი გამოთვლებით ვარაუდობენ, რომ ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციონირებაში მონაწილეობს გენომის 70%.



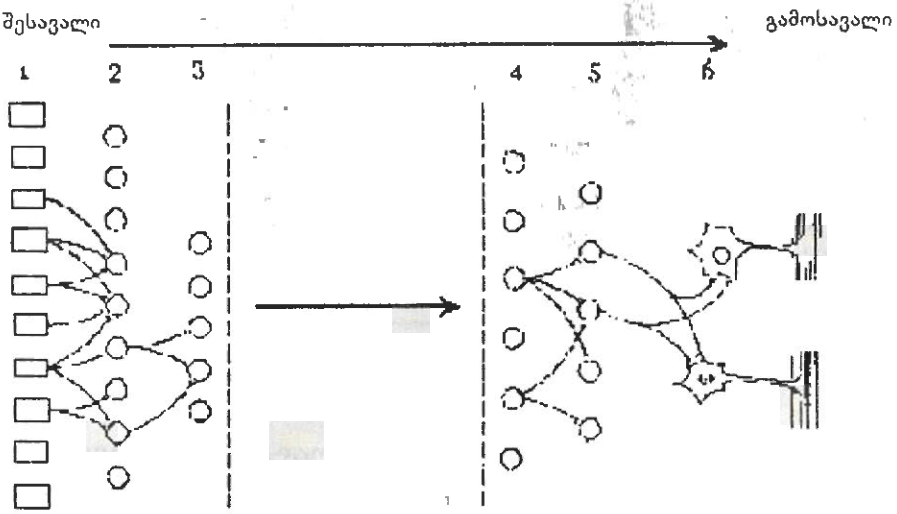
სურ.3.9. *სინაფსებიანი ნეირონის მხატვრული გამოსახვა, რომელიც დაფუძნებულია უჯრედის ციტოლოგიურ კვლევაზე, დ. რობინსონის (Robinson. 1998) მიხედვით.*

დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავას სტრუქტურის ერთ-ერთმა დამდგენმა ჯეიმს უოტსონმა 1988 წელს წამოაყენა იდეა, რომ გაშიფრულიყო ადამიანის გენომი. შეიქმნა სამეტაპიანი პროგრამა „ადამიანის გენომი“, რომლის მიხედვითაც ადამიანის გენომის გაშიფვრა უნდა დასრულებულიყო 1996 წლისათვის.



სურ.3.10. *ადამიანის თავის ტვინი ემბრიონული განვითარების სხვადასხვა პერიოდში. ბავშვი იბადება დაახლოებით 100 მილიარდი ნეირონით, რომლებიც დაბადების შემდეგ ფაქტიურად უცვლელი რჩებიან. უახლოესი მონაცემებით ცნობილი გახდა, რომ პოსტნატალურ პერიოდში ადგილი აქვს ნეირონთა მიტოზს, თუმცა ნეირონთა რიცხვის მატება უმნიშვნელოა, რადგანაც ადგილი აქვს ნეირონთა სიკვდილსაც; ამიტომ თავის ტვინის ნეირონთა რაოდენობრივი მატება პოსტნატალურ პერიოდში არ ხდება. უ. კოუენის (Коуэн, 1984) მიხედვით.*

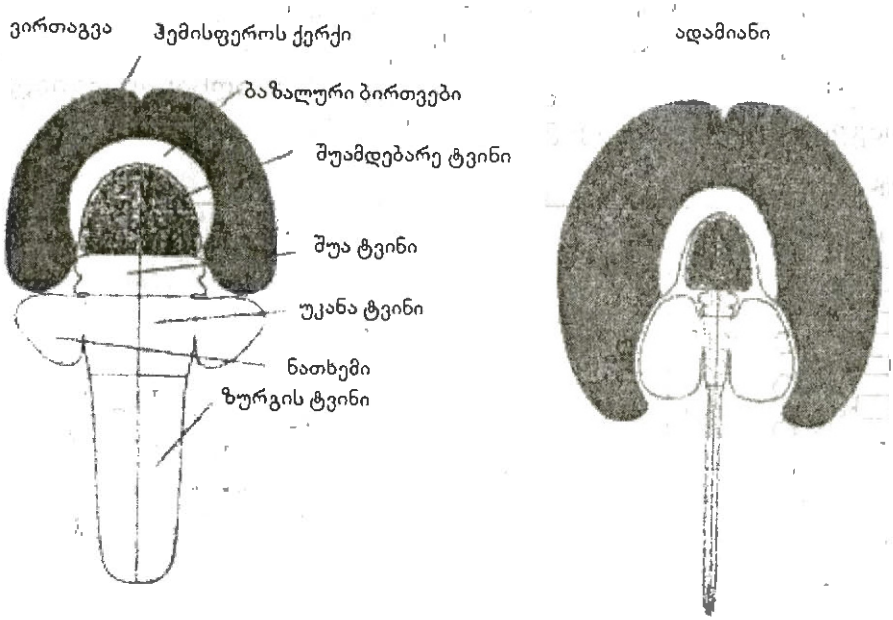
2001 წლის თებერვალში ორ პოპულარულ სამეცნიერო ჟურნალში „Nature“ და „Science“ გამოქვეყნდა ცნობა, რომ ადამიანის გენომი მთლიანად გაშიფრულია. ადრე ფიქრობდნენ, რომ ადამიანის გენომი შედგება 50 ათასი და შეიძლება მეტი გენისაგანაც. სამი წლის წინათ მკვლევართა უმრავლესობა თვლიდა, რომ ადამიანის გენომი შეიცავს 80 ათას გენს. გამოირკვა, რომ ადამიანის გენომი შეიცავს გაცილებით უფრო ნაკლები რაოდენობის გენებს, ვიდრე ადრე ფიქრობდნენ. დღეისათვის დადგენილია, რომ ადამიანს 36 ათასი გენი გააჩნია. თუმცა გაურკვეველია, რა ინფორმაციის მომცველია გენომის 95%. ბაქტერიებში ასეთი რამ არ ხდება. ბაქტერიის გენომი შედგება მხოლოდ დნმ-ის უნიკალური უბნებისაგან. ადამიანის გენომში კი გენებს 5% უკავიათ. დანარჩენი 95%-ის ფუნქცია უცნობია. აღსანიშნავია, რომ ვირთაგვის გენომი მოიცავს 26 ათას გენს.



სურ.3.11. *თავის ტვინის ორგანიზაციის ზოგადი სქემა, რომელზეც ნაჩვენებია ინფორმაციის გადაცემა სენსორული ნეირონებიდან(1) მოტორულზე (6), და შემდეგ კუნთებზე. შესავალზე ნეირონები გადასცემს ნეირონებს (3 და 4), როგორც ამგზნებ ასევე შემაკავებელ სიგნალებს, რომლებიც იკრიბებიან მოტონეირონებში (4 და 5). ამ ნეირონებში მიმდინარე პროცესები შედარებით შესწავლილია, ხოლო მათ შორის მოთავსებულ ნეირონთა შესახებ, რომლებიც გაცილებით მეტია, ცოტა რამ არის ცნობილი. დ. ხიუბელის (Хьюбел, 1984). მიხედვით.*

გენომისა და გარემოს ურთიერთობის შედეგად თავის ტვინმა განიცადა და კვლავაც განიცდის ევოლუციას. როგორც კი წარმო-

იქმნა ცენტრალური ნერვული სისტემა, ორგანიზმებს გაუჩნდათ სწრაფი ადაპტაციის უნარი, რითაც გაუფართოვდათ არსებობისათვის ბრძოლის საშუალებები. ძუძუმწოვართა წინაპრებს და თანამედროვე რეპტილიებს ახალი ქერქი სუსტად აქვთ დიფრენცირებული. ძუძუმწოვართა ევოლუციის ერთ-ერთი დიდი შედეგია ახალი ქერქის მასის მატება. ქერქის მატებით პრიმატები მკვეთრად განსხვავდებიან სხვა ძუძუმწოვრებისაგან, ხოლო ადამიანები – პრიმატებისაგან. მაგალითად, ახალი ქერქის ფართობის თანაფარდობა თაგვს, მაკაკასა და ადამიანს შორის ასეთია: 1:100:1000.



სურ.3.12. *ადამიანისა და ვირთაგვას ცენტრალური ნერვული სისტემის განყოფილებათა ზომების შედარება. პროპორციული ფარდობა განყოფილებათა შორის დაცულია. ლ. სვანსონის (Swanson) მიხედვით.*

სურ-ზე 3.12 ნაჩვენებია ადამიანისა და ვირთაგვას ცენტრალური ნერვული სისტემის განყოფილებათა ზომები. შედარების რაოდენობრივი მახასიათებლები შეჯამებულია ცხრილში 3.1. ქერქის ასეთი ექსპანსია განპირობებული უნდა იყოს რეგულატორ გენთა მოდიფიკაციით, რომელთა გავლენით სტიმულირდებოდა ნეირონთა მიტოზური აქტივობა. ამ პროცესს ხელს უწყობდა აგრეთვე ქერქზე არასპეციფიკური თალამური ზემოქმედება. უ. მატურანას (Мамурана,1995) მიაჩნია, რომ თავის ტვინის ქერქის უნარი, დაამ-

ყაროს კავშირი შინაგან სტრუქტურებთან, გახდა ქერქის დიფერენცირების ხელშემწყობი ფაქტორი. შინაგანი სტრუქტურების სხვადასხვა მდგომარეობაში იგულისხმება განცდა, ხატთა წარმოქმნა, მეტყველება და აზროვნება. ცნობიერება კი წარმოიშვა ახალი ქერქის ევოლუციის შედეგად და იგი მხოლოდ ძუძუმწოვრებს გააჩნიათ. ასე ფიქრობს ცნობილი ნეიროფიზიოლოგი ჯონ ეკლსი (Eccls, 1992).

ცხრილი 3.1.

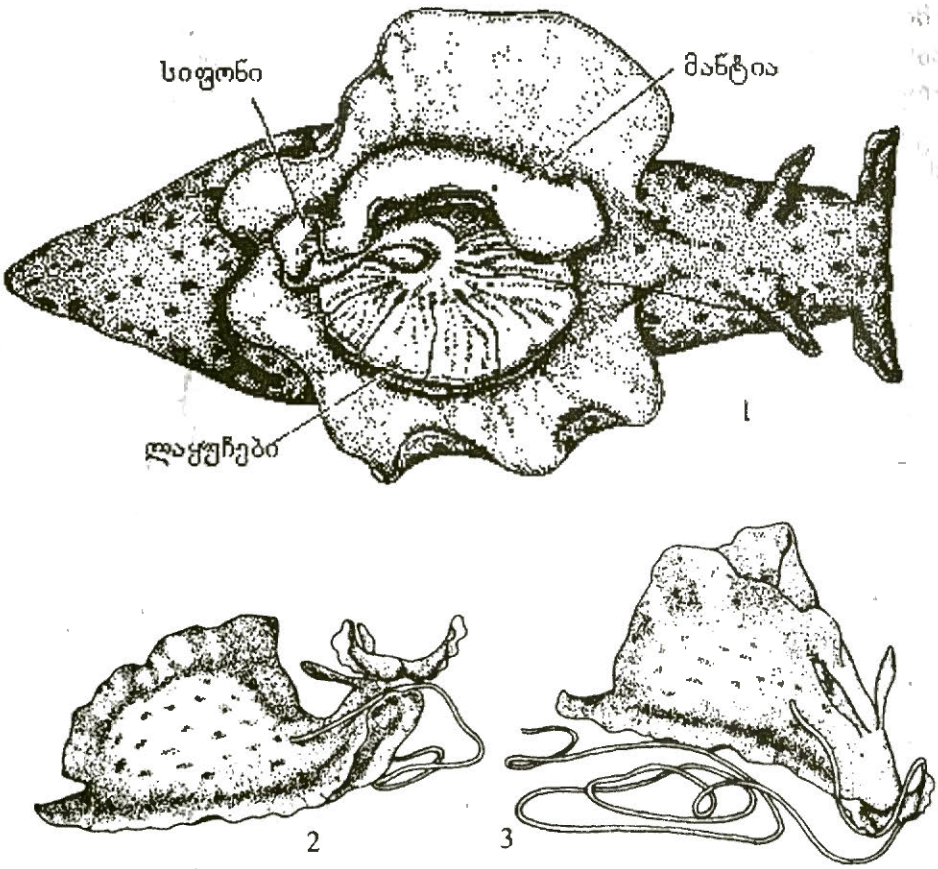
ადამიანის და ვირთაგვას ცენტრალური ნერვული სისტემის განყოფილებათა ზომების შედარება

ცენტრალური ნერვული სისტემის განყოფილება	განყოფილებათა პროპორციები %-ით	
	ვირთაგვა	ადამიანი
ჰემისფეროს ქერქი	31	77
ბაზალური ბირთვები	7	4
შუამდებარე ტვინი	6	4
შუა ტვინი	4	1
უკანა ტვინი	7	2
ნათხემი	10	10
ზურგის ტვინი	32	2

ქცევის მაკონტროლებელი გენები

ცხოველებს მრავალი თანდაყოლილი სტერეოტიპული ქცევა ახასიათებთ. ისინი ევოლუციის პროცესში ყალიბდებიან და თაობებს გადაეცემიან. ასეთ ქცევებს სახეობრივი ინდივიდუალობა გააჩნია. ერთი სახეობის ერთგვაროვანი სტერეოტიპები არ შეიმჩნევა სხვა სახეობის ცხოველებში. ეთოლოგები ასეთ რეაქციებს მოქმედებათა ფიქსირებულ კომპლექსს უწოდებენ. ასეთი ქცევები ჰქონდათ ჩვენს წინაპრებს და გვაქვს ჩვენც. მოქმედების ფიქსირებულ კომპლექსს ინდივიდი მშობლებისაგან გენების მეშვეობით იღებს. დადგენილია, რომ ასეთი უნიკალური ქცევები ვლინდება მხოლოდ განსაკუთრებულ პირობებში ან ინდივიდუალური განვითარების განსაზღვრულ სტადიაზე. აქედან გამომდინარე, უნდა არსებობდეს გენები, რომლებიც ასეთი ქცევების გამოსავლენად ყველა სპეციფიკური პროცესის წარმმართველი

ნაერთების კოდირებას ახდენენ. საინტერესოა, როგორ ახორციელებს და არეგულირებს გენი ასეთ ქცევებს?



სურ.3.13. *Aplysia californica- ზღვის მოლუსკი: მანტიით, ლაყუჩებით და სიფონით (1). ბოლო წლებში ეს ცხოველი გახდა დასწავლისა და დავიწყების პროცესებში ნეირო-ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური ანალიზის, აგრეთვე მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსის ინტენსიური კვლევის ობიექტი. ცხოველი დებს კვერცხს (2). კვერცხს ამაგრებს მყარ სუბსტრატს, სადაც რჩება გამოჩეკამდე (3). მაკ-ფარლენდის (Мак-Фарленд, 1988) და კლიკსის (Кликсс, 1983) მიხედვით.*

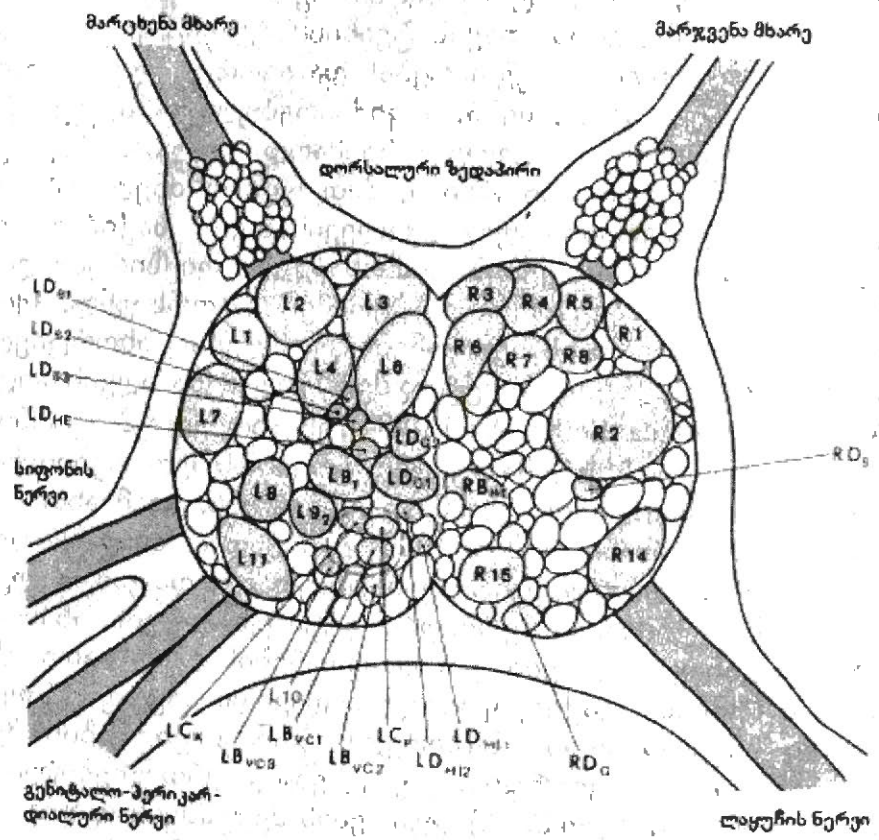
გენთა ექსპრესია ხორციელდება ორ ეტაპად: გენის ან გენთა მოქმედებით ყალიბდება მრავალრიცხოვანი ნერვული კავშირის ყველა დეტალი. ემბრიონული განვითარებისას ამ კავშირის ყველა ელემენტი იკავებს გარკვეულ ანატომიურ მდებარეობას და იქმნე-

ბა რთული ქსელი. სინაფსთა მეშვეობით ნეირონები უკავშირდებიან ერთმანეთს, ჯირკვლებსა და კუნთებს. ნერვული ქსელები ამოქმედებას იწყებენ პოსტნატალური განვითარების გარკვეულ პერიოდში და მოქმედებენ საჭიროების შემთხვევაში. მაშასადამე გენთა მოქმედებით ყალიბდება ნეირომორფოლოგიური სუბსტრატი, რომელმაც უნდა განახორციელოს მოქმედების ფიქსირებული კომპლექსი. გენთა ექსპრესიულობის მეორე მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორი ვლინდება ნერვული ქსელის ასამოქმედებელი სპეციფიკური მედიატორების სინთეზში.

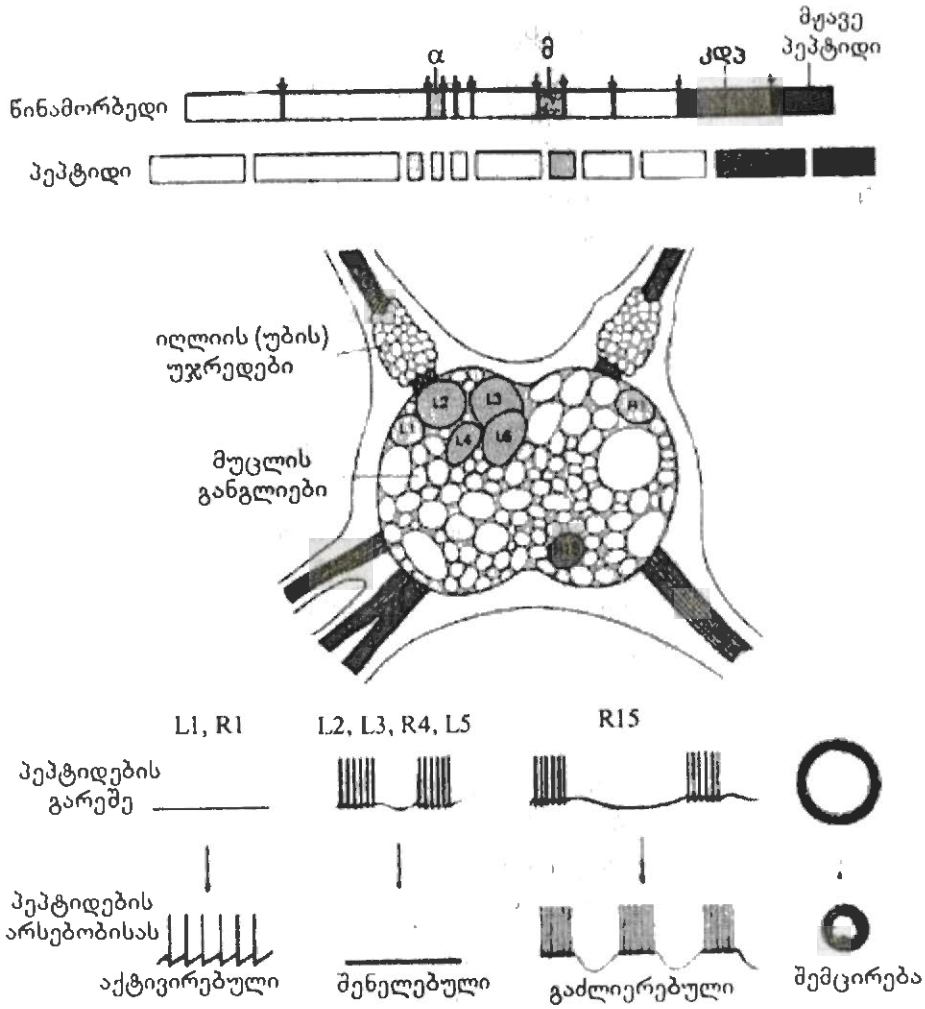
გენთა მოქმედებით თავის ტვინის სტრუქტურები ახდენენ ნერვულ იმპულსთა ინტეგრირებას და ახორციელებენ გარკვეულ კონკრეტულ მოქმედებათა ფიქსირებულ კომპლექსს, რომლის ექსპერიმენტული კვლევა საკმაოდ ძნელია. რაც უფრო რთული სტრუქტურისაა ტვინი, მით უფრო ძნელდება ასეთი კვლევები. ექსპერიმენტული კვლევისათვის საჭიროა ისეთი ცხოველი, რომელსაც ექნება გამოხატული ფიქსირებული ქცევის კომპლექსი. ამავე დროს ექსპერიმენტატორს უნდა ჰქონდეს საშუალება მონახოს ის ნეირონები, რომლებიც ახორციელებენ ამგვარ ქცევებს. ასეთ ობიექტად შერჩეულ იქნა ზღვის მოლუსკი – Aplysia californica (Seller, Axel, 1984). ეს ცხოველი 2-4 კგ წონისაა და მისი ნერვული სისტემა ძუძუმწოვრებთან შედარებით მარტივი აგებულებისაა - შეიცავს 20 ათას ნეირონს. ადამიანთან შედარებით მისი ნეირონი ზომით 1000-ჯერ დიდია. ზრდასრული მოლუსკის ძირითადი ფუნქციაა კვება, თავდაცვა და გამრავლება.

აპლიზია ტიპიური ჰერმაფროდიტი ცხოველია. ახასიათებს შინაგანი განაყოფიერება. განაყოფიერების დროს ათი ცხოველისაგან იქმნება ჯაჭვი, ყოველი ინდივიდი ნაყოფიერდება და თვითონ ანაყოფიერებს მეზობელს. განაყოფიერების შემდეგ დებს მილიონამდე კვერცხს. კვერცხები გაერთიანებულია ერთ გრძელ ზონარში (სურ.3.13.). კუნთების შეკუმშვის შედეგად სასქესო ჯირკვლებიდან დაიწყება კვერცხების დება. ამ დროს ცხოველი წყვეტს მოძრაობას და კვებას. აპლიზია ზონარის ბოლოს იდებს პირში, თავის მოძრაობით ხელს უწყობს ზონარის გამოსვლას კვერცხსავალიდან და მის გორგლად დახვევას. პირის ღრუს სპეციალური ჯირკვლიდან გამოიყოფა წებოვანი ნივთიერება, რომლის საშუალებითაც იგი კვერცხებიან გორგალს ამაგრებს რაიმე მყარ სუბსტრატს. გორგალი მიმაგრებული რჩება სუბსტრატზე გამოჩეკვამდე. ამ დროს ცხოველს უხშირდება გულის შეკუმშვა და სუნთქვითი მოძრაობა. კვერცხის დების მთელი ეს

სერია განეკუთვნება მოქმედებათა ფიქსირებულ კომპლექსს. აპლიზიაში მონახეს ნეირონთა ჯგუფი, რომელიც იწვევს კვერცხის დების ქცევას; აღნიშნულ ნეირონთა ექსტრაქტი შეიყვანეს სხვა ცხოველის სხეულში. ექსტრაქტი იწვევდა ანალოგიური ფიქსირებული ქცევის კომპლექსს. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ როდესაც ექსტრაქტი შეჰყავდათ გაუნაყოფიერებელი კვერცხუჯრედის მქონე ცხოველებში, მათაც ეწყებოდათ სტერეოტიპული ქცევები.



სურ.3.14. *Aplysia californica*-ს აბდომინალური განგლია იდენტიფიცირებული ნეირონებით, რომლებიც აღნიშნული არიან *L*-ით და *R*-ით (*L* აღნიშნავს განგლიის მარცხენა მხარეს, *R*- მარჯვენას). *D* აღნიშნავს ნეირონთა გროვას. ინდექსით აღნიშნულია ნეირონთა ქცევითი ფუნქცია. მაგალითად, *HE*-გულის კუნთის ამგზნებია (*Heart excitator*), G_1 და G_2 – ლაყუჩის (*Gill*) ორი მოტონეირონის ამგზნები. ე. კენდელის (*Кэндел, 1984*) მიხედვით.



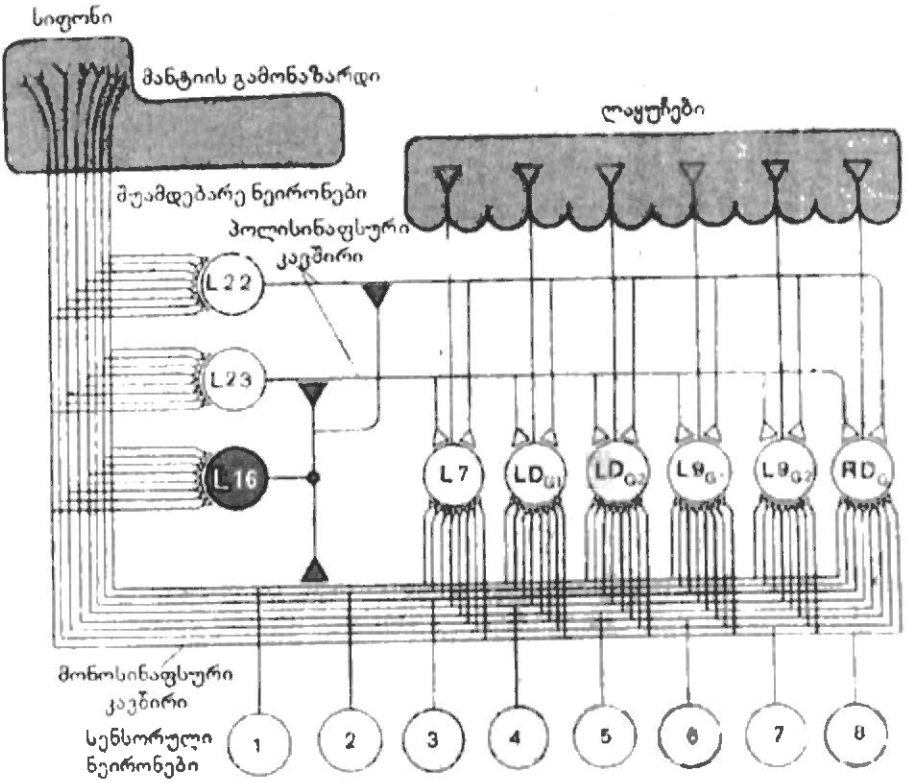
სურ.3.15. *kdp*-ს ცილა - წინამორბედში შედის რამდენიმე აქტიური პეპტიდი. ცილა-წინამორბედის მოლეკულაში არსებობს *10* წვრტილი (ნაჩვენებია ისრებით), სადაც ხდება ცილის დაჭრა ფერმენტების-ენდოპეპტიდაზების საშუალებით. ყველა წერტილის დაშლის დროს უნდა წარმოიქმნას *11* პეპტიდი (მეორე ნახაზი ზევიდან). ცნობილია, რომ მათგან *4*-ის გამოყოფა ხდება უბის (იღლიის) უჯრედების მიერ. *α* და *β*-ფაქტორები, ***kdh*** და მუავე პეპტიდები, სურათზე მუქად შეფერილი პეპტიდები, ფუნქციონირებენ მედიატორების სახით და მოქმედებენ მუცლის განგლიების კონკრეტულ ნეირონებზე: *β*-ფაქტორი აღაგზნებს *L1* და *R1* უჯრედებს; *α*-ფაქტორი ამუხრუჭებს *L2, L3, L4* და *L6* უჯრედებს, ხოლო ***kdp*** – აძლიერებს *R15* ნეირონების იმპულსაციას. ***kdh*** გადადის სისხლის მიმოქცევის სისტემაში და მოქმდებს როგორც ჰორმონი, იგი განაპირობებს ჰერმაფროდიტული ჯირკელის სადინარის კუნთების შეკუმშვას. ნახაზზე ქვემოთ ნაჩვენებია, თუ როგორ მოქმედებენ ***kdh*** და სხვა პეპტიდები სამიზნე უჯრედების აქტიობაზე. ლ. კოროჩკინი, გენები და ქცევა. სოროსის საგანმანათლებლო ჟურნალი №*1*, გვ. *75-84*. *1999*. სტატია რუსულიდან თარგმნილია პროფ. დ. მიქელაძის მიერ.

შემდგომ გაირკვა, რომ ნეირონები, რომლებიც არეგულირებენ მოქმედებათა ფიქსირებულ კომპლექსს, კონტროლირდება გენებით. გენთა კონტროლი იწყება ემბრიოგენეზიდან და გრძელდება კვერცხის დადებით. კონტროლი მოიცავს ქცევით რიტუალს განაყოფიერებამდე, კოპულაციას, კვერცხის დადებას და მისთვის ადგილის ამორჩევას. უჯრედები, რომლებიც დასაბამს აძლევენ აპლიზიის ნერვული სისტემის ჩამოყალიბებას, განლაგებულია ჩანასახის სხეულის ზედაპირზე. ნერვული სისტემა ზრდასრულ აპლიზიაში განგლიებით არის წარმოდგენილი. ესენია: ოთხი წყვილი თავის და ერთი – მუცლის ანუ აბდომინალური (სურ. 3.14.).

ეპიგენეზის ადრეულ სტადიაზე ნეირონთა წინამორბედი უჯრედები ახდენენ პეპტიდის სინთეზირებას, რომელსაც კვერცხის დების ჰორმონი – კდჰ (ELH– egglaying hormone) ეწოდა. ამ საკითხზე მომუშავე ნეიროგენეტიკოსებმა აპლიზიის გენომიდან გამოყვეს გენი, რომელიც ახდენს კდჰ-ს კოდირებას. მოლუსკის დნმ-ს მოლეკულა დახლიჩეს ფრაგმენტებად. თითოეული ფრაგმენტი შეიცავდა ერთ ან რამდენიმე გენს. განახორციელეს ცალკეული ფრაგმენტების ინტეგრირება λ ფაგის დნმ-ში. ამ გზით კონსტრუირებული დნმ-ის შემცველი ფაგები გაამრავლეს ნაწლავის ჩხირის შემცველ მყარ საკვებ არეზე. წარმოქმნილი ნეგატური კოლონებიდან გამოყოფილი ფაგები შეიცავს აპლიზიის ინტეგრირებული დნმ-ის მონაკვეთებსაც. კდპ-ს მაკოდირებელი გენის შემცველი ს-რნმ-ის უბნის დასადგენად გამოყვეს აპლიზიის ე.წ. იღლიის განგლიის ნეირონებიდან ს-რნმ. უკუტრანსკრიფციის გზით მიიღეს დნმ-ის კოდეგენური მონაკვეთი. დნმ-დნმ-ის ჰიბრიდიზაციის შედეგად იდენტიფიცირებულ იქნა სამი გენი, რომლებიც მონაწილეობენ კდპ-ს კოდირებაში. გამოყვეს გენეზისის საწყისი პროდუქტი – ცილა, რომელიც 271 ამინური ნაშთისგან იყო აგებული. მასში გამოავლინეს 36 ამინომჟავასაგან შემდგარი პეპტიდი, რომელიც უშუალოდ კდპ-ს წარმოადგენს (სურ. 3. 15).

კდპ-ს გარდა მისი წინამორბედი ცილის მოლეკულიდან გამოყვეს კიდევ თერთმეტი სხვა ნეიროპეპტიდი. იღლიის ნერვული უჯრედები გამოყოფენ ოთხ ძირითად პეპტიდს, ესენია: კდპ, α-ფაქტორი, β-ფაქტორი და მჟავა პეპტიდი. α -ფაქტორი და β-ფაქტორი კდპ-სთან ერთად მოქმედებენ როგორც მუცლის განგლიის

ნერვული უჯრედების ნეირომედიატორები. კდპ იწვევს R15 ნეირონის აგზნებას. გარდა ამისა, კდპ დიფუნდირებს სისხლში და ახდენს ჰერმაფროდიტული სასქესო ჯირკვლის გლუვი კუნთების აგზნებას. ამის შედეგად ხდება სასქესო ჯირკვლის შეკუმშვა

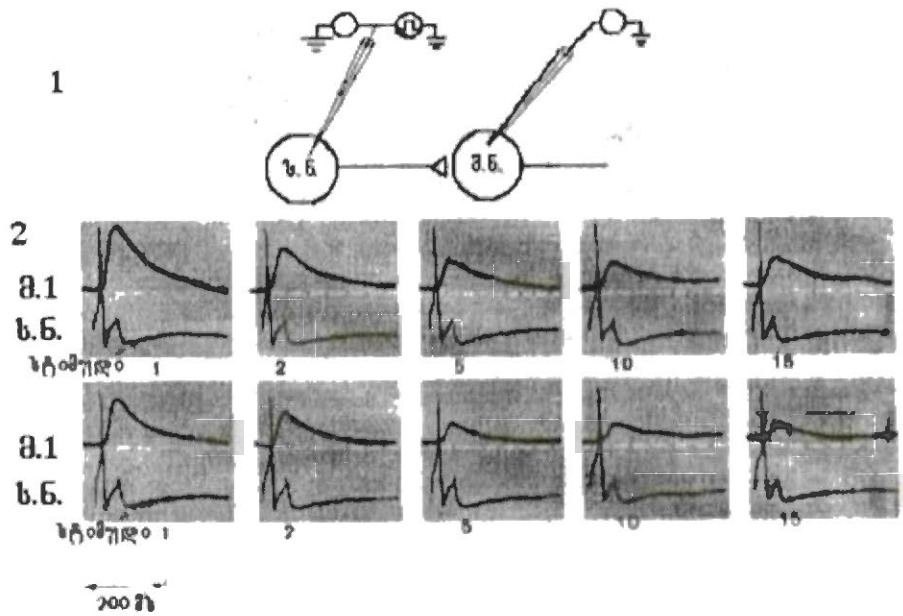


სურ.3.16. *Aplisia californica-ს მარცხენა მხარის ინერვაციის სქემა. როდესაც ზედაპირზე მოქმედებს რაიმე სტიმული, ლოკოკინა რეფლექსურად კუმშავს ლაყუჩს. სიფონის ზედაპირს ანერვიანებს 24 სენსორული ნეირონი (სქემაზე ნაჩვენებია მხოლოდ რვა). სენსორული ნეირონები დაკავშირებულია ექვს იდენტიფიცირებულ მოტონეირონთან. შუამდებარე ნეირონებიდან ორი ამგზნებია (თეთრი ფერის), ერთი კი – შემაკავებელი (შავი ფერის). ფ. კლიკსის (Кликсс, 1983) მიხედვით.*

და კვერცხი გამოიდევნება გარეთ. მეორე ნეიროპეპტიტი - β-ფაქტორი, ასევე იწვევს მოტონეირონების (R1 და L1 ნეირონების, რომელთა ფუნქცია ჯერ უცნობია) აგზნებას. α- ფაქტორი

არის შემაკავებელი მედიატორი (ზემოქმედებს ოთხი ტიპის უჯრედზე: L2, L3, L4 და L6) გარდა ამისა, მისი დაგროვება იმ უჯრედებში, რომლებიც მას გამოიმუშავებენ, იწვევს მუცლის განგლიური უჯრედების აგზნებას, რაც თავის მხრივ იწვევს ამ ოთხი ნეიროპეპტიდის ექსპრესიას. დადგინდა, რომ სამი გენიდან ერთი მარეგულირებელია, დანარჩენი ორი კი აკოდირებს ე.წ. A და B პეპტიდების სინთეზს, ეს პეპტიდები ახდენს განაყოფიერებას მოლუსკის სასქესო ორგანოს შესასვლელის უჯრედებიდან და განაპირობებს იღლიის იმ უჯრედების აქტივაციას, რომლებიც ახდენენ კდჰ-ს და სამი სხვა პეპდიტის წინამორბედი ცილოვანი მოლეკულების სეკრეციას. შემდგომ ნაჩვენები იყო, რომ კდჰ-ს წინამორბედი ცილის ექსპრესია ხდება აპლიზიის იღლიის უჯრედების გროვების გარეთაც. აქედან გამომდინარე, საინტერესოა, როგორ ფორმირდება ეს უჯრედები. **In situ** ჰიბრიდიზაციის მეთოდით ნაჩვენები იყო, რომ კდჰ-ს მაკოდირებელი გენის ექსპრესია იწყება ემბრიოგენეზის ადრეულ (ექტოდერმის სპეციალიზაციის) სტადიაზე, სხეულის კედლის გასწვრივ სამ პრიმიტიულ უჯრედში. ეს უჯრედები შემდგომ გადაინაცვლებენ შემაერთებელი ბოჭკოების გასწვრივ საბოლოო ლოკალიზაციის ადგილისაკენ. ერთი ასეთი უჯრედი იყოფა და დასაბამს აძლევს კდჰ-ს სეკრეტირებად უჯრედებს, რომლებიც მიგრირებენ იღლიის უჯრედების განთავსების ადგილისაკენ და მთელ ნერვულ სისტემაში. ძუძუმწოვრების თავის ტვინში იდენტიფიცირებულია რამდენიმე პეპტიდი, რომლებიც მონაწილეობენ ქცევების ფორმირებაში, მაგალითად შუამდებარე ნეირონებს შორის არსებობს ფიქსირებული კავშირები (სურ. 3.16.). მათ შორის ურთიერთკავშირი ლოკალურია და კონტროლირდება ნეირომედიატორებით: აცეტილქოლინითა და ნორადრენალინით. ნეირომედიატორის მოლეკულები დიფუნდირდება სინაფსური ნაპრალის მეშვეობით ერთი ნეირონიდან მეორემდე და უზრუნველყოფს ნეირონებს შორის კონტაქტს. კავშირი სენსორულ და მოტორულ ნეირონებში ჰაბიტუაციის (შეჩვევის) პროცესში ნაჩვენებია 3.17. და 3.18 სურათებზე. ნეიროპეპდიტებსაც შეუძლია მედიატორების როლის შესრულება ნერვული სისტემის გარკვეულ ლოკუსებში. გარდა ამისა, ისინი სისხლის მეშვეობით დიფუნდირდებიან სამიზნე ქსოვილებში ჰორმონების სახით. ე.ი. პეპდტიდები წარმოქმნის

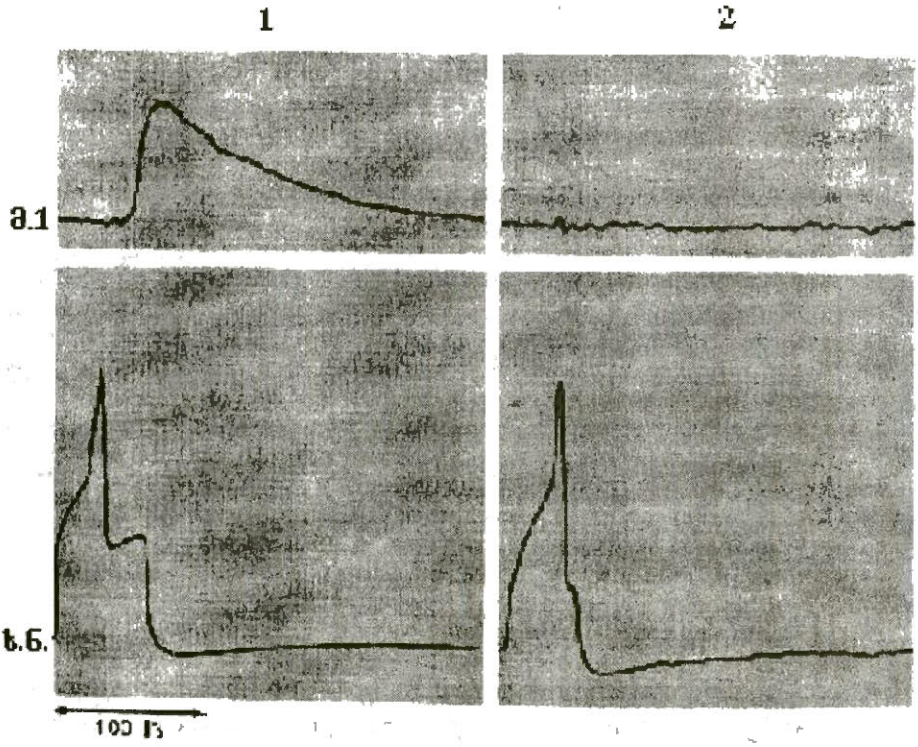
კავშირის კიდევ ერთ სისტემას, რომელიც ავსებს ნერვული უჯრედების მკაცრად ორგანიზებულ ქსელს. მაგალითად, ხერხემლიანებში შეიყვანეს ანგიოსტენზინი II, რომლის ზემოქმედებამ ჰიპოთალამუსის უჯრედებზე გამოიწვია წყურვილის მოტივაცია. იგივე პეპტიდი არაპირდაპირი გზით მოქმედებს თირკმლის უჯრედებზე, ხელს უწყობს სისხლში წყლის, ნატრიუმისა და კალიუმის აქტიურ ტრანსპორტს და პირიქით. ე.ი. პეპტიდი ორი სხვადასხვა ეფექტით ემსახურება ერთ საერთო მიზანს – ორგანიზმის უზრუნველყოფას წყლით.



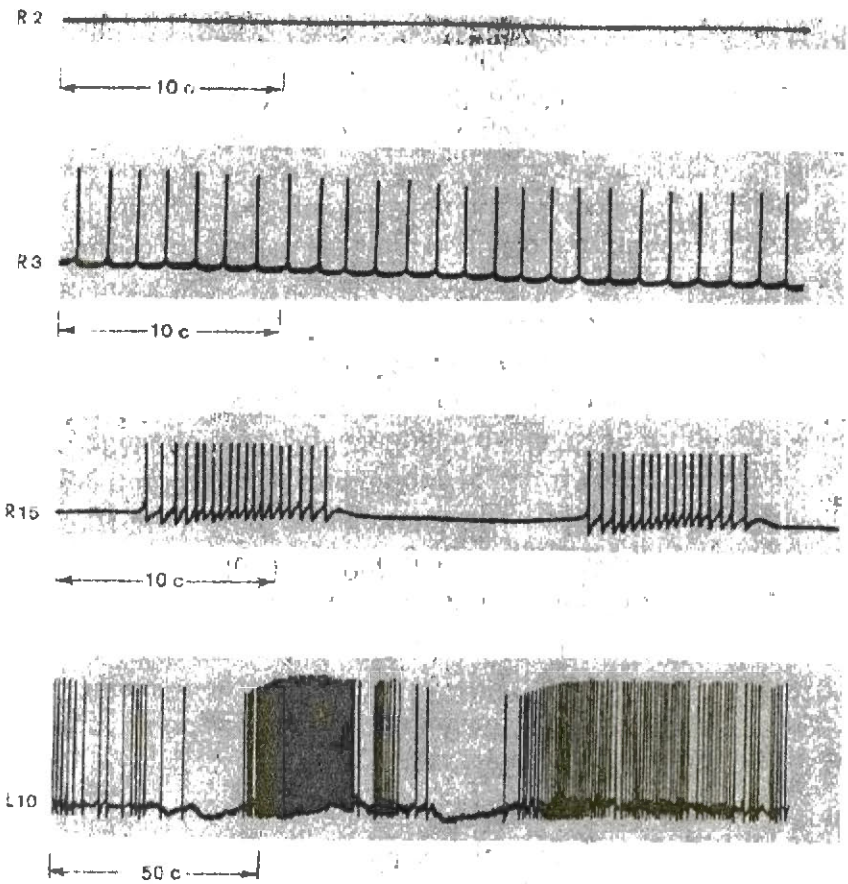
სურ.3.17. *Aplysia californica-ს შეჩვევის პროცესი, როდესაც სტიმულზე საპასუხო რეაქცია ერთ მოტონეირონზე ქვეითდება, რაც ითვლება ელემენტარულ დასწავლად. სურათზე ნაჩვენებია ცდა, როდესაც სენსორული ნეირონი (ს.ნ.) უკავშირდება მოტორულ ნეირონს (მ.ნ.) ყოველი 10 წამიანი სტიმულაციით. კადრებზე ნაჩვენებია, როგორ ქვეითდება და ბოლოს როგორ ქრება მოტონეირონის ელექტრული პასუხი. ე. კენდელის (Кэндел, 1984) მიხედვით.*

ასევე მოქმედებს კდჰ მოლუსკში. მაგ. ლოკალურად ის ინვევს განგლიებში სპეციფიკური ნეირონების აგზნებას, რაც განაპირობებს თავის წინ და უკან მოძრაობას. ე. კენდელმა (Кэндел, 1984) აპლიზიის აბდომინალურ განგლიაში იდენტიფიცი-

რებულ ნეირონთა პოპულაციაში გამოყო მბრძანებელი უჯრედი, რომელიც მართავს სისტემის სხვა ნეირონებს (სურ.3.19.). იგი ამავე დროს მოქმედებს როგორც ჰორმონი და გასავალის კუნთების შეკუმშვით იწვევს ჰერმაფროდიტული სასქესო ჯირკვლიდან კვერცხის გამოდევნას. ამგვარად, რთული ქცევები ყალიბდება მარტივი ელემენტებიდან, რომელთაგანაც თითოეული კონტროლირდება რამდენიმე პეპტიდით.



სურ.3.18. *გრძელვადიანი შეჩვევა, რომელიც ვლინდება ნავარჯიშებ და უვარჯიშებელ Aplisia californicas-ს სენსორული და მოტონეირონების სინაფსურ კავშირებს შორის. 1-უვარჯიშებელი აპლიზია, 2-ნავარჯიშები გრძელვადიან შეჩვევაზე. უვარჯიშებელ აპლიზიაში სენსორული ნეირონის სტიმულაციაზე მოტონეირონი პასუხობს დიდი ამპლიტუდით, ხოლო ნავარჯიშები ცხოველის მოტონეირონი საერთოდ არ რეაგირებს. ე. კენდელის (Кэндел, 1984) მიხედვით.*



სურ.3.19. *Aplisia californica-ს აბდომინალური განგლიის იდენტიფიცირებულ ნეირონთა იპულსაცია. R2 არ აქტიურობს. R3 ხასიათდება რეგულარული იმპულსაციით. R15 ხასიათდება რეგულარულ იმპულსთა დასტით. L10 წარმოქმნის არარეგულირებად იმპულსთა დასტას. L10 წარმოადგენს მმართველ ნეირონს, რომელიც გავლენას ახდენს სხვა ნეირონთა მოქმედებაზე. ე. კენდელის(Кэндел, 1984) მიხედვით.*

აპლიზიის მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსის განხორციელებაში ნათლად იკვეთება ემბრიოგენეზის პროცესის კოორდინაციის მნიშვნელობა, გენთა ექსპრესიულობა, ნეირომედიატორთა, ნერვისა და კუნთების მოქმედება, რის შედეგადაც რეალიზდება ქცევა, რომელიც იწვევს ცხოველის გამრავლებას. გენი უშუალოდ აკონტროლებს სტერეოტიპული ქცევის განვითარებას. ემბრიოგენეზის სტადიაზე, როდესაც ხდება საერთო

სტრუქტურის ჩამოყალიბება, გარემოს სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით შეიძლება ქცევამ განიცადოს მოდიფიცირება. ერთი და იმავე გენის ფენოტიპური ეფექტი შეიძლება სხვადასხვა იყოს, იმისდა მიხედვით, თუ როგორ გარემოში უხდება ცხოველს ფორმირება. თუ გავითვალისწინებთ იმ ბიოქიმიურ პროცესთა სირთულეს, რომლებიც მონაწილეობენ გენთა ექსპრესიაში, უჯრედთა ზრდასა და დიფერენცირებაში, გასაკვირი არ იქნება, რომ გარემო ფაქტორებმა გავლენა მოახდინოს უჯრედთა განვითარებაზე. ზოგჯერ ერთი და იგივე სტრუქტურა ან ქცევის ერთი და იგივე ტიპი შეიძლება სხვადასხვა მიმართულებით განვითარდეს. ასეთ მოვლენას ექვივალენტური ეწოდება.

ი. ბრაუნის (Brown, 1975) მიხედვით ეპიგენეზის პროცესი ჯამურად შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ. ზიგოტიდან დაწყებული ორგანიზმის ფენოტიპი(P_1), მომდევნო განვითარების (P_2) პროცესამდე ყალიბდება გენებით, რომლებიც აკონტროლებენ ზრდას და დიფერენცირებას მოცემულ მომენტში (G_1) გარკვეულ გარემო პირობებში (E_1), რომლებშიც მიმდინარეობს განვითარება. ზიგოტა, გენები და გარემო ფაქტორები განსაზღვრავენ ფენოტიპის მომდევნო სტადიას:

$$P_1 + G_1 + E_1 \rightarrow P_2$$

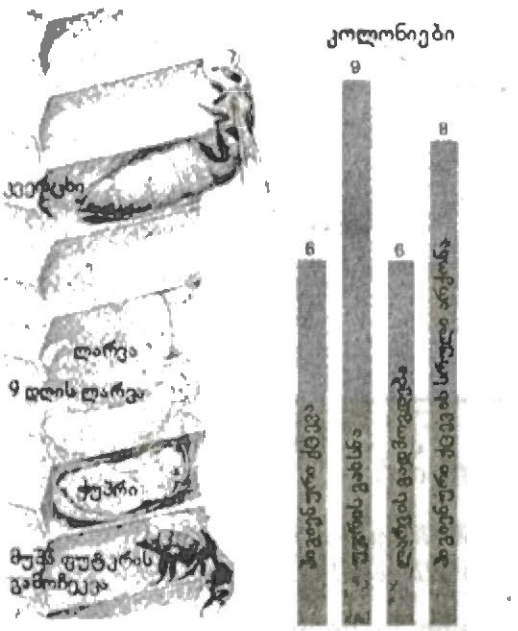
განვითარების შემდგომ სტადიაზე ფენოტიპი (P_3)ყალიბდება ფენოტიპის (P_2), გენთა (G_2) და გარემო ფაქტორების (E_2) ურთიერთობით:

$$P_2 + G_2 + E_2 \rightarrow P_3$$

ასეთი ჩანაწერი მიუთითებს იმაზე, რომ სამივე კომპონენტი – გენი, გარემო ფაქტორები და საწყისი ფენოტიპი – თამაშობს გარკვეულ როლს ნორმალურ განვითარებაში. განვითარებამ შეიძლება მიაღწიოს შემდეგ სტადიას მხოლოდ იმ პირობებში, თუ ორგანიზმს გააჩნია შესაბამისი ფენოტიპი, თუ სწორად სინთეზირდება გენთა პროდუქტები და გარემო ფაქტორები რჩება გარკვეულ ჩარჩოებში. განვითარების ადრეულ სტადიაზე ($P_1 + G_1 + E_1 \rightarrow P_2$)გარემო ფაქტორებს ძირითადად წარმოადგენს ის ბიოქიმიური პროცესები, რომლებშიც იმყოფება ემბრიონი. განვითარების შემდგომ სტადიაში ($P_2 + G_2 + E_2 \rightarrow P_3$) გარემო ფაქტორებად შეიძლება მოგვევლინოს კვერცხის ნივთიერებები. დაბადების შემდეგ ორგანიზმზე გარემო ინფორმაციულ ზემოქმედებას ახდენს, რომელსაც ორგანიზმი იღებს გრძნობათა

ორგანოებით. გარემოდან ორგანიზმი ღებულობს აგრეთვე ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებსაც ცხოველი იღებს კვებით და სხვადასხვა საშუალებებით. ამგვარ სიტუაციაში ხდება დასწავლა, რომელიც მუდმივად ახდენს გავლენას ცხოველთა ქცევით ფენოტიპზე.



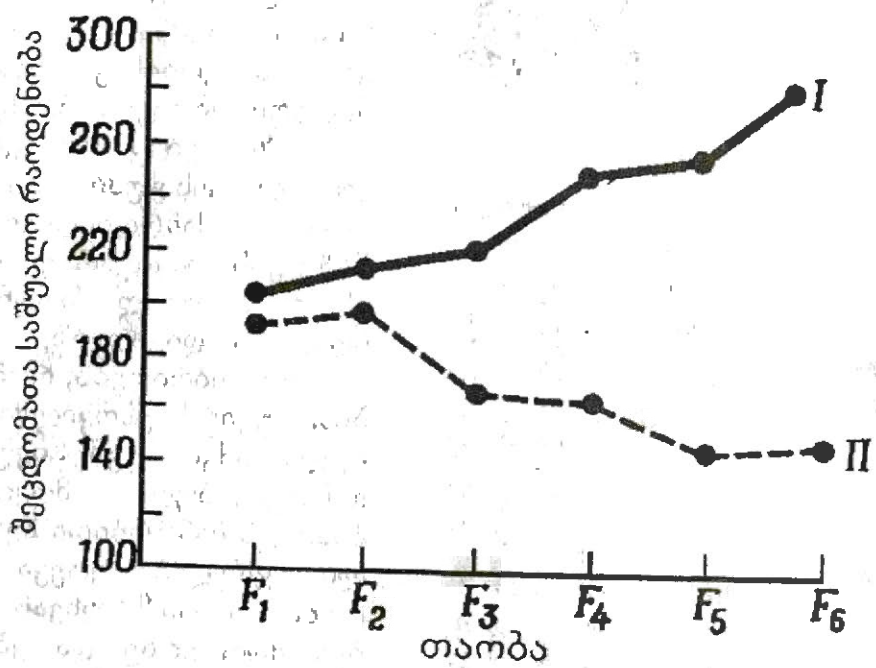


სურ.3.20 *ფუტკრის ჰიგიენური ქცევა. ჟ. მედიონის და ჟ. ვაისის (Медион, Ваисс, 1987) მიხედვით.*

ქცევის გენეტიკური დეტერმინაციის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ Habrobracon-ის კრაზანების ქცევა. ამ სახეობის კრაზანების მდედრი ინდივიდები ნესტრით აზიანებენ მარცვლეულის ალურის ჭუპრებს, მაშინ როდესაც მამრი ინდივიდები მატლებს თავს არ ესხმიან, ისინი მხოლოდ ზრუნავენ მდედრ ინდივიდებზე. კრაზანათა ჰიბრიდებს, რომლებსაც ტვინის ქსოვილში არეული აქვთ გენეტიკურად განსხვავებული მდედრობითი და მამრობითი ნერვული უჯრედები, ქცევა ეცვლებათ. ისინი ზრუნვას იწყებენ მატლებზე და კბენენ მდედრ ინდივიდებს.

ქცევის მაკონტროლებელი გენების მოქმედება კარგად მჟღავნდება ფუტკრის ჰიგიენურ ქცევაში. ამ ქცევის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მუშა ფუტკრები სკიდან აგდებენ განსაკუთრებული ინფექციით დავადებულ ჭუპრებს. ჰიგიენური ქცევა ხორციელდება ორფაქტორიანი მემკვიდრულობის პრინციპით (სურ. 3.20.). ჰიგიენური ქცევა მოიცავს ორ თანმიმდევრულ კომპონენტს. პირველად ფუტკარი აღებს უჯრას, რომელშიც მოთავსებულია ჭუპრი და აგდებს მას

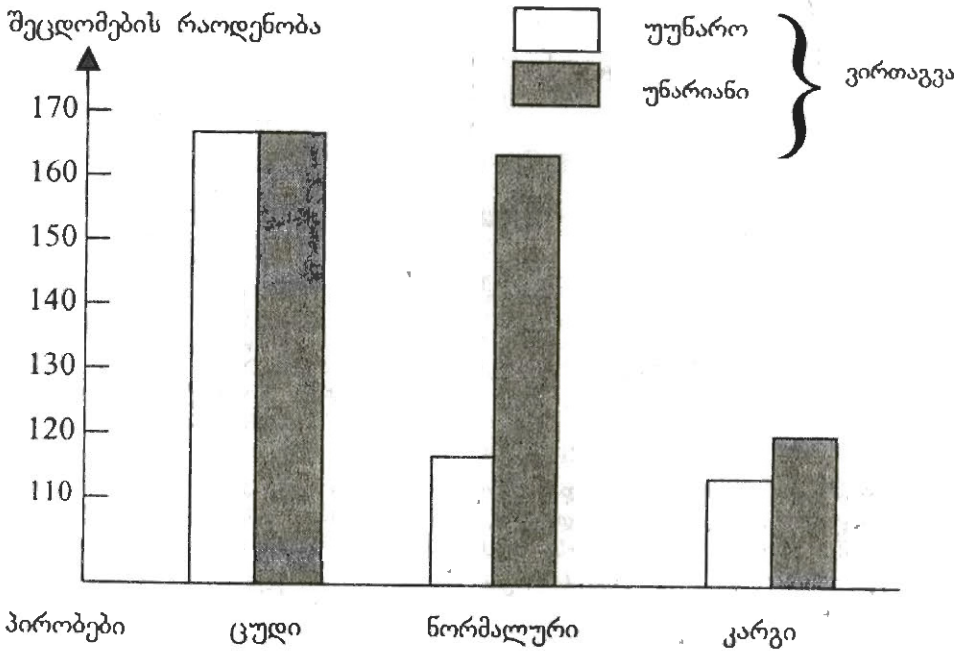
სკიდან. ქცევის ორივე კომპონენტი დაკავშირებულია ორ, დამოუკიდებელ რეცესიულ გენთან. ის ინდივიდი, რომელსაც ჰქონდა გამოხატული ჰიგიენური ქცევა, შეაჯვარეს იმასთან, რომელსაც ასეთი ქცევა ფენოტიპურად არ გააჩნდა. მიიღეს თაობა ოთხი სხვადასხვა ფენოტიპით. ეს ფენოტიპებია: პირველი, რომელთაც სრულად აქვთ გამოხატული ჰიგიენური ქცევა. მეორე – აქვთ ჰიგიენური ქცევის პირველადი კომპონენტი (უჯრის გახსნა), მეორე კი არა.



სურ.3.21. *უუნარო (I) და უნარიან (II) ვირთაგვათა სელექცია ლაბირინთში. პ. შოვენის (Шовен, 1972) მიხედვით.*

მესამე ფენოტიპს აქვს ჰიგიენური ქცევის მეორე კომპონენტი (ჭუპრის გამოდგება) პირველის გარეშე. მეოთხე ჯგუფს ჰიგიენური ქცევა საერთოდ არ გააჩნია. სახეზეა მენდელის გათიშვის კანონზომიერება, რომელიც ნიშანდობლივია დიგენური მემკვიდრეობისათვის. სხვადასხვა ქრომოსომებთან დაკავშირებული ორი რეცესიული გენი დამოუკიდებლად არეგულირებს ჰიგიენური ქცევის კომპონენტთა ფენოტოპებად ჩამოყალიბებას. ასეთი ზუსტი დამოკიდებულება გენებსა და ქცევით ფენოტიპებს შორის იშვიათობას წარმოადგენს.

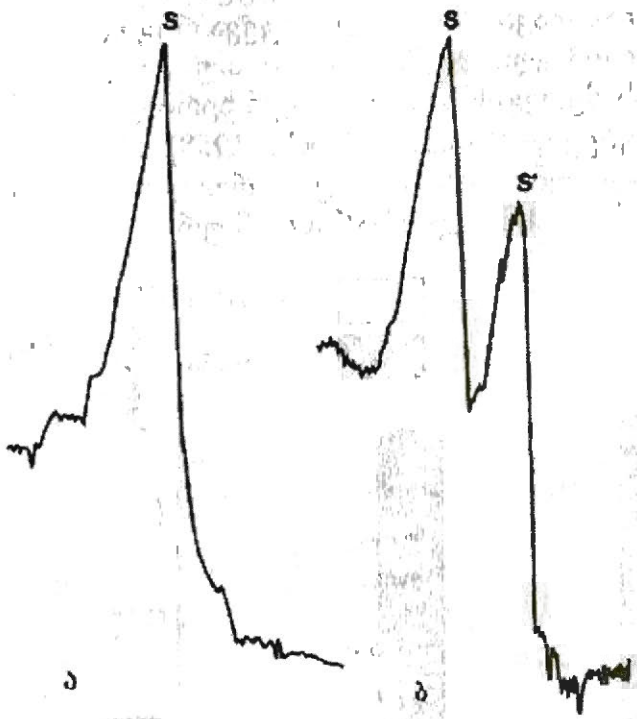
რაც შეეხება დასწავლის უნარის ბუნების გარკვევას, მიუხედავად დიდი მცდელობისა, იგი დღემდე შეუცნობელი რჩება. უცნობია, დასწავლასთან დაკავშირებული ქცევა რეგულირდება ერთი გენის პლეიოტროპული მოქმედებით, თუ პოლიგენური სისტემით. შეჯვარების შედეგის ანალიზი ვერ ხერხდება (3.21.). რ. კუპერმა და ი. ზუბეკმა (Cooper, Zubek, 1958) სხვადასხვა გარემოში გამოზრდილ უნარიან და უუნარო ვირთაგვებში შეისწავლეს ლაბირინთში დასწავლის ხარისხი (სურ. 3.22.).



სურ.3.22. *სხვადასხვა გარემოში გამოზრდილი უნარიანი და უუნარო ვირთაგვების დასწავლის ხარისხი ლაბირინთში. ჰისტოგრამიდან ჩანს, რომ ცუდ გარემოში გამოზრდილ უნარიან და უუნარო ვირთაგვებს შორის დასწავლის ხარისხში განსხვავება არ მჟღავნდება. უმნიშვნელო განსხვავება შეიმჩნევა კარგ გარემოში გამოზრდილ ცხოველებში. საგრძნობი განსხვავებაა ნორმალურ გარემოში გამოზრდილ ცხოველებს შორის. რ. კუპერისა და ი. ზუბეკის (Cooper, Zubek, 1958) მიხედვით.*

აღსანიშნავია ერთი გარემოება. გასული საუკუნის 60-იან წლებში შვედი მეცნიერის ჰ. ჰიდენის ნაშრომების გავლენით წარმოიქმნა და პოპულარული გახდა მოსაზრება მეხსიერების მოლეკულური დონის შესახებ. ჰიდენმა შექმნა მგრძნობიარე მე-

თოდი, რომელიც საშუალებას იძლეოდა ერთეულ იზოლირებულ ნეირონებში განსაზღვრულიყო რნმ-ის რაოდენობა და მისი ხარისხობრივი მაჩვენებელი. ჰიდენმა (Hyden, Egyhazi, 1964). თანამშრომლებთან ერთად დაადგინა, რომ დასწავლის გავლენით ადგილი ჰქონდა თაგვების თავის ტვინის გარკვეულ ნეირონებში რნმ-ის რაოდენობრივ ზრდას და მისი შემცველი ნუკლეიდების ცვლილებას (სურ. 3.23.). ნეიროგენეტიკოსები მი-



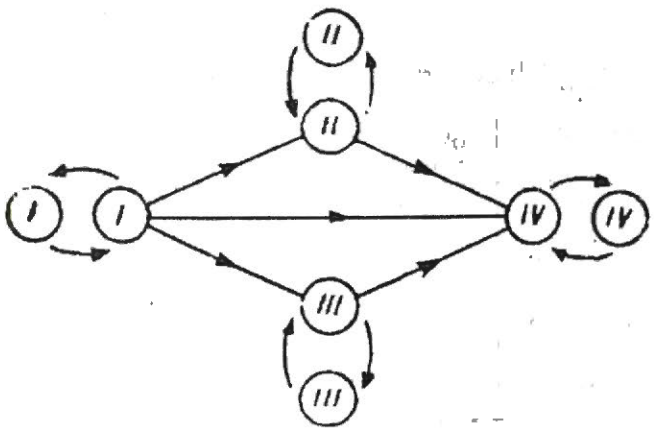
სურ.3.23. *რნმ-ის როლი დამახსოვრების პროცესში ჰ. ჰიდენის კონცეფციის მიხედვით. ავტორი ვარაუდობდა, რომ მეხსიერების მოლეკულები წარმოადგენს ინფორმაციულ რნმ-ს, რომელიც ახდენს სპეციალური „შემნახველი" ცილების (მათ S უწოდეს) სინთეზს. ნახაზზე წარმოდგენილია შვედი მეცნიერების მონაცემები, სადაც მიკროელექტროფორეზის საშუალებით დაყოფილია ჰიპოკამპის ნერვული უჯრედებიდან გამოყოფილი ცილები. ა-გრაფიკი წარმოადგენს უსწავლელი თაგვების ნეირონებიდან მიღებული ცილების სპექტრს, ხოლო ბ-გრაფიკი - ნასწავლებიდან. სურათიდან ჩანს, რომ დასწავლის შედეგად რაოდენობრივად მატულობს ცილის მე-2 ფრაქცია, რომელშიც წარმოდგენილია S-100. ჰიდენის ვარაუდით, S-100 განთავსებული უნდა ყოფილიყო ნეირონთა ბირთვებში, რათა დაერეგულირებინა უჯრედების გენური აქტივობა. შემდგომი ეს ვარაუდი არ დადასტურდა, რადგან გაირკვა, რომ S-100 გლიური უჯრედების ციტოპლაზმაშია ლოკალიზებული და როგორც ჩანს, მას დასწავლასთან კავშირი არა აქვს.(ლ. კორორჩკინი. გენები და ქცევა. სოროსის საგანმანათლებლო ჟურნალი №1, 75-84, 1999. სტატია თარგმნილია პროფ. დ. მიქელაძის მიერ).*

ვიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ დასწავლის პროცესში აქტიურდება სრულიად ახალი, მანამდე უფუნქციო გენები ნეირონებში დნმ-ის ახალი უბნების ამოქმედების გამო, მეხსიერებაში აღიბეჭდება გარკვეული ტიპის ქცევები. სამწუხაროდ, ეს მომხიბვლელი ჰიპოთეზა შემდგომმა კვლევებმა არ დაადასტურა. ჰიდენის მიერ

შემუშავებული რნმ-ის განსაზღვრის მეთოდი, რომელმაც თავის დროზე ფართო წრეებში დიდი აჟიოტაჟი გამოიწვია, არაზუსტი აღმოჩნდა და არ ასახავდა ნეირონში მიმდინარე რეალურ პროცესებს. შემდგომ შეიქმნა უფრო დახვეწილი, თანამედროვე ცოდნაზე დამყარებული მეთოდები და გაირკვა, რომ დასწავლის პროცესში ადგილი არა აქვს ნეირონებში რნმ-ის თვისობრივ ცვლილებებს. აღწერილი პრობლემის ირგვლივ კვლევა ინტენსიურად მიმდინარეობს, მაგრამ საკითხი გადაუჭრელი რჩება. ზემოთქმული საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ დასწავლის გენეტიკური მექანიზმები ჩადებულია ნეირონული პოპულაციების სტრუქტურაში, რომლის ჩამოყალიბების თავისებურებები ონტოგენეზში ფორმირდება.

სისხლის ჯგუფების მემკვიდრეობასთან კორელირებადი ადამიანთა ხასიათები.

ერითროციტებში აგლუტინოგენებისა და პლაზმაში აგლუტინინის არსებობის ან არარსებობის მიხედვით ჩვენი პლანეტის მთელი მოსახლეობა შეიძლება დაიყოს ოთხ ჯგუფად. დაყოფის ამგვარ სისტემას ABO ეწოდება. ჯგუფები A,B და AB ხასიათდებიან ანტიგენთა არსებობით და შესაბამისად ანტისხეულთა არარსებობით. მეოთხე ჯგუფის (0) ერითროციტებში არ არის A და B ანტიგენები (არსებობს მონაცემები H – ანტიგენის არსებობის შესახებ). ამ ჯგუფის პლაზმა შეიცავს A და B ანტისხეულებს. სისხლში ხშირად გვხვდება A_2 და H ანტისხეულები ანტიგენთა საწინააღმდეგოდ, მაგრამ მათ არავითარი კლინიკური მნიშვ-



სურ.3.24. *სისხლის გადასხმის სქემა. ისრებით ნაჩვენებია, თუ რომელი ჯგუფის მქონე ადამიანებს შეიძლება გადაესხას ამა თუ იმ ჯგუფის სისხლი. პ. შმიდტისა და გ. ტევსის (Шмидт, Тевс, 1986) მიხედვით.*

ნელობა არ გააჩნიათ, ამიტომ ადამიანთა სისხლის ჯგუფები ხასიათდება ერითროციტთა ანტიგენური თვისებებით.

ახალშობილთა სისხლში, როგორც წესი, არ არის ABO სისტემის ანტისხეულები. ერთი წლის განმავლობაში ბავშვებს უმუშავდებათ ანტისხეულები იმ ანტიგენებზე, რომლებიც არა აქვთ საკუთარ ერითროციტებში. ადამიანის უჯრედში არის ჰომოლოგიურ ქრომოსომათა 23 წყვილი, რომელთაგანაც ნახევარი დედისაა, ნახევარი კი – მამის. მეცხრე ქრომოსომის გარკვეულ ლოკუსში მოთავსებულია სამიდან ერთი ალელი, რომელიც მონაწილეობს სისხლის ჯგუფების ჩამოყალიბებაში. ვინაიდან ქრომოსომა წყვილია, ამიტომ სისხლის ჯგუფი ყალიბდება დედისა და მამის ალელების მონაწილეობით.

ABO სისტემაში არსებობს სისხლის ფენოტიპური ოთხი ჯგუფი: O(I), A(II), B(III) და AB(IV). ჯგუფი განისაზღვრება ერთი გენის სამი ალელით: I^A, I^B და i. ალელები I^A და I^B დომინანტებია i-ალელის მიმართ, ხოლო ერთმანეთის მიმართ კი კოდომინანტები. სამი ალელის შემთხვევაში შეიძლება არსებობდეს ექვსი გენოტიპი, მაგრამ ვინაიდან i ალელი რეცესიულია, ამიტომ არსებობს სისხლის ოთხი ჯგუფი. (ცხრილში 3.2.).

ცხრილი 3.2.

ABO სისტემის სისხლის ჯგუფები

სისხლის ჯგუფი ფენოტიპი	გენოტიპი	აგლუტინოგენი ერითროციტებში	აგლუტინინი პლაზმაში
O (I)	OO	არ არის	ანტი-A (α) ანტი -B (β)
A (II)	OA ან AA	A	ანტი -B(β)
B (III)	OB ან BB	B	ანტი -A(α)
AB (IV)	AB	A,B	არ არის

სისხლის ჯგუფებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს სისხლის გადასხმის შესაძლებლობის გამოსარკვევად. სისხლის გადასხმის სქემა ნაჩვენებია სურ-ზე 3.24. ადამიანთა უმრავლესობის (85%) ერითროციტები შეიცავს კიდევ ერთ ფაქტორს, რომელიც პირველად აღმოაჩინეს 1910 წელს მაკაკების (Macacus

rhesus) სისხლში და ამიტომ მას უწოდეს რეზუს ფაქტორი (შემოკლებით Rh- ფაქტორი). თუ ამ ფაქტორის შემცველი ადამიანის სისხლს (რეზუს-დადებითი, Rh^+) გადავუსხამთ ადამიანს, რომელსაც იგი არა აქვს (რეზუს-უარყოფითი, Rh^-) მაშინ ამ უკანასკნელს გამოუმუშავდება სპეციალური აგლუტინინები და ჰემოლიზინები. ასეთი ადამიანებისათვის რეზუს-დადებითი სისხლის განმეორებითმა გადასხმამ შეიძლება გართულება გამოიწვიოს, დაემართოს ჰემოტრანსფუზიული შოკი. დღეისათვის ცნობილია სისხლის 25 სისტემა (ABO, რეზუსი, კრომერი, დიეგო, დაფი, MNS, ლუისი და სხვა), რომლებიც მოიცავენ 300-ზე მეტ სხვადასხვა ანტიგენს (სურ. 3.25.). სისხლის გადასხმისას ყურადღება ექცევა მხოლოდ ორ სისტემას – ABO-სა და რეზუსს. სისხლის ABO სისტემის ჯგუფობრიობის პროცენტული განაწილება სხვადასხვა ეროვნების ხალხებში ნაჩვენებია ცხრილში 3.3. მკითხველისათვის საინტერესოა, თუ როგორ არის ქართველ მოსახლეობაში განაწილებული ამავე სისტემის ჯგუფობრიობა (ცხრილი 3.4.).

ცხრილი 3.3.

სისხლის ABO სისტემის ჯგუფობრიობის განაწილება სხვადასხვა ეროვნების ხალხებში (Оловников, 2002)

ეროვნება	სიხშირე %-ით სისხლის ჯგუფები			
	O(I)	A(II)	B(III)	AB(IV)
რუსები	33	38	21	8
ლიტველები	40	34	20	6
ქართველები	55	29	10	6
ყალმუხები	26	22	41	11
გერმანელები	33-34	40-48	8-17	3-7
ინგლისელები	45-53	30-43	8-12	2-4
ამერიკელი ინდიელები	99-100	0,1-0,5	–	–
ავსტრალიელი აბორიგენები	47-63	32-48	0-10	0-3
აფრიკელი ბუშმენები	56	33	9	2

ცხრილი 3.4.

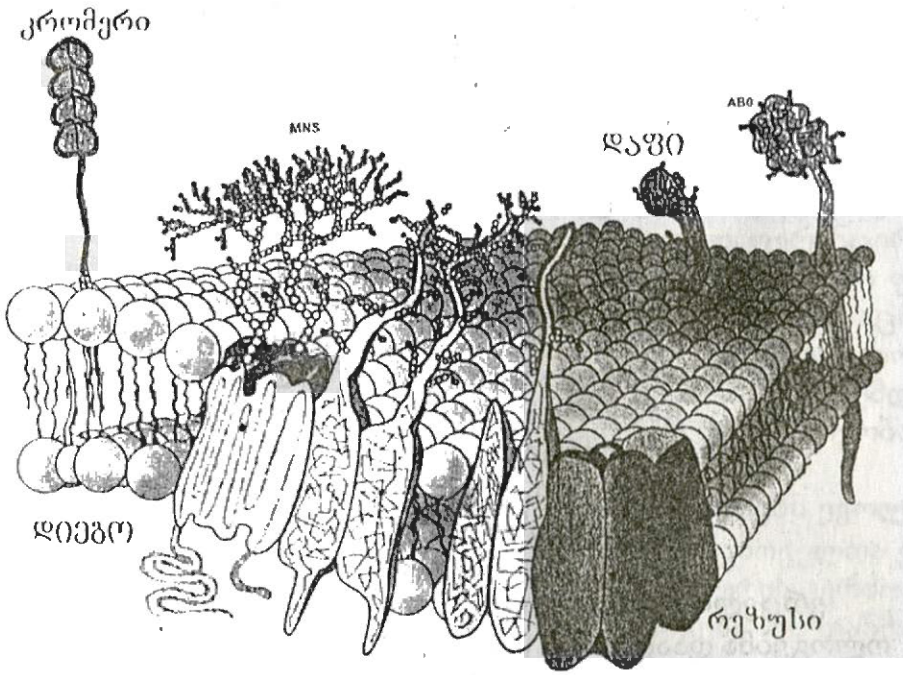
სისხლის ABO და Rh სისტემების ჯგუფობრიობის პროცენტული გავრცელება ქართულ მოსახლეობაში (Nasidze, 1990)

პოპულაცია	0(I)	A(II)	B(III)	AB(IV)	Rh+	Rh-
კახეთი(საგარეჯო)	41,4	37,0	13,8	0,8	85,7	14,3
ქართლი(გორი)	40,0	43,3	11,7	0,5	88,3	11,7
ხევი(ყაზბ.)	46,7	33,3	16,7	0,3	83,3	16,7
მთიულეთი (თიანეთი)	39,1	43,5	13,0	0,4	87,0	13,0
თუშეთი (ალვანი)	36,0	36,0	20,0	0,8	88,0	12,0
აჭარა (ბათუმი)	59,8	35,5	0,5	0,1	91,9	8,1
გურია (ოზურგეთი)	58,0	34,0	0,7	0,1	90,0	10,0
მესხეთი (ასპინძა)	29,0	48,4	16,5	0,6	93,1	6,9
იმერეთი (თერჯოლა)	61,1	27,9	0,8	0,3	80,6	19,4
სამეგრელო (ზუგდიდი)	60,5	28,0	0,7	0,5	76,7	23,2
რაჭა (ონი)	46,1	37,1	14,1	0,3	85,7	14,3
სვანეთი (მესტია)	57,0	35,1	0,5	0,3	83,8	6,2

სისხლის ჯგუფების აღმომჩენი კარლ ლანდშტეინერი XX საუკუნის დასწყისში წერდა, რომ მისი აღმოჩენა „შეიძლება გამოადგეს კაცობრიობას" (Оловников, 2002. მიხედვით). დღეს კი ნათელია, რომ აღსრულდა მკვლევარის სიტყვები. სისხლის ჯგუფების ცოდნას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს კლინიკაში. იგი გამოყენებულია სასამართლო-სამედიცინო პრაქტიკაში. მამაკაცი AB ჯგუფით ვერ იქნება O ჯგუფიანი ბავშვის მამა. მარტო ასეთი კრიტერიუმის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს 10%-იანი ცდომილება. თუ გათვალისწინებული იქნება მეტი ჯგუფური ფაქტორები, დიაგნოზი ზუსტად დაისმება 99%-იანი სიზუსტით. ბოლო წლებში სოციოლოგების მიერ ინტენსიურად მიმდინარეობს სისხლის ჯგუფებთან დაკავშირებული ადამიანთა ხასიათების კვლევა. იაპონელმა პოშიტაკე ჰომიმ შეიმუშავა მეთოდი სპეციალური ანკეტური მონაცემების საფუძველზე სისხლის ჯგუფისა და ადამიანის ხასიათს შორის კორელაციის დადგენისა. ამ ფართომაშტაბიან ექსპერიმენტში შეისწავლეს მილიონამდე იაპონელი.

საფრანგეთში გამოქვეყნდა ჟან-ლუი დეგადენზის წიგნი „თქვენი სისხლის ჯგუფის საიდუმლო", რომელიც იძლევა საშუალებას დაადგინოთ საკუთარი და პარტნიორის სიყვარულის ხარისხი. ჩამონათვალში დაჯგუფებულია ქალისა და მამაკაცის ხასიათების კორელაცია სისხლის ABO სისტემის ჯგუფებთან. რამ-

დენად ზუსტია ამგვარი დაჯგუფება, საკამათოა, მაგრამ ერთი კი ფაქტია, ჩამოთვლილი ხასიათები დიდი ალბათობით რეალიზდება სხვადასხვა ხალხებში.



სურ.3.25. *ერითროციტების მემბრანის სქემა, რომელშიც ჩაშენებულია სხვადასხვა სისტემის სისხლის ჯგუფების მოლეკულები.*

პირველი ჯგუფის

ქალი: ემოციურია, ჭირვეული, პირდაპირი, გულმართალი, კარგი დედაა და კარგი დიასახლისი.

მამაკაცი: ოპტიმისტია, ემოციური, მიილტვის ლიდერობისაკენ, ამავე დროს ეჭვიანია, ჭირვეულია, ამბიციურია, შეუძლია ქალის ერთი ნახვით შეყვარება, მაგრამ მისი სიყვარული დიდხანს არ გრძელდება-მალე უცივდება გული.

მეორე ჯგუფის

ქალი: თავდაჭერილია, მომჭირნე, ერთგული, მისთვის მთავარია ოჯახი, მეუღლის მორჩილია.

მამაკაცი: მომთმენია, მეტად მგრძნობიარე, კეთილი, ჯიუტი, მოუსვენარი, კარგი მეოჯახეა, მაგრამ დამრიგებლური ტონით საუბრით ბევრს აღიზიანებს.

მესამე ჯგუფის

ქალი: ცვალებადი ხასიათისაა, ვერ იტანს მეუღლის უყურადღებობას და როგორც კი მოახერხებს, უმალ ტოვებს მეუღლეს.

მამაკაცი: ინდივიდუალისტია, ადვილად რეაგირებს მოვლენათა ცვალებადობაზე, მეუღლისადმი ნაზია, თუმცა თავნებაცაა და ღალატზეც უჭირავს თვალი.

მეოთხე ჯგუფის

ქალი: ეკონომიკურ სტაბილურობას ეძებს, გონივრულად გეგმავს ბიუჯეტს, ავადმყოფურად განიცდის ოჯახურ კონფლიქტს. არასდროს უთმობს ქმარს და განქორწინებისას არაფერს კარგავს.

მამაკაცი: გულცივია, გაწონასწორებული, ტაქტიანი, სამართლიანი, მაგრამ ფიცხია და უჭირს მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილების მიღება. მეუღლეს ეპყრობა დიდი პატივისცემით მთელი სიცოცხლე.

ვრცელი სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე ბიოსოციოლოგებმა დაადგინეს სისხლის ABO სისტემის სხვადასხვა ჯგუფში გაერთიანებული ადამიანების ოჯახური ურთიერთობების ხასიათი. ხასიათი ასეთია:

(♀O(II) × ♂A(II)) ოჯახი მყარია

(♀EA(II) × ♂O(I)) ოჯახი მყარია

♀AB(IV) × ♂A(II) როგორც წესი, შორდებიან

♀A(II) × ♂AB(IV) ხშირია განქორწინება

♀B(III) × ♂AB(IV) ხშირია განქორწინება

♀A(II) × ♂B(III) ხშირია განქორწინება

♀B(III) × ♂ B(III) ხშირია განქორწინება

♀O(I) × ♂O(I) დაბალია განქორწინება

აღსანიშნავია, რომ ყველაზე ტემპერამენტიან ადამიანებად მიჩნეული არიან სისხლის ABO სისტემის პირველი ჯგუფის ორივე სქესის წარმომადგენლები. დადგენილია ისიც, რომ გათხოვების შემდეგ ქალების ტემპერამენტი გონებას ემორჩილება. ბიოსოციოლოგების მიერ შემოთავაზებული ხასიათი და კლასტერი-

ზაცია შეიძლება თქვენი ზუსტი პროტოტიპი აღმოჩნდეს. ჯგუფურობა მხოლოდ ზრდის ალბათობას.

ქცევის ევოლუცია

ქცევის ევოლუცია შეისწავლის ცხოველთა შეგუებით-მიზანმიმართული ქცევების ფორმირების ცვალებადობას მუდმივად მოქმედი ცვალებადი გარემო ფაქტორების ზეგავლენით. ქცევის ფორმირება დამოკიდებულია თავის ტვინში მიმდინარე კოგნიტურ პროცესთა გავლენით ცხოველთა დასწავლის უნარზე. არსებობენ სწრაფად, ძნელად და საერთოდ ვერ დამსწავლელი ცხოველები. ევოლუციის შედეგად პოპულაციებში დიფერენცირებულად ჩნდებიან ახალი ან უკვე ჩამოყალიბებული ქცევითი ფენოტიპის სახესხვაობის მატარებელი ინდივიდები. პოპულაციამ რომ განიცადოს პროგრესი, ინდივიდებმა უნდა დატოვონ თაობების დიდი რაოდენობა მსგავსი ქცევითი ფენოტიპით, წინააღმდეგ შემთხვევაში პოპულაცია აღმოჩნდება რეგრესის მდგომარეობაში და შეიძლება დაიღუპოს კიდეც.

პოპულაციის პროგრესს და რეგრესს განაპირობებს ევოლუცია. დობჟანსკის (Dobzhansky et. al., 1977) აზრით, ცხოველთა ევოლუცია არის პოპულაციის გენეტიკური სტრუქტურის კერძო ან მთლიანი შეუქცევადი გარდაქმნების და დივერგენციის თანმიმდევრული რიგი დროში. გარდაქმნების ძირითადი საფუძველია ცვლილება, რომელიც წარმოიქმნება პოპულაციისა და გარემოს ურთიერთობისას. ქცევის ევოლუცია უპირატესად მიმდინარეობს ფორმათა ადაპტაციური განშტოებებით. ცხოველთა ადაპტაციური ქცევების წარმოქმნა ხდება ახალი ტერიტორიების ათვისებისას, საკვების შეცვლისას, საარსებო გარემო პირობების შეცვლისას და ახალი საზოგადოების ჩამოყალიბებისას. ქცევის ადაპტაციური ცვლილებები ზოგჯერ ართულებს ონტოგენეზს და ფიზიოლოგიურ რეაქციებს, რომლებიც არსებობენ პოპულაციასა და გარემოს შორის. ევოლუციის სინთეზური თეორიის პოსტულატებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ბუნებრივი გადარჩევა ხელს უწყობს პოპულაციის ზოგიერთ ინდივიდში იმ გენთა სიხშირის შეცვლას, რომლებიც აკონტროლებენ ამა თუ იმ ნიშანს. ეს კი ნიშნავს, რომ ბუნებრივი გადარჩევის გავლენით პოპულაციის გენოფონდის ცვლილება მიმდინარეობს ნელა. საინტერესოა გაირკვეს, რა როლს თამაშობს ქცევა ევოლუციური შეგუებულობის ზოგად ფენომენში. თუ შეგუებულობას

განვსაზღვრავთ როგორც გენოტიპის უნარს, შეცვალოს მომავალი თაობების ქცევები, მაშინ უფრო მტკიცედ შეგვიძლია განვაცხადოთ, რომ შეგუებულობა არის ახალი ქცევითი ფენოტიპის მატარებელ ინდივიდთა საშუალო რაოდენობის შეფარდება ძველი გენოტიპის მატარებელ ინდივიდთა რაოდენობასთან. ახალ გენოტიპთა შეგუებულობა დამოკიდებულია გარემო ფაქტორთა ზემოქმედებაზე.

მრავალ პოპულაციაში ქცევითი გენოფონდის მრავალფეროვნება იმის მაჩვენებელია, რომ მასში მიმდინარეობს გენების ფიქსაცია და ელიმინაცია. პოპულაციაში არსებობს ერთი ან რამდენიმე პროცესი, რომელიც აქტიურად მოქმედებს გენეტიკური ცვალებადობის შენარჩუნებაზე. ამ მიმართულებით მოქმედებს სქესობრივი გამრავლება. ე. უილსონი (Wilson,1975) ასეთ პროცესებად მიიჩნევს:

1. სიხშირეზე დამოკიდებული გადარჩევა. გადარჩევა მიმართულია ცალსახად არა ერთ რომელიმე კონკრეტულ ქცევით ფენოტიპზე, არამედ მის შეფარდებით სიხშირეზე პოპულაციაში. ალტერნატიური ფორმებიდან თუ გადარჩევა ხელს უწყობს რომელიმე კონკრეტულს, გარკვეული დროის შემდეგ ეს ქცევა სტაბილიზდება, მისი სიხშირე პოპულაციაში იზრდება.
2. სივრცითი ჰეტეროგენური გარემო ინდივიდთა მიგრაციით. თუ გარემო არაერთგვაროვანია, მაშინ ინდივიდებიც განსხვავებულად იქნებიან შეგუებულები. ცხოველთა მიგრაციის გამო მოხდება გენთა გავრცელება პოპულაციის მთელ არეალზე.
3. დიზრუპტული გადარჩევა. იგი ხელს უწყობს რამოდენიმე განსხვავებული ფენოტიპური კლასის შენარჩუნებას პოპულაციაში შუალედურ ფორმათა დათრგუნვით.
4. ციკლური გადარჩევა. თუ ქცევის გარკვეული ნიშანი კარგად არის ადაპტირებული ერთ გარემოში და ნაკლებად – მეორეში, შეიძლება წარმოიქმნას რეგულარული ციკლურობა.
5. ჰეტეროზიგოტურობის უპირატესობა. თუ ჰეტეროზიგოტური ფორმების შეგუებულობა უფრო მაღალია, ვიდრე ჰომოზიგოტურის, მაშინ პოპულაციაში ჩნდება გენეტიკური ცვალებადობის ტენდენცია. ჰეტეროზიგოტურობით განსაზღვრული ქცევა ცხოველს ხელს უწყობს კონკურენციაში.

ყველა სახეობის სოციალურ თვისებებს აქვთ სწრაფი ევოლუციის უნარი, რაც დამტკიცებულია მრავალი ფაქტით. პოპულაციის შიგნით ევოლუციური პოტენციალი მემკვიდრულია. მემკვიდრეობის საშუალო ხარისხი ნაჩვენები იქნა ქცევითი მახასიათებლების ფართო არეალში, რომელიც მოიცავს არშიყობას მტრედებში, თაგვების ჯგუფების დისპერსიას, დისპერსიულ ტენდენციებს ბუგრებში და მრავალ სხვა პარამეტრებს ხერხემლიანებსა და მწერებში. ძაღლების სოციალური ქცევების გენეტიკურმა კვლევამ გამოავლინა მემკვიდრეობის მნიშვნელოვანი ხარისხი ფაქტიურად ყველა თვისებაში.

პოპულაციაში თვისებების ცვლილების სიჩქარე ისევე იზრდება, როგორც მემკვიდრეობისა და სელექციური პროცესების ინტენსიურიობა, უფრო ზუსტად:

$$R = h_v 2s,$$

სადაც R–სელექციური სიგნალია,

h_v – მემკვიდრეობა,

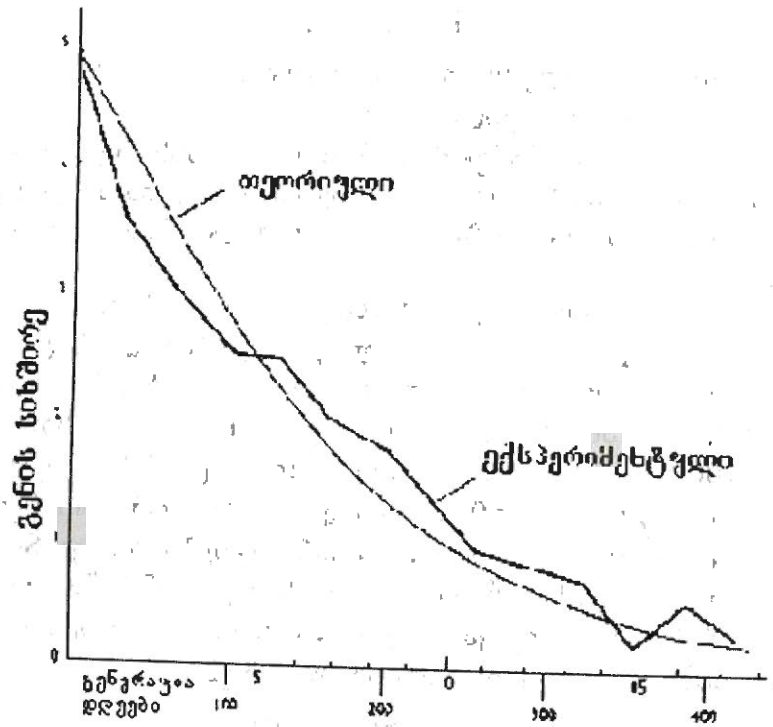
S - პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრულია პოპულაციის პროპორციით, იგი ჩართულია სელექციურ და თვისების სტანდარტულ გადახრათა პროცესებში.

ევოლუციის სიჩქარეს საზღვრავენ გენთა სიხშირით. თავპირველად ადგენენ თეორიულ შესაძლებლობებს. q–თი აღვნიშნოთ მოცემული რეცესიული ალელის სიხშირე პოპულაციაში (როცა q=0, გენი არ არის, ხოლო როცა q=1, მაშინ ამ სახის გენის სიხშირე 100%-ია). S–ით აღვნიშნოთ სელექციის ზეგავლენა ჰომოზიგოტებზე, როცა S=0, ინდივიდები არაფერს არ შეიცავენ, მაგრამ გენი შენარჩუნებულია და მრავლდება. როცა S=1, ასეთ ინდივიდებს არ შეაქვთ წვლილი შთამომავლობის წარმოქმნაში. ბუნებაში S 0-დან 1-მდე ვარირებს. ფართო პოპულაციის თითოეულ თაობაში ცვლილების ხარისხი w -იქნება

$$W = \frac{-Sq^2(1-q)}{1-Sq^2}$$

სადაც Sq^2-ს უმნიშვნელო რიცხვითი მნიშვნელობა აქვს. როცა q=0,67, ცვლილების ხარისხი მაქსიმალურია. ხარისხი მკვეთრად კლებულობს, როცა გენი ან ძალიან იშვიათია, ან პირიქით, ხშირად გვხვდება.

მოვიტანთ Drosophila melanogaster- ში ქცევის ევოლუციური ცვლილების მაგალითს. პლეიტროპული რეცესიული გენი „raspberry“ გავლენას ახდენს თვალის შეფერილობაზე და სქესისთვის ნიშანდობლივ ქცევაზე. როდესაც ინდივიდი შეიცავს ორ რეცესიულ გენს (ჰომოზიგოტი რეცესიული ალელის მიხედვით), მათი გამრავლებისუნარიანობა მკვეთრად ქვეითდება ჰეტეროზიგოტ ან დომინანტ ჰომოზიგოტ ინდივიდებთან შედარებით. კერძოდ, როდესაც პოპულაციაში S=50-%, ათი გენერაციის შემდეგ ამ გენის სიხშირე თანდათანობით ელიმინირდება და დადის 10%-მდე (სურ. 3.26). ანალოგიური შედეგები მიღებული იყო პლეიოტროპული გენების, როგორებიცაა ey (უთვალო) და vg (ჩანასახოვანი ფრთები), მუტაციის შემთხვევაშიც.



სურ.3.26. *ქცევის ცვლილება Drosophila melanogaster-ის ლაბორატორიულ პოპულაციაში გადარჩევის შედეგად. რეცესიული გენის, „raspberry“-ის სიხშირე საწყის პოპულაციაში შეადგენდა 50%-ს. ნაჩვენებია თეორიული გამოთვლით და ცდის შედეგად მიღებული მრუდები. ათი თაობის შემდეგ გენის სიხშირე 10% ხდება (Wilson, 2000).*

დროზოფილაში თვალის სხვა მუტაციები ხშირად ანალოგიურ თვისებებს ავლენს. ყვითელი შეფერილობის მუტანტებში ზუსტი ქცევითი საფუძველი ახსნილ იქნა ბასტოკისა და მანინგის (Bastock, Maning, 1955) მიერ. მათ აღმოაჩინეს, რომ პოპულაციაში მამრების წარმატებულ „არშიყობას" მოსდევს შემდეგი მანევრები: 1) „ვიბრაცია", რომლის დროსაც იგი სწრაფად არხევს ფრთებს; 2)„ორიენტაცია", რომლის დროსაც მამრები მდედრების მახლობლად იმყოფებიან, ან მიჰყვებიან მათ; 3) „ლოკვა", ადგილი აქვს მამრის მიერ მდედრის კვერცხსადების ლოკვას და კოპულაციას. ყვითელი ჰომოზიგოტი მამრები ამ მანევრს თანმიმდევრულად ახორციელებენ, მაგრამ ნორმალურ მამრებთან შედარებით ნაკლებ აქტივობას იჩენენ „ვიბრაციის" და „ლოკვის" აქტებში, რაც კოპულაციის ეფექტურობას ამცირებს. ასეთი ქცევითი კომპონენტები ჩვეულებრივია დროზოფილას სწრაფად ფორმირებად პოპულაციებში.

არსებობს მრავალი სხვა მაგალითი, როდესაც ლაბორატორიულ პოპულაციაში მთავარი ქცევითი მახასიათებლების მნიშვნელოვანი ევოლუცია მიიღწევა 10 ან უფრო ნაკლები თაობის მანძილზე. ნეიტრალური ქცევითი ხაზებიდან დობჟანსკის და სპასკის (Dobzhansky, Spassky, 1962), დობჟანსკისა და პირჩის (1963) მიერ შეიქმნა დროზოფილას ხაზები, რომელთა მოწიფული მწერები ორიენტაციას გრავიტაციისა და სინათლის მეშვეობით ახდენენ, რაც განაპირობა მიდრეკილების სწრაფმა ცვლილებამ.

გიბსონმა და თოდეიმ (Gibson, Thodey, 1962), D. melanogaster-ის პოპულაციებზე, გულ-მკერდის ჯაგრის დიდი და მცირე სიხშირის მქონე თანაარსებული ხაზების შესაქმნელად სელექციის დროს აღმოაჩინეს, რომ ამ ორმა ხაზმა შეწყვიტა ურთიერთშეჯვარება დაახლოებით 10 თაობის შემდეგ. ამგვარად, ამ მოკლე პერიოდის განმავლობაში მათ შექმნეს ორი სახეობა. მოგვიანებით ეს აიხსნა თოდეის (Thodey, 1964) ექსპერიმენტებში: ჰომოგამიისათვის (მსგავსის მსგავსთან შეჯვარება) ხელსაყრელი გენები შეირჩა ჯაგრის სიხშირის მიხედვით.

ევოლუციას, რომელიც წინ უძღვის სახეობათა წარმოქმნას, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ასეთი ინტენსიური სელექციის გარეშეც. 1950წ. ვეთუკჰივმა D. melanogaster-ის ერთი ჰეტეროზიგოტური ხაზიდან მიიღო 6 პოპულაცია. საწყისი ხაზი მიღებულ იქნა მეტად დაშორებული პოპულაციის ჰიბრიდებიდან.

ხელოვნური გადარჩევით სწრაფი ქცევითი ევოლუცია მიღწეულ იქნა მღრნელებში, თუმცა მისი გენეტიკური მექანიზმი კვლავ უცნობია. ლაბორატორიულ პირობებში გამრავლებულ მღრნელებში ჩამოყალიბებული თვისებებიდან ნიშანდობლივია: ლაბირინთში ქცევა, ბრძოლის უნარი, ვირთაგვებში აგრესიისა და კანიბალიზმის ტენდენციები, საექსპერიმენტო ჩვევების გამომუშავება. ლაბორატორიული მღრნელების პოპულაციებში ქცევის ევოლუცია შეიძლება ხელოვნური გადარჩევის გარეშეც წარიმართოს. ველის თაგვის (Peromyscus maiculatus) ბუნებრივი საარსებო გარემო ბალახოვანი საფარია. ჰარსმა (Harris, 1952) მღრღნელებს ორი განსხვავებული გარემო შეურჩია: ბალახოვანი და ტყის საფარი. თაგვმა არჩია ბალახოვანი საფარი. ასეთი საპასუხო რეაქცია მათში გენეტიკურადაა დეტერმინირებული და თაობებს გადაეცემა. 10 წლის (12-20 თაობის შემდეგ) თაგვების ლაბორატორიულმა შთამომავლობამ დაკარგა საარსებო გარემოს არჩევის ტენდენცია. მათ აღარ აღენიშნებოდათ საცხოვრებლად უპირატესი საარსებო გარემოს შერჩევის უნარი

ამგვარად, როგორც ვხედავთ, შესაძლებელია ქცევის ევოლუცია, რომელსაც დივერგენციის უნარიც აქვს. მნიშვნელოვანი ცვლილებების მისაღწევად საჭიროა გაცილებით მეტი, ვიდრე 10 თაობა.

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ პოპულაციებში ევოლუციის როლის შეფასება, აუცილებელია დავუბრუნდეთ ტაქსონომიურ ერთეულებს. ეს მეთოდი მოიცავს უმდაბლესი ტაქსონომიური რიგის იდენტიფიკაციას მოცემული ფილეტური ჯგუფის შიგნით, რომელიც საინტერესო თვისებების ვარიაციას ავლენს. თუ ერთი და იგივე პოპულაციის განსხვავებული საზოგადოებები მნიშვნელოვანი ხარისხით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და ამასთანავე ვარიაციას აქვს მტკიცე გენეტიკური საფუძველი, თვისებები ევოლუციურად ლაბილურია. იმ შემთხვევაში, როცა ტერიტორიულად იზოლირებული პოპულაციები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან, თვისებებმა ჰიპოთეტურად შეიძლება სწრაფი ევოლუცია განიცადოს. თუ ფართო ფილოგენეტიკურ ნაკრებში უმდაბლესი ტაქსონი, რომელშიც გამოიხატება ვარიაცია, ოჯახი ან რიგია, ევოლუცია შედარებით შენელებულია.

ნომოგრაფიული რუკების შედგენის მიზეზი საკმაოდ მარტივია. ტაქსონომიურ კატეგორიებად დაყოფა ეფუძნება პოპულა-

ციებს შორის განსხვავების ხარისხის ზრდას. რაც უფრო დიდია განსხვავება მახასიათებლებში, მით უფრო მეტ კატეგორიებად ხდება დაყოფა. ამოსავალი წერტილი (განსხვავებათა რაოდენობა), რომელიც აუცილებელია ორი სახეობის არა მარტო განსხვავებულ გვარებში, არამედ ოჯახში მოსათავსებლად, მეტად ცვალებადია. ფრინველებისა და ძუძუმწოვრების სისტემატიკოსები განსხვავებულობის ხარისხის მიხედვით სახეობებს უფრო მაღალი რიგის ტაქსონებში განათავსებენ, ვიდრე ენტომოლოგები ან პროტოზოოლოგები. მიუხედავად ამისა, ტაქსონომიური სკალა იძლევა სამართლიან საფუძველს მთლიანი გენომის ევოლუციის შეფასებისათვის. მთლიანობაში ფენოტიპური განსხვავება ტაქსონებს შორის წარმოადგენს გენეტიკური დივერგენციის საზომს და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, წარმოადგენს საზომს იმ მიახლოებითი დროისა, რომელიც გავიდა დივერგენციიდან პოპულაციურ დონემდე.

მეთოდის ილუსტრაციისათვის განვიხილოთ ცხოველის საკომუნიკაციო სისტემით განხორციელებული ქცევები. არშიყობისას, შეწყვილების წინ და ტერიტორიის დაკავშირებისას გამოცემული ხმები საკმაოდ ცვალებადია ფრინველების პოპულაციებში, რაც ქმნის „დიალექტის" ფენომენს, რომელიც კარგადაა შესწავლილი. ვარიაციების უმეტესობა ტრადიციაზეა დამოკიდებული და მეტ-ნაკლებად ფენოტიპურია. მაგალითად, თეთრგვირგვინა ბეღურებში. გენეტიკური განსხვავებულობა ზოგადად გვიჩვენებს ევოლუციის ხარისხს. განსხვავებულობა წარმოიქმნება არა უმეტეს რამოდენიმე ათას წელიწადში ან უფრო ნაკლებ დროშიც კი. ექსტრემალურ პირობებში კი შესაძლებელია თეორიულ მინიმუმთან მიახლოვებაც. Anolisi – ხვლიკისგვარი, რომელიც იგუანასებრთა ოჯახშია გაერთიანებული, სწრაფად სპეციალიზებადი სახეობების ერთობლიობაა. ისინი განსხვავდებიან სხეულის ვერტიკალური რხევებით, რომლებიც არშიყობისა და ტერიტორიის მოპოვების კომპონენტებს წარმოადგენენ. (Williams, 1972), მაგრამ ძირითადი მოძრაობები, როგორიცაა თვითრხევა და სხეულის გვერდითი კუმშვა, უფრო მეტად რეაქციისუნარიანია. არშიყობისა და ტერიტორიის მოპოვებისათვის დამახასიათებელი ქცევები ავლენს ნელი ცვლილებების ტენდენციას, თუმცა გამონაკლისებიც გვხვდება. პოპულაციაში მრავალფე-

როვანი სოციალური ქცევებიდან ინტენსიურად ძალიან მცირე რიცხვი ვლინდება. მაგალითად, – არშიყობა სტერილურ კასტებში.

სოციალური ქცევების ევოლუციის უკეთესად გასაგებად ადარებენ განსხვავებული რანგის პოპულაციების სოციოეთოგრამებს, რომლებშიც აღრიცხულია ყველა სოციალური ქცევა და დროს, რომელიც მათ დაეთმო. ამ მეთოდით შეისწავლეს ბაბუინების, Langur–ების სახეობიდან Presbyhis entellus-ისა და p. johnii-ის, და ზოგადად cencopifhecoid–ების სოციალური ქცევები. სოციოეთოგრამა ნათლად წარმოადგნეს განსხვავებული კატეგორიების სოციალური ქცევების ევოლუციის ხარისხს.

არსებობს ერთი პარამეტრი, რომელიც საბოლოოდ უნდა შევიდეს ევოლუციურ განტოლებაში: გენეტიკური ცვლილების სირთულე. როგორც ვნახეთ, უმეტესად ერთი გენის ცვლილებას 10 თაობის მანძილზე აქვს ადგილი. თუმცა ასეთი ცვლილების ფიზიოლოგიური ეფექტი შედარებით მარტივია. მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ ზოგიერთი ეს ცვლილება შესაძლოა რედუცირდეს ან სრულიად დაიკარგოს. ეს შესაძლებელია განპირობებული იყოს იმით, რომ ახალი ალელები მეტაბოლური პროცესის ერთ-ერთი ბიოქიმიური საფეხურის ბლოკირებას ახდენენ. გარემოში მომხდარი ცვლილებები იწვევენ სოციალური ქცევის რედუქციას. მაგ. დღისით მფრინავი სახეობებისათვის მხედველობა გამოუსადეგარი იქნება, თუ ისინი ღამის ან გამოქვაბულის ფორმები გახდებიან. აღსანიშნავია, რომ პოლიგენების მცირე რაოდენობით კონტროლირებადი თვისება შეიძლება სწრაფად შეიცვალოს, განსაკუთრებით კი იმ შემთხვევაში, თუ ისინი ქრომოსომებში დისპერსიულად არიან განლაგებული. ბიოსინთეზის ცვლილება გარეგანი სეკრეციის ჯირკვლებში ახალი ფერომონების სინთეზისათვის, ყნოსვის ორგანოების რეცეპტორების მოდიფიცირება, მამრის მონაწილეობა შთამომავლობაზე ზრუნვაში – ყველა ასეთი ცვლილება უფრო რთული სახის ცვლილებაა, ვიდრე ფუნქციების დაკარგვა ან მათი გამოხატულების ინტენსივობის ცვლილება.

ცხოველთა სოციალური იერარქიის ევოლუცია

იერარქიაში საპასუხო რეაქციების მექანიზმების ევოლუციური და მორფოგენეტიკური ცვლილებებიდან დასწავლის მზარდი გამოცდილების რეალიზაციისას, ვხვდებით სპეციფიკურობისა და საპასუხო სიგნალის სიზუსტის ზრდას. ორგანიზმი საბოლოოდ შეგრძნების დონეზე ახდენს თავის არჩევანს, რომლის შედეგი მომავალში გაღრმავებული ან უკუგდებული იქნება ახალი გარემო პირობების მიხედვით. ქცევითი ადაპტაციის სრულყოფის პროცესში ინდივიდს ხშირად უხდება ქცევითი სტრატეგიის შეცვლა.

პოპულაციაში ინდივიდების მიერ სოციალური იერარქიული დონის მოპოვებას ხელს უწყობს ევოლუციის პროცესში ჩამოყალიბებული ადაპტაცია, რომელიც გენეტიკურადაა დეტერმინირებული. განსაზღვრული დონის ზემოთ მრავალუჯრედიანი ცხოველები შეიცავენ ნეირონების საკმაო რაოდენობას, რათა ინსტინქტურად დაგეგმონ სიგნალების რთული რეპერტუარი. მათ აქვთ უნარი ჩართონ დასწავლის უფრო წინწასული ფორმები.

სახეობები ევგლენადან ადამიანამდე შეიძლება განაწილდეს ევოლუციურ რანგებში ქცევითი იერარქიის სიგრძის მიხედვით და ძალის კონცენტრაციით უფრო ზუსტად მოტივირებულ ქცევებში. წარმოვადგინოთ სამი რანგი:

უმდაბლესი რანგი: სრულყოფილი ინსტინქტურ - რეფლექსური მექანიზმი. მისი წარმომადგენლები ისე მარტივად არიან ორგანიზებული, რომ ისინი მთლიანად არიან დამოკიდებული გარემოდან მიღებულ სტიმულებზე. უარყოფითი ფოტოტაქსისი ასეთ ორგანიზმებს სიბნელეში უნარჩუნებს ცირკადიანულ რიტმს, რაც იწვევს მათ გააქტიურებას სიბნელეში. ფოტოპერიოდიზმი უზრუნველყოფს ინცისტირებას არახელსაყრელ პირობებში. გარკვეული პოლიპეპიდების სუნი მათ ნადირობისაკენ იზიდავს. ეპოქსიტერპენტები მიუთითებს მეწყვილეს არსებობაზე და იწვევს გამეტების გამომუშავებას. უმდაბლესი ორგანიზმების ნერვული სისტემა წარმოდგენილია ნერვული ბადით ან ნერვული ჭიმით. შესაძლოა რეალურად ცალკეული არსებული სახეობა არ ესადაგება ზემოთ მოყვანილ აღწერას, მაგრამ იგი საბოლოოდ მიახლოებულია ღრუბლებთან და მრავალ სხვა ყველაზე პრიმიტიულად აგებულ უმდაბლეს უხერხემლოებთან.

საშუალო რანგი: ორგანიზმებს აქვთ რთული ცენტრალური ნერვული სისტემა ტვინის საშუალო ზომებით, ისევე როგორც უმდაბლესი რანგის ორგანიზმებისა, ამ რანგის ზოგიერთი ცხოველის ქცევა სტერეოტიპულია, მთლიანად დამოკიდებული სტიმულებზე. ადგილი აქვს დასწავლის ზომიერ ხარისხს, რომელსაც ვიწრო შესაძლებლობები გააჩნია. ეს ქცევაში ვლინდება როგორც სტერეოტიპულად დაპროგრამებული „ინსტინქტი". ამ რანგის ორგანიზმების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია გარემოში თავისებური, განსაკუთრებული ქცევის უნარი. მათ შეუძლიათ განსაზღვრული ადგილების დამახსოვრება და ერთი გარკვეული არეალის თავის ბინად მიჩნევა. აქვთ დამალვისა და დამახსოვრებულ თავშესაფარში უკან დახევის უნარი და ა.შ. ამ ევოლუციური რანგისათვის დამახასიათებელი ქცევის მაგალითები აღმოჩენილ იქნა ფეხსახსრიანებში, როგორიცაა კიბოები, ცეფალოპოდები, ეუსოციალური მწერები; ცივსისხლიან ხერხემლიანებსა და ფრინველებში.

უმაღლესი რანგი: ორგანიზმს აქვს საკმაოდ დიდი ტვინი იმისათვის, რომ დაიტიოს ბევრი ინფორმაცია, რომელთა შორის მხოლოდ ზოგიერთი აღმოჩნდება გამოსადეგი. დასწავლა შეიძლება განხორციელდეს ერთი მაგალითიდან მეორის განზოგადებით და მაგალითების შედარებით ადაპტაციური თვალსაზრისით. რთული ქცევების მხოლოდ მცირე ნაწილია დაპროგრამებული მორფო-გენეტიკურად ნეირონულ დონეზე. ენდოკრინული სისტემა კვლავ ახდენს გავლენას საპასუხო რეაქციებზე. მაგრამ ქცევების უმეტესობა ჩამოყალიბდა დასწავლის რთული ეპიზოდებით და მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სტიმულების მიღების ფორმაზე. ჰორმონების როლი მეტად ცვალებადია. ამ რანგის ორგანიზმებში სოციალიზაციის როლი მეტად რთულია და მისი დეტალები ფართოდ ვარირებს. თვისებები განვითარების პიკს ადამიანში, შიმპანზეში, ბაბუინებში, მაკაკებში და საზოგადოებრივ ძაღლისნაირებში აღწევს. ორგანიზმების ცოდნა არ არის ლიმიტირებული. ხდება ურთიერთობების და ინციდენტების დამახსოვრება. აქვთ აგრეთვე მომავლისათვის რაიმეს დაგეგმვის უნარი.

ქცევასთან დაკავშირებული მორფოლოგიური ნიშნების ევოლუცია

რიტუალიზაციის დროს თუ ცხოველი აქცენტს აკეთებს თავისი სხეულის რომელიმე ჰიპერტროფულ ნაწილზე, ბუნებრივად იბადება კითხვა, რა დამოკიდებულება არსებობს ქცევის და მორფოლოგიური ნიშნის ევოლუციათა შორის? ნათელია, რომ მორფოლოგიური ნიშნის ცვლილება ვერ განახორციელდება წინასწარი პრეადაპტაციის გარეშე. ამიტომ სტრუქტურული ცვლილება განხილული უნდა იქნეს ქცევით კონტექსტში. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მორფოლოგიურ ნიშანთა ევოლუცია მიმდინარეობს ქცევათა ცვალებადობის ზეგავლენით. ზოგიერთი მკვლევარი (Wickler, 1972; Wilson, 1974) ქცევას მიიჩნევს ევოლუციის წამყვან რიტმად; როდესაც ერთდროულად ხდება ქცევისა და სტრუქტურის ცლილება, ევოლუციური პროცესის ლიდერი ხდება ქცევა და არა სტრუქტურა.

გარემოში მომხდარი უმნიშვნელო ცვლილებების მიმართ ყველაზე მნიშვნელოვან საპასუხო რეაქციას სხეულის ფორმის მოდიფიკაცია წარმოადგენს. უხერხემლოების მრავალმა ფილოგენეტიკურმა ხაზმა აითვისა ეს სტრატეგია. ორგანიზმი თვითონ ირჩევს ქცევის სასურველ ტიპს. მაგ., განვითარებად Brachionus rotifers-ს გამოეზრდება გრძელი ეკლები მტაცებლის სუნის შეგრძნებისას, და ამ ნიშნით გვ. Asplancha-ს ემსგავსება. ეს მექანიზმი ინდივიდს იცავს დაღუპვისაგან. თავის მხრივ, Asplancha–მ (A. sieboldi) შეიძლება მოახიდინოს რეაგირება კანიბალიზმის სტიმულებზე და დამატებით ვიტამინ E-ზე გიგანტურ ფორმაში გადასვლით, რომელსაც საკმაოდ დიდი მსხვერპლის შთანთქმის უნარი აქვს. სამი მორფოგენეტიკური ტიპიდან, რომლებიც სახეობაში გვხვდებიან, გიგანტური მხოლოდ ერთია. ბუგრის მრავალი სახეობა ივითარებს ფრთებს, მაშინ, როცა გარემოდან მოდის მოიერიშე სიგნალი – მეზობლებთან შეხებით გამოწვეული სტიმული, რაც გარემო პირობებთან უკეთ შეგუებულს ხდის. მფრინავ მწერებს შეუძლიათ მწერებისაგან თავისუფალ მცენარეს მიაშურონ. კალიების პოპულაციის მეტისმეტად გაზრდის შემთხვევაში, ისინი ცხოვრების განმარტოებული ტიპიდან ჯგუფურზე გადადიან. ტრანსფორმაცია სამი თაობის მანძილზე მიმდინარეობს. მესამე თაობის ინდივიდები უკვე ჯგუფური ტიპის ფორმებს მიეკუთვნებიან. განსხვავება მარტოდ

მცხოვრებ წინაპარებთან იმდენად დიდია, რომ ადვილად შეიძლება ისინი სხვა სახეობადაც მივიჩნიოთ – ასეც ხდებოდა, სანამ ენტომოლოგებმა სრულყოფილად არ შეისწავლეს მათი სასიცოცხლო ციკლი. (აღსანიშნავია ფერომონი „locustod", რომელიც მოუმწიფებელი კალიების ფეკალურ მასებთან ერთად გამოიყოფა. ნოლტემ 1973 წელს გამოიკვლია და დაადგინა, რომ ეს ნივთიერება 2-მეტოქსი – 5-ეთილფენოლია).

დეტალურად არის შესწავლილი მორფო-ფიზიოლოგიური საპასუხო რეაქციები საზოგადოებრივ მწერებსა და კოლონიურ უხერხემლო ცხოველებში. კასტაში (იშვიათი გამონაკლისის გარდა) ფორმირებადი ინდივიდებიდან ფენოტიპურად განსხვავებული სქესმწიფე ფორმების ჩამოყალიბებას გენოტიპი კი არ განსაზღვრავს, არამედ მოდიფიკაციური ცვალებადობა (ფერომონების მოქმედება, მოპოვებული საკვების რაოდენობა და შემადგენლობა, ტემპერატურა).

ლიტერატურა

კოროშკინი ლ.ი. გენები და ქცევა, სოროსის საგანმანათლებლო ჟურნალი, №1, გვ. 75-84, 1999.

ძიძიგური დ. რეგულაციის ციტოლოგიური საფუძვლები. სალექციო კურსი. თბილისი, 2000.

Айала Ф., Кангер Дж. Современная генетика. В трех томах. Москва, "Мир", 1987.

Аоки Чий., Сикевич Ф. Эластичность в развитии мозга. В мире науки, №2, 1989.

Гудмен К.С., Бастиани М. Как эмбриональные нервные клетки узнают друг друга. В мире науки, №2, 1985.

Жимулев И.Ф. Генетическая детерминированность поведения дрозофиллы и человека. Соросовский образовательный журнал. 11 ст. 22-25, 1997.

Капил Р.Э. Формирование синапсов в развивающемся мозге. В мире науки, №2, 1990.

Корочкин А.И. Гены и поведение. Соросовский образовательный журнал, №1, ст. 15-21, 1997.

Коуэн У. Развитие мозга. В сб: "Мозг", изд. "Мир", М., стр. 113-139, 1984.

Мазер К., Джинкс Дж. Биометрическая генетика. Москва, "Мир", 1985.

Медиони Ж., Вайс Ж. Передача по наследству поведенческих признаков. В кн. Генетика и наследственность. Москва, "Мир", ст. 178-202, 1087.

Оловникова Н. Группы крови: 100 лет спустя после открытия. "Наука и жизнь", №7, 2002.

Пономаренко В.В. Генетика поведения. В кн. Физиологическая генетика. Под редакцией М. Е. Лобашова и С.Г. Инге-Вечтомова. Изд. "Медицина". Москва, ст. 350-381. 1976.

Кахаль С.Р. Автобиография (воспоминания о моей жизни). Изд. "Медицина", М., 1985.

Рылов А.А. Девять времен одного мозга. Химия и жизнь, №11, стр. 19-25, 1986.

Фогель Ф., Мотульский Ф. Генетика человека. В трех томах. Москва, "Мир", 1990.

Хьюбел Д. Мозг. В сб: "Мозг", изд. "Мир", стр. 9-23, М., 1984.

Шмидт Р., Тебса Г. Физиология человека, т. 3. Изд. "Мир", 1986.
Шовен Р. Поведение животных. Изд. "Мир", М., 1972.
Эрман Л., Парсонс П. Генетика поведения и эволюция. Москва, "Мир", 1984.
Bastock, Margaret, and A. Manning The courtship of Drosophila melanogaster, Behavior., 8(2,3): 85-111, 1955,
Bastok, Margaret. A. gene mutation which changes a behavior pattern. Evolution, 10(4): 421-439, 1956.
Brown I.L, The evolution of Behavior, New York, W.W. Norton., 1975.
Cooper R.M., Zubek I.P. Effects of enriched and restricted early environments on the leajning ability of ligt and dull rats. Can. J. Psychol. 12., 159-164, 1958.
Dobrzhansky T., Spassky B. Selection for geotaxis in monomorphic and polymorphic populations of Drosophila pseudoobscura. Proceeding of the National Academy of Sciences, U.S.A., 48(10): pp.1704-1712, 1062.
Dobzhansky T., Levene H., Spassky B. Effects of selections and migration on geotactic and phototactic behavior of Drosophila, III. Procedings of th Royal Society, ser. B, 180: 21-41, 1972.
Dornel I., Ladish H., Baltimore D. Molecular Cell Biology Scientific American Books, 1981.
Eccles I.C. Evolution of consiciusness. Proc. Nat. Acad. Sci., USA, v. 89, p. 7320 1992
Falconer, D.S. Introduction to quantitative genetics. Ronald Press, New York, 1960.
Fuller I.L. Thompson W.R. Behavior genetics. New York; Wiley, 1960.
Gobson I. B., Yhodey I.M. Effects of disruptive selection: VI. a second chromosome polymorphism. Hereditu, 17(1): 1-26, 1962.
Gousd I.Z. Genetics and molecular ethology, Zeitshrift fur Tierpsychologie, 36, pp. 267-292, 1974.
Harris V.t. An experimental stady of habitat selection by prairie and forest races of rte deermouse, Peromyscus maniculatus. Contributions from the Laboratory of Vetebrate Biology, University of Michigan, Ann Arbir n. 56, p. 63 1952.
Hay D.A. Genetics in the Analysis of Behavior Neuroscience and Biobehavioral Reviews. vol, 4 pp. 489-508 Printed in the USA, 1978.
Hebb D.O. British jornal of animal behavior, 1, 43, 1953.

Hyden H., Egyhazi E. Glial RNA changes during a learning experiment with rats. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 49, 618-624, 1964.

Mayr E. Behavior programs and evolutionary strategies. Am. Sci., v. 62, pp. 650-659 1974.

McZcan P.D. Cerebral evolution of Emotion. Handbook of emotion, p. 67, 1993.

Merrell, D.I. Selective mating as a cause of gene frequency changes in laboratory populations of Drosophila melanogaster. Evolution, 7(4), pp. 287-296, 1953.

Nasidze I.S. Genetic polymorphisms of the Caucasus ethnic groups: distribution of some serum protein and red cell enzyme genetic markers (part I) Gene Geography, 9: 91-146, 1995.

Nasidze I.S. Genetic polymorphisms of the Caucasus ethnic groups: distributtion of some blood group genetic markers (partII). Gene Geography 9: 117-167, 1995.

Nolte D.I., Eggers S.H., May I.R. A locust pheromone: locustol. J. of Insect Physiology, 19(8): 1547-1554, 1973.

Dovinelli D., Preuss T. Theory of mind: evolutionary history of a cognitive specialization. Trends Neurosk; v. 18, p. 418, 1995.

Robinson D. Neurobiology. The Open University, 1998.

Seller R.H., Axel R. How genes control behavior, Seintific American, 250, 44-52. 1984

Swanson L.W. Comparison of the human and rat central nervous system. Major divions and cortical areas. Trends Neurosci. v. 18, p. 478, 1995.

Thiessen D.D., Gene organization and behavior, New York: Random House, 1972.

Thiessen D. Biological trends in behavior genetics. Theoretical advances in behavior genetics. Edited by Rouce and Mos L., pp. 169-215, Maryland, USA ,1979.

Thoday I. M. Genetics and integration of reproductive systems. Symposia of the Royal Entomplogical Society of L ondon, 2: 108-119, 1064.

Williams T.R. The socialization process: a theoretical perspective. In E.E. Poirier, ed (g.v.). Primate socialization, pp. 206-260, 1972.

თავი მეოთხე

მეხსიერება და დასწავლა

შინაარსი

ძირითადი ცნებები 192
რა არის მეხსიერება? 194
მეხსიერების კვალი 200
კარგი და ცუდი ინდივიდუალური მეხსიერება 204
მეხსიერების სისტემები 213
სენსორული მეხსიერების სისტემა 218
ადამიანის პირველადი,
მეორადი და მესამეული სისტემები 220
მოკლევადიანი მეხსიერება 222
გრძელვადიანი მეხსიერება 223
იმპლიციტური და ექსპლიციტური მეხსიერება 224
ხანმოკლე მეხსიერების გადასვლა ხანგრძლივში 226
მეხსიერებისა და სწავლის პროცესებში მონაწილე
ჰების ნეირონთა ანსამბლი 231
ხატების ამოცნობა და ინფორმაციის გადამუშავება 235
ელექტროენცეფალოგრამა და მეხსიერება 243
მეხსიერების ასაკობრივი ცვლილება 246
ამნეზია 252
დასწავლა, როგორც ქცევის ერთ-ერთი ფორმა 260
ედუარდ ლი თორნდაიკი (1874-1949) 261
ედვინ გაზრი (1886-1959) 263
ედუარდ ჩეის ტოლმენი (1886-1959) 264
კლარკ ლეონარდ ხალი (1884-1952) 267
ბერეს ფრედერიკ სკინერი (1904-1990) 268
ივანე პავლოვი (1849-1936) 269

ივანე ბერიტაშვილი (1885-1974) 271
დასწავლის ფორმები და მისი შესწავლის
ლაბორატორიული მეთოდები 274
მრავალპარამეტრული დასწვლა–მეხსიერების
კვლევის ექსპერიმენტის ჩატარების დაგეგმვა და
კომპიუტერული ბიომეტრია 277
დასწავლის ნეიროფიზიოლოგიური
საფუძვლების კვლევა 292
დასწავლა-დამახსოვრების პროცესებში
მონაწილე მედიატორები 301
დასწავლისა და დამახსოვრების ნეიროქიმია 311
იმპრინტინგი, როგორც დასწავლის ყველაზე
ადრეული ფორმა ცხოველთა ონტოგენეზში 327
ჰენდლინგის და ჯენტლინგის პროცედურა 338
დასწავლა ინსტინქტის საფუძველზე 340
დაყოვნებული რეაქციები 346
დაყოვნებული რეაქციების კვლევის მეთოდი 364
პირდაპირი დაყოვნებული რეაქციის ტესტირების
მოდიფიცირებული მეთოდი 367
დაყოვნებულ რეაქციათა შეფასება უმცირეს
კვადრატთა მეთოდით 370
დაყოვნებული რეაქციების პროგნოზირება 376
ლიტერატურა 381

დასწავლა ფართო ცნებაა და ამ ტერმინის ხმარებისას ხშირად არ ექცევა ყურადღება მის ღრმა აზრს. შემოთავაზებული მრავალი განმარტებიდან ვერცერთმა ვერ მოიპოვა საერთო აღიარება. თუმცა აზრთა სხვადასხვაობას არ იწვევს ის, თუ რომელი პროცესები-ქცევები ჩაითვალოს დასწავლად და რომელი არა. დასწავლა განიხილება როგორც სტოქასტური პროცესი, სისტემის მდგომარეობისა და შესაძლო რეაქციათა ალბათობების ცვალებადობა დროში. ამგვარი თვალსაზრისიდან გამომდინარე დასწავლა შეიძლება განიმარტოს შემდეგნაირად – ერთგვაროვანი ექსპერიმენტის გამეორებისას სინჯისა და შეცდომის მეთოდის გამოყენებით, ანდა თავდაპირველი მონაცემების საფუძველზე სისტემა იძლევა უკეთეს შედეგებს, ვიდრე წინა ცდებში. დასწავლის ასეთი განმარტება სამართლიანია ცხოველებისა და ადამიანის მიმართ და აგრეთვე ავტომატებისა და ხელოვნური ინტელექტისათვის. დასწავლის პრობლემისადმი არსებობს მრავალი მიდგომა, ამიტომ საჭიროა დაზუსტდეს კვლევის მიზანი და მეთოდი. შეიძლება გამოიყოს სამი მიმართულება:

1. აზროვნების ფუნქციის დადგენა დასწავლისას ცხოველებსა და ადამიანებში. სხვადასხვა გარემოში ჩატარებული ექსპერიმენტების კომპიუტერული მოდელების შექმნა, (კოგნიტური მიდგომა).
2. ინფორმაციულ-ლოგიკური დასწავლის ფუნქციის შესწავლა.
3. ხატების ამოცნობის პროცესის დასწავლის შესწავლა.

მომავალში ეს სამი მიმართულება უნდა გაერთიანდეს და ჩამოყალიბდეს ერთიანი მიდგომა დასწავლის პროცესებისადმი, რომელთა გადაწყვეტამდე ალბათ ჯერ კიდევ შორსაა.

ამ მიმართულებათა გაერთიანების თეორიული საფუძველი სათავეს იღებს ერთი მხრივ, ნეიროინტელექტის შექმნის მცდელობისას, მეორე – ფართოდ ცნობილი სამუშაოებიდან პერცეპტრონის დახვეწისას. ნეიროინტელექტის შექმნის იდეა წამოყენებულ იქნა 1943 წელს უ. მაკ-კალოკის და ვ. პიტსის (Мак-Каллок, Питтс, 1956) მიერ. ნაშრომში აღწერილია ნეირონის მსგავსი ელემენტებისაგან ნებისმიერი ლოგიკური ფუნქციების რეალიზება. ნეიროინტელექტი არის ხელოვნური ინტელექტის ფორმა. იგი შექმნილია ნეირონის მაგვარი ელემენტის ქსელებისაგან და ახდენს ინფორმაციის პარალელურ გადამუშავებას. ფორმალური ნეირონისმაგვარი ელემენტების ინტეგრაციამ შესაძლებელი გახადა მოდელირება: სტერეო მხედველობის, ფერთა გარჩევის და თვალის მოძრაობის.

ამ საკითხებს ეძღვნება ე. სოკოლოვისა და გ. ვაიტკიავიჩუსის (Соколов, Вайткявичюс, 1989) მონოგრაფია „ნეიროინტელექტი: ნეირონიდან ნეიროკომპიუტერამდე".

პირველად პერცეპტრონი 1957 წელს აღწერა ფ. როზენბლატმა. მანვე შემოიღო ტერმინი „ნეიროდინამიკა", რომელიც კარგად ასახავდა იმ პროგრამის საფუძველს, რომელიც გამოყენებული იყო პერცეპტრონის ფუნქციონირების შესასწავლად. პერცეპტრონი არ არის საკუთარი სახელი. ეს ტერმინი აერთიანებს სხვადასხვა თეორიულ ნეირონულ ქსელებს და ცდილობს ახსნას ტვინის მოქმედების ფიზიოლოგია ფიზიკისა და მათემატიკის ცნობილი კანონებით და აგრეთვე ნეიროანატომიასა და ნეიროფიზიოლოგიაში დაგროვილი ფაქტებით.

პერცეპტრონის შესწავლა საინტერესოა შემდეგი მოსაზრებით: პირველი – ჩნდება საშუალება ელემენტარული ფორმით გავერკვეთ კოგნიტური პროცესების ბიოფიზიკურ მექანიზმებში. გავერკვეთ იმ პროცესებში, თუ როგორ ახერხებენ ცოცხალი ორგანიზმები და ტექნიკური დანადგარები ცოდნის დაგროვებას გარემოს ფიზიკური მდგომარეობის შესახებ. მეორე – პერცეპტრონი საშუალებას იძლევა დავაკვირდეთ, თუ როგორ ხდება საჭიროებისამებრ არსებული ინფორმაციის მოპოვება ან გაცემა. როდესაც ფ. როზენბლატმა წამოაყენა პერცეპტრონის პირველი მოდელი, იგი დაინტერესებული იყო ძირითადად ბიოლოგიურ სისტემებში არსებული მეხსიერების ორგანიზაციით. მალე ცხადი გახდა, რომ აუცილებელი იყო გარკვეულიყო, თუ რას იმახსოვრებს პერცეპტრონი. ამიტომ დაიწყეს მოდელირება არა მარტო მეხსიერებისა, არამედ აღქმისაც. პერცეპტრონი შედგება მრავალი ნეირონისმაგვარი ელემენტისაგან, რომლებიც სიგნალთა გენერირებით ერთიანდებიან ქსელში. პერცეპტრონის ლოგიკური თვისება განპირობებულია:

- ტოპოლოგიური სტრუქტურით. სიგნალის გენერირებად ელემენტთა შორის კავშირით.
- ალგორითმით, რომელიც არეგულირებს სიგნალთა გენერაციას და მის გადაცემას.
- ალგორითმით, რომელიც აქტივობის შედეგად გარდაქმნის ქსელის თვისებებს.

პერცეპტრონის მოქმედების პრინციპები და ევოლუცია ფართოდ არის განხილული ფრენკ როზენბლატის (Розенблатт, 1965)

მონოგრაფიაში „ნეიროდინამიკის პრინციპები. პერცეპტრონი და ტვინის მექანიზმთა თეორია“.

ნეირონულ მეცნიერებათა განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანა დედექტორულმა თეორიამ. მისი საფუძვლები ჩაისახა 1956 წელს, როდესაც უ. მაკ-კალოკმა თანამშრომლებთან ერთად აშშ რადიო-ინჟინერთა ინსტიტუტის შრომებში გამოაქვეყნა შრომა დამაინტრიგებელი სათაურით: „რას ეუბნება ბაყაყის თვალი ბაყაყის ტვინს“. ამ შრომაში პირველად იყო გამოყენებული ტერმინი ნეირონი-დედექტორი. ნაშრომმა გამოიწვია ცხარე დისკუსია, რასაც მოჰყვა ექსპერიმენტული ხასიათის მრავალი სტატია. მაკ-კალოკს გამოუჩნდნენ მიმდევრები. მიმდევართა შორის გამოიკვეთა ლიდერი პ. ჰიუბელის და ტ. ვიზელის ტანდემის სახით. ამ მკვლევარებს 1984 წელს სრულიად დამსახურებულად მიენიჭათ ნობელის პრემია. ჰისტოქიმიური და ნეიროფიზიოლოგიური გაერთიანებული მეთოდების გამოყენებით კატის მხედველობით ველში დ. ჰიუბელმა და ტ. ვიზელმა (Hubel, Wiesel, 1959) მონახეს დედექტორული თვისებების ნეირონები; ნეირონები, რომლებიც არჩევით რეაგირებენ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურად მოძრავ საგანთა აღქმაზე.

პერცეპტრონულ და დედექტორულ თეორიულ მოდელთა შედეგების გამოყენებით ნეირობიოლოგებმა ექსპერიმენტული კვლევებით დააზუსტეს ტვინის პარალელურად მოქმედი სტრუქტურების ორგანიზაციის მექანიზმები. განსაკუთრებით დიდი მიღწევები შეიმჩნევა ნეირონულ და მოლეკულურ დონეზე სენსორული პროცესების, მეხსიერებისა და დასწავლის მექანიზმების კვლევაში.

ძირითადი ცნებები

სანამ დავიწყებთ მეხსიერების შესწავლას, საჭიროა შევთანხმდეთ ზოგიერთ ძირითად ტერმინთა განმარტებების გამო. დავიწყებთ იმ სამი ტერმინიდან, რომლებიც ნეიროფიზიოლოგიაში კიბერნეტიკიდან შემოვიდნენ. კოდირება ნიშნავს ნებისმიერი ინფორმაციის გარდაქმნას ნერვულ იმპულსად, რომელიც შემდეგ ნერვული გზებით ხვდება თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში. კოდირება ვრცელდება როგორც ადამიანზე, ისე ცხოველებზეც. შენახულ კოდირებულ ინფორმაციას უწოდებენ მეხსიერების კოდს. ინფორმაციის შენახვა ზუსტად ასახავს ამ სიტყვის მნიშვნელობას. ინფორმაციის ჩაწერა, შენახვა, რეტენცია

ნიშნავს იმ მორფოლოგიურ, ელექტროფიზიოლოგიურ და ნეიროქიმიურ ნატიფ პროცესთა მიმდინარეობას ნეირონში და ნეირონთა ქსელში, რომლებიც კორელირებენ მეხსიერებასთან. ხშირად ხმარობენ რამოდენიმე ტერმინს: ინფორმაციის მონახვა, ამოღება, პოვნა, ამოქმედება, რეპროდუქცია, რომლებიც აღნიშნავენ ერთ პროცესს: ტვინის უნარს ჩაწერილი ინფორმაცია საჭიროების შემთხვევაში გამოიყენოს იმდენჯერ, რამდენჯერაც ამას მოითხოვს სიტუაცია. შეიძლება ამ სამი პროცესიდან (კოდირება, ჩაწერა, მონახვა) ერთ-ერთი სხვადასხვა მიზეზებით შესრულდეს ან ვეღარ ამოქმედდეს. ასეთ შემთხვევებში ადამიანი კარგავს გახსენების უნარს. მეხსიერების დარღვევას ამნეზია ეწოდება. მეხსიერების ისეთ დარღვევებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან არარსებულ (ცრუ) გახსენებებთან, პარამნეზია ეწოდება.

წიგნში ხშირად არის ნახმარი ტერმინი – მეხსიერების მოდელი. მასში იგულისხმება თეორიული მოდელი, რომელიც ეხება მეხსიერების პროცესების რომელიმე კონკრეტული საკითხის აღწერას. მაგალითად, მუშა მეხსიერების მოქმედების მოდელი. ვირთაგვას პასიური განრიდების მოდელი გარემოს სხვადასხვა პირობებში, დასწავლის სხვადასხვა მოდელები და სხვა მრავალი. ხშირ შემთხვევაში თეორიული მოდელი მათემატიკური აპარატის გამოყენებით გადადის მათემატიკურ მოდელში. მათემატიკური მოდელირება საშუალებას იძლევა უკეთ გავერკვეთ ამა თუ იმ ნეირობიოლოგიურ პროცესებში. შემდეგ მათემატიკური მოდელი უნდა შეუდარდეს ექსპერიმენტულ მონაცემებს. თუ მოდელი ვერ ასახავს რეალურ დაკვირვებას და აღმოჩნდება მცდარი, საჭირო გახდება ახლის შექმნა. კარგ მოდელად ჩაითვლება ის, რომელიც იძლევა იმის პროგნოზირების საშუალებას, თუ როგორ შეიცვლება ნეიროდინამიკური პროცესი მომავალში, რომელიმე პარამეტრის ან პარამეტრების ზემოქმედებით; აგრეთვე ცხოველისა და ადამიანის ქცევის პროგნოზირებისას.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ნეიროფიზიოლოგიის სამეცნიერო – კვლევით ლაბორატორიაში შექმნილია თავდაცვითი ქცევის დასწავლის მოდელი (Дрессен-Мурванидзе, Цагарели, 1990). თავდაცვითი ქცევის გამომუშავებისას მონახულია ფუნქციური დამოკიდებულება იმ ცვლადებს შორის, რომლებიც განსაზღვრავენ დასწავლას. შემოტანილია ცნება-ქცევის „მომენტალური პასუხი". განხილულია რეკურენტული ფორმულის სამი ვარიანტი, რომლებიც კარგად

ასახავენ დასწავლის დინამიკას, დასწავლა განხილულია სამ ფაზად და თითოეული დახასიათებულია ცალ-ცალკე.

რა არის მეხსიერება?

ძველ დიდ ბერძენ ფილოსოფოსს არისტოტელეს გამოთქმული აქვს მოსაზრება, რომ გრძნობა, აზრი და მეხსიერება მოთავსებულია გულში, ხოლო ტვინის ფუნქცია იფარგლება მხოლოდ სისხლის გაცივებით. ეს შეხედულება დიდხანს ბატონობდა ადამიანთა აზროვნებაში. მის გავლენას დღესაც ვაწყდებით სხვადასხვა გამოთქმებში. მაგალითად, ხშირად ამბობენ: „მიყვარს მთელი გულით“. რთულ დაძაბულ მდგომარეობაში, როდესაც აუცილებელია მოქმედება, ვამბობთ, „ეს უნდა გააკეთო ცივი გონებით“. XVI საუკუნის შუა პერიოდში ფლამანდრიელმა ანდრეს ვეზელიმ კითხვის ქვეშ დააყენა არისტოტელეს შეხედულება. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ არისტოტელემდე ჰიპოკრატე და კროტონი ტვინს თვლიდნენ გონების ორგანოდ, ხოლო გულს – გრძნობისად. გალენი ტვინის პარკუჭებს მიიჩნევდა იმ შთაბეჭდილების შემნახველად, რომელსაც ადამიანი ღებულობს გარემოდან.

მეხსიერების კვლევის ისტორიას თუ გადავავლებთ თვალს, შეიძლება გამოიყოს სამი მიდგომა. პირველი – პიფენომენალური, რომელიც სათავეს იღებს არისტოტელეს ტრაქტატიდან „მეხსიერებისა და მოგონებების შესახებ“ და მოგონებას განიხილავს როგორც სურათს, რომელიც ერთდროულად არის საგანი და რაღაცის გამოსახულება, იმ დროისათვის რეალურად არარსებული. მეორე, პლატონისეული მიმართულება – აზრი, რომელსაც მეხსიერება ქმნის, არის სულისა და ცოცხალი მატერიის პირველსაწყისი. მისი პირველსაწყისი თვისებები ვერ დაიყვანება ყოფიერების რომელიმე სიღრმისეულ გამოვლენამდე. ორივე ეს მიმართულება ითვლებოდა ტრადიციულად ფილოსოფიის მთელი ისტორიის მანძილზე. ამ მიმართულებებმა დიდი დაღი დაასვა მეხსიერების ფსიქოლოგიურ ინტერპრეტაციას.

მეხსიერების პრობლემისადმი მესამე, თანამედროვე მიდგომა დაფუძნებულია: თავის ტვინის მორფოლოგიის, მოლეკულური ნეირობიოლოგიის, ნეიროგენეტიკისა და საერთოდ ნეირომეცნიერებათა მიღწევებზე. ამ მიდგომამ დასახა რეალური გზები მეხსიერების ბუნების გარკვევისათვის.

მეხსიერება არის ტვინის ყველაზე დიდი საოცრება და აღმაფრთოვანებელი მოქმედება. ადამიანის ინტელექტი მეხსიერებას

ეფუძნება. ჩვენ ვფიქრობთ და ვმოქმედებთ მეხსიერების წყალობით. ის ახორციელებს კავშირს ჩვენს წარსულსა და აწმყოს შორის. მეხსიერება განსაზღვრავს ჩვენს ინდივიდუალობას, რის გამოც საინტერესო ხდება სიცოცხლე. მეხსიერების მსგავსი მოვლენა გვხვდება არაცოცხალ ბუნებაში. რკინა თუ ერთხელ დამაგნიტდა ერთი მიმართულებით, მეორედ უფრო ადვილად მაგნიტდება იმავე მიმართულებით, ვიდრე საწინააღმდეგო მიმართულებით. მეხსიერება უდევს საფუძვლად ორგანულ ნაერთთა ურთიერთობას იმუნიტეტის გამომუშავებისას. ანტიგენი ცნობს ანტისხეულს, რომელსაც იმუნური მეხსიერება ეწოდება. მეხსიერება გააჩნია ადამიანის მიერ შექმნილ ხელოვნურ ინტელექტს. ნუკლეინის მჟავას (დნმ-ის) სტრუქტურაში ჩაწერილია გენეტიკური ინფორმაცია, რომელიც რეალიზდება მომდევნო თაობებში.

მეხსიერების გაგება და აღწერა საკმაოდ ძნელი აღმოჩნდა. ვერ მოხერხდა მისი მეცნიერული განმარტება. ადამიანთა ინტელექტუალური ისტორიის ხანგრძლივ მანძილზე წარმოიშვა მეხსიერების მრავალი მეტაფორა. 1980 წელს ჰენრი რედიგერმა შეაგროვა მეტაფორების კოლექცია, რომელიც თავმოყრილია რობერტ ხოლსოს წიგნში „კოგნიტური ფსიქოლოგია". ადამიანები ცდილობდნენ მეხსიერების აღწერას უმეტესწილად შემდეგი პრინციპით „მეხსიერება არის ისეთი როგორიცაა..."

ფიჭის ფირფიტა (პლატონი, არისტოტელე)
გალია ფრინველებისათვის (პლატონი)
გრამოფონი (პირი, 1922)
სახლი (ჯეიმსი, 1890)
ოთახები სახლში (ფროიდი, 1924)
პულტი გადამრთველით (ჯონი, 1972)
ქისა (მილერი, 1956)
ბოთლი (მილერი, გალანტერი, პრიბრამი, 1960)
კომპიუტერული პროგრამა (საიმონი, ფეინგებაუმი, 1964)
სეიფი (ატკისონი, შიფრინი, 1968)
ორგანიზაციის თეორია (ტულვინგი, 1962)
იერარქიული ქსელი (მენდლარი, 1967)
ასოციაციური ქსელი (ანდერსონი, ბაუერი, 1973)
ძალა (ვუდვორტსი, 1929)
კონსტრუქცია (ბარტლეტი, 1932)
დინოზავრის რეკონსტრუქცია (ნეისერი, 1967)
გადამუშავების დონე (კრეიკი, ლოკხარტი, 1972)

მისტიკური ჩასაწერი წიგნი (ფროიდი, 1940)
ბიბლიოთეკა (ბროდბენგი, 1971)
ძროხის კუჭი (ხინცმანი, 1974)
ლექსიკონი (ლოფტუსი, 1971)
მაგნიტოფონი (პოზნერი, უორენი, 1972)
სანაგვე ყუთი (ლანდაუერი, 1975)
კონვეირის ხაზი (მერდოკი, 1974)
მელოდია ფორტეპიანოზე (ვეკსლერი, 1963)
ჰოლოგრამა (პრიბრამი, 1971)
კამერტონი (ლოკხარტი, კრაიკი, ჯეკობი, 1976)
ბოქლომი და გასაღები (კაპერსი, პალეფი, 1976)

დღეს ტერმინი „მეხსიერება“ ფართო დიაპაზონით გამოიყენება მეცნიერების სხვადასხვა სფეროში. ამ დიაპაზონთა გამაერთიანებლად გვევლინება სიტყვა – ინფორმაცია. ამიტომ მეხსიერების განმარტებისას გვერდს ვერ ავუვლით ისეთ ცნებებს, როგორებიცაა: ინფორმაციის მიღების და კოდირების პრობლემა, ინფორმაციის რეტენცია ანუ ჩაწერა, შენახვა; ინფორმაციის მონახვა ნერვულ ქსელებში, ინფორმაციის გრძელვადიანი და მოკლევადიანი შენახვა და ა.შ. ნებისმიერ შემთხვევაში სიტყვის „მეხსიერება“ გამოყენებისას ვეხებით ან ვგულისხმობთ ინფორმაციის რაოდენობას ან მისი მონახვის სიჩქარეს და სიზუსტეს. არ ვინტერესდებით იმ ნივთიერებებითა და ენერგიით, რომლებიც მონაწილეობენ ინფორმაციის გატარებასა და შენახვაში. ბუნებრივია, რომ ნებისმიერი ინფორმაცია არსებობს ამა თუ იმ მატერიალურ მატარებელზე. ინფორმაციის შესანახად და ასამოქმედებლად ადამიანსა და ცხოველს გააჩნიათ ნეიროდინამიკური სტრუქტურები ნივთიერებათა ცვლით, რომელიც არეგულირებს მეხსიერების მორფოლოგიურ და ნეიროქიმიურ პროცესთა ჰომეოსტაზურ მოქმედებას. ჰომეოსტაზის რეჟიმის დარღვევა იწვევს მეხსიერების სხვადასხვა სახის მოშლას.

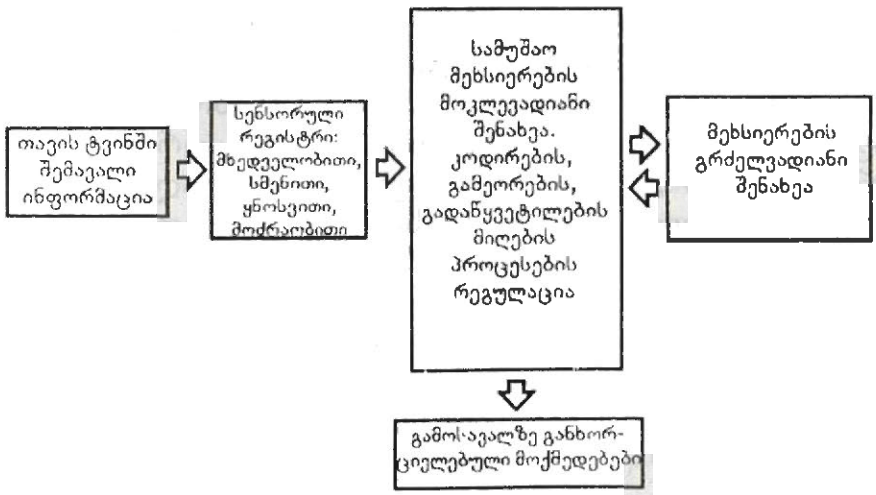
ნეიროფსიქოლოგიური თვალთახედვით მეხსიერება წარმოადგენს პროცესს, რომელიც წარიმართება გარემო სამყაროს ფსიქიკის სუბიექტური აღქმით. ყველა ცოცხალი ორგანიზმი დაკავშირებულია გარემოსთან, რომელიც ზოგადად ასეთი სქემით შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი:

გენომი ⇄ სხეული ⇄ გარემო

იმ ორგანიზმების ურთიერთობა გარემოსთან, რომელთაც გააჩნიათ ნერვული სისტემა, ღებულობს შემდეგ სახეს:

გენომი ⇄ ნერვული სისტემა ⇄ სხეული ⇄ გარემო

ბუნებრივია, მცენარეები და ის ცხოველები, რომელთაც ნერვული სისტემა არ გააჩნიათ, ვერ მოახერხებენ სუბიექტურად აღიქვან რეალური გარემო, მათ არ გააჩნიათ ფსიქიკა და ფსიქიკური მეხსიერება. ასეთ ორგანიზმთა ურთიერთობა გარემოსთან უკვალოდ არ ქრება. ის თავის კვალს ტოვებს ორგანიზმთა სხეულზეც და გარემოშიც.



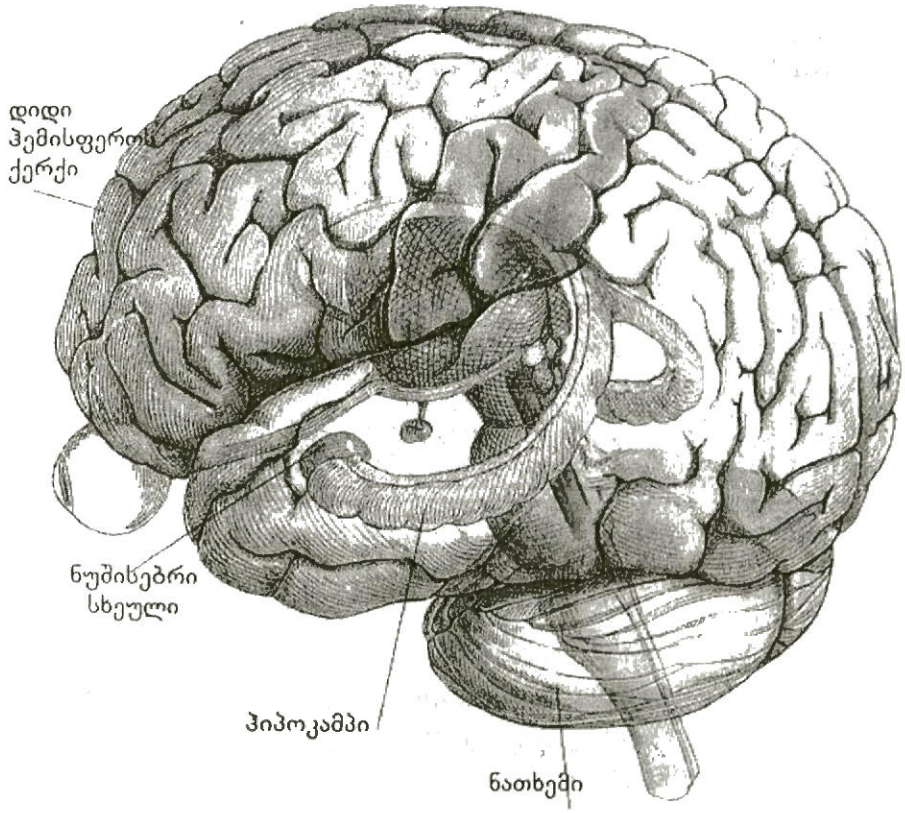
სურ.4.1. *მეხსიერების სისტემაში ინფორმაციის ნაკადის გამარტივებული მოდელი.*

გარემო ფაქტორები თავიანთი კანონზომიერებებით შინაგანად აისახება ფსიქიკაში, შინაგანი აღქმიდან გამომდინარე ადამიანი და ცხოველი განწყობისა და სოციალურად მომგებიანი ფაქტორების გათვალისწინებით აყალიბებენ სუბიექტურ, მათთვის საჭირო-გამოსადეგ გარემოს მოდელს, რომელიც შემდეგ ქცევებში იჩენს თავს. მეხსიერების პროცესები ქვეცნობიერად მიმდინარეობს. ნეიროფსიქოლოგიის ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ მოინახოს მეხსიერების ნეიროანატომიური სუბსტრატი და აღიწეროს მასში მიმდინარე პროცესთა ალგორითმი, რომელსაც

სასურველ შედეგამდე მიჰყავს ინდივიდი. მეხსიერების პროცესები რომ აქტიურად არის დაკავშირებული ცენტრალური და პერიფერიული ნერვული სისტემის ფუნქციებთან, ეჭვგარეშეა. ცნობილია სუმაციის მოვლენა. სენსორული ნერვული ბოჭკოებით მოსული დაბალი სტიმულები ვერ იწვევენ ეფექტს. ეფექტი მიიღწევა იმპულსთა სივრცითი და დროითი აჯამვით, ვინაიდან მიმდინარეობს თითოეული იმპულსით მიტანილი ინფორმაციის დამახსოვრება.

მიუხედავად მეხსიერების მრავალფეროვანი პრობლემისადმი მიძღვნილი ფართო ლიტერატურის არსებობისა მეხსიერების მეცნიერული განმარტება არ არსებობს. მეხსიერებაში იგულისხმება სიგნალით მიღებული ინფორმაციის გახსენება. მისი მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ინფორმაცია შეიძლება იქნეს გამოყენებული მომდევნო სიგნალის გადასამუშავებლად ან მთლიანად, როგორცაა შენახული თავის ტვინით განხორციელებულ სხვადასხვა პროცესებში. ამიტომ სრულიად ბუნებრივია, რომ მეხსიერება განიხილება როგორც პროცესი. მეხსიერების პროცესის პირველ ეტაპს წარმოადგენს ინფორმაციის მიღება. ეს ხორციელდება ნერვული სისტემის სენსორული გზებით. მეორე ეტაპზე მიმდინარეობს ინფორმაციის ჩაწერა ნერვულ ქსელებში. მესამე ეტაპი დაკავშირებულია ჩაწერილი (შენახული) ინფორმაციის მონახვასთან მის გამოსაყენებლად. მეხსიერების დახასიათებისას ითვალისწინებენ მისი გამოყენების სიზუსტეს, სიჩქარესა და მოცულობას. მეხსიერების სისტემაში ინფორმაციის ნაკადის გამარტივებული სქემატური მოდელი წარმოდგენილია სურათზე 4.1., ხოლო თავის ტვინის სტრუქტურები, რომლებიც აქტიურად არიან ჩართული ამ პროცესებში, ნაჩვენებია სურათზე 4.2.

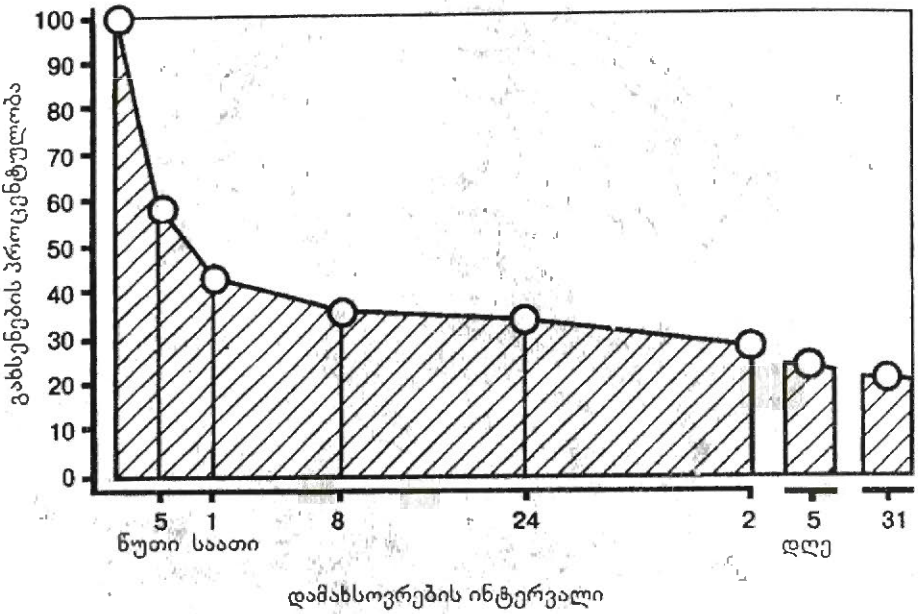
პირველი მკვლევარი, რომელმაც დაიწყო მეხსიერების ექსპერიმენტული კვლევა, ჰერმან ებინჰაუზი (სურ. 4.3.) იყო. ექსპერიმენტი მან თავის თავზე ჩაატარა. შეადგინა რამოდენიმე ფურცელი. თითოეულზე ჩამოწერილი იყო 16 სიტყვა. გარკვეულ დღეს იღებდა შემთხვევით რომელიმე ფურცელს (რომელიც ადრე არ ჰქონდა აღებული) და თითო სიტყვას 2,5 წამის სიჩქარით იმეორებდა 8-ჯერ, 16, 24, 42, 53 ან 64-ჯერ. სიტყვები ჩამოწეილი იყო ულოგიკოდ. მას აინტერესებდა დამახსოვრების ხარისხი დროზე დამოკიდებულებით (სურ. 4.4).



სურ.4.2. *მეხსიერების პროცესებში აქტიურად მონაწილე თავის ტვინის სტრუქტურები (Блум и др. 1988).*



სურ.4.3. *ჰერმან ებინჰაუზი (1859-1900) პიონერი მეხსიერების ექსპერიმენტული კვლევის.*



სურ.4.4. *ებინჰაუზის მიერ 1885 წელს ჩატარებული ექსპერიმენტი დავიწყებაზე. ა. ბედელის (Бэдели, 2001) მიხედვით.*

მეხსიერების კვალი

ჟან-ჟაკ რუსო წერდა: „ჩემ მეხსიერებას უცნაური თავისებურება გააჩნია. ის მეხმარება მანამდე, სანამ ვიყენებ. როგორც კი მის შინაარსს ქაღალდზე გადავიტან, იგი მტოვებს, იმას რაც დაწერილია, ვერასოდეს გავიხსენებ".

ადამიანებს გააჩნიათ უნარი გაუცნობიერებლად შემოინახონ დიდი რაოდენობის ინფორმაცია და მისი ზემოქმედებით განახორციელონ ქმედებანი. ჰიპნოზის ზემოქმედებით შეგვიძლია გავიხსენოთ ისეთი საკითხები, რომლებიც დიდი ხნის დავიწყებული გვეგონა. მეხსიერება გვაძლევს საშუალებას აღვადგინოთ შენახული ინფორმაციის ყველა დეტალი. ტვინის ამ თვისებების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებმა, თეორიულ ინტერპრეტაციასთან ერთად, ნეიროფსიქოლოგებს შეუქმნა საფუძველი წამოეყენებინათ მეხსიერების კვალის – ენგრემის თეორია. ენგრემა ბერძნული სიტყვაა და შიგნით არსებულს ნიშნავს.

გამოთქმული იყო მოსაზრება, რომ თაეის ტვინი ნერვულ ქსელებში მეხსიერებას ინახავს ისე, როგორც მაგნიტური ფირი ჩაწერილ ინფორმაციას. მაგნიტური ფირის ელექტრულ ქსელში ჩართვა ჩაწერილი ინფორმაციის იმდენჯერ მოსმენის საშუალებას იძლევა, რამდენჯერაც გვსურს. ადამიანის თავის ტვინში ანალოგიური მოვლენა პირველად აღწერეს უ. პენფილდმა და გ. ჯასპერმა (Пенфилд, Джаспер, 1958). მონრეალის კლინიკაში 27 წლის ქალს ჩაუტარდა თავის ტვინის ოპერაცია. ნეიროქირურგიული ოპერაციის მიმდინარეობის დროს ავადმყოფს ელექტრული სტიმულაციით გაუღიზიანეს შუბლის წილის ახლოს მდებარე ნეირონები. ელექტროდის მცირე გადაადგილებით ავადმყოფი ალაპარაკდა. მან გაიხსენა 14 წლის წინათ განცდილი ფაქტი. 13 წლის ასაკში ის შეუშინებია მეზობელს ტომარაში ჩასმული სათამაშო გველით. მომხდარი დაადასტურეს ავადმყოფის მშობლებმა. რასაკვირველია, ეს საინტერესო მოვლენა შემთხვევით იქნა მოპოვებული, ვინაიდან წარმოუდგენელია 10^{10} ნეირონთა სიმრავლეში მიზანდასახულად დადგინდეს ამა თუ იმ ინფორმაციის ლოკალიზაცია. მას შემდეგ, რაც პენფილდმა დაიწყო ჰემისფეროს ქერქში მეტყველების ცენტრის ზონების ძიება, იგი წააწყდა ახალ მსგავს მოვლენებს. დიდი ჰემისფეროს ქერქის ნეირონების ელექტრული სტიმულაციით ადამიანები დეტალურად იხსენებდნენ განვლილ მოვლენებს. ერთმა ქალმა გაიხსენა მშობიაროზის მომენტები ყველა დეტალით. ახალგაზრდა მამაკაცმა წარმოიდგინა სამხრეთ აფრიკაში მრავალი წლის წინათ მომხდარი ფაქტი, რომელიც ეხებოდა მისი ბიძაშვილების საუბარს. საოპერაციოში ავადმყოფს ესმოდა საკონცერტო დარბაზში მოსმენილი მელოდია, რომელსაც ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ვერც გაიმეორებდა. სხვა ავადმყოფმა გაიხსენა ჰოლანდიის ეკლესიაში მოსმენილი გალობა. ისეთი განწყობა დაეუფლა, თითქოს იგი სამშობლოში, ჰოლანდიაში იმყოფებოდა, ოპერაცია კი კანადაში ტარდებოდა. სხვა ავადმყოფ ქალს ესმოდა თავისი პატარა ბიჭის ხმა, რომელიც ოთახში შემოდიოდა მანქანების ხმაურთან და სხვა ბავშვების ყვირილთან ერთად. ყველა აღწერილი მოვლენა ეხება რეალურად მომხდარ ფაქტებს. ეს ფაქტები არ იყო ისეთი მნიშვნელოვანი, რომ პიროვნებებს ისინი გაცნობიერებულად დაემახსოვრებინათ. გამოდის, რომ ელექტრულმა სტიმულაციამ მეხსიერების არქივიდან ამოატივტივა შემთხვევითი, არასაჭირო ინფორმაცია. ამის საფუძველზე შეიქმნა შეხედულება, რომ ტვინი იმახსოვრებს ყველაფერს, მაგრამ მონახვა უძნელდება.

ხდება ჩაწერილი ინფორმაციის დახარისხება, ეს აიხსნება იმ ფაქტით, რომ ნორმალური ტვინი საჭირო ინფორმაციას ჩქარა და ზუსტად პოულობს. პენფილდი ხაზგასმით აღნიშნავდა, რომ ავადმყოფები განცდილ მოვლენებს მოგონებებად არ განიხილავდნენ. ისინი იქცეოდნენ ისე, თითქოს ეს მოვლენები ახლა მიმდინარეობდა, თუმცა მოვლენებთან ემოციური მდგომარეობით იყვნენ დაკავშირებული. არც ერთ ავადმყოფს რეალობასთან კავშირი არ გაუწყვეტია. ელექტრული სტიმულაციის დროს, როდესაც ისინი მოგონებების განცდაში იმყოფებოდნენ, მათ შეკითხვებს აძლევდნენ, ავადმყოფებს გაცნობიერებული ჰქონდათ, რომ საოპერაციოში იმყოფებოდნენ, ხოლო განცდები დაკავშირებული იყო წარსულის მოგონებებთან. ამ ფაქტებიდან გამომდინარე, სუბიექტის მდგომარეობის დასახასიათებლად შეიქმნა ტერმინი გაორებული ცნობიერება: როდესაც ავადმყოფი აცნობიერებს ორ ერთდროულ მდგომარეობას. ერთს, საოპერაციოში ყოფნას, მეორეს კი განცდებით დაკავშირებულს წარსულთან.

ანალოგიურ ვითარებაში აღმოჩნდა წიგნის ავტორი, როდესაც საერთო ნარკოზის ქვეშ ყბაზე ამოკვეთეს ლიპომა. ოპერაციის დამთავრების შემდეგ, როცა იკლო ნარკოზის ზემოქმედებამ, პირი ამევსო სითხით, რომელიც სუნთქვას მიძნელებდა. მწეველი ვარ და პირითაც ვსუნთქავ. ვიწექი ზურგზე, დავაპირე გადმობრუნება, რათა სითხე ამომეღო, რისი განხორციელების საშუალებასაც არ მაძლევდნენ. აშკარად განვიცდიდი ჟანგბადის ნაკლებობას. ამ პერიოდში ვნახე გარდაცვლილი მამა, რომელიც თევზაობის მოყვარული იყო. ის ჩემს ოთახში მწოლიარეს მედგა და მეუბნებოდა, რა ბიოლოგი ხარ, თევზაობა არ გიყვარსო. მთხოვდა სათევზაოდ გავყოლოდი ქსანზე. ამ გახსენებამ გამოიწვია ემოციური დაძაბულობა, მიუხედავად იმისა, რომ ვიცოდი – ნარკოზის გავლენის ქვეშ ვიმყოფებოდი. ნეტა, თავი დამანებოს და ნუ მეხვეწება. ხელმეორედ გადავწყვიტე თავის აწევა, რაც ვერ მოვახერხე. ამ დროს განვიცდიდი უსიამოვნებას იმის გამო, რომ არ შევუსრულე თხოვნა მამას. დედა კი მეუბნებოდა „სულხან, როგორ არ გრცხვენია, რატომ არ წაჰყევი მამაშენს სათევზაოდ“, ის საუზმეს გვიმზადებდა. მახსოვს მისი ჩაცმულობაც და ისიც, როგორ დაუვარდა საშაქრე. ამ მოვლენას ნამდვილად ჰქონდა ადგილი ჩემს ბიოგრაფიაში, ტვინის ნეირონთა ელექტრული სტიმულირების გარეშე.

პენფილდი მოვლენებს ხსნის ასე: როდესაც ნეიროქირურგის ელექტროდი შემთხვევით ააქტიურებს ნეირონებს წარსულის ჩანაწერით, ეს წარსული მეორდება სწრაფად. ის გვაგონებს მაგნიტოფონის მუშაობას ან კინოფირის დემონსტრირებას. დრო ასეთ გახსენებებში ყოველთვის სწრაფად მიდის. ის მიმდინარეობს თავისი საკუთარი სიჩქარით. იმ პერიოდში, სანამ მასტიმულირებელი ელექტროდი მოთავსებულია ნეირონზე, როგორც ჩანს, ჩართულია შემაკავებელი მექანიზმი, რის გამოც გახსენებული ეპიზოდი მიმდინარეობს თანმიმდევრულად და არ ხდება მისი აქტივაცია სხვა ეპიზოდებით. დრო არასოდეს ჩერდება, არ ხდება მისი გადართვა სხვა დროზე. ელექტროდის მოცილების შემდეგ ყველაფერი წყდება. წყდება ისევე სწრაფად, როგორც დაიწყო. პენფილდმა აღნიშნა სხვა საინტერესო ფაქტიც, შესაძლებელია თურმე, გარკვეული ეპიზოდის გახსენების შეწყვეტის შემდეგ, თუ მალევე მოხდება ელექტრული სტიმულირება დიდი ჰემისფეროს ქერქის იმავე წერტილის ან ახლო მდებარე უბნის, ზოგჯერ ეპიზოდი ხელმეორედ გამეორდება და ეპიზოდი ყოველთვის იწყება ერთი და იგივე მომენტიდან, ამ რეაქციის ზღურბლი დაქვეითებულია პირველი სტიმულაციის გამო.

პენფილდის მიერ გამოთქმული მოსაზრება ზღურბლის დაქვეითების შესახებ მეორადი სტიმულირებისას, მართლდება მაგ. ბოლდუინის დაკვირვებით ეპილეფსიით დაავადებულ ადამიანზე. ბოლდუინმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ გახსენება შეიძლება იმ შემთხვევაში, თუ ავადმყოფს ადრე ჰქონდა დაზიანების შედეგად ეპილეფსიის მოვლენა გამაღიზიანებელი ელექტროდის ახლოს მდებარე უბანში. აქედან გამომდინარე, ბოლდუინი ასკვნის, რომ მეხსიერების კვალის ამოქმედება დაკავშირებულია ნორმალური ზღურბლის დაქვეითებით, რაც გამოწვეულია ეპილეფსიური აქტივობით. მკვლევართა მიერ დადგენილ იქნა, რომ მეხსიერების კვალი აქტიურდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც გამაღიზიანებელი ელექტრული დენი გადის მარჯვენა ან მარცხენა ჰემისფეროს საფეთქლის რომელიმე წილის ქვემო ნაწილში.

ნეიროკიბერნეტიკულმა მიმართულებამ გამოკვეთა მეხსიერების კვლევის სამი პრობლემა:

- როგორი ფორმით ინახება ინფორმაცია მეხსიერებაში?
- რომელი სტრუქტურებიდან და როგორ ამოიღება ინფორმაცია?

- როგორი შესაძლო გარდაქმნებია განსახორციელებელი სხვადასხვა სახის ინფორმაციის რეპრეზენტაციისათვის?

მეხსიერების კვალის თეორია თხოულობს გარკვეული კონკრეტული ნეირობიოლოგიური მექანიზმების არსებობის გამოვლენას. მიუხედავად ამ მექანიზმთა სირთულისა და ერავალფეროვნებისა, ისინი განხილული უნდა იქნეს, როგორც ერთი მთლიანი. იბადება შეკითხვა, მეხსიერების კვალი მთლიანად ინახავს ინფორმაციას, თუ იგი ნაწილდება ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში? ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად დადგენილი თავის ტვინის ის წარმონაქმნები, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ მეხსიერების პროცესებში, ნაჩვენებია სურათზე 4.2.

ყველა აღიარებს, რომ დასწავლა და მეხსიერება დაკავშირებულია ნერვული სისტემის ფუნქციასთან. მიმდინარეობდა მძაფრი კამათი იმის შესახებ, შევძლებთ თუ არა დასწავლისა და მეხსიერების მექანიზმებში გარკვევას. ბევრი ფსიქოლოგი მიიჩნევდა, რომ დასწავლა და მეხსიერება არ უნდა დაკავშირებოდა ნერვულ სისტემას. მათი შეხედულებით ფსიქოლოგებს და ფიზიოლოგებს უნდა ჰქონდეთ საკუთარი დამოუკიდებელი კონცეფცია. ფსიქოლოგიისა და ფიზიოლოგიის გაერთიანებას ეწინააღმდეგებოდა სკინერი. ის წერდა, რომ შეიქმნება „ცუდი ფიზიოლოგია და ცუდი ფსიქოლოგია". ფსიქოლოგმა კერლ ლეშლმა 1950 წელს გამოაქვეყნა სტატია „ენგრემის ძიება", ენგრემა იგივე მეხსიერების კვალია. ის ამტკიცებდა, რომ არავითარი ენგრემა არ არსებობსო. ნეირობიოლოგები ამ შეხედულებებს მოძველებულად თვლიან.

კარგი და ცუდი ინდივიდუალური მეხსიერება

გერმანელი ფსიქოლოგი ფრანც ლიოზერი (Лёзер, 1979) წერს, ნაპოლეონს უთქვამს: „თავი მეხსიერების გარეშე იგივეა, რაც ციხე-სიმაგრე უგარნიზონოდ". ამბობენ, რომ მეხსიერება კარგია, თუკი ადამიანი და მაღალგანვითარებული ნერვული სისტემის მქონე ცხოველი წარმატებით ართმევენ თავს სამ ამოცანას: ინფორმაციის მიღებას, მის გადამუშავებას (ჩაწერას) და სწრაფად მონახვას. მეხსიერება ცუდია, როდესაც ინდივიდი ჩამოთვლილი სამი ამოცანიდან რომელიმეს გადაწყვეტას ვერ ახერ-

ხებს. იმისდა მიხედვით, რომელი ამოცანის გადაჭრა უძნელდება ინდივიდს, ადგილი აქვს მეხსიერების სპეციფიკურ დარღვევას.

აღსანიშნავია ერთი გარემოება, მეხსიერებას რომ დიდი როლი ენიჭება ტვინის მოქმედებაში უდავოა, მაგრამ რაც უნდა გასაკვირი იყოს, ფაქტია, რომ მისი გავლენა გონზე მიზერულია. იყვნენ ფენომენალური მეხსიერების ადამიანები, რომლებმაც შემოქმედებით მოღვაწეობაში ვერაფერს ვერ მიაღწიეს. მნიშვნელოვანი ახალი არაფერი არ შეუქმნიათ. ამის საპირისპიროდ საშუალო დონის მეხსიერების მქონე პიროვნებებს შექმნილი აქვთ შედევრები სხვადასხვა სფეროში.

შეიძლება ითქვას, რომ ფენომენალური მეხსიერება ზოგჯერ ხელს უშლის ადამიანს შემოქმედებაში. ამის შესანიშნავი დადასტურებაა ცნობილი მოჭადრაკის ალექსანდრ ალიოხინის მონათხრობი. ის გამოირჩეოდა კარგი მხედველობითი მეხსიერებით. როდესაც მიდიოდა ჭადრაკის სათამაშოდ, თვალებზე ქუდს ჩამოიფარებდა, ვინაიდან იმახსოვრებდა შემხვედრია სახეებს. დამახსოვრებული სახეები კი ხელს უშლიდნენ საჭადრაკო კომბინაციების გამოთვლაში.

აღსანიშნავია ერთი მეტად საინტერესო ფაქტი. შვედეთის მეცნიერებათა აკადემიამ დააწესა დიდი ფულადი ჯილდო იმ ფენომენალური მეხსიერების მქონე პირთათვის, რომლებიც ჩამოაყალიბებდნენ, თუ როგორ ხსნიდნენ რთულ მათემატიკურ ამოცანებს. კონკურსში მონაწილეობა მიიღო სხვადასხვა ასაკის რამოდენიმე მამაკაცმა. მათ უნდა ამოეხსნათ ზეპირად, დაწერის გარეშე, სხვადასხვა სახის არითმეტიკული ამოცანა. ყველა მონაწილემ დასმული ამოცანა გადაწყვიტა მშვიდად და სწრაფად. მიუხედავად დიდი სურვილისა, ვერც ერთმა მონაწილემ ვერ ჩამოაყალიბა, თუ როგორ მივიდა სწორ პასუხამდე. ზოგიერთი მონაწილე ფიქრის დროს გაწითლდა, ზოგს კი ოფლმა დაასხა. ემოციურად ყველა დაძაბული ჩანდა. დაწესებული თანხა გაუცემელი დარჩა.

ცნობილია ადამიანები, რომლებიც გამოირჩეოდნენ ფენომენალური მეხსიერებით, მათი ტვინი კი არაფრით არ განსხვავდებოდა ნებისმიერი ადამიანის ტვინისაგან. უბრალოდ ისინი ტვინს იყენებდნენ უფრო ეფექტურად. ჩამოვთვლით რამოდენიმე პიროვნებას, რომლებმაც ეფექტურად გამოიყენეს ტვინის შესაძლებლობა სხვადასხვა სახის დიდი ინფორმაციის დასამახსოვრებლად:

1. ფემისტოკლე, რომელიც ათენის 20000 მოქალაქიდან თითოეულს სახელით იცნობდა.

2. ქსერქსემ სახელი გაითქვა იმით, რომ შეეძლო მისი არმიის 100000 მეომრიდან თითოეულისთვის სახელით მიემართა.
3. კარდინალი მესოფანტი, პოლიტოლოგი, ცხოვრობდა XIX საუკუნეში. ახსოვდა 80 ენის ლექსიკონის სიტყვები, მათ შორის ქართულისაც.
4. ანტონიო დი მარკო მალიაბეჩს გააჩნდა უნარი დაემახსოვრებინა სქელტანიანი წიგნის ყველა სიტყვა სასვენი ნიშნებითურთ. გარკვეული დროის შემდეგ ზეპირად იცოდა ჰერცოგ ტოსკანის დიდი მოცულობის ბიბლიოთეკის ყველა წიგნი.
5. ა.ს. ეიტკენი, ედინბურგის უნივერსიტეტის მათემატიკის პროფესორი, რომელსაც ახსოვდა პირველი ათასი თანმიმდევრობა რიცხვებისა π მნიშვნელობის მძიმის შემდეგ. ახსოვდა როგორც მარცხნიდან მარჯვნისაკენ, ასევე მარჯვნიდან მარცხნისაკენ.
6. დანიელ მაკარტნი, ამერიკელი, ცხოვრობდა XIX საუკუნეში. შეეძლო 54 წლის ასაკში მოეყოლა, თუ რას აკეთებდა ყოველდღე ადრეული ბავშვობიდან. შეეძლო გაეხსენებინა აგრეთვე იმ დღეების ამინდი და ისიც, თუ რა ჭამა საუზმეზე, სადილზე და ვახშამზე.
7. ქრისტიან ფრიდრიხ ხაინეკენს, რომელიც 10 თვის ასაკიდან ლაპარაკობდა, შეეძლო ნებისმიერი სიტყვის გამეორება. სამი წლის ასაკში ისწავლა ლათინური და ფრანგული ენები.

ნეიროფსიქოლოგები არ იფარგლებიან მეხსიერების მხოლოდ იმ სამი თვისების კვლევით, რომლებიც დაკავშირებული არიან ინფორმაციის მიღებასთან, ჩაწერასთან და მონახვასთან. ნეიროფსიქოლოგებს აინტერესებთ მეხსიერების ზემოქმედება გრძნობაზე და განწყობაზე. გრძნობით და განწყობით იქმნება ფსიქიკის ემოციური შინაგანი მდგომარეობა, რომელიც სხვადასხვანაირად ვლინდება ქცევებით. აქედან გამომდინარე გარდა სიტყვიერ-ლოგიკური, ხატისმიერი და მოძრაობითი მეხსიერებისა, აქტიურად მიმდინარეობს ემოციური მეხსიერების კვლევაც. არსებობს მეხსიერების სისტემები, როდესაც ინფორმაციის მიღება, შენახვა და მონახვა დამოკიდებულია მოდალობაზე, იმ არხზე, რომლითაც კოდირებული ინფორმაცია შედის თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში. ამიტომ განასხვავებენ მხედველობით, სმენით, მოტორულ და შერეულ მეხსიერებებს. რო-

გორც წესი, ჩამოთვლილი სამი სახის მეხსიერებიდან ადამიანის შერეულ მეხსიერებაში პრევალირებს ერთ-ერთი.

პიროვნებები კარგი მხედველობითი მეხსიერებით ცდილობენ დასწავლა განახორციელონ წერილობითი ინფორმაციით. დასწავლილის გახსენებას ისინი ახდენენ წარმოდგენით, თითქოს კითხულობენ ნეირონთა ქსელში ჩაწერილ ინფორმაციას. ასეთი პიროვნებები, რომელთაც აქვთ მუსიკალური განათლება, მელოდიის გახსენებას ახდენენ წარმოდგენილი პარტიტურის კითხვით.

მხედველობითი მეხსიერების მქონე ორატორები ლაპარაკობენ ისე, თითქოს კითხულობენ ხელნაწერს. ფსიქოლოგი ბინე იმოწმებს ცნობილი პოლიტიკური მოღვაწის ნაამბობს. თურმე ლაპარაკის დროს მას სერიოზულად აღიზიანებდა მის მიერ დაწერილ ტექსტში წაშლილი ადგილების წარმოდგენა. მხედველობითი მეხსიერების მკვლევარს ფ. კეირას ასეთი ფაქტი აქვს აღწერილი ბავშვებში ზეპირი ანგარიშის სწავლისას. ის ბავშვები, რომლებიც გამოირჩეოდნენ კარგი მხედველობითი მეხსიერებით, არითმეტიკულ ოპერაციებს ატარებდნენ წარმოდგენით-თითქოს დაფაზე წერდნენ.

ფილადელფიის ხელოვნების აკადემიაში ხანძრის დროს სხვა სურათებთან ერთად დამწვარა მურილიოს ცნობილი ფერწერული ტილო „რომაელი ქალწული". ხანძრიდან 35 წლის შემდეგ მხედველობითი მეხსიერების მეშვეობით სორტენს სურათი ზუსტად აღუდგენია. 1805 წელს კიოლნიდან ნაპოლეონის არმიას წაუღია რუბენსის ერთ-ერთი შედევრი „წმინდა პეტრეს ტაძრის საკურთხეველთან". კიოლნელ მხატვარს მხედველობითი მეხსიერებით დაუხატავს სურათი. მოგვიანებით, როდესაც ორიგინალი დააბრუნეს, ასლთან შედარებისას მხოლოდ მცირე განსხვავება გამოვლინდა.

ინგლისელი პორტრეტისტი რეინოლდსი რამოდენიმე ხანი უყურებდა პოზირებულ ადამიანს და შემდეგ მეხსიერებით ხატავდა. მეხსიერებით ხატავდა ფრანგი ჰუსტავ დორე. ი. ლევიტანი ზაფხულობით მოგზაურობდა და თავის ალბომში ფანქრით აკეთებდა ჩანახატებს. ზამთარში ჩანახატებიდან ქმნიდა ფერწერულ ტილოებს.

მხედველობითი მეხსიერებით იმართება ჭადრაკის თამაში დაფაზე დაუხედავად. ამერიკელ პოლ მორფს შეეძლო ეთამაშა რვა დაფაზე დაუხედავად. პოლ სენს ნათამაშები აქვს 20 დაფაზე. 1938 წელს ჩიკაგოს მსოფლიო გამოფენაზე ალექსანდრ ალიოხინი 12 საათის განმავლობაში დაფაზე დაუხედავად ეთამა-

შა 32 მოწინააღმდეგეს. მას მოუხდა 10000 ფიგურის გადაადგილება 2000 უჯრაზე. 1960 წელს უნგრელმა ფლეშმა გააუმჯობესა ა. ალიოხინის შედეგი. ბუდაპეშტში მან ითამაშა დაფაზე დაუხედავად 52 მოჭადრაკესთან: მოიგო 42 პარტია, 3 წააგო, დანარჩენი კი ყაიმით დაამთავრა.

როგორც დიდროს და ჟ. დალამბერის 1757 წლის ენციკლოპედია იტყობინება, ოთხ მოწინააღმდეგესთან უთამაშია დაფაზე დაუხედავად 1265 წელს ალი აშ-შტრანჯის. დაფაზე დაუხედავად თამაშობდა ბევრი ცნობილი მოჭადრაკე*. გაირკვა, რომ ფენომენალური საჭადრაკო მეხსიერება სპეციფიკური ხასიათისაა. მას შეიძლება პროფესიული მეხსიერება ვუწოდოთ. ის არ გამოდგება ზოგადად მეხსიერების შესაფასებლად. ეს დადგინდა ფსიქოლოგიური ტესტების საფუძველზე 1925 წლის მოსკოვის საერთაშორისო ტურნირში მონაწილე მოჭადრაკეთა პასუხებით.

ფენომენალური სმენითი მეხსიერება ჰქონდა კომპოზიტორ მოცარტს. თოთხმეტი წლის ასაკში იგი მოხვდა რომში და წმინდა პეტრეს ტაძარში მოისმინა საეკლესიო მუსიკა. მუსიკის ნოტების ნახვა არ შეიძლებოდა. ინახებოდა განსაკუთრებული სიმკაცრით. სახლში დაბრუნებულმა მოცარტმა მეხსიერებით დაწერა მთელი კონცერტი. მრავალი წლის შემდეგ, როცა მოხერხდა მოცარტის დაწერილი შეედარებინათ ორიგინალისათვის, ჩანაწერში შეცდომა არ აღმოჩნდა. მკითხველისთვის საინტერესო იქნება გავიხსენოთ მოცარტის დაკარგულ საფლავთან დაკავშირებული ისტორია. მოცარტის დაკრძალვის დროს მესაფლავედ მუშაობდა ადამიანი, რომელსაც ახსოვდა ვინ სად იყო დაკრძალული, როდის მოხდა დაკრძალვა, როგორი ამინდი იყო. იმ დროს, ვინ

---

* დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია იხილოს წიგნი-Шахматы. Энциклопедический словарь. Главный редактор А.Е. Карпов. Москва, "Советская энциклопедия", 1990, და მიიღოს დიდი ინფორმაცია მოჭადრაკეთა მეხსიერებაზე. ნ. კროგიუსის აზრით დაფაზე დაუხედავად ნათამაშები ჭადრაკის პარტიის გაანალიზება საშუალებას იძლევა გავერკვეთ მეხსიერების სპეციფიკურ პროცესებში. ენციკლოპედიის 376 გვერდზე ნ. კროგიუსის აზრთან ერთად მოყვანილია ა. ალიოხინის მეტად საინტერესო თვითანალიზი. თურმე დაფაზე დაუხედავად მოთამაშე არ ცდილობს წარმოიდგინოს მთელი საჭადრაკო დაფა. ის იხსენებს მხოლოდ რომელიმე გამორჩეულ სპეციფიკურ სვლას, კონფიგურაციას დაფის რომელიმე ნაწილში. მხედველობითი მეხსიერებით მთელი დაფის წარმოდგენა ხდება მაშინ, როდესაც აუცილებელია კრიტიკულ მომენტში შემოწმდეს პოზიციური მდგომარეობა, რათა გაირკვეს არსებული მდგომარეობა.

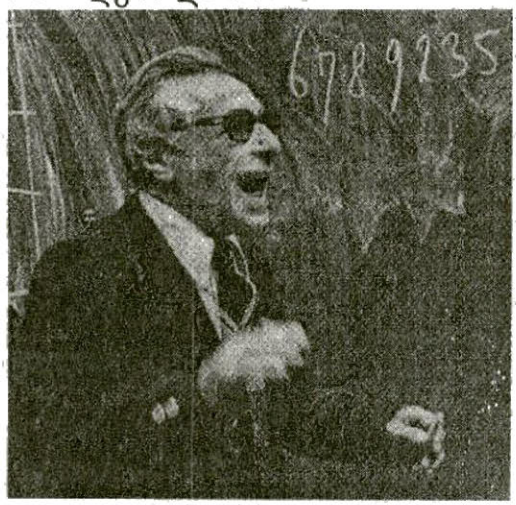
ესწრებოდა დაკრძალვას. მოცარტი დაუკრძალავთ ცუდ ამინდში. დამსწრენი ცოტანი ყოფილან. ამ ცნობას იძლევიან მოცარტის თანამედროვეები. საფლავი მივიწყებულ იქნა. შემდეგ დაიწყეს დადგენა, თუ სად იყო დაკრძალული. ვერ მოხერხდა. როცა გახმაურდა იმ მესაფლავის ფენომენალური მეხსიერების ისტორია, დაიწყეს მისი ძებნა. როცა მიაკითხეს მესაფლავის ოჯახს, ის ორი დღის გარდაცვლილი აღმოჩნდა.

კომპოზიტორმა ა. გლაზუნოვმა მეხსიერების საფუძველზე აღადგინა დაკარგული მუსიკალური ნაწარმოებების პარტიტურები. ს. რახმანინოვისათვის საკმარისი იყო ერთხელ მოესმინა საფორტეპიანო კონცერტი, რომ შემდეგ ისე შეესრულებინა, თითქოს დიდი ხანი ემზადებოდა მის დასაკრავად. კომპოზიტორ ფ. ბუზონის შეეძლო ერთხელ მოსმენილი მელოდია დაემახსოვრებინა და გაემეორებინა. პრაქტიკულად ის ყველა მელოდიას იმახსოვრებდა.

არსებობენ ჩვეულებრივი ადამიანები, რომელთაც კარგად განვითარებული პროფესიული მეხსიერება გააჩნიათ. მაგალითად, გამოცდილ ექიმს ერთდროულად ახსოვს 200-300 ავადმყოფის დაავადების ძირითადი სიმპტომი, მკურნალობის მიმდინარეობა ინდივიდუალურ თავისებურებათა გათვალისწინებით, ავადმყოფის გარეგნობა და გვარი. ცნობილი ფიზიკოსი ა. იოფე მეხსიერებით იყენებდა ლოგარითმულ ცხრილებს. მსახიობები იმახსოვრებენ გრძელ მონოლოგებს, მუსიკოსები – დიდ მუსიკალურ ნაწარმოებებს. ფეიქრებს შეუძლიათ დაიმახსოვრონ, გაარჩიონ და იცნონ შავი ფერის რამოდენიმე ათეული ტონი. ჩვეულებრივი ადამიანი კი არჩევს რამოდენიმე ტონს. სასამართლო საქმეთა გამომძიებლებს განსაკუთრებით აქვთ განვითარებული პიროვნებათა სახეების და იმ სიტუაციის დამახსოვრების უნარი, რომელშიც უხდებოდათ შეხვედრა ამ ადამიანებთან. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ პროფესიული მეხსიერება ვითარდება თანდათანობით, უწყვეტი საქმიანობით, რომელიც დაკავშირებულია მეხსიერების ვარჯიშთან. არსებობს ინდივიდუალური მეხსიერება, რომელიც ჰგავს პროფესიულს.

ფსიქოლოგთა ექსპერიმენტული კვლევით დადგენილ იქნა, რომ უმეტესწილად კარგი ინდივიდუალური მეხსიერება ვლინდება გარკვეული კონკრეტული ხასიათის ინფორმაციის დამახსოვრებისას. მაგალითად, პიროვნებები, რომლებიც იმახსოვრებენ ასნიშნა რიცხვებს, ვერ ახერხებენ პატარა ლექსის დამახსოვრებას. პოლიგლოტებს, რომლებიც ფლობენ ათეულობით

სხვადასხვა ენებს, სრულებით არ გააჩნიათ მუსიკალური მეხსიერება. არიან ადამიანები, რომლებიც იმახსოვრებენ ტელეფონის ნომრებს, სახეებს, გვარებს, წიგნებს, ისტორიული მოვლენების თარიღებს და ა.შ.



სურ.4.5. *ვინ კლეინი, „ადამიანი-კომპიუტერი", დახელოვნებული სწრაფ არითმეტიკულ გამოთვლაში. დაფაზე დაწერილი მის მიერ გამოთვლილი არითმეტიკული ოპერაციის შედეგი აბსოლუტური სიზუსტით ემთხვევა კომპიუტერულ გამოთვლებს. ვინ კლეინის მიერ განხორციელებული ოპერაცია ეფუძნება სამუშაო მეხსიერებით ვიზუალურ-სივრცითი და სმენითი ინფორმაციის გადამუშავებას.*

ისტორიკოსები ამტკიცებენ, რომ იულიუს ცეზარს და ალექსანდრე მაკედონელს ახსოვდათ ჯარისკაცები სახელებით. მათი რაოდენობა 30 ათას აჭარბებდა. სახეების არაჩვეულებრივი დამახსოვრებით გამოირჩეოდა ნაპოლეონი. ორატორთა მსოფლიო ისტორიაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია ძველი რომის პოლიტიკურ მოღვაწეს, მარკ ტული ციცერონს (106-43 ძვ.წ.). მისი ორატორული ზემოქმედების ძალა და წარმატების მიზეზი იმაში მდგომარეობდა, რომ მოხდენილად და დროულად ახდენდა არგუმენტაციას რეალურ ფაქტებზე დაყრდნობით. ფაქტების მოსატანად არასოდეს უსარგებლია ჩანაწერებით. ფაქტების დასამახსოვრებლად, როგორც თვითონ ციცერონი აღნიშნავდა, შეუმუშავებია მეთოდი: როდესაც ემზადებოდა საჯარო გამოსვლისათვის, სახლში ლაპარაკობდა ხმამაღლა და მოძრაობდა ოთახიდან ოთახში. როდესაც თავში მოუვიდოდა რაიმე საინტერესო აზრი, მოკლე დროით ჩერდებოდა და იმახსოვრებდა ოთახის იმ გარემოს, რაც მის თვალწინ იყო. ოთახის გარემოს უკავშირებდა მომავალი სიტყვის რომელიმე საკითხს. შემდეგ, როდესაც გამოსვლა უხდებოდა რომის სენატში, გონებაში აღიდგენდა მოძრაობას ოთახებში, რაც საშუალებას აძლევდა თანმიმდევრულად მოეყვანა მომზადებული ფაქტები და არგუმენტები ისე, რომ არ გამოეყენებინა ჩანაწერები.

ოცი საუკუნის წინათ ციცერონის მიერ გამომუშავებული დამახსოვრების ხელშემწყობი პროცესის ნეიროფსიქოლოგიური ბუნება გამოვლენილ იქნა XX საუკუნის 60-70 წლებში ექსპერიმენტული კვლევებით, რომლებიც ტარდებოდნენ ფენომენალური მეხსიერების მქონე პიროვნებებზე.

თავის ტვინში მიმდინარეობს დამახსოვრების ისეთი პროცესი, როდესაც ერთი მოდალობის სტიმულის ზემოქმედება ხელს უწყობს მეორე, განსხვავებული ინფორმაციის მოპოვებას – მოძებნას. ამ მოვლენას სინესთეზია ეწოდება. სინესთეზიის უნარის მქონე ვინ კლეინი გამოსახულია სურათზე 4.5. მას უწოდეს „ადამიანი-კომპიუტერი". იგი გახარებული ჩანს თავისი გამოთვლის შედეგით. სინესთეზიის მოვლენა აღწერილი აქვს ცნობილ ნეიროფსიქოლოგს ა. ლურიას. 1926 წლიდან იგი 30 წლის განმავლობაში აკვირდებოდა ფენომენალური მეხსიერების მქონე ჟურნალისტის ს. შერეშევსკის მოქმედებებს. შერეშევსკის მეხსიერების პროფესიული შესწავლის შედეგები ლურიამ გამოაქვეყნა წიგნში*. მეორე ფენომენალური მეხსიერების მქონე პიროკნების მოქმედებები აღწერილი აქვთ ჰანტს და ლავს**.

ა.ლურია აღნიშნავს, შერეშევსკის მეხსიერების შესაძლებლობა უსაზღვროა. ცხოვრებაში მას სერიოზულად აწუხებდა ის, რომ არ შეეძლო დავიწყება. ა. ლურიამ სხვადასხვა ექსპერიმენტებით გამოავლინა შერეშევსკის განსაცვიფრებელი ხატისმიერი მეხსიერება და სინესტეზიის დიდი უნარი. სინესტეზია საერთოდ მიღებული და დადგენილია ექსპერიმენტალურად, მაგრამ იგი სუსტად არის გამოხატული ადამიანებში. შერეშევსკის მხედველობითი ხატი ერთდროულად ასოცირდებოდა გემოსთან, ბგერასთან და ყნოსვასთან. სიტყვები და ციფრები – ფორმასთან და ფერთან.

---

* წიგნში – А. Р. Лурия, Маленькая книга о большой памяти. М., 1968. იგი შერეშევსკის გვარით არ მოიხსენიებს, მაგრამ ბევრმა იცოდა, რომ ინიციალით მოხსენებული პიროვნება შერეშევსკი იყო. მოგვიანებით, მრავალი მკვლევარი ეყრდნობა ა. ლურიას წიგნს და თითქმის ყველა შერეშევსკის გვარით და ინიციალებით მოიხსენიებს.

** სტატიაში . Hunt E., Love., how good can memory be? In: A. W. Melton and E. Martin (eds), Coding Processes in Human Memory, Washington, D. C., V.H. Winston and Sons 1972. – აღწერილია 1935 წელს ლატვიაში დაბადებული პიროვნების (В.П.) ფენომენალური მეხსიერება, რომელმაც სამი წლის ასაკში ისწავლა კითხვა, რაც მიუთითებს გონივრული განვითარების ადრეულ პერიოდზე. ხუთი წლისამ ისწავლა ნახევარმილიონიანი მაცხოვრებლიანი ქალაქის გეგმა. რვა წლის ასაკში დაიწყო ჭადრაკის თამაში.

მაგალითად, თუ შერეშევსკი ისმენდა ტონს სიხშირით 2000 რხევა წამში, ამბობდა „ჰგავს ვარდისფერ-წითელ ფეიერვერკს“. ერთხელ მას ესაუბრებოდა ა. ლურიას მეგობარი კოლეგა ლ. ვიგოდსკი. მისთვის შერეშევსკის უთქვამს „თქვენ ყვითელი და გაწელილი ხმა გაქვთო“. ციფრი 1 ნიშნავდა ალესილ მაგარ საგანს. ციფრი 2 უკავშირდებოდა ბრტყელ, თეთრ ოთხკუთხედს, ზოგჯერ კი რუხ ფერს. რიცხვები შერეშევსკისათვის ზოგჯერ ასოცირდებოდა ადამიანებთან. ერთი წარმოედგინა როგორც ამაყი, კარგი აღნაგობის ადამიანი. ორი – მხიარულ ქალად. შერეშევსკის შესახებ ა. ლურია აღნიშნავდა, რომ როდესაც მას სთხოვდნენ გაეხსენებინა კონკრეტული მოვლენა, მომხდარი ოცი, თხუთმეტი ან ათი წლის წინ, ის იქცეოდა შემდეგნაირად. დახუჭავდა თვალებს, იწყებდა ჰაერში თითების მოძრაობას და ზოგჯერ ამბობდა, მოიცადეთო. დეტალურად ჰყვებოდა მომხდარ მოვლენებზე. მაგალითად, ა. ლურიასთვის უთქვამს, თქვენ იჯექით ჩემს პირდაპირ, გეცვათ შავი ფერის კოსტუმი, გეკეთათ ჰალსტუხი (აღწერილი ზუსტად), ლაპარაკობდით საკითხებზე (ზუსტად მიუთითებდა).

შერეშევსკი გახდა პროფესიული მნემონისტი. მნემონიკა ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს მეთოდთა ერთობლიობას, რომელთა მიზანია დიდი რაოდენობის მოვლენების დამახსოვრების გაადვილება. ხშირად მნემონიკას მოიხსენიებენ როგორც მნემოსქემას და მნემოტექნიკას. შერეშევსკიმ თავისი ბუნებრივი სინესთეზია გააფართოვა მნემოტექნიკით. გამოდიოდა სცენაზე და მაყურებელს აოცებდა გასაოცარი მეხსიერებით. მას უხდებოდა მრავალი უაზრო ფორმულის დამახსოვრება, რაც აძლევდა საშუალებას დეტალურად აღედგინა ტვინში ჩაწერილი ინფორმაცია. ნიმუშად მოვიყვანთ ორ ფორმულას, რომელთაც იმახსოვრებდა შერეშევსკი.

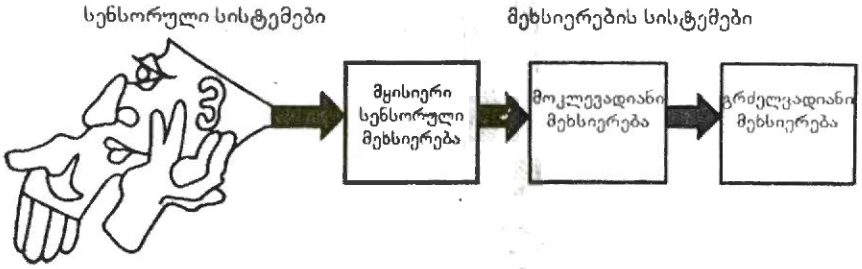
$$\sqrt{N \cdot d^2 \times \frac{85}{vx}} \qquad \sqrt{\frac{276^2 \cdot 86x}{\pi^2 v \cdot \pi 264} \cdot n^2 b}$$

რას იმახსოვრებდა შერეშევსკი პირველი ფორმულის მეშვეობით? ნეიმანი (N) გამოვიდა და ჯოხი ჩაარჭო (·). მან შეხედა მაღალ ხეს, რომელსაც ახსენებდა კვადრატული ფესვი ($\sqrt{\ }$), აგრეთვე გაიხსენა, რომ ხე გახმა, ფესვი კი გაშიშვლდა. ხე მაშინაც იდგა, როცა ვაშენებდი ამ ორ სახლს (d^2) და ჯოხი ხელმეორედ ჩაარჭო (·). სახლები ძველია, მათ შეიძლება ჯვარი დაესვას (x).

ამით კაპიტალი იზრდება (85). სახლის ქვემოთ დგას კაცი და უკრავს (vx).კუთხეში დიდი ქვა გდია (·). ეს ფორმულა შერეშევსკის ახსოვდა 15 წლის შემდეგაც. მიუხედავად იმისა, რომ სინესთეზიის დიდი უნარი უადვილებდა დამახსოვრებას, ის უქმნიდა აგრეთვე უხერხულობასაც. მაგალითად, როდესაც შერეშევსკი დასამახსოვრებლად ფორმულით კითხულობდა ინფორმაციას, თუ ვინმე დამსწრეთაგანი ახველებდა, ხველება იწვევდა მეხსიერებაში ლაქებს ან ბოლის ნაკადს, რომელიც ხელს უშლიდა შემდეგ გახსენებაში. ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ შერეშევსკის ძალიან აწუხებდა, რომ ვერ ახერხებდა არასაჭირო ინფორმაციის დავიწყებას. მან ვარჯიშის შედეგად ამას მიაღწია. იგი წარმოდგენით დაფაზე წერდა დასავიწყებელ ინფორმაციას და შემდეგ შლიდა. გასაოცარია, მაგრამ თავის ტვინში წარმართულმა ამ მარტივმა პროცედურამ შედეგი გამოიღო.

მეხსიერების სისტემები

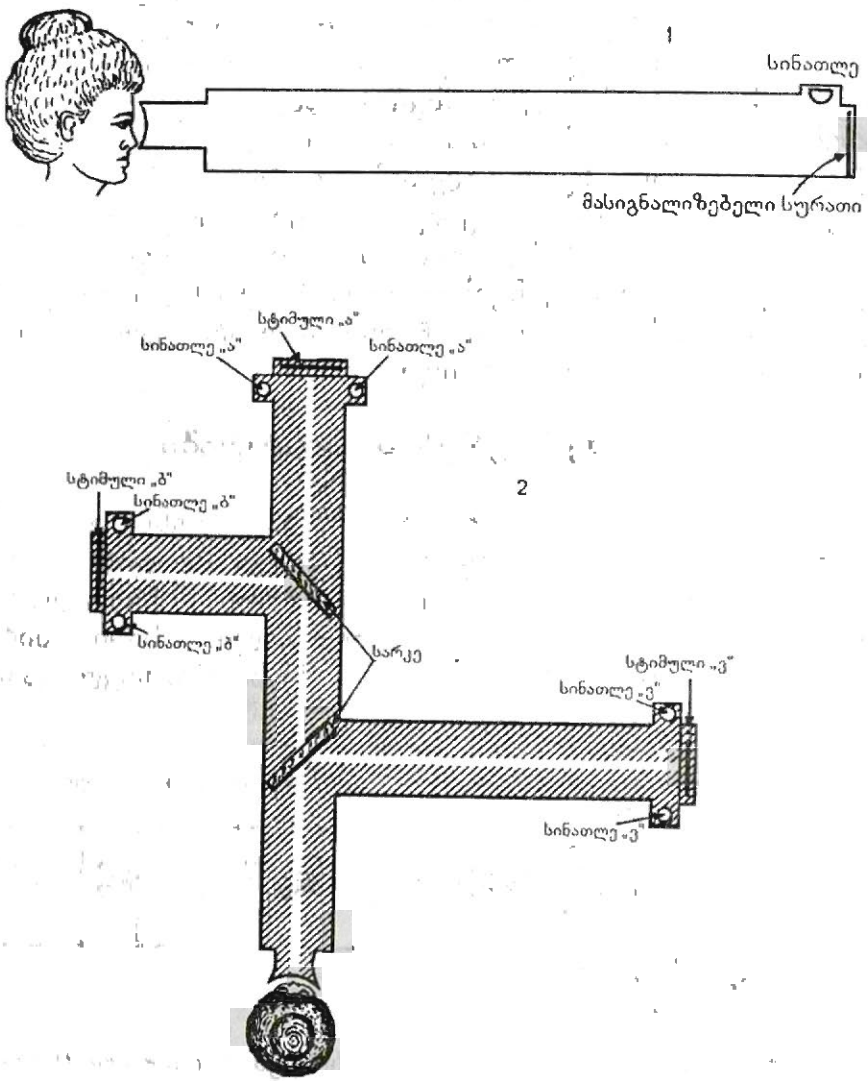
ადამიანის მეხსიერება არ წარმოადგენს ერთ მთლიან ფუნქციას. მასში მონაწილეობს მრავალი სხვადასხვა პროცესი. თანამედროვე ნეიროფსიქოლოგიური თვალთახედვით ადამიანის მეხსიერებაში გამოყოფილია სამი ძირითადი, მკვეთრად განსხვავებული სისტემა: მყისიერი, მოკლევადიანი და გრძელვადიანი (სურ. 4.6.)



სურ. 4.6. *ადამიანის მეხსიერების სისტემები (Линдсей, Норман, 1974).*

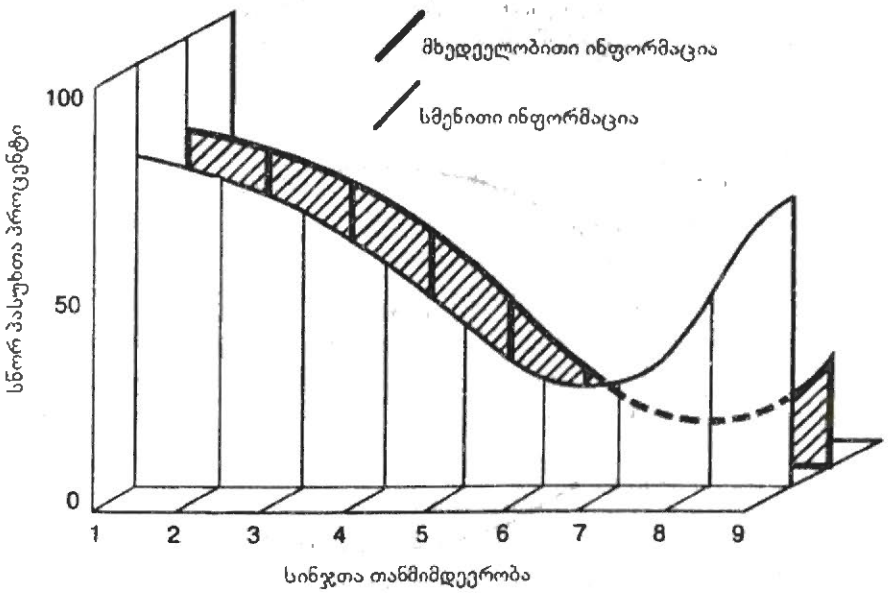
ბოლო ათი წლის განმავლობაში ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად დაგროვდა მრავალი ფაქტი, რომელიც აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ნებისმიერი მეხსიერების და დასწავლის თეორიის შექმნაში. ადამიანები ვცხოვრობთ სამეცნიერო-ტექნიკურ ეპოქაში და, რაც დრო გავა, უფრო ინტენსიუ-

რად მოგვიხდება ინფორმაციის გამოყენება ჩვენი მოღვაწეობის სხვადასხვა სფეროში.



სურ.4.7. *მხედველობითი პროცესების შესასწავლად იყენებენ ტახისტოსკოპს. ეს ხელსაწყო საშუალებას იძლევა მიწოდებულ იქნეს ცდის პირებისათვის მხედველობითი სიგნალები დროის ხანმოკლე პერიოდებში (1). ზოგჯერ ამოცანა თხოულობს ცდისპირს მიეცეს სიგნალი სამი სხვადასხვა წერტილიდან, რაც ხორციელდება სპეციალური სარკეების მეშვეობით (2). ტახისტოსკოპი მოქმედებს ელექტრონული სქემით (Линдсей, Норман, 1974).*

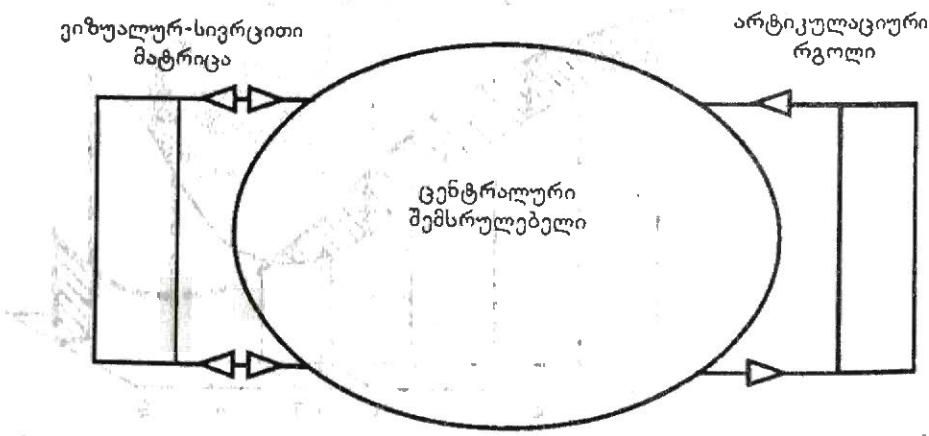
პირველი განსხვავება, რომელიც არსებობს ადამიანისა და ელექტრონულ სისტემათა მეხსიერებაში, შემდეგია. ცნობილია ექსპერიმენტულად დადგენილი ბანალური ჭეშმარიტება. ადამიანს თუ მივცემთ დასამახსოვრებლად ერთმანეთთან დაკავშირებულ სიტყვათა სიმრავლეს, ის უფრო ჩქარა და კარგად იმახსოვრებს სიტყვათა მოკლე რიგს, ვიდრე გრძელს. დამახსოვრების ხარისხი ამავე დროს დამოკიდებულია დასამახსოვრებელი მასალის ექსპოზიციის ხანგრძლივობაზე, რომელსაც დიდი სიზუსტით ატარებენ ტახისტოსკოპით (სურ. 4.7.). ხელოვნური, ელექტრონული მეხსიერების სისტემა კი იმახსოვრებს მთელ მიწოდებულ ინფორმაციას იმ სიჩქარითა და ხარისხით, რაც გათვალისწინებულია მისი ტექნიკური შესაძლებლობებით.



სურ.4.8. *დიაგრამა უჩვენებს, რომ სენსორულ სისტემაში სმენით მიღებული ინფორმაცია ინახება უფრო დიდხანს, ვიდრე მხედველობითი. განსაკუთრებით ეს საგრძნობია მერვე და მეცხრე სინჯებში. ტესტი ჩატარებულია ტელეფონების ნომრების დამახსოვრებაზე, როდესაც ის ცდისპირს მიეწოდებოდა ერთ შემთხვევაში მოსმენით, მეორე შემთხვევაში დანახვით (Бэддели, 1994).*

მეორე უფრო მნიშვნელოვანი განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ადამიანი არ იმახსოვრებს დეტალებს, ის დიდ ყურადღებას უთმობს ზოგად მახასიათებელს. მაგალითად, წაკითხული წიგნიდან ვიმახსოვრებთ შინაარსს და არა სიტყვებს. სიტყვები

შეიძლება დაგვავიწყდეს კიდეც. გახსნების დროს კი პირიქით ვიქცევით. ჯერ ვიხსენებთ შინაარსს, შემდეგ კი მეტყველების ცენტრიდან ამოვკრეფთ მის მოსაყოლად შესაბამის სიტყვებს. ამ შემთხვევაშიც ადამიანის მეხსიერება თვისობრივად განსხვავდება ელექტრონული მეხსიერებისაგან. ადამიანი თავის ტვინში სხვადასხვა სენსორული არხით შესულ ერთი და იგივე ინფორმაციას სხვადასხვა ხარისხით ინახავს (სურ. 4.8.). მეტყველების ჩამოყალიბების გავლენით ადამიანის მეხსიერება განსხვავდება ცხოველის მეხსიერებისაგან. ინფორმაცია, რომელსაც ადამიანი აგროვებს თავის ტვინში კოდირებული სიტყვებით ჯერჯერობით კიდევ გაურკვეველ გავლენას უნდა ახდენდეს არასიტყვიერ მეხსიერებაზე, რომელიც გააჩნიათ ცხოველებსაც. ამიტომ ძნელდება ადამიანთა მეხსიერების ინტერპრეტაცია იმ ექსპერიმენტულ მონაცემთა გათვალისწინებით, რომლებიც მოპოვებულია ცხოველებზე.



სურ.4.9. *ბედლი-ხიტჩის სამუშაო მეხსიერების გამარტივებული სქემა. ცენტრალური კონტროლის განმხორციელებელი ეყრდნობა ორ დამხმარე სისტემას: ვიზუალურს და ვერბალურს. მოდელში შემოტანილია ცენტრალური მარეგულირებლის როლი, რომელიც გრძელვადიან მეხსიერებასთან ერთად ახდენს კოგნიტური რესურსების ამოქმედებას ახალი ინფორმაციის გადამუშავებისა და ჩაწერისათვის. მოდელი ითვალისწინებს იმას, რომ მუშა მეხსიერების დარღვევა ავტომატურად არ უქმნის პრობლემებს გრძელვადიანი მეხსიერების ამოქმედებას, მაგრამ მოკლევადიანი მეხსიერება ქვეითდება. ვიზუალურ-სივრცითი მატრიცა ახდენს მხედველობითი და სივრცითი ინფორმაციის ჩაწერას. საარტიკულაციო რგოლი ემსახურება ამეტყველებას, რაც საშუალებას იძლევა მოხდეს ვერბალური ინფორმაციის გამეორება და მისი ფონოგრაფიული კოდირება (ბედელი, 2001).*

ექსპერიმენტულ მონაცემთა საფუძველზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ადამიანთა მეხსიერების კვალის მოცულობის გაზრდა მიმდინარეობს ეტაპობრივად. ამ პროცესთა ნეიროფსიქოლოგია უცნობია, მაგრამ ექსპერიმენტზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია მეხსიერების ის სისტემები, რომლებიც ილუსტრირებული არიან სურათზე 4.2. ამ სისტემათა კავშირს ახორციელებს სამუშაო მეხსიერება (სურ. 4.9.).

1890 წელს, მას შემდეგ რაც ებინჰაუზმა გამოაქვეყნა წიგნი მეხსიერების შესახებ, ვილიამ ჯეისმა გამოსცა კლასიკური ნაშრომი „ფსიქოლოგიის პრინციპები". ამ ნაშრომში მან განასხვავა ადამიანის უშუალო მეხსიერება, რომელსაც პირველადი უწოდა, არაპირდაპირისაგან, რომელსაც მეორადი დაარქვა. ჯეიმსის მიხედვით ადამიანის პირველადი მეხსიერება მსგავსია, მაგრამ არა იდენტური იმისა, რასაც დღეს მოკლევადიან მეხსიერებას ვუწოდებთ. პირველადი მეხსიერება არასდროს ტოვებს ცნობიერებას და ყოველთვის იძლევა ნამდვილ სურათს ახლახან მომხდარ მოვლენებზე. მეორადი მეხსიერება მისი გაგებით მუდმივია და გამოირჩევა დიდი ინდივიდუალურობით. ვილიამ ჯეიმსის ნაშრომი თითქმის 80 წელი მივიწყებული ჩანდა. მას პირველად ვომ და ნორმანმა მიაქციეს ყურადღება, რომელთაც მრავალი თანამოაზრე გამოუჩნდა და გასული საუკუნის ოთხმოციანი წლებიდან იწყება მრავალი პუბლიკაციის გამოქვეყნება ადამიანის მეხსიერების სისტემების შესახებ. უახლოესი მონაცემების საფუძველზე ჯეიმსის თავდაპირველმა მოსაზრებამ სახე იცვალა. ჩამოყალიბდა ადამიანთა მეხსიერების სამი სისტემა სამი ძირითადი ფაქტორის გათვალისწინებით:

- განსხვავება სიტყვიერი და არასიტყვიერი ინფორმაციის გადამუშავებაში.
- მოკლევადიან მეხსიერებას ყოველთვის წინ უსწრებს სენსორული მეხსიერება.
- მეხსიერების განსაკუთრებული მექანიზმის არსებობა, რომელიც არეგულირებს გამორჩეული ინფორმაციის შენახვას და შემდეგ მონახვას.

ადამიანის პირველადი, მეორეული და მესამეული მეხსიერების სისტემები ნეირობიოლოგიური მახასიათებლებით ნაჩვენებია ცხრილში 4.1.

ცხრილი 4.1.

ადამიანის მეხსიერების სისტემათა მახასიათებლები

მეხსიერების მახასიათებლები	ინფორმაციის შენახვის სისტემა			
	სენსორული მეხსიერება	პირველადი მეხსიერება	მეორადი მეხსიერება	მესამეული მეხსიერება
მოცულობა	შეზღუდული	7 ბიტი	დიდი რაოდენობის ბიტი	დიდი რაოდენობის ბიტი
ხანგრძლივობა	წამიერი	რამოდენიმე წამი	წუთებიდან რამოდენიმე წლამდე	მუდმივი
გადამუშავებული ინფორმაციის სახე	მხედველობითი, ვერბალური, ტაქტილური	ვერბალური	ყველანაირი	ყველანაირი
ჩაწერილი ინფორმაციის მოპოვების სიჩქარე	შეზღუდულია გათვლის სიჩქარით	ძალიან სწრაფად	ნელა	ძალიან სწრაფად
დავიწყების მექანიზმი	ჩაქრობა ან წაშლა	ახალი ინფორმაცია ავიწროებს ძველს	პროაქტიური და რეტროაქტიური ინტერფერენცია	დავიწყება არ ხდება

დასწავლის ბუნების უკეთ გასარკვევად ნომდევნო ქვეთავებში მოკლედ განვიხილავთ მეხსიერებათა სხვადასხვა სისტემებს.

სენსორული მეხსიერების სისტემა

სენსორული მეხსიერების სისტემა გარემოდან მოსულ ინფორმაციას ზუსტად და მთლიანად ინახავს მცირე დროით (0,1-0,5 წამის ხანგრძლივობით). ამ სისტემაში სტიმული შემოინახება იმ კონკრეტული ინდივიდუალური ფორმით, როგორითაც პირველად იქნა აღქმული. შემდეგ სტიმული განიცდის კოდირებას და სხვადასხვა ნერვული გზებით თავს იყრის თავის ტვინის სტრუქტურებში. მიღებული ინფორმაციის ხატი შენახულია მანამ, სანამ არ გაიშიფრება და არ მოხდება მისი მოხვედრა სათანადო სენსორულ რეგისტრში. სენსორული რეგისტრებია ყველა გრძნობათა ორგანო. ამ რეგისტრებიდან კარგად არის შესწავლილი ადამიანის მხედველობითი და სმენითი სენსორული მეხსიერება. ცხო-

ველებში მეთოდური შეზღუდულობის გამო სენსორული მეხსიერების სისტემის შესახებ ცოტა რამ არის ცნობილი. 1967 წელს ფსიქოლოგმა ნეისერმა მხედველობითი ინფორმაციის შენახვას ხატის მეხსიერება უწოდა. ზოგიერთმა მკვლევრმა ეს ტერმინი განავრცო სმენით მიღებული ინფორმაციის შენახვაზე*. სენსორულ მეხსიერებას ბოლო ხანებში პრეკატეგორიულის უწოდებენ. პრეკატეგორიული მიგვანიშნებს იმაზე, რომ გარემოდან მოსული სიგნალი ჯერ არ არის გაშიფრული, არ მომხდარა მისი რომელიმე კატეგორიაში გაერთიანება.

მხედველობითი ხატის მეხსიერების ექსპერიმენტული კვლევა წამოიწყო სპერლინგმა. ცდისპირებს მცირე დროის განმავლობაში აჩვენებდნენ ასოებს და შემდეგ სთხოვდნენ მათ გახსენებას. ექსპერიმენტის შედეგმა ცხადყო, რომ გახსენების ეფექტურობა დამოკიდებულია ნაჩვენებ ასოთა რაოდენობაზე. თუ ნაჩვენებ ასოთა რაოდენობა არ აღემატება ოთხს, გახსენება ხდება ზუსტად. ნაჩვენებ ასოთა რაოდენობის გაზრდა ხუთამდე და უფრო მეტად, იწვევს გახსენების დაქვეითებას. ცდისპირები ყველა ასოს ვეღარ იხსენებენ. საშუალოდ იხსენებენ 4-5 ასოს. ზედა ზღვარს, რომლის გაზრდის შემდეგ სიგნალის ხატის გახსენება 100%-ზე დაბალი ხდება, სენსორული მეხსიერების მოცულობა ეწოდება. აღწერილ შემთხვევაში მეხსიერების მოცულობა ხუთია. მსგავს ექსპერიმენტებში ცდისპირებს ერთ შემთხვევაში ტახისტოსკოპში აჩვენებდნენ თანმიმდევრულად ერთ რიგად დალაგებულ 6 ასოს, ხოლო მეორე ჯგუფს იმავე ასოების ორ რიგს სამ-სამად დალაგებულს, ამოცნობის რაოდენობა იგივე აღმოჩნდა. განვიხილოთ სპერლინგის ექსპერიმენტის ერთი ვარიანტი. მან ცდისპირებს აჩვენა 0,005 წამის ხანგრძლივობით სამ რიგად განაწილებული ცხრა ასო, თითოეულში სამი ასოთი. ეს დრო ძალიან მოკლეა იმისთვის, რომ ადამიანმა ყველა ასოს გადაავლოს თვალი. პასუხი ამ შემთხვევაში იქნება 4 და 5 ასოს ამოცნობა. თუ ჩვენების დროს გავზრდით 0,5 წამამდე, რაც სავსებით საკმარისია ასოებისათვის

---

* ნეისერმა ნაშრომში სმენით მეხსიერებას „ექოს მეხსიერება" უწოდა, რომელშიც ის გულისხმობდა სენსორული სმენით დამახსოვრებას. ზოგიერთი მკვლევარი ამგვარ დამახსოვრებას უწოდებს „პერცეფციურ სმენით მეხსიერებას", განსხვავებით ტერმინისაგან „მოკლევადიანი სმენითი მეხსიერება" – რომლის გამოყენება ხდება სმენითი ინფორმაციის შემდეგ ეტაპზე გადამუშავების აღსანიშნავად. Neisser, U Cognitove psychology. New York: Appleton-Century-Crofts.

თვალის გადასავლებად, ასოთა ამოცნობის რაოდენობა იგივე იქნება, რაც პირველ ვარიანტში. დადგინდა, რომ ამოცნობის ხარისხი არ ყოფილა დამოკიდებული ჩვენების დროზე. ის განისაზღვრება სენსორული მეხსიერების მოცულობით, რომლის შექმნაში აქტიურ როლს თამაშობს ხატების ამოცნობის და მათი კოდირების სიჩქარე.

სხვა ექსპერიმენტებით ზუსტად იქნა დადგენილი, რომ ჩვენმა თვალმა რომ აღიქვას ნელა მოძრავი საგნის ხატი, საჭიროა დავინახოთ 10 ციკლი ყოველ 5 წამში. ეს ნიშნავს, რომ მოძრავი საგანი ჩვენ თვალწინ 20-ჯერ გაივლის 5 წამის განმავლობაში, ან ოთხჯერ წამის განმავლობაში. გამოდის, რომ მხედველობის კვალი ინახება დაახლოებით 0,25 წამის ხანგრძლივობით.

ძალიან ხანმოკლე არამდგრადი სენსორული ინფორმაციის გადატანა უფრო ხანგრძლივ მეხსიერებაში ორი გზით ხორციელდება. ერთი არის სენსორული სიგნალის სიტყვიერი კოდირება. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ეს გზა ამოქმედდება მას შემდეგ, როცა ადამიანს ჩამოუყალიბდება მეტყველება. მეორე გზა, რომლის შესახებ ცოტა რამ ვიცით, არის სენსორული ინფორმაციის არასიტყვიერი გადამუშავება. ამ გზით ხდება ინფორმაციის გადამუშავება ჩვილ ბავშვებსა და ცხოველებში. ეს გზა ამავე დროს მონაწილეობს ისეთი ინფორმაციის დამახსოვრებაში, რომელიც სიტყვიერად ძნელად ან საერთოდ ვერ გამოითქმება.

ადამიანის პირველადი, მეორადი და მესამეული მეხსიერების სისტემები

ადამიანის პირველადი მეხსიერება ინახავს იმ ინფორმაციას, რომელიც კოდირებულია სიტყვებით. ამ მეხსიერების მოცულობა დაბალია სენსორულთან შედარებით. დამახსოვრება ხდება სენსორული ინფორმაციის შესვლის რიგითობით. დავიწყება მიმდინარეობს ძველი ინფორმაციის გამოდევნით ახლის ზემოქმედებით. ვინაიდან ტვინში ინფორმაციის გადამუშავება მუდმივად მიმდინარეობს, ამიტომ პირველადი მეხსიერების დამახსოვრების ხანგრძლივობა ხანმოკლეა. იგი რამოდენიმე წამის რიგისაა. პირველადი მეხსიერება წააგავს ხანმოკლე მეხსიერებას. ინფორმაცია არაკოდირებული სიტყვებით არ ინახება პირველად მეხსიერებაში. ის სენსორული მეხსიერებიდან გადადის მეორად სის-

ტემაში პირდაპირ ან რაღაც შუალედური შემნახველი სისტემის მონაწილეობით. ინფორმაციის გადასვლა პირველადი მეხსიერებიდან უფრო ხანგრძლივ მეორადში მიმდინარეობს ინფორმაციის მიზანდასახული გამეორებით. ხდება ინფორმაციის ცირკულირება პირველადი მეხსიერების დამახსოვრების ნერვულ ბლოკებში. ინფორმაციის გადასვლის ალბათობა პირველადი მეხსიერებიდან მეორადში დამოკიდებულია გამეორების ხანგრძლივობასა და სიხშირეზე.

მეორადი მეხსიერება ხასიათდება დიდი მოცულობით და ხანგრძლივობით. ზოგჯერ ინფორმაციის გადასვლა პირველადი მეხსიერებიდან მეორადში ხანგრძლივად მიმდინარეობს. ცოდნის დღევანდელი მდგომარეობიდან გამომდინარე არ გაგვაჩნია დამამტკიცებელი ზუსტი მონაცემები მეორადი მეხსიერების მოცულობის და შენახვის ხანგრძლივობაზე. ერთი კი ცნობილია, რომ მეორადი მეხსიერების სისტემაში ინფორმაციის დაგროვება კორელირებს მის მნიშვნელობასთან. ამაზე მეტყველებს ინფორმაციის ამოღებისას დაშვებული შეცდომები პირველადი და მეორადი მეხსიერების სისტემებიდან. პირველადი მეხსიერების სისტემიდან ამოღებული ინფორმაციის დროს დაშვებული შეცდომები ძირითადად ფონეტიკურად მსგავს ბგერებს შეეხება, ხოლო მეორადი მეხსიერების სისტემიდან ამოკრეფილი მცდარი ინფორმაცია დაკავშირებულია მსგავსი მნიშვნელობის სიტყვების აღრევასთან. პირველადი და მეორადი მეხსიერება განსხვავებულია იმითაც, რომ პირველადში ინფორმაციის მონახვა ხდება სწრაფად, ხოლო მეორადში ის ხანგრძლივად მიმდინარეობს. ინფორმაციის მოპოვების დროის გახანგრძლივება განპირობებულია იმით, რომ უნდა მოხდეს დიდი ინფორმაციის გადასინჯვა. დიდი ინფორმაციის გადამუშავება თხოულობს დიდ დროს. კლინიკურ მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე, რომელიც განმტკიცებულია ცხოველებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგებით, გამოთქმულია მოსაზრება, რომ დავიწყება, რომელიც ხდება მეორადი მეხსიერების დონეზე, უნდა იყოს დაკავშირებული ძირითადად დამახსოვრებაზე ზემოქმედებასთან. ზემოქმედება ხდება როგორც არსებულ, ასევე ახლად შემოსულ ინფორმაციაზე. პირველ შემთხვევაში ადგილი აქვს პროაქტიურ ინტერფერენციას. მეორე შემთხვევაში კი რეტროაქტიურ ინტერფერენციას. ნათელია, რომ პროაქტიური ინტერფერენციის შეკავებას დიდი როლი ენიჭება დავიწყებაში. პროაქტიური ინტერფერენციის შეკავება ხორციელდე-

ბა დიდი ინფორმაციის დაგროვების გამო. აქედან გამომდინარე შეიძლება ვიფიქროთ – ვივიწყებთ იმიტომ, რომ ვიცით ბევრი.

ზოგიერთი მეხსიერების ენგრემა, როგორიცაა საკუთარი სახელი და გვარი ან მრავალჯერ წაკითხული ან მოსმენილი ინფორმაცია, გამეორებული წლების განმავლობაში, არასდროს არ დაივიწყება. არ ხდება მისი დავიწყება ტვინის ტრავმების დროსაც. ასეთი ინფორმაციის მოპოვებაც სწრაფად ხდება. როგორც ჩანს, ასეთი ენგრემების შენახვა უნდა ხდებოდეს განსაკუთრებული სისტემით, რომელსაც მესამეული მეხსიერების სისტემა ეწოდება. მეორადი და მესამეული მეხსიერების სისტემები გრძელვადიანი მეხსიერების მსგავსია.

მოკლევადიანი მეხსიერება

მოკლევადიანი მეხსიერება ინახავს სენსორული სისტემიდან ინტერპრეტირებულ ინფორმაციას. ინტერპრეტირებული ინფორმაცია განსხვავდება იმ სიგნალის ხატისაგან, რომელიც წამამდე ხანგრძლივობით შენახულია სენსორულ სისტემაში. ადამიანები მოსმენილი ფრაზიდან იმახსოვრებენ არა ხმებს, არამედ სიტყვებს. სიტყვით კოდირებული ინფორმაცია ადამიანებში შეიძლება 30 წამამდე, გამეორების გარეშე. ერთდროულად შეიძლება 5 ან 6 ელემენტის დამახსოვრება. მოკლევადიანი მეხსიერების მოცულობა მცირეა, მაგრამ ინფორმაციის გამეორებით შესაძლებელია მისი მოცულობის ხანგრძლივობის გაზრდა. მოკლევადიან მეხსიერებაში ადგილი აქვს ინფორმაციის გამეორებას. თეორეტიკოსთა აზრით, პიროვნება ინფორმაციის შესანახად თავის თავში ულაპარაკოდ იწყებს მის გამეორებას. ყოველი გამეორება მიმდინარეობს იმგვარად, როგორც ეს ხდება ინფორმაციის მოხვედრისას მოკლევადიან მეხსიერებაში. რამოდენიმე გამეორების შემდეგ ინფორმაცია უკლებლივ ბრუნდება მოკლევადიან მეხსიერებაში. უცნობი რჩება, მონაწილეობს თუ არა შინაგანი ენა ინფორმაციის გამეორებაში.

ინფორმაციის გამეორებას ორმაგი დანიშნულება გააჩნია. ერთი, ხდება მისი უკეთ დამახსოვრება და მონახვაც იოლდება. მეორე, გამეორების ფუნქცია დაკავშირებულია მეხსიერების გადატანასთან გრძელვადიან მეხსიერებაში. ხშირად აღნიშნავენ მოკლევადიანი მეხსიერების ერთ თავისებურებას, სიტყვების სემანტიკა ინახება სმენითი ფორმით და არა მხედველობით, იმ შემ-

თხვევაშიც კი, როდესაც სიტყვა სისტემაში შედის მხედველობითი რეგისტრით – კითხვით.

ბოლო ხანებში კვლავ დაიწყო კამათი იმის შესახებ, თუ რით განსხვავდება მოკლევადიანი მეხსიერების პროცესები გრძელვადიანისაგან. მკვლევართა ერთი ჯგუფი იზიარებს შეხედულებას, რომ მოკლევადიანი მეხსიერება იგივეა, რაც გრძელვადიანი. მოკლევადიან მეხსიერებას ადამიანები იყენებენ განსაზღვრულ სპეციალურ პირობებში. პირობების განსაზღვრა კი ბუნდოვანია. ხანმოკლე მეხსიერება ზოგჯერ სუსტად ინახავს ხანგრძლივად ინფორმაციას. მეორე მოსაზრებით, მიუხედავად მსგავსებისა, მოკლე და გრძელვადიან სისტემებში ჩართული არიან სხვადასხვა ქვესისტემები. მოკლევადიანი მეხსიერების სისტემა წარმოადგენს კომპლექსურ ერთობლიობას, რომელიც იქმნება ურთიერთმოქმედი სხვადასხვა სახის სამუშაო მეხსიერების ქვესისტემებისაგან. ადამიანთა პირველადი მეხსიერება განიხილება როგორც მოკლევადიან მეხსიერებაში მონაწილე ქვესისტემა.

გრძელვადიანი მეხსიერება

მეხსიერებათა სისტემებიდან ყველაზე რთულად აგებულია გრძელვადიანი. მისი საშუალებით ვუკავშირდებით წარსულს და ვსახავთ მომავლის გეგმებს. განსხვავებით სხვა სისტემებისაგან, გრძელვადიან მეხსიერებაში ინფორმაცია შედის ნელა, მაგრამ ინახება ძალიან დიდხანს. ზოგჯერ კი მუდმივად. აქვს ინფორმაციის დაგროვების ფენომენალური უნარი. ამ სისტემაში დამახსოვრების პროცესი ძალიან წააგავს კომპიუტერში მიმდინარე პროცესს. როგორც მტკიცდება, გრძელვადიან მეხსიერებაში დიდი მოცულობის ინფორმაცია ისე მოწესრიგებულად არის ჩაწერილი, რომ მისი მონახვა სწრაფად ხდება. თუ ჩვენ გვესმის რაიმე სიტყვა, ყოველგვარი დაძაბულობის გარეშე გრძელვადიან მეხსიერებაში ვპოულობთ იმ ადგილს, სადაც ჩაწერილია ამ სიტყვასთან დაკავშირებული სხვა დამატებითი ინფორმაცია. ამ პროცესის აღსანიშნავად შემოღებულ იქნა ტერმინი „მინაარსის მისამართი“, რომლის მეშვეობითაც ვპოულობთ არა შემთხვევით ინფორმაციას, არამედ ზუსტად იმას, რაც სიგნალს შეესაბამება. ეს კი ადასტურებს იმას, რომ გრძელვადიანი მეხსიერების სისტემა მაღალორგანიზებულია.

ბუნებრივად იბადება კითხვა, ხომ არსებობს ისეთი მოვლენები, რომლებიც ოდესღაც კარგად ვიცოდით, მაგრამ ეელარ

ვიხსენებთ? ამ მოვლენის ასახსნელად არსებობს ჰიპოთეზა. დავიწყება განპირობებულია იმით, რომ „შინაარსის მისამართი" ვერ ახერხებს საჭირო ინფორმაციის ამოღებას, რომელიც რეალურად არსებობს – ჩაწერილია ნეირონთა ქსელში.

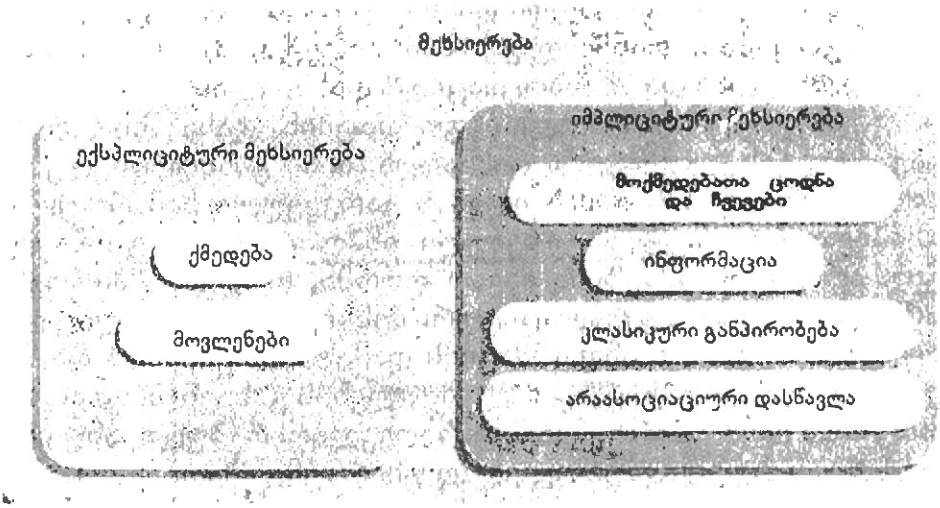
რამოდენიმე წლის წინათ კანადელმა ფსიქოლოგმა ენდელ ტულვინგმა გრძელვადიან მეხსიერებაში გამოყო ორი ფორმის მეხსიერება: ეპიზოდური და სემანტიკური. ეპიზოდური მეხსიერება მოიცავს მოგონებებს ცალკეული მოვლენების შესახებ. სემანტიკური კი მოიცავს ცოდნას სამყაროს შესახებ. ცხადია, რომ გრძელვადიანი მეხსიერების ამ ორ ფორმას შორის არსებობს განსხვავება. განსხვავება მჟღავნდება აგრეთვე ინდივიდუალურ მოგონებებში. ზოგს ბევრი ახსოვს, ზოგს კი არა. სემანტიკური მეხსიერების ჩამოყალიბებას დიდი დრო სჭირდება. ის აქტიურად ისწავლება. კითხვა, მეხსიერების ეს ორი ფორმა მიეკუთვნება მნესტიკურ სისტემათა სხვადასხვა ტიპს, თუ ერთი და იგივე სისტემის განსხვავებული ასპექტებია, რჩება უპასუხოდ. მიუხედავად გაურკვეველი მდგომარეობისა, მეხსიერების ასეთი კლასტერიზაცია მოხერხებული და სასარგებლოა. აშკარად იგრძნობა გატაცება სემანტიკური მეხსიერების კვლევით.

იმპლიციტური და ექსპლიციტური მეხსიერება

დიდი ხანია ცნობილი იყო, რომ ღრმა ამნეზიით დაავადებულ პიროვნებებს გააჩნიათ დამახსოვრების უნარი. მათ შეუძლიათ ახალი რამის დასწავლა. დასწავლილი ვლინდება არაპირდაპირ. მათ აქვთ უნარი აითვისონ გრძელვადიანი ჩვევები. მაგალითად, კომპიუტერზე მუშაობა. ასეთი დამახსოვრება განეკუთვნება იმ მოვლენათა კატეგორიას, რომელსაც უწოდებენ „თანამდევობის ეფექტს". მაგალითად, თუ ერთხელ მოვისმენთ ან წავიკითხავთ სიტყვას ან დავაკვირდებით საგანს, შემდგომი გამეორებისას მათ აღვიქვამთ მომზადებული. თუ წავიკითხეთ ან მოვისმინეთ სიტყვა ცხენი და ძალიან სწრაფად გვთხოვეს ისეთი სიტყვის აღდგენა როგორიცაა ც-ენი, გაცილებით სწრაფად ჩავწერთ ასო ხ-ს, ვიდრე ის ცდის პირი, რომელსაც წაუკითხეს სხვა სიტყვა. ამგვარი კვლევის ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზის გაფართოებამ, ღრმა ამნეზიით დაავადებულ ადამიანთა დაკვირვების მონაცემთა გათვალისწინებით, ხელი შეუწყო მეხსიერების ორი ახალი სისტემის ჩამოყალიბებას – იმპლიციტურს და ექსპლიციტურს, (სურ.4.10). ორივე სიტყვა ინგლისურია. იმპლიცი-

ტური ნიშნავს გათვალისწინებულს, გამოუსახავს. ექსპლიციტური კი მარკირებულს, ღიად გამოსახულს.

დღეს ამ მიმართულებით მიმდინარეობს ინტენსიური კვლევა. მკვლევართა ნაწილი ამტკიცებს, რომ ექსპლიციტური და იმპლიციტური მეხსიერება ერთი სისტემაა, რომელიც მოქმედებს განსხვავებული ზემოქმედებით. ერთიანი სისტემის მომხრეები არიან ისინი, რომლებსაც მუშაობა უხდებათ ნორმალური ფსიქიკის მქონე ცდის პირებთან. ის მკვლევარები, რომელთაც ურთიერთობა უხდებათ ნეიროფსიქოლოგიური დეფექტების მქონე პირებთან, განსხვავებული სისტემების მომხრენი არიან.



სურ.4.10. *ამნეზიით დაავადებულთა შესწავლით გაირკვა, თუ როგორ არის აგებული მეხსიერება. ზოგჯერ ამნეზიით დაავადებულებს უნარჩუნდებათ დამახსოვრების უნარი. მაგალითად, მათ შეუძლიათ განახორციელონ ახალი რამის დასწავლა, მაგრამ ეს დასწავლილი ვლინდება მხოლოდ არაპირდაპირ. ავადმყოფი ვერ ხვდება, საიდან იცის აღნიშნული ქმედება. ამ კვლევებმა მისცა დასაწყისი მეხსიერების ახალ კლასიფიკაციას იმპლიციტურ და ექსპლიციტურ მეხსიერებებად. იმპლიციტური მეხსიერება იძლევა დასწავლის საშუალებას თვით დასწავლის პროცესის გახსენების გარეშე. ექსპლიციტური მეხსიერება კი საშუალებას იძლევა დავიმახსოვროთ მოვლენები დასწავლასთან კავშირში (Baddeley, 1994).*

ზოგიერთები დაბეჯითებით მოითხოვენ, რომ იმპლიციტურ და ექსპლიციტურ დასწავლა-მეხსიერების ნაცვლად გამოვიყე-

ნოთ ტერმინები პირდაპირი და არაპირდაპირი, რომლებიც თითქოს უკეთ ასახავენ განსხვავებას ამ ორ სისტემათა შორის.

არსებობს ისეთი შრომებიც, რომლებშიც იმპლიციტური და ექსპლიციტური მეხსიერების ნაცვლად გამოყენებულია დეკლარირებული და არადეკლარირებული მეხსიერება. დეკლარირებული ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს ზოგად მოსაზრებას, კონკრეტიზაციის გარეშე. დეკლარირებული მეხსიერება მოიცავს ფაქტებისა და მოვლენების დამახსოვრებას. არადეკლარირებული კი ყველაფერ სხვას.

იმპლიციტური ანუ არადეკლარირებული დასწავლის უნარს ინარჩუნებენ ამნეზიით დაავადებული პირები. სკვაირი გამოყოფს არადეკლარირებული დასწავლის ოთხ ფორმას: ჩვევების გამომუშავებას, თანმიმდევრობის ეფექტს, პაროობითრეფლექსურ დასწავლას და არაასოციაციურ დასწავლას.

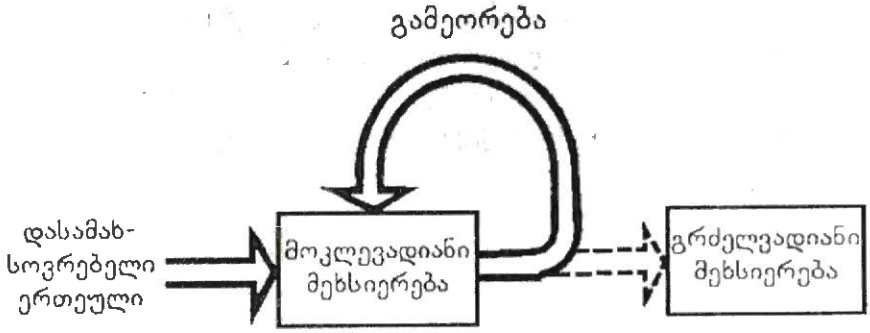
სემანტიკურად რთული ინფორმაციის დასამახსოვრებლად საჭიროა ექსპლიციტური დასწავლა, მისი განხორციელება ითხოვს ყურადღების გამახვილებას გარკვეული მიმართულებით. განსხვავებით ავტომატიზებული იმპლიციტური დასწავლისაგან. არსებობს ამნეზიის ისეთი ფორმა, როდესაც პიროვნებას სრულიად უქრება ექსპლიციტური მეხსიერება, რომელიც დაკავშირებულია ახალი ინფორმაციის დამახსოვრებასთან და ზოგიერთი კონკრეტული განცდილი მოვლენის გახსენებასთან. ასეთი ამნეზიის დროს პიროვნებებს არადეკლარირებული, ანუ იმპლიციტური სისტემა დაურღვევლად უნარჩუნდებათ.

ხანმოკლე მეხსიერების გადასვლა ხანგრძლივში

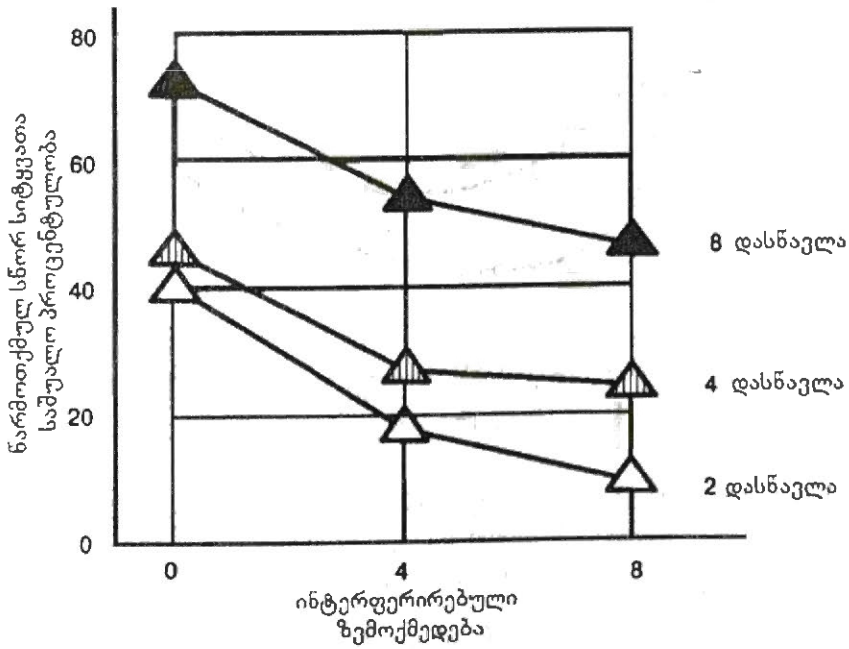
ხანმოკლე და ხანგრძლივ მეხსიერებათა მექანიზმები არაიდენტურია. მეხსიერების ერთი ფორმიდან მეორეში გადასვლა ნელა მიმდინარეობს. ახალი ინფორმაციის მიღებისთანავე ფორმირებას იწყებს ხანგრძლივი მეხსიერება. სწრაფად იწყებს ამოქმედებას მისი შემსრულებელი ნერვული სისტემა, მაგრამ მეხსიერების ფიქსაცია გრძელდება საკმაოდ დიდი პერიოდის განმავლობაში.

არსებობს შეხედულება, რომ ზოგჯერ ინფორმაცია პირდაპირ იწერება ხანგრძლივ სისტემაში. ეს განპირობებული უნდა იყოს ინფორმაციის სემანტიკით, რომელიც ინდივიდში იწვევს დიდ ემოციურ დაძაბულობას. ინფორმაციის პირდაპირ ჩაწერას მეხსიერების ხანგრძლივ სისტემაში ხელს უწყობს ნერვულ იმპულსთა დიდი რაოდენობა, რომლებიც ერთდროულად რთავენ

მეხსიერებაში მონაწილე თავის ტვინის სტრუქტურებს. ამგვარად ხდება სულ უფრო მეტი ინფორმაციის დამახსოვრება.

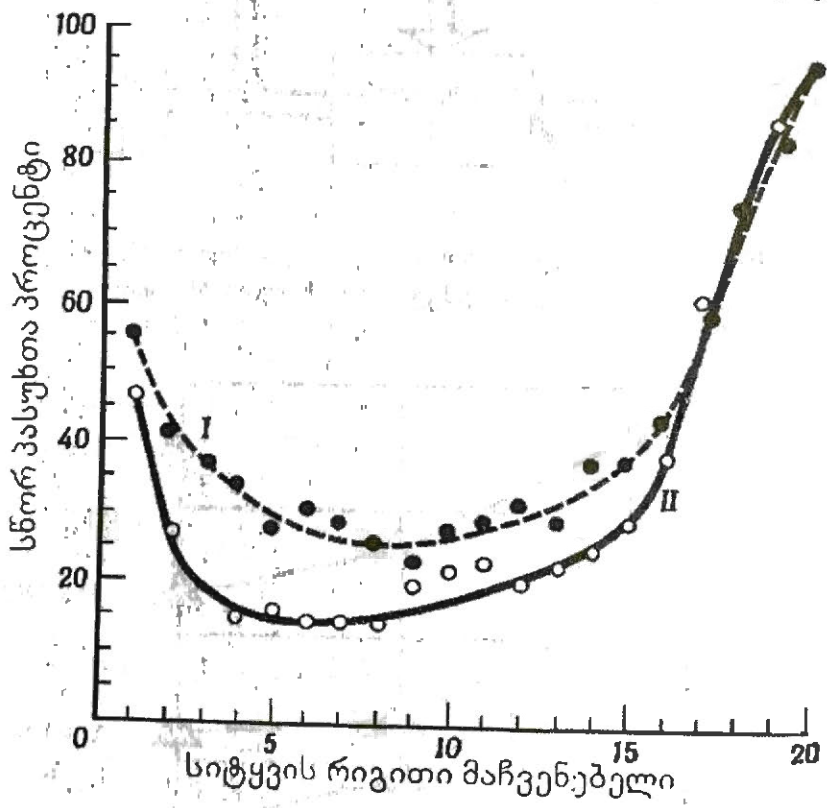


სურ.4.11. მოკლევადიანი მეხსიერების გადასვლა გრძელვადიანში გამეორების მეშვეობით (Линдсей, Норман, 1974)



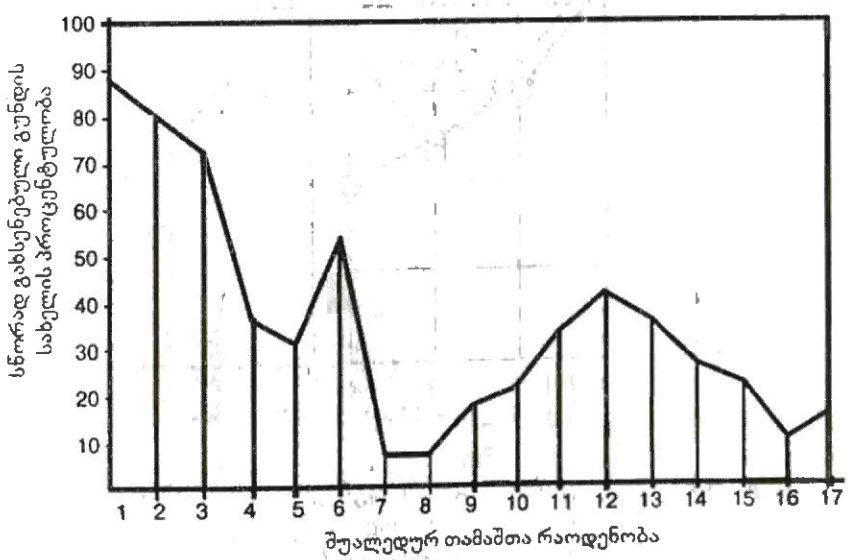
სურ.4.12. *რაც უფრო ბევრჯერ იქნება წაკითხული ტექსტი, მით უკეთ მოხდება მისი დამახსოვრება. დამახსოვრებაზე გავლენას ახდენს სხვა ტექსტის კითხვა, რომელიც ინტერფერირებულად მოქმედებს და იწვევს რეტროაქტიურ შეკავებას. ა. ბედელის (Бэддели, 2001) მიხედვით.*

მოკლევადიანი მეხსიერების გადასვლას გრძელვადიანში კონსოლიდაცია ეწოდება. კონსოლიდაცია ლათინური სიტყვაა და ქართულად განმტკიცებას, გაერთიანებას, შემჭიდროვებას ნიშნავს. მოკლევადიანი მეხსიერების გადასვლა გრძელვადიანში ინფორმაციის გამეორებით ხდება (სურ. 4.6.). ეს კანონზომიერება ნათლად არის გამოხატული სურათზე 4.7. რაც უფრო ბევრჯერ იქნა წაკითხული ტექსტი, მით უკეთესი აღმოჩნდება დამახსოვრება.



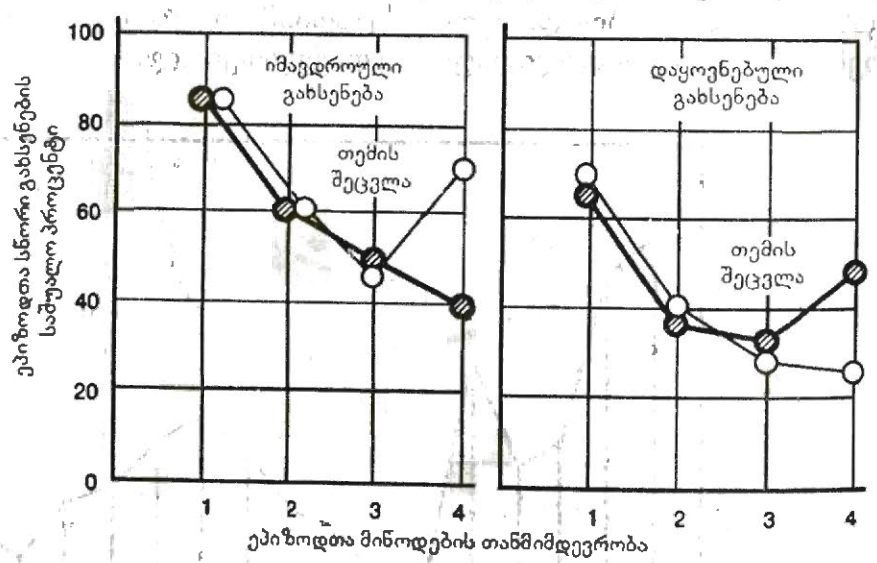
სურ.4.13. *წარდგენილი ოცი სიტყვის სიმრავლიდან ერთ-ერთის გახსენების რიგითი მაჩვენებელი. I – მრუდი, როდესაც თითოეული სიტყვა ეძლევა 2 წამის განმავლობაში. II – მრუდი ასახავს ყოველი სიტყვის 1 წამიან ჩვენებას. მრუდებიდან ჩანს, რომ ორივე შემთხვევაში უკეთ დაიმახსოვრება ბოლოს წარდგენილი სიტყვები. სწორი პასუხი 97%-ით ხორციელდება. მრუდების აღმავალი მარჯვენა მხარე ასახავს ინფორმაციის ამოღებას ხანმოკლე მეხსიერებიდან. მრუდების დანარჩენი მაჩვენებელი მიუთითებს გახსენებას, რომელიც დაკავშირებულია გრძლევადიან მეხსიერებასთან (Линдсей, Норман, 1974).*

მეხსიერების დამოკიდებულება დროსთან ნაჩვენებია სურათზე 4.8. იმ შემთხვევაში, როდესაც ინფორმაცია დაუბრკოლებლად იწყებს გადასვლას მეხსიერების გრძელვადიან სისტემაში, გარკვეული დროის განმავლობაში იგი განიცდის „ხმაურის" გავლენას (სურ. 4.9. და 4.10.). ინფორმაციის ჩაწერა გრძელვადიან სისტემაში ორ ეტაპად მიმდინარეობს. პირველი ეტაპი ლაბილურია, იოლად ექვემდებარება სხვადასხვა ვირთაგვებზე ზემოქმედებას. ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ არა აქვს მნიშვნელობა ტვინის რომელ სტრუქტურაში ლოკალიზდება ინფორმაცია. თუ ვირთაგვას ჩვევის გამომუშავების შემდეგ ერთ საათზე ადრე მივაყენებთ ელექტროშოკურ გაღიზიანებას, ინფორმაციის შენახვის ხარისხი დაქვეითებულია. ანალოგიურ ზემოქმდებას ახდენს ნარკოზიც. პირველი სტადია მიმდინარეობს ნეირონთა სპეციფიკური აქტივობით, რომელიც აუცილებელია კონსოლიდაციის განსახორციელებლად. მეორე სტადიაში ნეირონთა აქტივობის ზემოქმედება კონსოლიდაციაზე დაქვეითებულია.



სურ.4.14. *დიაგრამაზე გამოსახულია რაგბის მოთამაშეთა მეხსიერება. მათ უნდა გაეხსენებინათ იმ გუნდის სახელი, რომელთანაც ითამაშეს ბოლო ხანებში. ორდინატაზე მითითებულია თამაშთა თანმიმდევრობა, რომელიც იწვევს ინტერფერენციას (Бэддели, 2001).*

რემინისცენცია არის გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ ჩაწერილი ინფორმაციის გაუმჯობესება. ამ დროს ხდება მეხსიერებაში შენახული მასალის უფრო დიდი მოცულობით და სიზუსტით გახსენება. მაგალითად, ღამით, ძილის წინ ნასწავლი ლექსი, რომელსაც შეცდომებით ვამბობდით, დილას გამოღვიძების შემდეგ უკეთ გვახსოვს. რემინისცენცია უფრო ხშირად ბავშვობის ასაკში ვლინდება. რემინისცენციის მოვლენის ასახსნელად შემოთავაზებულია სხვადასხვა ჰიპოთეზა. ერთ-ერთის მიხედვით, დაღლა მასალის ათვისებისას გავლენას ახდენს უშუალოდ მოგონებაზე. დაყოვნება საშუალებას იძლევა ოპტიმალურად იქნეს აღდგენილი ფუნქციური სისტემა. მეორე ჰიპოთეზა უშვებს ასათვისებელი მასალის შეუმჩნეველ გამეორებას. რემინისცენცია შეიძლება აიხსნას იმითაც, რომ დაყოვნების პერიოდში არ ხდება ინტენსიური ინტერფერენცია შენახულ ინფორმაციაზე.



სურ.4.15. *ტელევიზიით გადმოცემული ცნობების განსხვავება. სამი მსგავსი ეპიზოდის შემდეგ ხდებოდა ახალი განსხვავებული ეპიზოდის ჩვენება. ახალი ეპიზოდი ხსნის პროაქტიურ შეკავებას, ამიტომ უკეთ იმახსოვრება როგორც იმავდროული გახსენებისას (მარცხენა მრუდი), ასევე დაყოვნებული გახსენებისას (მარჯვენა მრუდი). ორივე შემთხვევაში ახალი თემის დამახსოვრების პროცენტი მაღალია შედარებით იმ ვარიანტთან, როდესაც მეოთხე ეპიზოდი მსგავსია წინა სამისა (Бэддели, 2001).*

მეხსიერებისა და დასწავლის პროცესებში მონაწილე დონალდ ჰების ნეირონთა ანსამბლი

კანადელმა ფსიქოლოგმა დონალდ ჰებმა (Hebb, 1949) ნაშრომში, „ქცევის ორგანიზაცია" წამოაყენა ჰიპოთეტური სტრუქტურა დასწავლის საფუძველზე მჭიდროდ დაკავშირებულ ნეირონთა ანსამბლისა. ნაშრომში განხილულ თეორიულ იდეებს დღესაც არ დაუკარგავს აქტუალობა. ჰებმა გამოიყენა თავის ტვინის მოქმედების ფიზიკური მოდელი და რაოდენობრივი კანონზომიერების საფუძველზე შექმნა თეორიული მოსაზრება იმის შესახებ, თუ როგორ იქმნება ნეირონთა ანსამბლში თავდაპირველი შემთხვევითი ხასიათის ორგანიზებულობა. ჰებმა დაუშვა, რომ ვირთაგვებში ქერქის დაზიანება სხვადასხვა უბანში ერთნაირად მოქმედებს დასწავლის უნარზე. მან აღნიშნა, რომ დაზიანებით გამონვეული დაბრკოლება იოლად გადაილახება, ვინაიდან არ ხდება განსახორციელებელი ფუნქციის ამოვარდნა. ქერქის ნეირონების დაზიანებას ის მიიჩნევდა ლოკალური ხასიათის ფიზიკურ მოკლე ჩართვად. ამ დროს ტვინი ინარჩუნებს დასწავლის უნარს. ჰები ნეირონთა ანსამბლს განიხილავდა ვირთაგვას დიდი ჰემისფეროს ქერქის მაგალითზე. ქერქის მხედველობითი ზონის ნეირონები აქტიურდებიან რომელიმე კონკრეტული მხედველობითი სტიმულით. ამავე ზონის სხვა ნეირონები კი რეაგირებენ სხვა მხედველობით სტიმულებზე. ჰები დაეყრდნო ნერვულ წრეებში იმპულსთა რევერბირების პროცესებს და დაუშვა მათი მეშვეობით ნეირონთა ანასამბლის ჩამოყალიბება.



სურ.4.16. *კანადელი ფსიქოლოგი დონალდ ჰები, რომლის მიერ წამოყენებულ იდეებს 1949 წელს გამოცემულ ნაშრომში „ქცევის ორგანიზაცია" დღესაც არ დაუკარგავს აქტუალობა.*

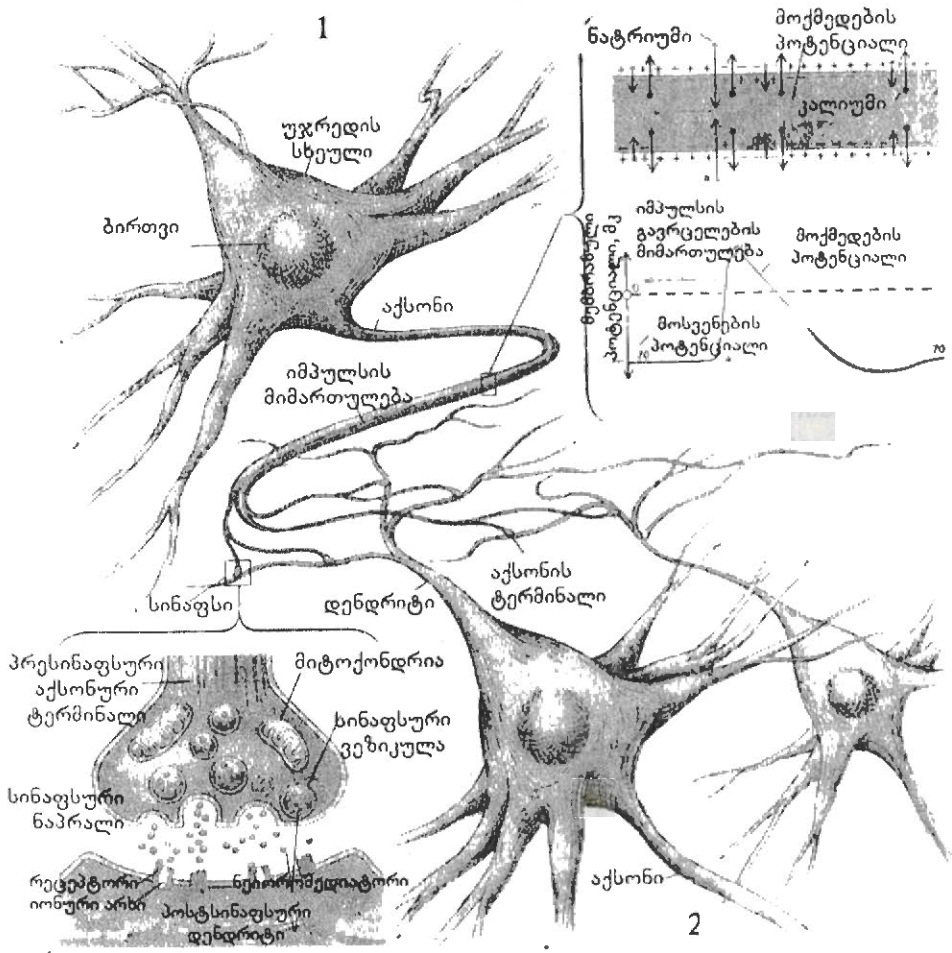
ნეირონთა ანსამბლის ჩამოყალიბება მიმდინარეობს თანმიმდევრულად. ამ პროცესს მან ფაზური თანმიმდევრობა უწოდა. პირველ ეტაპზე ის შემთხვევით ხასიათს ატარებს, ხოლო გარკვეული დროის შემდეგ ხდება აღქმისა და დასწავლის ნეიროანატომიური სუბსტრატი. ჰების თეორიული შეხედულებებით ჰების ანსამბლში დიდი ჰემისფეროს ქერქის ნეირონის აქტივობა და არააქტიურობა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე:

- მოკლე პერიოდში სხვადასხვა მხრიდან მოსულ ნერვულ იმპულსთა რაოდენობა იწვევს ნეირონის დროით სუმაციას.
- სინაფსთა ეფექტური მოქმედება ხელს უწყობს ნერვულ იმპულსთა გამტარებლობას.
- ნეირონის რეფრაქტერული მდგომარეობა.
- ნეირონთა დაღლა.

ჰების თეორიული შეხედულება ემყარება დიდ ექსპერიმენტულ მასალას, რომელიც დადგენილია მხედველობითი აღქმის კვლევისას. ჰები აღნიშნავდა, რომ მეხსიერების კვალის ფიქსაცია ხდება სინაფსთა ზრდით, რაც ზრდის კონტაქტს ნერვულ იმპულსთა გადამცემ და მიმღებ ნეირონებს შორის. მოგვიანებით, ჯონ ეკლსმა ელექტროფიზიოლოგიური ექსპერიმენტებით დაადგინა სინაფსთა ზრდის ზოგიერთი დასაშვები მექანიზმი. ამ ჰიპოთეზის დამამტკიცებელი მოსაზრებები ითვლება არადამაკმაყოფილებლად. 1957-1960 წლებში მილნერმა ჰების შეხედულების მოდიფიკაციით მისი ნეირონების ანსამბლში ჩართო შემაკავებელ ნეირონთა მონაწილეობა. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ჰებბის მიერ 50 წლის წინათ გამოთქმული თეორიული მოსაზრებები დასტურდება ნეიროანატომიური და ნეიროფიზიოლოგიური ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად. მისი შეხედულებები წარმატებით გამოიყენება მათემატიკოსებისა და ნეიროკიბერნეტიკოსების მიერ მეხსიერების, დასწავლის, განწყობისა და აღქმის მოდელების შექმნაში.

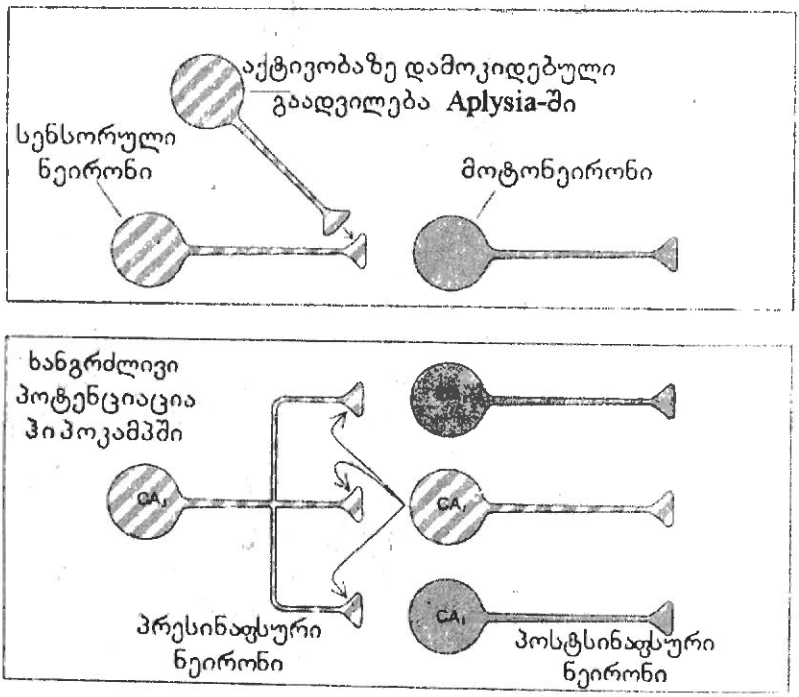
ჰების ნეირონთა ანსამბლი, რომელიც ეფუძნება ნერვულ იმპულსთა რევერბერაციას, სინაფსთა მოდიფიკაციას, მეხსიერების კვალის ფიქსაციას, კარგად ხსნის ასოციაციის და ნეირონთა კომუნიკაციის პროცესებს. ნეირონთა კომუნიკაციის თანამედროვე წარმოდგენა ნაჩვენებია სქემატურად სურათზე 4.17. ხოლო ასოციაციისა – სურათზე 4.18. ჰების ჰიპოთეზა – მეხსიერების ფორმირება ორი თანმიმდევრული ეტაპით – ექსპერიმენტულ

ფაქტებზე დაყრდნობით და კლინიკურ დაკვირვებათა ანალიზის შედეგად ფორმულირებულია ის ძირითადი ნიშნები, რომლებიც განსაზღვრავენ მეხსიერების კონსოლიდაციას:



სურ.4.17. *ნეირონთა კომუნიკაცია. ამგზნები ნეირონი (1) გადასცემს ინფორმაციას მეორე ნეირონს (2). გადაცემა ხდება მოქმედების პოტენციალის იმპულსებით. ამგზნები ნეირონის აქსონის ზედაპირზე გავრცელებული რხევა სინაფსში გარდაიქმნება ქიმიურ სიგნალად. მოსვენებულ მდგომარეობაში მყოფი ნეირონის მემბრანის გარეთა და შიგნითა შრეს შორის წარმოქმნილია ელექტრული პოტენციალი. შიგნითა მემბრანა გარეთასთან შედარებით უარყოფითადაა დამუხტული. მოსვენებულ მდგომარეობაში*

მემბრანა უკეთ განვლადია კალიმიუმის იონებისათვის, ვიდრე ნატრიუმისათვის. ნეირონის სტიმულირების დროს მემბრანის განვლადობა იზრდება ნატრიუმის იონებისათვის. უჯრედში სწრაფად იწყებს შესვლას დადებითი მუხტები. იცვლება ნეირონის მემბრანის მუხტი. სწრაფად წარმოიქმნება გავრცელებადი იმპულსი. როცა იმპულსი მიაღწევს აქსონის ტერმინალს, პრესინაფსი გამოყოფს მედიატორს (მარცხენა ქვევით). მედიატორი დიფუნდირდება სინაფსური ნაპრალის ვიწრო ხვრელში და უკავშირდება პოსტსინაფსური მემბრანის რეცეპტორებს. ეს კავშირი აღებს იონურ არხებს და ხდება პოსტსინაფურ მემბრანაზე მოქმედების პოტენციალის გენერირება (*Фишбах, 1992*).



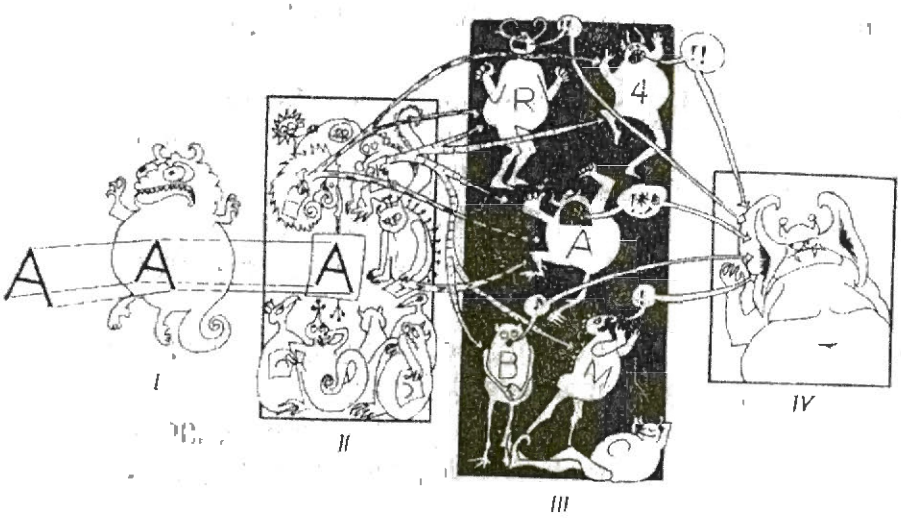
სურ.4.18. დასწავლაში მონაწილე ასოციაციურ პროცესებს ერთნაირი მექანიზმები უნდა წარმართავდეს *aplysia*-ში და ძუძუმწოვართა ჰიპოკამპში. ორივე შემთხვევაში უნდა მონაწილეობდეს მამოდულირებელი ნივთიერება, რომლის აქტივაცია აძლიერებს პრესინაფსურ ნეირონში ნეირომედიატორის გამოყოფას. ასოციაციური ცვლილება რომ განხორციელდეს, საჭიროა რამოდენიმე ნეირონის აქტივობის თანხვედრა. ასეთი ნეირონები დაშტრიხულია (*Хендел, Хокинс, 1992*).

- მეხსიერების კვალის ფიქსაცია განსაზღვრავს კონსოლიდაციის პროცესს.
- მეხსიერების კვალი მით უფრო მდგრადია, რაც უფრო მეტი დრო გადის დასწავლის დამთავრებიდან ამნესტიური აგენტის მოქმედებამდე.
- მეხსიერების კვალი შეიძლება დაირღვეს, თუ ის არ იქნა კონსოლიდირებული ან კონსოლიდირებულია ნაწილობრივ.
- კონსოლიდაციის პროცესის შეწყვეტა იწვევს მეხსიერების კვალის (ენგრემის) რღვევას.
- დარღვეული მეხსიერების კვალი არ აღდგება, ვინაიდან ამნესტიურ აგენტთა მოქმედება შეუქცევადია.

ხატების ამოცნობა და ინფორმაციის გადამუშავება

ცხოველისა და ადამიანის ურთიერთობა გარემოსთან ნაცნობი და უცნობი ხატების ამოცნობით იწყება. ხატების ამოცნობა არის გონივრული ქცევის კარდინალური პრობლემა. ხატების ამოსაცნობად ორგანიზმს სპეციალური გრძნობათა ორგანოები გააჩნია. ძალიან სწრაფად ხდება ნაცნობი პიროვნების გამორჩევა უცნობებისაგან. ფრინველის გალობის მოსმენით, დაუნახავად ვადგენთ მის სახეობას. ხატების ამოცნობით იწყება მეხსიერების პროცესების ამოქმედება.

ხატების ამოსაცნობად 1959 წელს სელფრიჯმა შემოიღო პანდემონიუმი. პანდემონიუმი არის სისტემა, რომელიც იძლევა საშუალებას ნიშანთა ანალიზის საფუძველზე მოხდეს ხატის ამოცნობა. ეს სისტემა მოქმედებს დემონთა თანმიმდევრული პროცესებით. დემონის ცნება შემოიღო მაქსველმა (1831-1879). მან დემონით აღნიშნა უცნობი მექანიზმი, რომელიც ასრულებს რაღაც აქტიურ ფუნქციას. მაქსველის დემონი ერთი და იმავე ჭურჭლის საპირისპირო მხარეს აგროვებდა სწრაფად და ნელა მოძრავ მოლეკულებს. მოლეკულათა დაჯგუფებამ გამოიწვია ტემპერატურათა სხვაობა ჭურჭლის მხარეებს შორის.



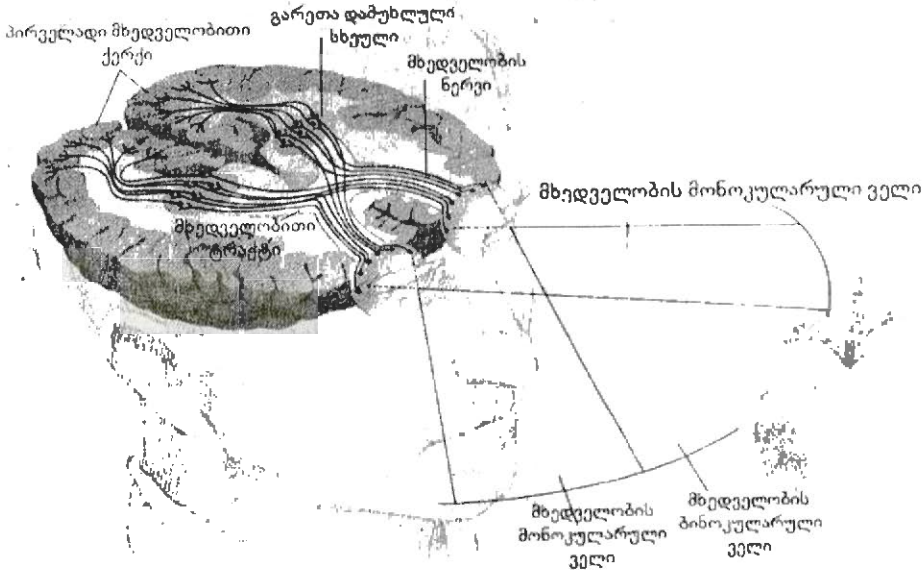
სურ.4.19. *პანდემონიუმის სისტემა (Линдсей, Норман,1974)*
(I)– გამოსახულების ამომცნობი დემონი.
(II) – ნიშან-თვისებათა გამომყოფი დემონი.
(III) – ხატის აღმქმელი დემონები.
(IV) – გადაწყვეტილების მიმღები დემონები.

პანდემონიუმით მხედველობითი ხატის ამოცნობა ნაჩვენებია სურათზე 4.19. პირველი რიგის დემონები არეულობიდან გამოსახულებას ამოარჩევენ. ეს ყველაზე ადვილი პროცესია. ის არეგისტრირებს გარეგანი სიგნალის პირველად გამოსახულებას. შემდეგ გამოსახულების ანალიზში ჩაერთვებიან მეორე რიგის დემონები – გამოსახულების ნიშანთა გამომყოფნი. თითოეული ამათგანი ხატში გამოყოფს ამა თუ იმ კონკრეტულ თვისებას: გარკვეულ ხაზს ან კუთხეს, მრუდს, კონტურს და ა.შ. ამის შემდეგ პროცესში ებმებიან ამოცნობის დემონები. მაგალითად, ერთი დემონი ამოიცნობს ასო A-ს, მეორე B-ს და ა.შ. ასო A-ს აღმომჩენი დემონი იწყებს მთელ ხატში მის ძებნას. აღმოჩენის შემდეგ იწყებს ყვირილს. თუ კიდევ აღმოაჩინა ასო A, ყვირილს უმატებს. არსებობენ გადაწყვეტილების მიმღები დემონები, რომლებიც უსმენენ ამომცნობი დემონების ყვირილს და ამ ხმაურიდან ამოირჩევენ ყველაზე მყვირალას ხატს.

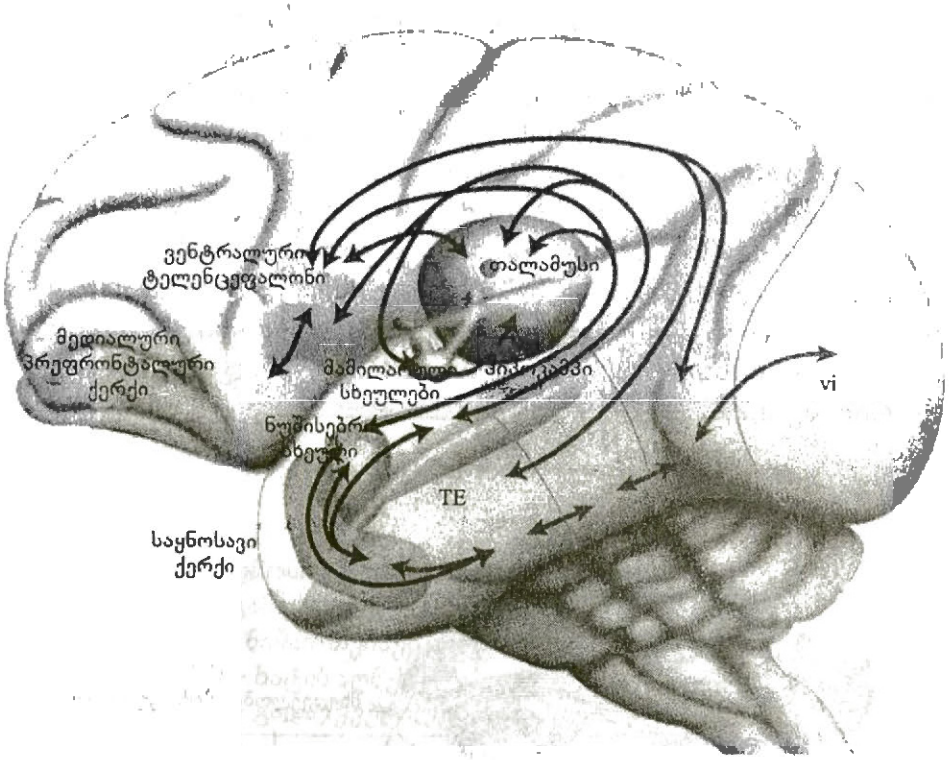
პანდემონიუმი გვეხმარება იმის დადგენაში, თუ როგორ ხდება ნიშან-თვისებებით ხატების ამოცნობა. შექმნილია ხატების ამოცნობის მრავალი მათემატიკური მოდელი. სელფრიჯმა 1960

წელს ციფრულ გამომთვლელ მანქანაზე ჩაატარა ექსპერიმენტი ისეთი გამოსახულების ამოსაცნობად, რომელიც მოიცავდა 90X90 ნულებისა და ერთიანების ერთობლიობას. მანქანამ, რომელიც 10 მილისეკუნდის განმავლობაში ამუშავებდა 65000 ბიტს, ამ გამოსახულების გადამუშავებას მოანდომა 15 წუთი.

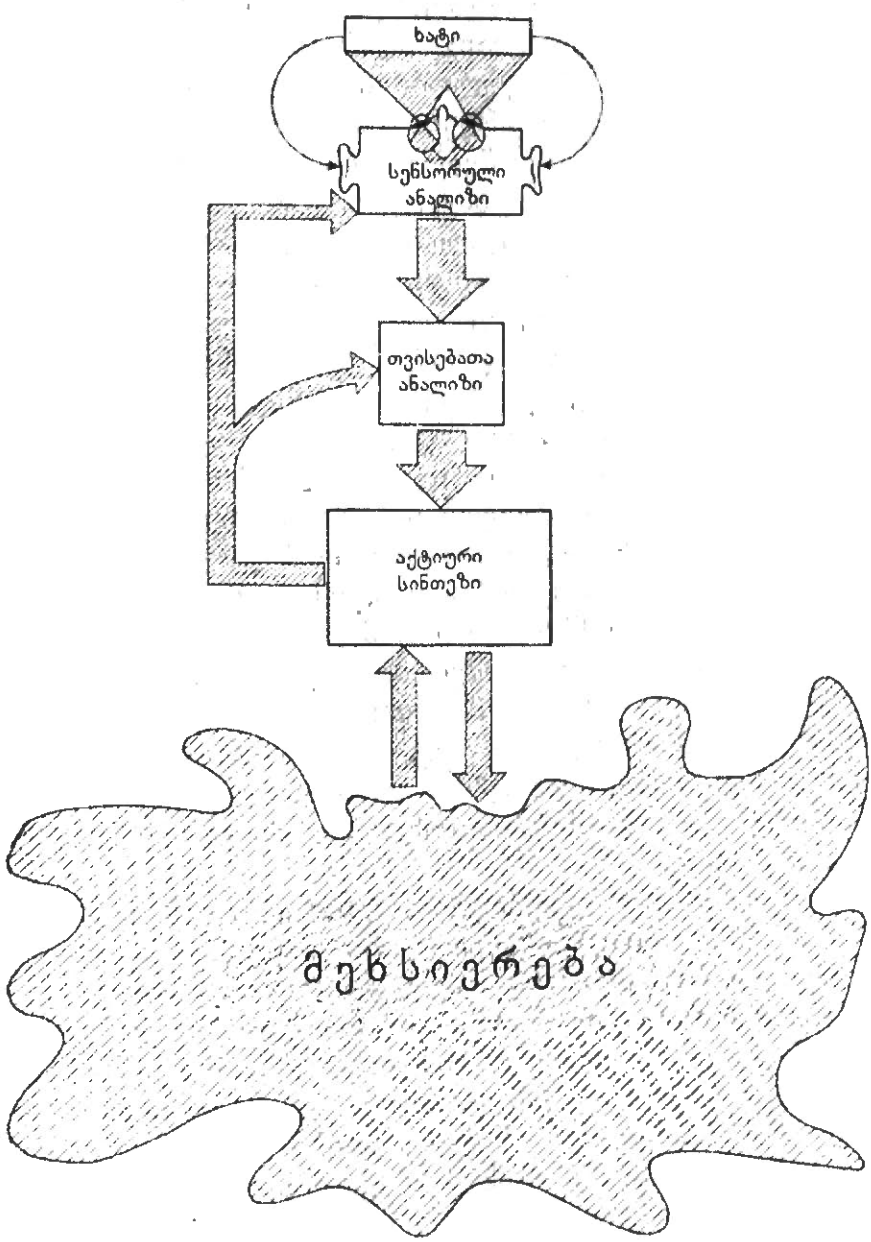
ადამიანის თავის ტვინში მოხვედრილი მხედველობითი ინფორმაცია (სურ.4.20.) განიცდის გადამუშავებას (სურ. 4.21.), რომელსაც ლინდსეი და ნორმანი (Линдсей, Норман, 1974) აქტიური სინთეზის პროცესს უწოდებენ. პანდემონიუმით მიმდინარე აქტიური სინთეზის პროცესი სქემატურად წარმოდგენილია სურათზე 4.22.



სურ.4.20. *ზრდასრული ადამიანის მხედველობითი გზა წარმოადგენს აქსონების სეგრეგაციის დემონსტრირებას. თითოეული თვალის ბადურის მეზობელი განგლიოზური უჯრედები გზავნიან აქსონებს მეზობელ ნეირონებთან გარეთა დამუხლულ სხეულში. ანალოგიურად ნაწილდებიან მხედველობის ქერქში გარეთა დამუხლული სხეულის ნეირონების აქსონები. სისტემა ტოპოგრაფიულად მოწესრიგებულია. ნაწილობრივ ამით აიხსნება მისი ძირითადი თვისება – ბინოკულარული მხედველობა (Шатц, 1992).*



სურ.4.21. *ნაცნობი საგნის ამოცნობა აამოქმედებს იმ ნერვულ წრეს, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მხედველობით ქერქს და ლიმბურ სისტემას. ეს წრე სურათზე წარმოდგენილია მაიმუნის ტვინის ლატერალურ ხედზე. ბადურიდან მომავალი იმპულსები მიდის მხედველობის პირველად ქერქში (v1) და ხდება მათი დამუშავება მხედველობის გზის გასწვრივ, რომელიც ბოლოვდება საფეთქლის წილში (TE) და იძლევა საგნების აღქმის საშუალებას. საფეთქლის წილი (TE) ააქტიურებს ლიმბური სისტემის სხვადასხვა სტრუქტურას, მედიალური საფეთქლის წილის უბნებს (ესე იგი აგზნებულია ჰიპოკამპი, ამიგდალა, საყნოსავი ქერქი), შემდეგ შუამდებარე ტვინის მედიალურ უბნებს (თალამუსს და მამილარულ სხეულებს) და ბოლოს მედიალურ პრეფრონტალურ ქერქს. ვენტრალურ ტელენცეფალონში ბოლო რელეს გავლის შემდეგ იმპულსი ბრუნდება მხედველობის გზის საპროექციო უბანში, სადაც სენსორული გამოსახულებები გარდაიქმნება მყარ კვალად. მაიმუნებში ამ წრის დარღვევა აზიანებს იმ ჩვევის განხორციელებას, რომელიც გულისხმობს ორ საგანს შორის იმის ამოცნობას, რომელიც უკვე იყო წარდგენილი რამოდენიმე ხნით ადრე და ახალი საგნის არჩევისაგან თავის არიდებას (**Meunier et al., 1994**).*

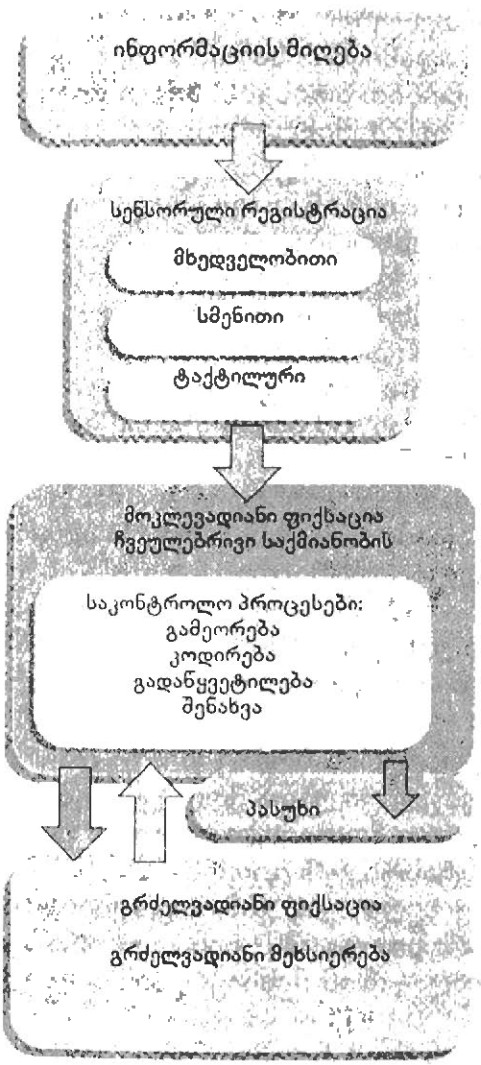


სურ.4.22. *პანდემონიუმით მიმდინარე აქტიური სინთეზის პროცესი (Линсей, Норман 1974).*

მხედველობით ინფორმაციას თავის ტვინი ღებულობს ორივე თვალით. დავუშვათ, რომ ორივე თვალში 2 მილიონი რეცეპტორია განლაგებული. საშუალოდ, რეცეპტორიდან მიმღები ნეი-

რონი წამის განმავლობაში ატარებს 14 ელექტრულ იმპულსს. თუ ადამიანის სიცოცხლის ხანგრძლივობა არის 2×10^9 წამი, ანუ 60 წელი, მეხსიერების მოცულობა ყოველ ნეირონში იქნება 6×10^{16} ბიტი, რომელსაც შეეფარდება 6 მილიონი ორობითი ნიშანი (კოდი). გამოთვლის ასეთმა შედეგმა ბევრი ნეიროფიზიოლოგის გაოცება და გაღიზიანება გამოიწვია. გაირკვა, რომ ტვინი ინახავს გაცილებით დიდი მოცულობის ინფორმაციას, ვიდრე ადრე თვლიდნენ. ამ ფაქტის სიზუსტეში შეიძლება მარტივად დავრწმუნდეთ. ამის განხორციელება შეუძლია ყველას. დავუშვათ შევედით ოთახში და რამოდენიმე წუთის განმავლობაში დავათვალიერეთ. შემდეგ თვალს ვხუჭავთ და ჩვენს მოგონებებს შევადარებთ იმას, რაც დავინახეთ თვალხილულებმა. აღმოჩნდება, რომ ბევრი დეტალი, რომელზედაც ყურადღება იყო, გამახვილებული თვალახელილ მდგომარეობაში, მეხსიერებიდან ამოვარდება. აქედან გამომდინარე, დასაშვებია ის მდგომარეობა, რომ ჩვენი გრძელვადიანი მეხსიერების სისტემა არეგისტრირებს პირველად მიღებული სენსორული მონაცემების მხოლოდ მცირე ნაწილს. ამ მოვლენის ექსპერიმენტული დამტკიცება საკმაოდ რთულია. არსებობს მრავალი ფსიქოლოგიური ტესტის შედეგი, რომლებიც არაპირდაპირ ამტკიცებენ ამ ვარაუდს. ინფორმაციის რაოდენობა, რომელსაც ადამიანი ღებულობს გრძნობათა ორგანოებიდან და სწრაფად უნდა გადასცეს მეორე პიროვნებას, ძალიან მცირეა.

ინფორმაციის დაგროვება, შენახვა და მისი გადამუშავება ტვინის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქციაა. დღეს შეგვიძლია მიახლოებით შევაფასოთ თავის ტვინის ინფორმაციული მოცულობა. ამ მიმართულებით ბოლო ათი წელია ინტენსიური ნეირო-კიბერნეტიკული კვლევები მიმდინარეობს. მოვიყვანთ ერთ მნიშვნელოვან გამოკვლევას, რომელიც ეხება ინფორმაციის გადამუშავებას საფეთქლის წილში. უხეში გამოთვლებით დადგენილია, რომ ადამიანს ენის შესწავლისათვის სჭირდება $4\text{-}5 \times 10^7$ ბიტი ინფორმაცია. ეს ინფორმაცია ძირითადად მუშავდება მარცხენა ჰემისფეროს საფეთქლის წილში, რომელშიც 3×10^8 ნეირონი მონაწილეობს. გამოდის, რომ 1 ბიტის შენახვაში მონაწილეობს 10 ნეირონი, თუ ამ რაოდენობის ინფორმაციის ექსტრაპოლაციას მოვახდენთ მთლიანად დიდი ჰემისფეროს ქერქის ნეირონებზე, მივიღებთ, რომ მუდმივად შეგვეძლება 1% ბიტის შენახვა. გამოთვლილია, რომ ყველა სენსორული სისტემიდან ადამიანი ერთდროულად ღებულობს გაცნობიერებული ინფორ-



სურ.4.23. *ფსიქოლოგებმა დაადგინეს განსხვავება მოკლევადიან და გრძელვადიან მეხსიერებებს შორის. მოკლევადიანი მუშა მეხსიერება უნდა იყოს ინფორმაციის ჩაწერის და დახვეწის მწყობრი სისტემა, რომელიც ამოქმედდება დასწავლის, განსჯის და შეცნობის ფაზებში. ამ ინფორმაციის ჩაწერა ადამიანს საშუალებას აძლევს შემდეგ განახორციელოს გრძელვადიან მეხსიერებაში ფიქსირებული მოვლენები (Baddeley, 1994).*

მაციის არა უმეტეს 50 ბიტისა წამში. წიგნის წყნარი კითხვისას-40 ბიტს წამში. ანგარიშისას-12 ბიტს წამში. დავუშვათ, რომ საშუალოდ ადამიანი ღებულობს 20 ბიტს წამში, მაშინ 70 წლის განმავლობაში, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ძილში გატარებულ დროს, ტვინში თავს იყრის დაახლოებით 3 $X10^{10}$ ბიტი. ეს 100-ჯერ მეტია, ვიდრე ტვინის ინფორმაციული მოცულობა. ხანგრძლივი მეხსიერების სისტემა რეტენციისათვის მიღებული ინფორმაციიდან შეარჩევს 1%-ს. ბუნებრივია, შეირჩევა ის ინფორმაცია, რომელიც განსაკუთრებით საჭიროა პიროვნების გადარჩენისათვის. სენსორული ინფორმაციის გადამუშავების სქემა გრძელვადიანი ფიქსაციისთვის ილუსტრირებულია სურათზე 4.23. როგორია ადამიანის ტვინის მეხსიერების მოცულობა, უცნობია. სხვადასხვა გამოთვლებით ის უნდა მოიცავდეს 1500000 ბიტიდან. 10^{21} (1 000 000 000 000 000 000 000) ბიტამდე. ამ გამოთვლებს მხარს უჭერს შედარებით მეტი ნეირობიოლოგი და ხშირად მოჰყავთ ეს სიდიდე სახელმძღვანელოებში. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ გამოთვლების შედეგები ძალიან განსხვავებულია. განსხვავების მიზეზი დამოკიდებულია იმ მეთოდზე,

რომელიც გამოყენებულია გამოთვლებში.

ნეიროფიზიოლოგი კუპერი ადამიანის სამუშაო მეხსიერების მოცულობას 10^{15} ბიტის რაოდენობით აფასებს. ამავე შეხედულებას იზიარებს მაკ-კალოკიც. დიდი ჰემისფეროს ქერქი შეიცავს 10^{10} რაოდენობის ნეირონს. გამოდის, რომ ერთ ნეირონზე საშუალოდ 10^5 ინფორმაციის ერთეული იყრის თავს. შედარებით დაბალი მეხსიერების მოცულობას ემხრობა ფსიქოლოგი მილერი 10^6-10^{10}. მილერი თავის გამოთვლებში ეყრდნობა ექსპერიმენტულად დადგენილ ფაქტს. ადამიანი ერთი წამის განმავლობაში აღიქვამს 25 ბიტის რაოდენობის ინფორმაციას. თუ დავუშვებთ, რომ ადამიანი ყოველდღიურად 16 საათის განმავლობაში რეგულარულად ღებულობს ინფორმაციას, 80 წლის ასაკში მას დაუგროვდება $25 \times 3600 \cdot 16 \cdot 365 \cdot 80 = 4{,}5 \cdot 10^{10}$ ბიტი. ეს არის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ზღვარი. მას ჩვეულებრივი ადამიანი ვერასოდეს მიაღწევს. ნორმალური ადამიანის მინიმალური ინფორმაცია 10^6-10^7 ბიტით შემოიფარგლება. ეს რიცხვი მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ დავუშვებთ, რომ ადამიანის მეხსიერებაში ინახება გამრავლების ცხრილის ექვივალენტური 1000 ობიექტი. გამრავლების ცხრილი მოიცავს 1500 ბიტს. გამრავლებით ვღებულობთ $10^3 \cdot 1{,}5 \cdot 10^3 \approx 10^6$.

ინჟინერმა როტშტაინმა ფერშტერის მონაცემებზე დაყრდნობით გამოთვალა ნეირონში არსებულ ცილათა მოლეკულების რაოდენობა. თუ დავუშვებთ, რომ ერთი მოლეკულა ინახავს ერთ ბიტ ინფორმაციას, ვღებულობთ ფანტასტიკურ ციფრს, 10^{21}-10^{23} ბიტს.

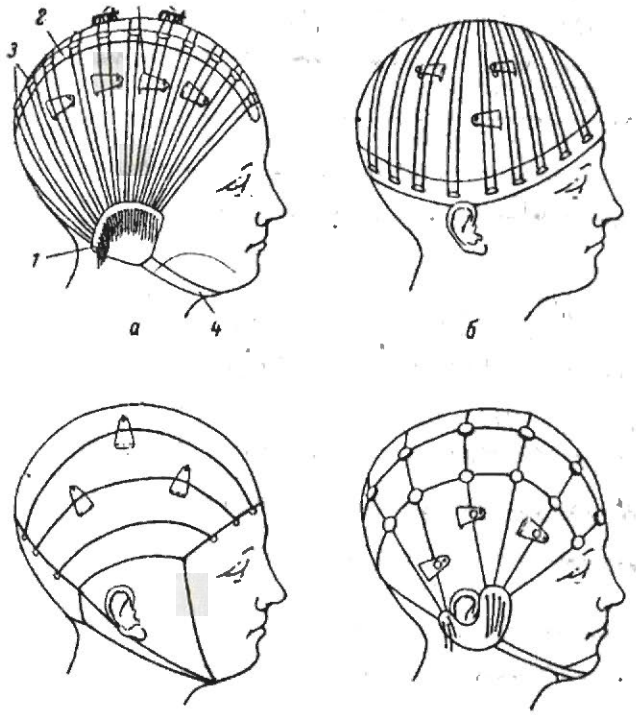
გუდმა, რომელიც ასევე ინჟინერი იყო, გამოთვლებით, სადაც გათვალისწინებულია 10^{10} ნეირონი და 30 სინაფსი, რომელიც ყოველ ნეირონზე არსებობს, მიიღო, რომ მეხსიერების მოცულობა 10^{12} ბიტია.

ცნობილი მათემატიკოსი ფონ ნეიმანი ემყარებოდა იმას, რომ მიმღები ნეირონი ამუშავებს წამში 14 ბიტ ინფორმაციას. ვინაიდან ჰემისფეროს ქერქში 10^{10} რაოდენობის ნეირონია, ადამიანს შეუძლია ერთი წამის განმავლობაში მიიღოს 14×10^{10} ბიტი. თუ ამას გადავიანგარიშებთ 68 წლის ასაკის ადამიანზე, ვღებულობთ 10^{10}-10^{21} ბიტს, გაცილებით მეტ ინფორმაციულ მოცულობას, ვიდრე არსებობს მოსკოვის ლენინის სახელობის ბიბლიოთეკაში.

მიმოხილვიდან ნათელი ხდება, რომ საკმაოდ ძნელია უპირატესობა მივანიჭოთ რომელიმე გამოთვლას. ერთი კი ცხადია, ადამიანის თავის ტვინის გრძელვადიანი მეხსიერების სისტემა ამუშავებს და ინახავს დიდი რაოდენობის ინფორმაციას. ბიოლოგიური სისტემები ინფორმაციას ინახავენ კომპაქტურად.

ელექტროენცეფალოგრამა და მეხსიერება

კლინიკაში და ლაბორატორიაში ელექტროენცეფალოგრამული კვლევის მეთოდის დანერგვამ ელექტროფიზიოლოგებს მისცა საშუალება დაედგინათ თავის ტვინის ნეირონების ჯამური ელექტრული აქტივობის თვისობრივი და რაოდენობრივი კანონზომიერება. თავის ტვინის ფონური ელექტრული აქტივობის რეგისტრაცია ხდება ძვალზე მოთავსებული სპეციალური ელექტროდებით (სურ. 4.24), რომლებიც მიერთებული არიან სპეციალურ ხელსაწყოზე – ენცეფალოგრაფზე. ელექტრული აქტივობის სიხშირე და ამპლიტუდა იწერება ენცეფალოგრამის მოძრავ ქაღალდზე სპეციალური კალმის მეშვეობით. ქაღალდზე ჩაწერილი ელექტრული მოვლენის დინამიკას ენცეფალოგრამა ეწოდება. სიხშირის მიხედვით ელექტროენცეფალოგრამაში გამოყოფენ შემდეგ რიტმებს:

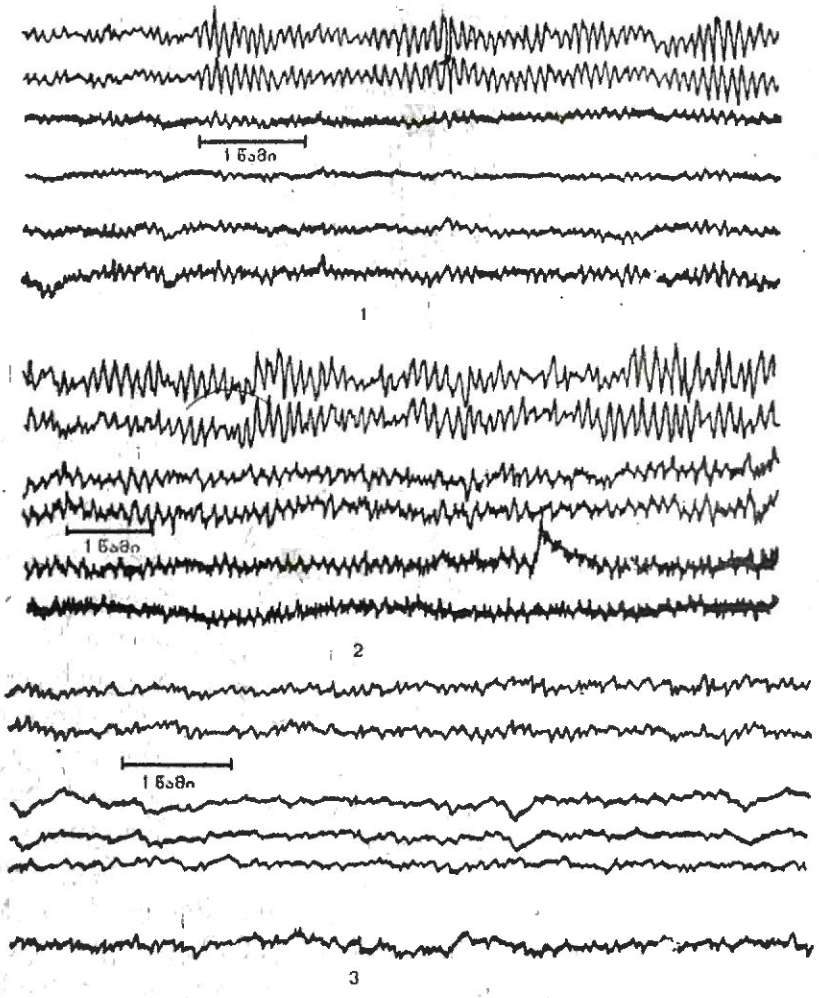


სურ.4.24. *თავის ქალას ზედაპირზე მოთავსებული ბადე ელექტროდებით.*

დელტა 0,5-3,5 ჰერცი.
თეტა 4-7 ჰერცი.
ალფა 8-12 ჰერცი.
თითისტარა 13-14 ჰერცი.
ბეტა 15-35 ჰერცი.
გამა 3,5 და მეტი ჰერცი.

ცდის პირის სხვადასხვა ფუნქციური მდგომარეობა, როგორიცაა: ყურადღება, ემოციური მდგომარეობა, სტრესი, ძილი, სიფხიზლე, ფრუსტრაცია და სხვა, გავლენას ახდენს ენცეფალო-

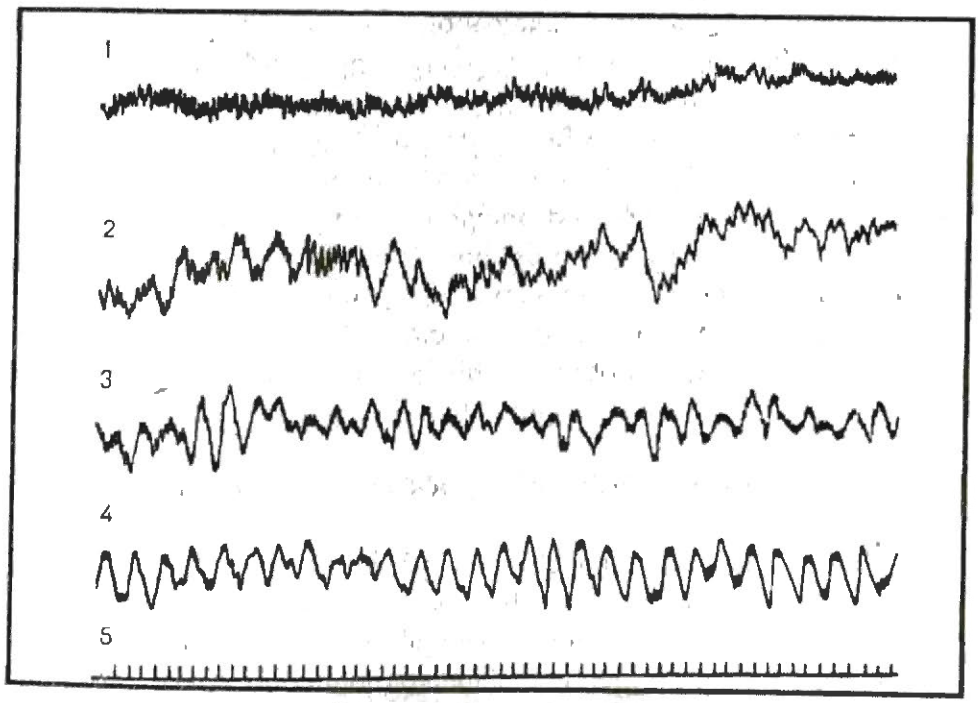
გრამაზე. გამოთვლითი ტექნიკის განვითარებამ ბოლო ათი წელია ენცეფალოგრამის სტატისტიკური ანალიზი კომპიუტერს მიანდო.



სურ.4.25. *ელექტროენცეფალოგრამის ზოგიერთი ტიპი. 1– ხასიათდება ალფა და ბეტა რითმების არსებობით. 2– გამოსახულია ალფა რიტმი, მაღალ სიხშირული ბეტა აქტივობით და შეიმჩნევა დაბალ ამპლიტუდური ტალღები. 3 – დომინირებს ბეტა რითმი, დაბალ ამპლიტუდური ნელი რხევებით და არარეგულირებულ ალფა რითმით.*

მეხსიერებასთან დაკავშირებით გავაანალიზებთ მხოლოდ ალფა რიტმს. სხვა რიტმებს არ შევეხებით, ვინაიდან არცერთი არ კორელირებს მეხსიერებასთან. ვანარჩევენ ალფა აქტიუ-

რობას, ალფა რხევას და ალფა რიტმს. ალფა აქტიურობა არის 80-125 მს ხანგრძლივობის ერთეული ალფა რხევა. ალფა რიტმისაგან განსხვავებით ალფა რხევა არის 75-80 მს ხანგრძლივობის პოტენციალის ცვლილება, რომლის ალფა რიტმში შემავალი კონფიგურაცია სინუსოიდურია. ალფა რიტმი არის საშუალოდ 10 ჰერცის რიგის თანამიმდევრული ალფა რხევების აქტიურობა. მისი საშუალო ამპლიტუდა 30-70 მკვ-ია (სურ. 4.25.). ალფა რითმი პირველად ბერგერმა აღწერა. მოგვიანებით ედრიანმა და მატეუსმა მას ბერგერის რიტმი უწოდეს. ალფა რიტმი კარგად არის გამოხატული საფეთქელ-კეფის წილში, იგი შეიმჩნევა ქერქის სხვა უბნებშიც და ისეთ ქერქქვეშა სტრუქტურებშიც, როგორიცაა თალამუსი და ბაზალური ბირთვები. აღსანიშნავია ის, რომ ალფა აქტიურობა ქერქის ყველა წერტილში გამოხატულია ერთი და იგივე სიხშირითა და აგრეთვე მუდმივი ფაზური თანაფარდობით.



სურ.4.26. *ადამიანის ალფა რიტმის ასაკობრივი თავისებურება 1 – ექვსი თვის ბავშვი. 2 – ორი წლის და ექვსი თვის ბავშვი. 3 – ათი წლის გოგონა. 4 – თხუთმეტი წლის ვაჟი. 5 – დროის მთვლელი – 0,05 წამი.*

ალფა როტმი განიცდის ასაკობრივ ცვლილებას (სურ. 4.26.) და ცამეტი წლის შემდეგ იგი აღინიშნება ყველა ჯანმრთელ ადამიანში (გარდა15%-ისა) თვალდახუჭული სიფხიზლის მდგომარეობაში. ადამიანის ნებისმიერი გააქტივება, ყურადღების გამახვილება და ა.შ. იწვევს ალფა რიტმის გაქრობას. ალფა რიტმი განიცდის ბლოკირებას ნარკოზის ზემოქმედებისას და ბუნებრივი ძილის დროს. ასე რომ ალფა რიტმი შეიძლება მივიჩნიოთ ჰემისფეროს ქერქის ნეირონთა ფუნქციური მდგომარეობის მაჩვენებელად. ალფა რიტმის სიხშირე ცდის სხვადასხვა პირში განსხვავებულია, მაგრამ ინდივიდში სტაბილური. ალფა რიტმის ამპლიტუდა განიცდის გარკვეულ მოდულაციას. პერიოდულად ხან იზრდება, ხან კი კლებულობს. ამ მოვლენას გრეი ულტურმა სკვიკ-ეფექტი უწოდა. ამ ეფექტის გამო ალფა რხევები იკრიბებიან და ქმნიან თავისებურ თითისტარულ აქტივობას. მისი ხანგრძლივობა იცვლება 0,5-დან 5 წამამდე, ზოგჯერ მეტიცაა. ალფა რიტმის ამპლიტუდა სხვადასხვა წერტილში განსხვავებულია. ალფა რიტმი რეგისტრირებულია ცხოველებშიც.

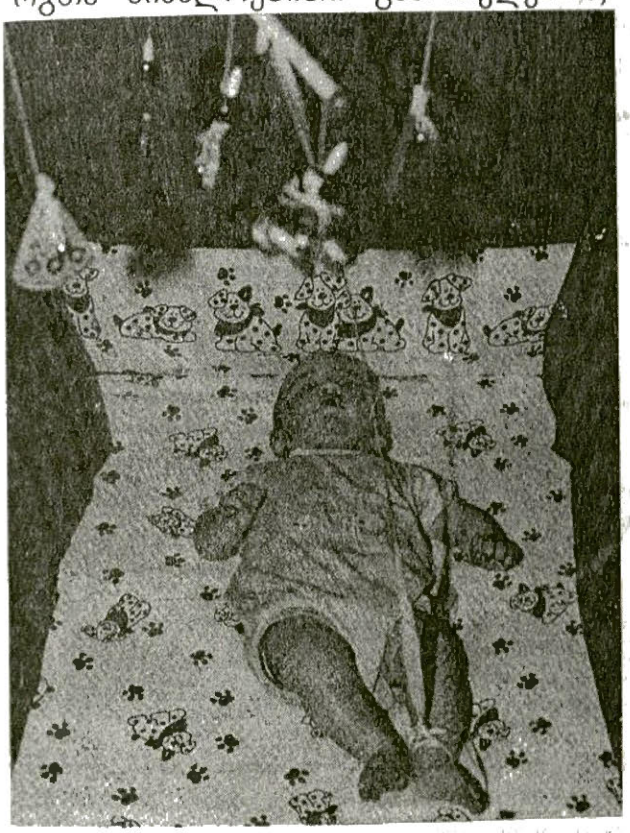
ადამიანთა 15%-ს, რომელთაც ალფა რიტმი არასოდეს არ აღენიშნებათ, როგორც წესი, კარგი მხედველობითი მეხსიერება გააჩნიათ. ამ პირებს საერთოდ არა აქვთ ან სუსტი აქვთ აბსტრაქტული მეხსიერება. იმ პირებს, რომელთაც ალფა რიტმი არ გააჩნიათ, აბსტრაქტული მეხსიერების დომინირების პროცესში უჩნდებათ ეს რიტმი როგორც თვალდახუჭულ, ასევე თვალახილულ მდგომარეობაში. ადამიანთა უმრავლესობას ნორმალური ალფა რიტმი აღენიშნებათ მხოლოდ თვალდახუჭულ მდგომარეობაში. ასეთ ადამიანებს აქვთ შერეული მეხსიერება.

მეხსიერების ასაკობრივი ცვლილება

ასაკი გავლენას ახდენს მეხსიერების ხარისხზე. ამიტომ შეიქმნა გამოთქმა: ბავშვებს გააჩნიათ მყარი, ხოლო დიდებს – უფრო ფართო მეხსიერება. ფსიქოლოგების მიერ დადგენილია, რომ ადამიანთა ორივე სქესის წარმომადგენლებში 20-25 წლამდე მეხსიერება უმჯობესდება. 40-45 წლამდე მეხსიერება სტაბილურია, მისი ხარისხი არ იცვლება. 40-45 წლის ზევით მეხსიერება ქვეითდება.

20-25 წლის ადამიანები, რომლებიც გონივრულ საქმიანობას ეწევიან, გამოირჩევიან კარგი მეხსიერებით. მათი მეხსიერება კონკრეტული და ნათელია. ინფორმაციას წარსული მოვლენების

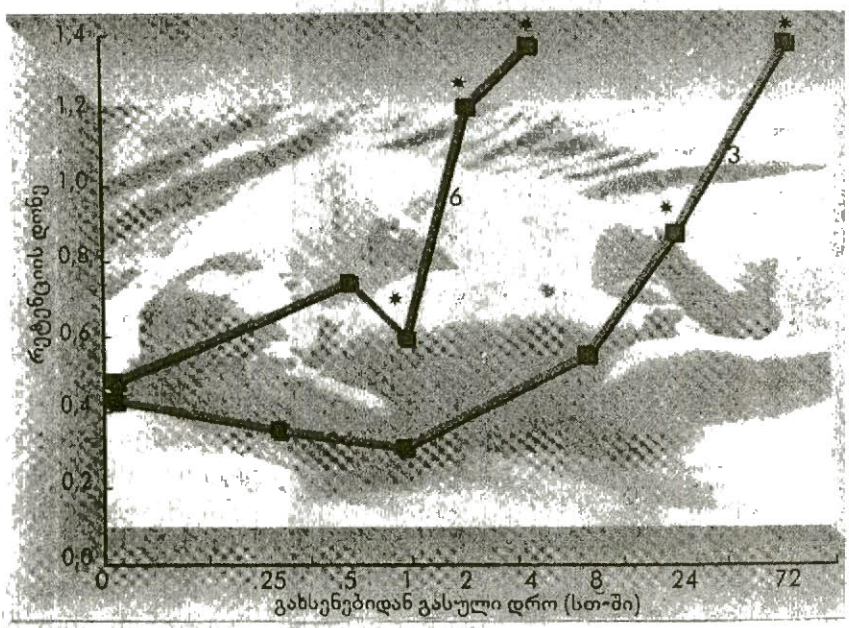
ან წაკითხულის შესახებ იძლევიან დაუძაბავად, ზუსტად და ყოყმანის გარეშე. ამ ასაკამდე შეძენილი ცოდნა გამოირჩევა სტაბილურობით. მისი დავიწყების დონე ასაკში დაბალია. ნეირობიოლოგთა მიახლოებითი გამოთვლებით, ხანდაზმულ ადამიანთა ხატისმიერი მეხსიერების 70% მოიცავს 20-25 წლამდე მიღებულ ინფორმაციას. რაც შეეხება აბსტრაქტულ-ლოგიკურ მეხსიერებას, რომელიც ჩვენი შემეცნების ძირითადი საფუძველია, იგი ასაკთან არ კორელირებს. ალბათ ამით უნდა აიხსნას ხანდაზმულ ასაკში შექმნილ შედევრთა მაღალი სიხშირე. აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, მეხსიერების ხარისხზე ნებისმიერ ასაკში უარყოფით გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფორმით უძილობა, ალკოჰოლი, გან-



სურ.4.27. *ჩვილი ბავშვის გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად შეიმუშავეს ექსპერიმენტული სიტუაცია, რომელიც საშუალებას იძლეოდა, მეტყველების არარსებობის პირობებში ჩაეტარებინათ ცდა. მკვლევარებმა გამოიყენეს ჩვილი ბავშვის ბუნებრივი ქცევა, რომელიც დასწვლასთან იყო ასოცირებული. 3 თვის ბავშვს დაასწავლეს ფეხზე ბაბთით მიბმული სათამაშოების ამოძრავება და აჩხრიალება. ბავშვმა მალე ისწავლა ფეხის ქნევის სიხშირის და ძალის ზრდა, რათა სათამაშოები უფრო ხმამაღლა ეჩხრიალებინა. ამ დასწავლის შემდეგ ბაფთა ფეხიდან მოხსნეს და მას აღარ შეეძლო ჩხრიალების ამოძრავება. პატარამ აღარ გააგრძელა ფეხების ხშირი ქნევა, რასაც ფსიქოლოგებმა მყისიერი უწოდეს. რამდენიმე დღის შემდეგ ბავშვი ხელახლა მოათავსეს იგივე სიტუაციაში, ჩხრიალა სათამაშოები ან მათგან ოდნავ განსხვავებული სათამაშო ჩამოუკიდეს საწოლის ზემოდან, მაგრამ მათი გააქტიურება თვითონ არ შეეძლო. როგორც კი ამოიცნო სათამაშო, დაიწყო ფეხების გამალებული ქნევა, რითაც გამოავლინა დაყოვნებული ამოცნობა – გრძელვადიანი მეხსიერების სახე. ეს ცდა ჩაატარეს რუჯერის უნივერსიტეტის ფსიქოლოგებმა.*

წყობა, ემოციური მდგომარეობა და სტრესი.

ფსიქოლოგებმა ჩვილი ბავშვის გრძელვადიანი მეხსიერების შესასწავლად შეიმუშავეს ექსპერიმენტული სიტუაცია (სურ. 4.27.). ერთნაირი მეთოდით 3 და 6 თვის ასაკში ჩვილი ბავშვების მიერ მოქმედების შენახვის დონის დინამიკის დამოკიდებულება დროსთან ნაჩვენებია სურათზე 4.28.

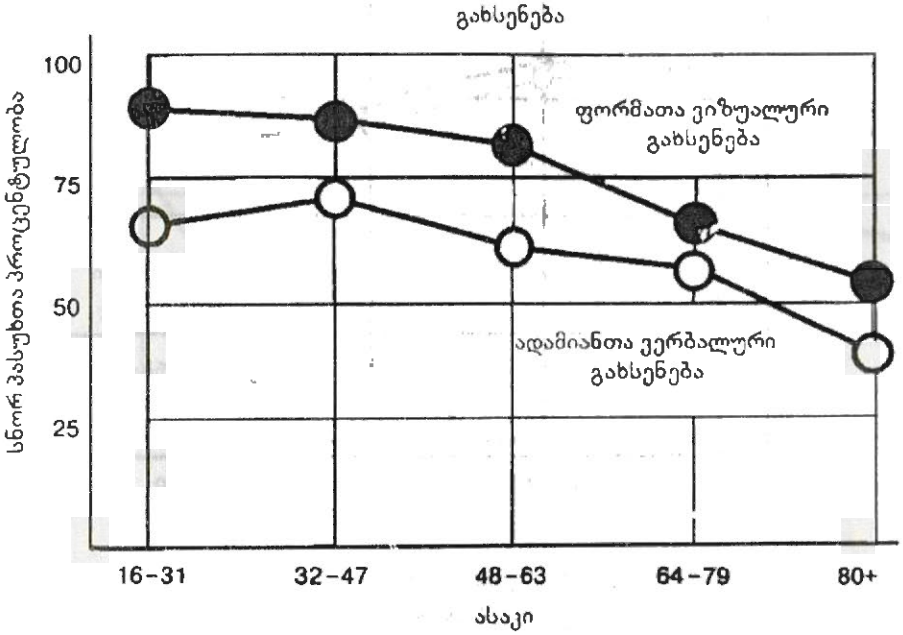


სურ.4.28. *ჩვილი ბავშვის მიერ დავიწყებული მოქმედების შენახვის დონის დინამიკის დამოკიდებულებას დროსთან განსაზღვრავენ ერთნაირი მეთოდით 3 და რ თვის ასაკში. ბავშვებში ამოწმებდნენ დასწავლილი ინფორმაციის გახსენების უნარს და ფსიქოლოგები ზომავდნენ დროს გახსენებასა და საპასუხო რეაქციის შესრულებას შორის. სამი თვის ბავშვებში რეაქციის გამოვლენამდე გადიოდა 8 საათი და გამეორების შედეგად რეაქციის სიზუსტე მაქსიმალურ დონეს აღწევდა მე-3 დღეს. 6 თვის ბავშვებში დავიწყებული მასალის გახსენება ხდებოდა 1 საათში და რეაქციის სიზუსტე მაქსიმუმს აღწევდა 4 საათში. ამგვარად, გახსენების სიჩქარე იზრდება ასაკთან ერთად (Rovee-Collier, Adler, 1994).*

ვიზუალური და ვერბალური ინფორმაციის გახსენების უნარის ასაკობრივი ცვლილება ილუსტრირებულია სურათზე 4.29., ხოლო ამავე მოდალობის ინფორმაციის ცნობა – სურათზე 4.30.

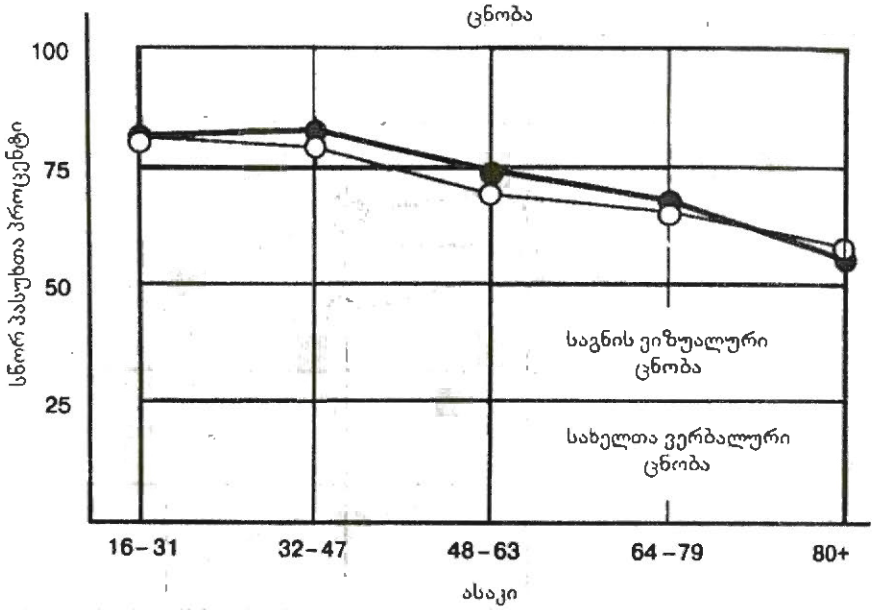
გაანალიზებულ იქნა უნივერსიტეტებში ნასწვლი უცხო ენების დავიწყების დინამიკა. ამის საილუსტრაციოდ სურათზე 4.31.

მოტანილია უნივერსიტეტში ნასწავლი ესპანური ენის დავიწყების ხარისხის ცვლილება, ჩატარებული სპეციალური ტესტით.



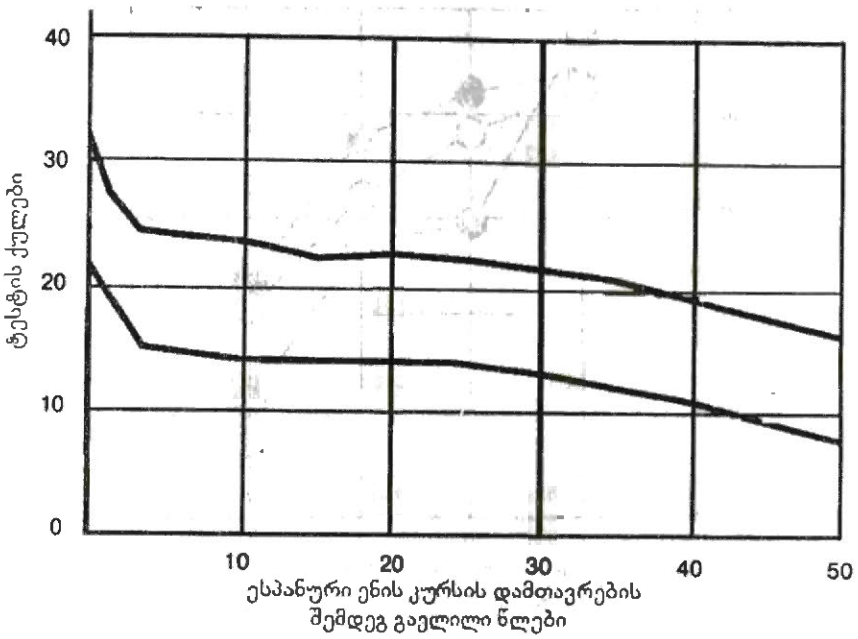
სურ.4.29. *გახსენების უნარის ასაკობრივი ცვლილება ა. ბედელის (Беддели, 2001) მიხედვით.*

ნეიროფსიქოლოგები დაინტერესდნენ გამოერკვიათ, თუ როგორ იცვლება ასაკთან მიმართებაში ადამიანთა მიერ კომპოზიციის შექმნის უნარი. ამისათვის მათ ეძლეოდათ სხვადასხვა რაოდენობის (ერთიდან, ოთხამდე) დასურათებული ქაღალდები (სურ.4.32.). ამ სურათზე გამოსახული მრუდები ნათლად გვიჩვენებს, რომ ასაკში შესულ ადამიანებს უჭირთ სწორი გადაწყვეტილების მიღება კომპოზიციის შესაქმნელად. ეს უფრო საგრძნობია იმ პირობებში, როდესაც იზრდება დასურათებულ ქაღალდთა რაოდენობა. ამ ფაქტიდან გამომდინარე შეიძლება ანალოგია გავავლოთ ჭადრაკის თამაშთან. ალტერნატიური სტრატეგიის არჩევა დიდად არის დამოკიდებული მუშა მეხსიერებაზე. მოჭადრაკეთა პარტიების ანალიზის შედეგად ასეთი დასკვნა იყო გაკეთებული: თურმე ხანში შესულ მოჭადრაკეებს ახალგაზრდებთან შედარებით უჭირთ გვერდი აუარონ არამართებულ სვლებს, სვლებს, რომლებიც უფრო ამძიმებენ შექმნილ პოზიციას; რაც უფრო იგრძნობა ცაიტნოტის პერიოდში.



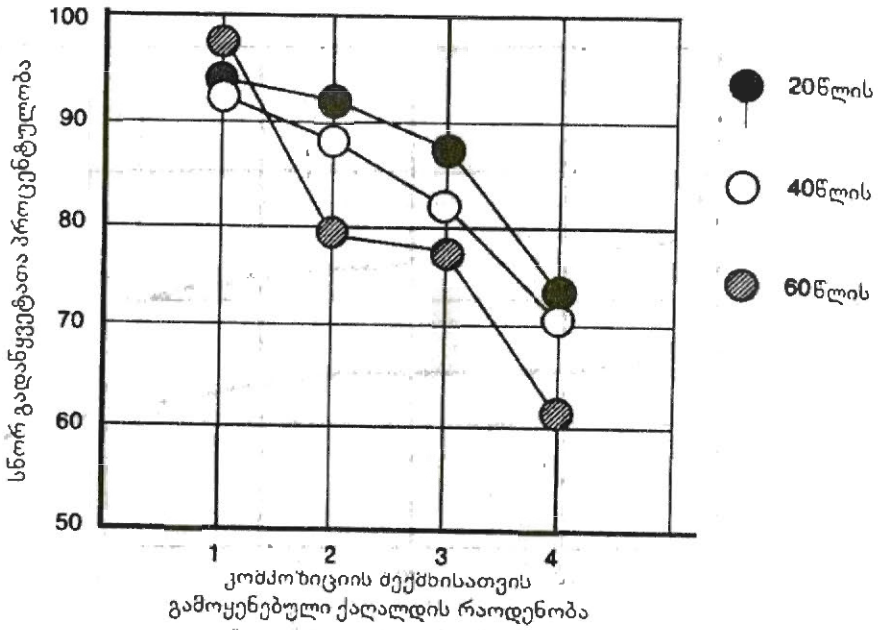
სურ.4.30. *ცნობის უნარის ასაკობრივი ცვლილება ა. ბედელის (Бедделй, 2001) მიხედვით.*

სამართალდამცველ ორგანოთა თანამშრომლებს შორის გავრცელებულია შეხედულება, რომ ბავშვების ჩვენებები გამოძიების წარმართვისათვის არასაიმედოა. არასაიმედოა იმ მოსაზრებით, რომ ბავშვებს ინფორმაცია ჩქარა ავიწყდებათ. ამ საკითხის გარკვევისათვის ფლინის მიერ ჩატარებულ იქნა სპეციალური გამოკვლევა შოტლანდიაში. ცდის პირებად შერჩეული იყვნენ ექვსი და ცხრა წლის ბავშვები დიდებთან ერთად. სამივე ჯგუფის პიროვნებებს მიაწოდეს ერთნაირი რაოდენობის ინფორმაცია. მეორე დღეს ტესტირებით დადგინდა შენახვის ხარისხი. სამივე ჯგუფში ინფორმაცია პატარა სხვაობით თანაბრად იყო შენახული. ხუთი თვის დაყოვნების შემდეგ კი დადგინდა შემდეგი სურათი. დიდებს ინფორმაცია 100%-ით ჰქონდათ შენახული. ცხრა წლის ბავშვებს დავიწყებული ჰქონდათ ჩაწერილი ინფორმაციის 11%. ექვსი წლის ბავშვებს შემორჩათ მიღებული ინფორმაციის მხოლოდ 2%. სოციობიოლოგთა რეკომენდაციით დიდი ბრიტანეთის სასამართლო პრაქტიკაში, პატარა ბავშვების ჩვენებებს იყენებენ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მომხდარ ფაქტსა და ჩვენებას შორის მცირე დროა გასული.



სურ.4.31. *ადამიანები, რომლებიც უნივერსიტეტში სწავლობდნენ ესპანურ ენას, 4 წელიწადში სწრაფად ივიწყებენ მას. მომდევნო 30 წლის განმავლობაში ენის დავიწყების ხარისხი დაბალია. პიროვნებები, რომლებმაც უკეთ იცოდნენ ენა (ზედა მრუდი) 50 წლის შემდეგაც სჯობნიან მათ, ვინც ენა ცუდად იცოდა (ქვედა მრუდი). პიროვნებები, რომლებიც ლაპარაკობდნენ ესპანურად, ამოიღეს დაკვირვებიდან. (Бедделл, 2001).*

ძალიან ცოტაა ისეთი ადამიანები, რომელთაც ახსოვთ, ის რაც, მათ ორ-სამ წლამდე შეემთხვათ. ავტობიოგრაფიული მეხსიერების სისტემატურმა კვლევამ გამოავლინა ის ფაქტი, რომ ადამიანებს ძალიან ცოტა აქვთ მოსაგონარი ხუთ წლამდე პერიოდის შესახებ. ამ ფემომენს ბავშვთა ამნეზია ეწოდება. მართალია, ეს ფენომენი დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი კვლევა საკმაოდ რთული აღმოჩნდა. სერიოზული პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ რთულია დამკვირვებლის მიერ ისეთი მოვლენის დათარიღება და დადასტურება, რომელიც მნიშვნელოვანი იყო ბავშვისათვის.



სურ.4.32. *კომპოზიციის შექმნის პროცენტული დამოკიდებულება დასურათებული ქაღალდის რაოდენობასა და ასაკზე ა. ბედელის (Беддели, 2001) მიხედვით.*

ამნეზია

სხვადასხვა მიზეზით, დონითა და ხანგრძლივობით დაქვეითებული მეხსიერება საინტერესო მასალას იძლევა მისი ბუნების გასარკვევად. ბუნება ექსპერიმენტს ატარებს მეხსიერებაზე და თავსატეხ პრობლემებს უსახავს ნერვულ და ფსიქიკურ დაავადებათა კლინიკის თანამშრომლებს.

1897 წელს ფსიქიატრმა ს. კორსაკოვმა (1854-1900) ერთ-ერთმა პირველმა აღწერა ავადმყოფი ალკოჰოლური ფსიქოზით. ეს იყო 37 წლის სიმპათიური რუსი მწერალი. ასე მოიხსენიებს მას თვითონ კორსაკოვი*. მწერალი ციმბირში მოგზაურობისას მიეჩვია არყის სმას. არ თვრებოდა, მაგრამ ბევრს სვამდა თითქმის ყოველ დღე. ახლობლებმა შეამჩნიეს, რომ მეხსიერება დაუქვეითდა. მიუხედავად იმისა, რომ ის აქტიურად მუშაობდა, აგზავნიდა სხვადასხვა გამომცემლობებში საინტერესო ორიგინალურ

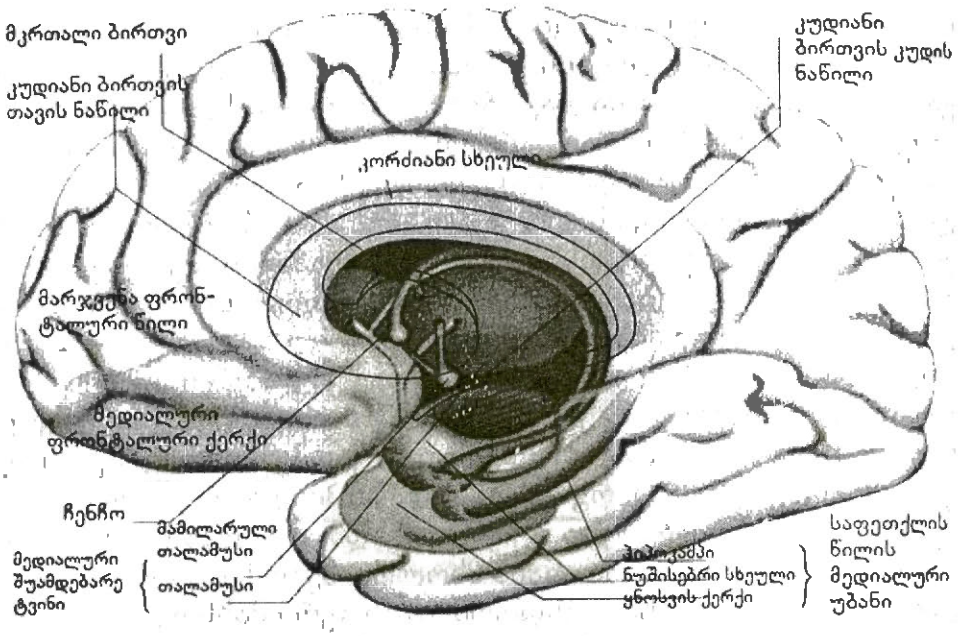
* С.С. Корсаков. Избранные произведения М., Медгиз, 1954, стр. 357-365.

ნამუშევრებს, სჭირდებოდა შეხსენება, თუ რა უნდა გაეკეთებინა მომდევნო დღეებში. მეხსიერების დაქვეითების ხარისხი გაიზარდა. ავადმყოფმა დაკარგა მეხსიერება ახლახან მომხდარი მოვლენების შესახებ, მას კარგად ახსოვდა თავისი ნაწერები დაავადებამდე და გატაცებით ჰყვებოდა მათ შესახებ, ხოლო ნასადილევს არ ახსოვდა, ისადილა თუ არა. ამ პერიოდში თამაშობდა უშეცდომოდ პრეფერანსსა და შაშს. თამაშის შემდეგ თუ შეეკითხებოდნენ, განებავთ ვითამაშოთ პრეფერანსიო, პასუხობდა, დიდი ხანია არ მითამაშიაო. მასთან მოსულ სტუმრებს ესაუბრებოდა საათობით, მათი წასვლის შემდეგ კი დაბეჯითებით იმეორებდა, ჩემთან არავინ ყოფილაო. იმ პიროვნებების სახელებს, რომლებსაც პირველად ხვდებოდა ავადმყოფობის პერიოდში, ვერ იმახსოვრებდა. კარგად ახსოვდა იმ პირების სახელები, რომლებთანაც ურთიერთობა ჰქონდა ავადმყოფობამდე. ამგვარად, მისმა მეხსიერებამ შემოინახა მხოლოდ ავადმყოფობამდე მომხდარი მოვლენები. ახალ ინფორმაციას ვერ იმახსოვრებდა. ასეთ დაავადებას კორსაკოვის სინდრომი უწოდეს (სურ. 4.33).

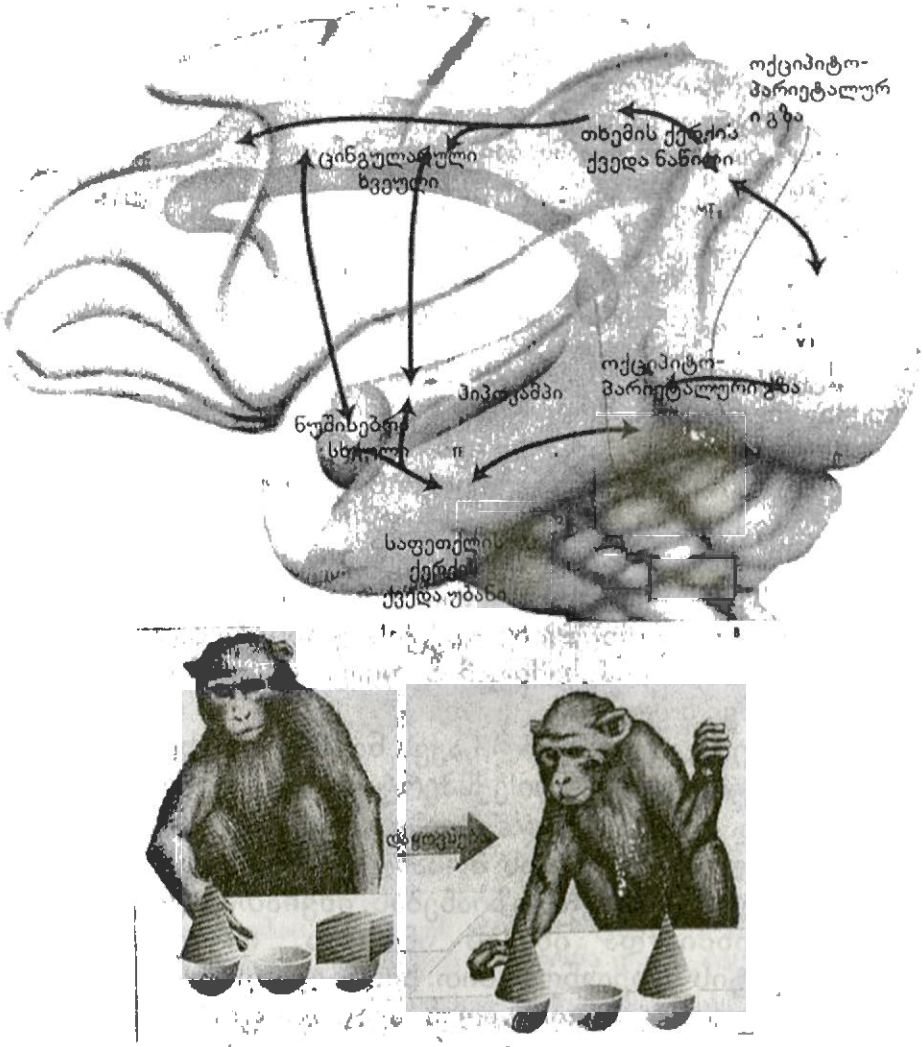
ვალტერ სკოტი დაავადებული მუშაობდა რომანზე „აივენგო". მოგვიანებით მისი მეხსიერებიდან მთლიანად იყო ამოვარდნილი რომანზე მუშაობის პერიოდი, როდესაც მას აჩვენეს წიგნად გამოსული ეგზემპლიარი მისი რომანისა, განაცხადა, რომ არაფერი იცის მის შესახებ და არ ახსოვს.

რიბო თავის წიგნში აღწერს ერთი ქალის ისტორიას, რომელმაც მშობიარობის დროს დაკარგა გონება, რის შემდეგაც მისი მეხსიერებიდან ამოვარდა გათხოვების შემდგომი პერიოდი. ქმარს და შვილს ვერ სცნობდა და მიაჩნდა უცხო პიროვნებებად. მშობლების დაჟინებული თხოვნით და ხანგრძლივი ზემოქმედებით აღიარა მათი ქმრობა და შვილობა, მაგრამ მისმა ცნობიერებამ მაინც ვერ აღიდგინა პერიოდი გათხოვების შემდეგ (სურ.4.34.).

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ მეხსიერებიდან ამოვარდნილი ინფორმაცია უკვალოდ არ ქრება. მართალია მისი გახსენება არ ხდება, მაგრამ აგრძელებს ქვეცნობიერი გზით ზემოქმედებას ქცევებზე. ახალგაზრდა ქალს ორთვიანი ლეთარგიული ძილის შემდეგ დაავიწყდა თითქმის ყველაფერი. თავიდან მოუხდა სწავლა და ნაცნობობის აღდგენა მისთვის კარგად ნაცნობ ადამიანებთან. ამასთან ერთად ხელმეორედ გაცნობილი ადამიანების მიმართ გააჩნდა სიმპატია და ანტიპატია, როგორიც ავადმყოფობამდე ჰქონდა. რის ახსნასაც ვერ ახერხებდა.



სურ.4.33. *ამნეზიით დაავადებულ ადამიანთა შესწავლამ გამოავლინა მეხსიერების ორი დიდი სისტემა, ერთ-ერთი მათგანი დაკავშირებულია ლიმბურ სისტემასთან, რომელიც სურათზე წარმოდგენილია ტვინის მედიალურ ნაწილში. ლიმბური სისტემის სტრუქტურების დაზიანება იწვევს ამნეზიის ისეთ ფორმას, რომელსაც ახასიათებს ყოველდღიური ცხოვრების, ყველანაირი მოვლენის დავიწყება. ეს არის ამნეზიის შემთხვევა, რომელიც გამოწვეულია საფეთქლის წილის მედიალური უბნის, მედიალური დიენცეფალონის (მათ შორის კორსაკოვის სინდრომით დაავადებულებშიც) დაზიანებით, ვენტრალური ტელენცეფალონის ნეირონების დეგენერაციით (ალცჰეიმერის დაავადების დასაწყისი) ან თავის ტვინის სისხლძარღვების დაზიანებით მედიალურ შუბლის წილში. მეხსიერების მეორე სისტემა დაკავშირებულია სტრუქტურების ჯგუფთან, რომლებსაც ბაზალურ განგლიებს უწოდებენ. ამ სტრუქტურების ფუნქცია დარღვეულია ჰეტინგტონის დაავადების დროს. ამ დაავადებით შეპყრობილ ადამიანებს კარგი მეხსიერება ახასიათებთ ყოველდღიური საქმიანობისას, მაგრამ არ შეუძლიათ მარტივი სენსომოტორული რეაქციის განხორციელება (Meunier et al., 1994).*



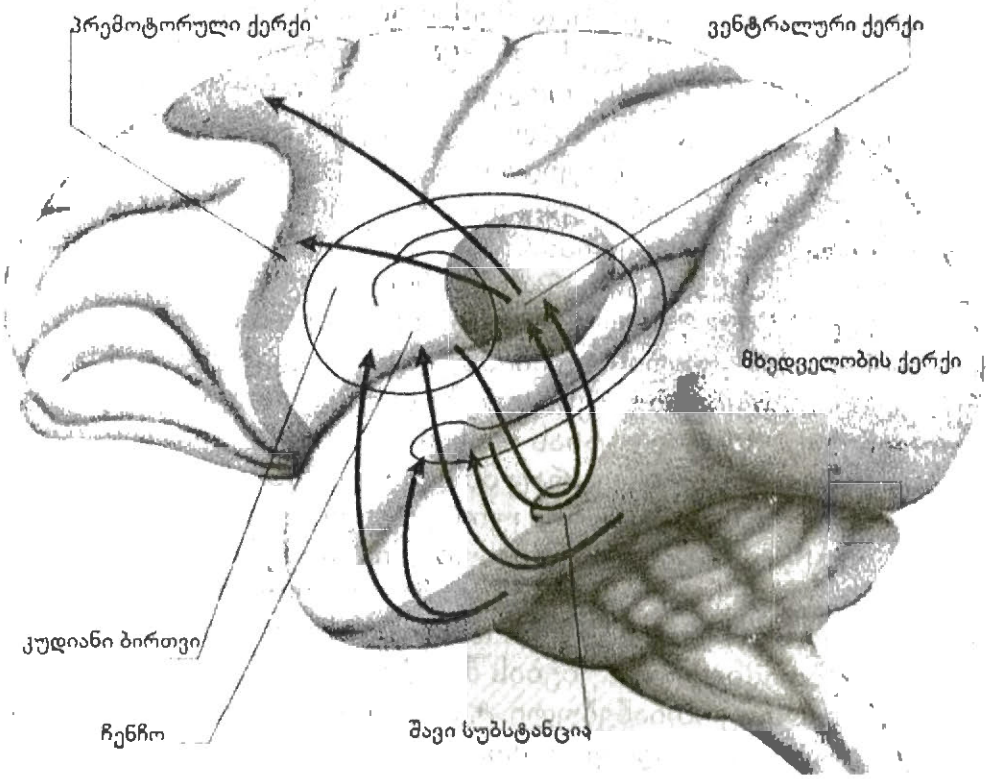
სურ.4.34. ლიმონის ერთი დანახვაც საკმარისია მისი მომჟავო გემოს გასახსენებლად. შთაბეჭდილების გახსენება საგნის არარსებობისას დამოკიდებულია მეხსიერების უნიკალურ უნარზე, განახორციელოს მსგავსი ასოციაციები. ცხოველებში ამ უნარის შესაფასებლად იყენებენ ტესტებს, რომლებიც მოითხოვენ სხვადასხვა სენსორული გზით მიღებულ ინფორმაციებს შორის ასოციაციას. წარმოდგენილ სურათზე საქმე ეხება საგნის ასოციაციას მის მდებარეობასთან. საგანი შეიმჩნევა მხედველობის გზით, რომელიც *V1* ველიდან მიდის *TE* ველში (*შედიალური საფეთქლის წილი*), მაშინ როცა მისი მდებარეობა ფიქსირდება მხედველობის სხვა გზით, რომელიც *V1*-დან (*მხედველობის ქერქი*) მიდის ცინგულარულ ხვეულში. ეს ორი გზა ერთმანეთს ემთხვევა ლიმბურ სტრუქტურებში: ამიგდალაში (*ნუშისებრი სხეული*), ჰიპოკამპსა და ყნოსვის ქერქში. ეს უკანასკნელი სუ-

რათზე ნაჩვენები არ არის. მხედველობით–სივრცითი ასოციაციის შესაფასებლად მაიმუნებში გამოყენებული ამოცანა გულისხმობს ორი განსხვავებული საგნის წარმოდგენას ორ განსაზღვრულ ადგილზე. მომდევნო სინჯში ცხოველს წარუდგენენ ორ იდენტურ საგანს. მან უნდა აირჩიოს ის, რომელსაც უკავია იგივე მდებარეობა, რაც წინა სინჯში ჰქონდა. ჰიპოკამპის ფარგლებში განხორციელებული დაზიანებები სელექციურად არღვევს ამ ტესტის შესრულებას, რაც ნიშნავს იმას, რომ ეს უბანი ასრულებს საკვანძო როლს მხედველობით-სივრცითი ასოციაციების ჩამოყალიბებაში (Menier et al., 1994).

იშვითად, მაგრამ არსებობს მეხსიერების ანტეროგრადული მოშლა, რომელიც მოიცავს ტრავმის შემდეგ პერიოდს. ასეთი ავადმყოფები ვერ აფიქსირებენ ტრავმის შემდეგ მოხდენილ მოვლენებს. იქცევიან ისე, თითქოს ტრამვის შემდეგ სიცოცხლე შეჩერდა. ფსიქიატრ გოლანდს აღწერილი აქვს ასეთი ისტორია. გათხოვილ ქალს ქმარი მეუღლედ არ თვლიდა. ექცეოდა ისე, როგორც საცოლეს. ეს ისტორია ნათელი დადასტურებაა იმისა, რომ არ მოხდა ქორწინების ფაქტის მეხსიერებაში დაფიქსირება, მაგრამ ტვინში ტრავმამდე ჩაწერილი ინფორმაციის მოგონება ხდება უხარვეზოდ.

ალან ბედეკს აღწერილი აქვს ნიჭიერი მუსიკოსის და ძველი მუსიკის ავტორიტეტული ექსპერტის კლაივ უირინგის ისტორია. მუსიკოსი დაავადდა Herpes simplex-ის ინფექციით. ამ ინფექციით დაავადებულია პლანეტის მოსახლეობის დიდი ნაწილი. ის სიცივეში იწვევს კანის გაღიზიანებას. იშვიათად ეს ვირუსი ხვდება თავის ტვინში და იწვევს ანთებას, რომელიც ცნობილია ენცეფალიტის სახელწოდებით. ხშირად ასეთი დაავადებები სიკვდილით მთავრდებოდა. დღეს ავადმყოფობა განკურნებადია, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში იწვევს მეხსიერების დაქვეითებას. კლაივ უირინგს ისე დაუქვეითდა მეხსიერება, რომ არ ახსენდებოდა ერთი წუთის წინ მომხდარი ფაქტი. მოკლევადიანი მეხსიერება უფრო დაუქვეითდა, ვიდრე გრძელვადიანი. ერთხელ თავისი მდგომარეობა ასე დაახასიათა: „დედამიწა არის ჯოჯოხეთი. მთელი დროის განმავლობაში ხარ მკვდარი". ის დარწმუნებული იყო, რომ ახლახან გაიღვიძა და ყველაფერი გამოსწორდება. წიგნს ვერ კითხულობდა, იმიტომ რომ არ შეეძლო სიუჟეტების ერთმანეთთან დაკავშირება. არ ინტერესდებდა მიმდინარე აუცილებელი პრაქტიკული საკითხებით. ქუჩაში გამოსვლისთანავე იბნეოდა. არ იცოდა საით წასულიყო. ალცჰეიმრით დაავადებულ ა.შ.შ. ყოფილ პრეზიდენტს რონალდ რეიგანს არ ახსოვს, რომ პრეზიდენტი იყო. გაკვირვებულია, ხალხი რატომ მესალმე-

ბაო. მეხსიერების დაქვეითება შეიძლება გამოიწვიოს ჰიპოქსიამ (ჟანგბადის ნაკლებობა).



სურ.4.35. *ჩვევები (ადამიანში იგივე იმპლიციტური მეხსიერება) საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ ავტომატური ქმედებანი. მეხსიერების ეს ფორმა დამოკიდებულია სენსომოტორულ გზაზე, რომელიც მოიცავს სტრუქტურების ჯგუფს, რომლებსაც უწოდებენ ბაზალურ განგლიებს. კუდიანი ბირთვი და ჩენჩო ინფორმაციას იღებენ ქერქის სენსორული უბნიდან. ისინი ააქტივებენ მკრთალ ბირთვს და შავ სუბსტანციას, რომლებიც თავის მხრივ ზემოქმედებენ ქერქის ფრონტალურ წილზე, რომელიც ჩართულია მოტორულ ფუნქციებში. მაიმუნებში, ამ წრის დაზიანება საგრძნობლად არღვევს დისკრიმანციის უნარს, რაც ექსპერიმენტულად იქნა დადასტურებული. ბაზალური განგლიები უნდა ასრულებდნენ აქტიურ როლს გაავტომატებული ქმედებების დახვეწაში.*

გულიდან თავის ტვინში მცირე რაოდენობის ჟანგბადის მიწოდებამ კლინიკოს ფსიქოლოგს მალკოლმ მელტცერს მეხსიერება დაუქვეითა. საბედნიეროდ მეხსიერების დაქვეითება არ აღმოჩნდა ღრმა. მალკოლმ მელტცერი გამოჯანმრთელების შემდეგ დაუბრუნდა სამუშაოს და სტატიაც დაწერა ამნეზიის შესახებ.

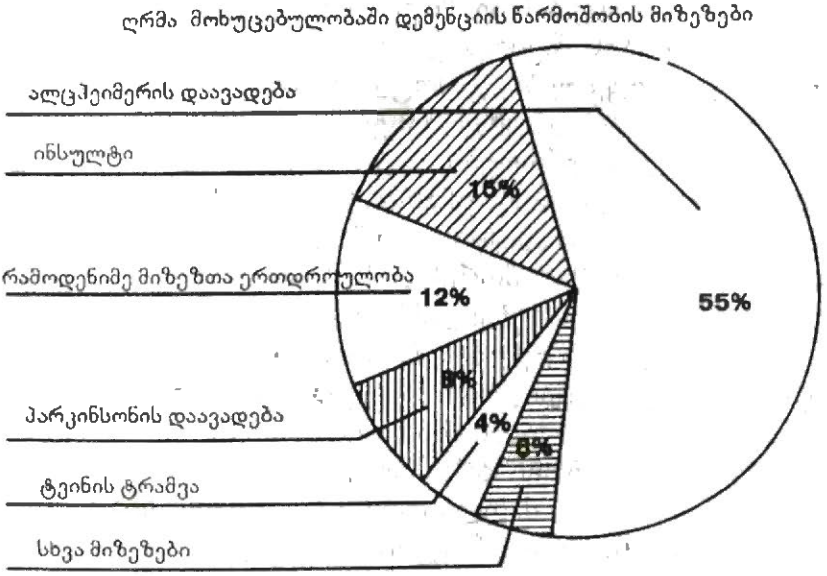
გულის შეტევა მელტცერს დაემართა 44 წლის ასაკში, რის შედეგადაც იგი აღმოჩნდა ექვსკვირიან კომაში მსუბუქი ამნეზიით. ცნობდა მეგობრებს და ნათესავებს, მაგრამ ყველას არა. გაიხსენა, რა ერქვა და სად მუშაობდა. ჩათვალა, რომ ჰყავდა ორი შვილი, სინამდვილეში კი ჰყავდა ერთი. გამოთვალა, რომ არის 33 და არა 43 წლისა. როდესაც სახლში ბრუნდებოდა, ქუჩას ვერ ცნობდა. საკუთარი სახლი იცნო. ვერ გაიხსენა სახლში სად იდო ესა თუ ის ნივთი. მოუხდა სწავლა, თუ როგორ ჩაერთო მაგნიტოფონი და როგორ დაეყენებინა მაღვიძარა (სურ.4.35.). სწავლა გრძელდებოდა დიდხანს. თვითონ წერს, რომ არ ახსოვდა, სად უნდა გადაეხადა ანგარიშები, როგორ უნდა ჩაესხა მანქანაში ზეთი. სად უნდა მისულიყო მანქანაში ბენზინის ჩასასხმელად. როგორ უნდა მისულიყო დანიშნულების ადგილზე და სად გაჩერებულიყო. სივრცითი მეხსიერება დაუქვეითდა. ვერ ახერხებდა აზროვნების ორგანიზაციას – ეს მისი სიტყვებია. უჭირდა ფაქტების დამახსოვრება, და რაც მთავარია, მათი სტრუქტურირება. მელტცერის სტატიას განსაკუთრებული მეცნიერული ღირებულება გააჩნია, ვინაიდან მსუბუქი ამნეზიით გამოწვეული მეხსიერების პროცესების მოშლა მან საკუთარ თავზე განიცადა და ნეიროფსიქოლოგებს გასაანალიზებლად მიაწოდა საინტერესო ფაქტები ამნეზიის ბუნების შესახებ.

ამნეზია გაერთიანებული ტერმინია მეხსიერების დროებითი დაქვეითების ან მუდმივად მოშლის (დარღვევის) აღსანიშნავად. ამნეზიის გამომწვევი მრავალი მიზეზი არსებობს. ის შეიძლება გამოწვეული იყოს თავის ტვინის სტრუქტურების სხვადასხვა ტრავმული დაზიანებით, ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედებით, თავის ტვინში სისხლის ჩაქცევებით, სხვადასხვა დაავადებებით და უჟანგბადობით. ამნეზიის განვითარებას ხელს უწყობს ასაკიც.

არჩევენ ამნეზიის შემდეგ ფორმებს: ანტეროგრადულს, რეტროგრადულს, დაცვითს, ინფანტილურს, ისტერიულს და პოსტჰიპნოზურს. ტვინის ტრავმულ დაზიანებამდე ან დაავადებამდე მომხდარ მოვლენათა გახსენების უუნარობას რეტროგრადული, ხოლო მის შემდეგ მომხდარ მოვლენათა დამახსოვრების უუნარობას ანტეროგრადული ამნეზია ეწოდება. ხშირად ნეირობიოლოგები ამნეზიის ამ ორივე ფორმას – ანტეროგრადულს და რეტროგრადულს მოიხსენიებენ ერთი ტერმინით: ინტერფერენცია. დაცვით ამნეზიაში იგულისხმება მეხსიერებიდან იმ ინფორმაციის ამოგდება, რომელიც უსიამოვნოა გასახსენებლად. ინფანტილური, ანუ ბავშვური ამნეზია სპეციფიკურია და მოიცავს დაბადებიდან ექვს წლამდე პერიოდს. ისტერიული ამნეზია

გამოწვეულია ცნობიერ და ქვეცნობიერ მოთხოვნილებათა სურვილის დაუკმაყოფილებლობით. იგი სწრაფად აღდგება. პოსტჰიპნოზურ ამნეზიაში იგულისხმება ჰიპნოზური სეანსის დროს განხორციელებული მოვლენის დავიწყება.

მეხსიერების დეფექტს იწვევენ ისეთი მოვლენები, როგორიცაა დამახინჯებული ან ტყუილი გახსენებები. გახსენებებში არეულია წარსულსა და აწმყოში მომხდარი მოვლენები. ვერ ხერხდება რეალურის გამოყოფა წარმოსახვით შექმნილი მოვლენისაგან. მეხსიერების ასეთ დეფექტს პარამნეზია ეწოდება. მას ზოგჯერ ფსევდოამნეზიად მოიხსენიებენ. არსებობს პარამნეზიის სახესხვაობები: კონფაბულაცია (მეხსიერებით გამოწვეული ტყუილი). კრიპტომნეზია (დამახინჯებული მოგონება). ფსევდორემინისცენცია (მეხსიერების ილუზია)



სურ.4.36. *ღრმა მოხუცებულობაში დემენციის წარმოშობის მიზეზები.*

ხანგძლივობის მიხედვით ამნეზია არის მოკლევადიანი, რომელიც გრძელდება წამების ან 10-30 წუთის განმავლობაში. ეს დაკავშირებული უნდა იყოს კვალის კონსოლიდაციასთან. ამნეზიის მეორე გრძელვადიანი ფორმა გრძელდება კვირაობით, თვეობით, წლობით და მუდმივად (შეუქცევადი ამნეზია).

ღრმა მოხუცებულობაში ქვეითდება სენსორულ და კოგნიტურ პროცესთა აქტიურობა. ამ პროცესების დაქვეითებასთან

ერთდროულად სხვადასხვა სახის პათოლოგიები მეორად გავლენას ახდენენ დასწავლასა და მეხსიერებაზე. ადამიანს ემართება დემენცია. დემენცია არის შეძენილი ჭკუასუსტობა, განსხვავებით თანდაყოლილი ჭკუასუსტობისაგან, რომელსაც ოლიგოფრენია ეწოდება. სურათზე 4.36 ნაჩვენებია აშშ-ში 1992 წელს სელკოეს მიერ ღრმა მოხუცებულობაში დემენციის წარმოშობის მიზეზების სტატისტიკა*.

დასწავლა როგორც ქცევის ერთ-ერთი ფორმა

ნებისმიერი ცხოველის შეგუებულობით ქცევას განაპირობებს დასწავლის უნარი. ცხოველს უნდა ჰქონდეს უნარი დაიმახსოვროს თავისი მოქმედების შედეგი. ადამიანი გარემოს აღქმას დაბადებიდანვე იწყებს. არსებობს მოსაზრება, რომ გარემოს აღქმა იწყება დაბადებამდე, მუცლად ყოფნის პერიოდიდან. გარემო ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად ადამიანისა და ცხოველის ქცევა იცვლება. გამოცდილების საფუძველზე გამომუშავებული ქცევების გაუმჯობესებას ან ახალი ქცევების წარმოქმნას დასწავლა ეწოდება, იგი მჭიდროდ არის დაკავშირებული დამახსოვრების უნართან და მეხსიერების გარეშე ვერ განხორციელდება. ამიტომ დასწავლა და მეხსიერება ერთი მედლის ორი მხარეა. მათ შორის არსებობს რამოდენიმე ფორმალური ხასიათის განსხვავება: დასწავლა არის გარემოსადმი შემგუებლობითი ქცევების ცვლილება, რომელიც ხორციელდება ინდივიდუალური გამოცდილების შედეგად. ძაღლი, რომელსაც ცხოვრება უხდება ადამიანთან, თავდაპირველად შარდავს ბინაში. ამის გამო პატრონი ბრაზობს, რასაც ხშირ შემთხვევაში ყვირილით გამოხატავს. ძაღლი დროთა განმავლობაში გადაეჩვევა ბინაში შარდვას. ის დასწავლის შედეგად სხვადასხვა ქცევებით ატყობინებს პატრონს, რომ კარი გაუღოს. ცხოველი გარბის ეზოში, მოშარდავს და უკან ბრუნდება. დასწავლის საფუძველზე აღწერილ შეგუებით ქცევას ზოგი ძაღლი სწრაფად გამოიმუშავებს, ზოგს კი უჭირს. დასწავლის ხარისხის უნარის მიხედვით ინდივიდები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ დასწავლის მეცნიერული განმარტება ვერ მოხერხდა. ერთი რამ კი ნათელია, მკვლევართა დიდი ნაწილი ფიქრობს, რომ დასწავლა არის გამოცდილების

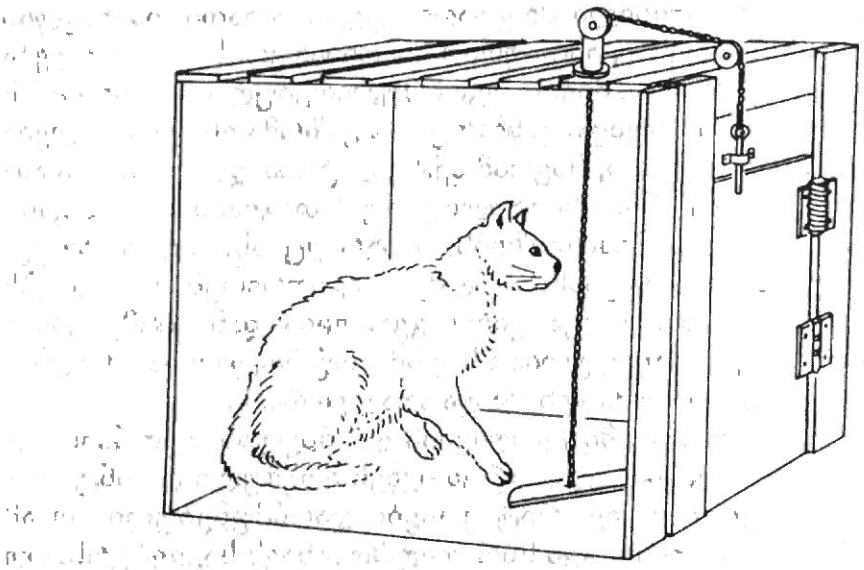
* D.I. Selkoe, Aging brain, aging mind. Scientific American, 167, pp. 96-103. 1992

საფუძველზე წარმოქმნილი მდგრადი ქცევა. კამათი დასწავლის ბუნების შესახებ დღესაც აქტიურად მიმდინარეობს. აქ შეიძლება გავიხსენოთ გაზრის მიერ ფორმულირებული ტოლმენის დასწავლის თეორიის ზუსტი განმარტება: გაზრმა ეს შეხედულება გამოთქვა 50 წლის წინათ, მაგრამ აქტუალურია დღესაც. იგი ამბობს: ტოლმენის თეორიის სიმბოლოები ვირთაგვაში იწვევს გაცნობიერებას, განსჯას, ჰიპოთეზებს, აბსტრაქციას, მაგრამ არცერთი არ იწვევს მოქმედებას. ტოლმენი იგნორირებას უკეთებს იმას, თუ როგორ მოიქცევა ვირთაგვა. ვინაიდან საქმე ეხება თეორიას, ვირთაგვა ჩაფლულია აზრებში. თუ ბოლოს მან მიაღწია საკვებურს, ეს მხოლოდ მას ეხება და არა თეორიას.

გაზრის გამონათქვამი ტოლმენის დასწავლის თეორიის შესახებ შეიძლება სხვადასხვანაირად იქნეს აღქმული და ინტერპრეტირებული. ქცევის თეორიტიკოსები დარწმუნებული არიან იმაში, რომ მშიერი ვირთაგვა სწრაფად მონახავს საკვებურს, თუ მას გააჩნია კოგნიტური სქემა. მცირე ცოდნასა და მოქმედებას შორის ვიდრე სტიმულსა და მოქმედებას შორის უფსკრული, ეს უფსკრული დღესაც არსებობს, მაგრამ მისი სიღრმე უცნობი რჩება. არამართებული იქნებოდა გამოგვეყო ტოლმენის თეორია და გაგვეკრიტიკებინა იმიტომ, რომ კოგნიტური თეორიის პარალიზება მოახდინა, ასე ხომ კიოლერისა და სხვების გაკრიტიკებაც შეიძლებოდა. დასწავლის პრობლემა დღესაც გადაუწყვეტელია, ამიტომ მომდევნო ქვეთავებში მოკლედ იქნება განხილული ფსიქოლოგებისა და ნეიროფიზიოლოგების მიერ ჩამოყალიბებული დასწავლის ძირითადი თეორიები.

ედუარდ ლი თორნდაიკი (1874-1949)

ცხოველებზე ჩატარებულმა მრავალმა ექსპერიმენტმა თორნდაიკი მიიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ დასწავლა მიმდინარეობს ქვეცნობიერი პროცესებით, რომლებიც განპირობებული არიან მოქმედებისა და სიტუაციის უშუალო ასოციაციით (სურ. 4.37). ადამიანისა და ცხოველის დასწავლის მრუდების შედარების ანალიზის შედეგად იგი ასკვნის: ადამიანის დასწავლა აგებულია მექანიკურ პროცესებზე და არა გაცნობიერებულ პრინციპებზე. ამიტომ იგი ცდილობდა ადამიანის დასწავლა აღეწერა მარტივი წესებით, რომლებიც მართებული იქნებოდნენ ცხოველთა სამყაროსთვისაც. მან ჩამოაყალიბა სამი კანონი: მზაობის, ვარჯიშის და ეფექტისა.



სურ.4.37. *თორნდაიკის ცნობილი თავსატეხი ყუთი. მშიერ კატას შეუძლია გამოვიდეს სამი შესაძლო ვარიანტიდან ერთ-ერთის განხოციელებით და მიიღოს საკვები (Klein, 1991).*

მზაობა არის დასწავლის პირველი პირობა. შედეგის მიღწევა გარკვეული მოქმედების შემდეგ ცხოველში იწვევს დაკმაყოფილების გრძნობას, ხოლო შედეგის არმიღწევა – უკმაყოფილებლობას. აღსანიშნავია, რომ პედაგოგიურ ლიტერატურაში ზოგჯერ მზაობა განიხილება, როგორც დასწავლის თანდაყოლილი უნარი, რომელსაც არავითარი კავშირი არა აქვს თორნდაიკის შეხედულებასთან.

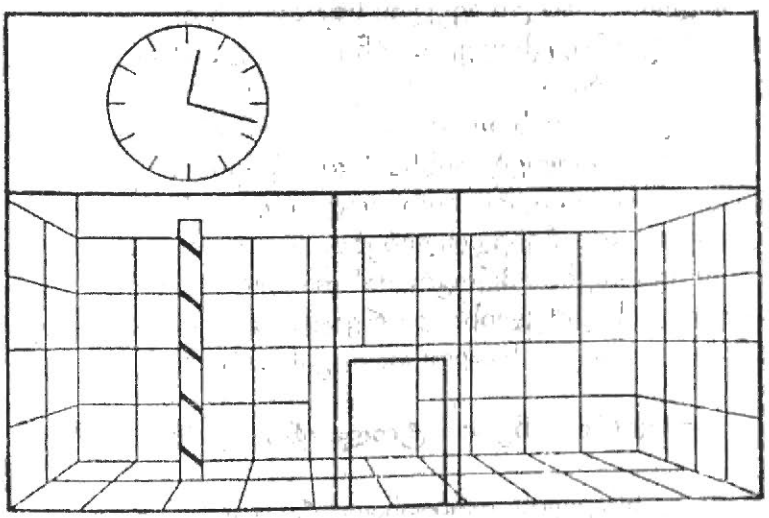
ვარჯიშის შედეგად ძლიერდება კავშირი სიტუაციასა და მოქმედებას შორის, ხოლო ვარჯიშის შეწყვეტა იწვევს კავშირის შემცირებას.

ეფექტის კანონი – თუ რაღაც მოქმედებით მიღწეული შედეგი იწვევს დაკმაყოფილებას, მაშინ კავშირი მოქმედებასა და სიტუაციას შორის ძლიერდება, დაუკმაყოფილებლობის შემთხვევაში კი აღნიშნული კავშირი სუსტდება. „თავსატეხ ყუთში“ სხვადასხვა ცხოველებზე (ძაღლი, კატა, მაიმუნი) ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები თორნდაიკმა გამოხატა გრაფიკულად, მრუდების სახით. მრუდებს უწოდა „დასწავლის მრუდები“. მრუდებზე გამოსახული იყო სინჯთა რაოდენობა და დრო, რომელიც საჭირო იყო დასწავლის კრიტერიუმის მისაღწევად. მრუდების ანალიზის შედეგად თორნდაიკმა ჩამოაყალიბა შეხედულება,

რომლის თანახმად დასწავლა ხორციელდება „სინჯით, შეცდომით და შემთხვევითი მიღწევით“. აღსანიშნავია, რომ თორნდაიკი ხშირად აქვეყნებდა შრომებს, რომლებშიც საკუთარი თეორიის მიმდევარი არ იყო. მან მოამზადა ბიჰევიორიზმის თეორიული ბაზა.

ედვინ გაზრი (1886–1959)

გაზრის დასწავლის პრინციპი დაჰყავს იმაზე, რომ დროის გარკვეულ მომენტში სტიმულთა კომბინაცია და მოქმედება ერწყმება ერთმანეთს ისე, რომ ამისათვის არ არის საჭირო არც მოთხოვნილება, არც ვარჯიში, არც დაკმაყოფილება და დასჯა, უბრალოდ მოულოდნელად ხდება მოქმედებისა და სტიმულის თანხვედრა, რაც იშვიათ შემთხვევაში ადრე ემთხვეოდა მოქმედებათა მიმდინარეობას. ამ შემთხვევაში სტიმულთა პრინციპი არ განისაზღვრება მათი ფიზიკური მახასიათებლებით.



სურ.4.38. *გაზრის ექსპერიმენტული კაბინა ინსტრუმენტული განპირობების გამომუშავებისათვის. საკვების მისაღებად, ბერკეტზე დაჭერის ნაცვლად, კატა უნდა გამოვიდეს კაბინიდან, ამისათვის უნდა მოახერხოს კაბინის ცენტრში მოთავსებული კარის გაღება (Klein, 1991).*

ექსპერიმენტულად სტიმულის მოდელი სხვანაირად იქმნება. იგი მსგავსია იმ მრავალი სტიმულისა, რომლებიც არსებობენ გარემოში და განსხვავებულია იმისაგან, რომელიც აღიქვა რამო-

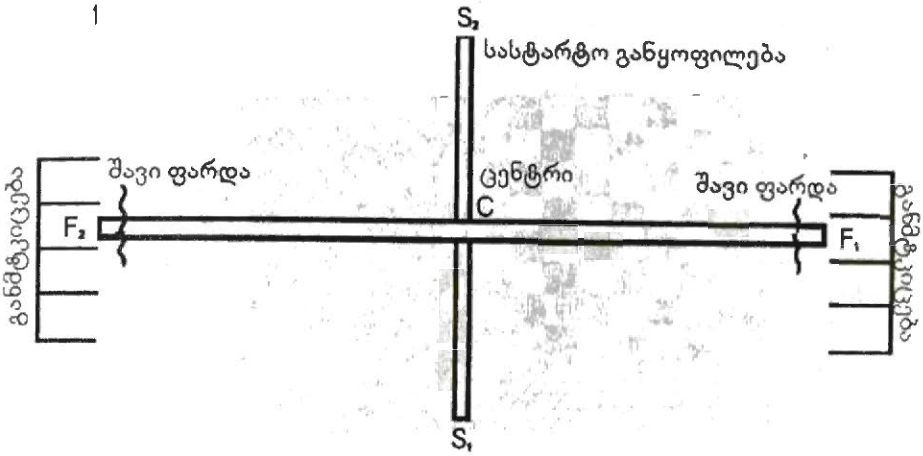
დენიმე წამის წინ. პრაქტიკულად, რომელიმე მოქმედების დასწავლა ვარჯიშზე იმგვარადაა დამოკიდებული, რომ მრავალრიცხოვანი შესაძლო მოქმედებებიდან (სტიმულთა მოდელებიდან) რეაქცია დაემთხვეს სასურველ მოქმედებას (სურ. 4.38.). მაგალითად, გვინდა ვისწავლოთ მანქანაზე ბეჭდვა, იმისათვის, რომ ადრე ჩამოყალიბებული მცდარი მოქმედებები შეიცვალოს სწორი მოქმედებებით სწორ სტიმულებთან მიმართებით საჭიროა ხანგრძლივი ვარჯიში. ანდა, როდესაც სწორი მოქმედების შედეგად ორგანიზმი ღებულობს საკვებს, ასეთი რეაქციების ცდომილების ალბათობა იზრდება. იზრდება არა „ეფექტის კანონის" მოქმედებით, არამედ, უბრალოდ, ცხოველის მოქმედება, რომელიც უყურებს საკვებს და ეცემა მას სულ სხვა ბუნებისაა, ვიდრე ის, რასაც მას ასწავლიდნენ. დასწავლა რომ იყოს განპირობებული სტიმულთა მოდელით და არა საჭმლის სტიმულით, საჭიროა ერთი მხრივ ცხოველს შევუნარჩუნოთ ძლიერი კავშირი მოდელსა და მისით გამონვეულ მოქმედებას შორის, მეორე მხრივ კი კავშირი მოდელსა და ცხოველის სწრაფვას შორის საჭმლისაკენ. თუ არ იქნა საკვები, ცხოველი იბნევა და დასწავლის შედეგიანობა თანდათან ქრება.

გაზრის დასწავლის თეორია ძალიან მარტივია. იბადება კითხვა, რა დონეზე შეიძლება აიხსნას დასწავლა ასეთი მარტივი მოდელით. აღსანიშნავია, რომ ფსიქოლოგთა კრიტიკას გაზრი უპირისპირებდა თავის შეხედულებებს. ისეთი წარმოდგენები, როგორიცაა „მოქმედების პროგრამა" და „ყურადღება", მას ყოველთვის დაჰყავდა სტიმულისა და რეაქციის მყისიერ შეერთებაზე, ამიტომ მისი დასწავლის თეორია მექანისტურია.

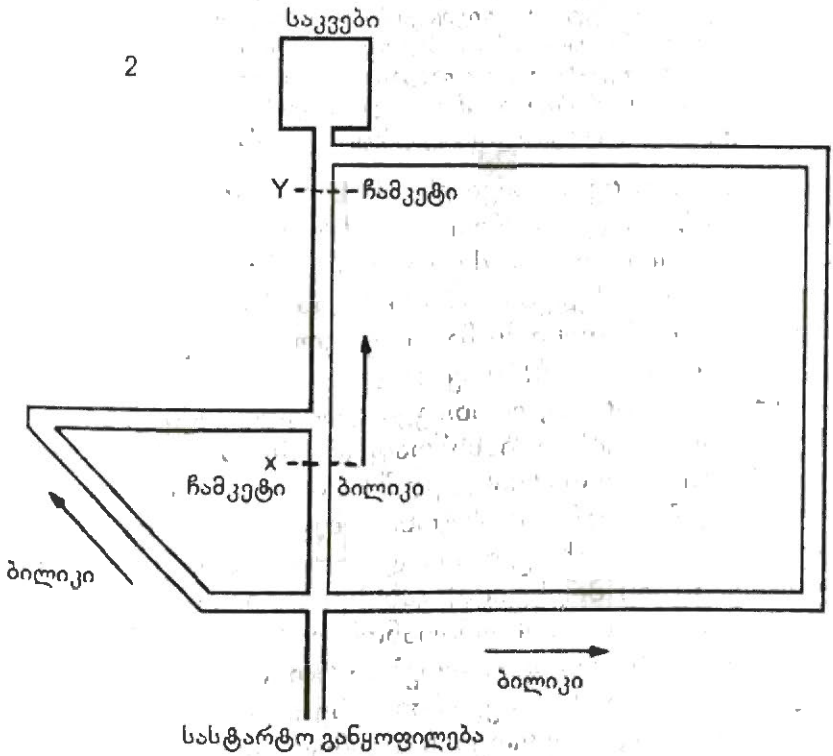
ედუარდ ჩეის ტოლმენი (1886-1959)

გაზრის დასწავლის ორიგინალური თეორია, რომელშიც არ არის ზუსტად განსაზღვრული სტიმულის მოდელი, იძლევა საშუალებას თითქმის ყველანაირი დასწავლა აიხსნას მექანისტური პრინციპებიდან გამომდინარე, მაგრამ ეს თეორია უვარგისია ექსპერიმენტული ჰიპოთეზების დასამტკიცებლად (სურ 4.39). უვარგისობა გამოიხატება იმაში, რომ თეორია ნებისმიერ შედეგს ხსნის მექანისტურად. განსხვავებით გაზრისაგან, ტოლმენმა შეიმუშავა ნეობიჰევიორისტული პრინციპებიდან გამომდინარე.

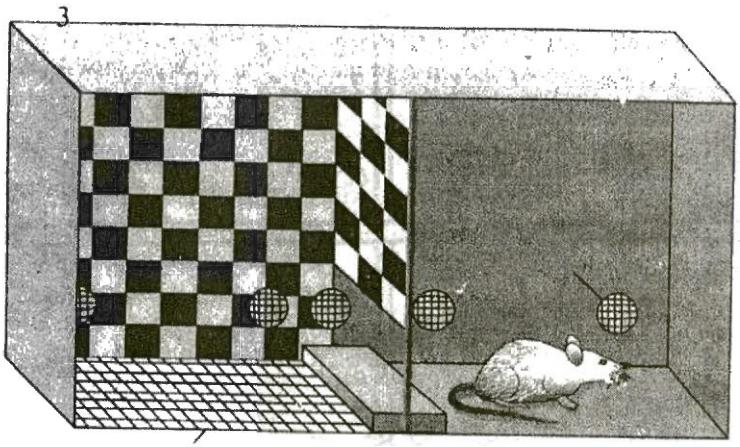
1



2



გაგრძელება შემდეგ გვერდზე

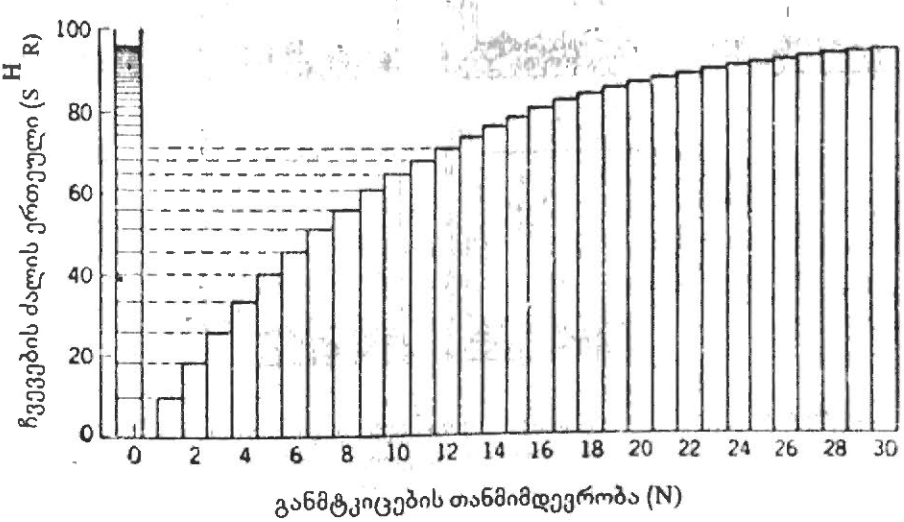


სურ.4.39. *ტოლმენის საექსპერიმენტო კაბინები. 1-კაბინა გამოყენებულია საკვების ადგილმდებარეობის დასამახსოვრებლად. ვირთაგვას უშვებენ S_1 და S_2 სასტრატო განყოფილებიდან. მას შეუძლია მივიდეს F_1 და F_2 ნაწილებში და მიიღოს საკვები. 2- კაბინა სამი ბილიკით. ორი ბილიკის გადაკეტვით ცხოველმა უნდა მოახერხოს მესამე ბილიკის ამორჩევით საკვების მიღება. 3-ადგილისათვის უპირატესობის მინიჭების საკვლევად გამოყენებული კაბინა.*

ექსპერიმენტების მეთოდიკა ეს არის მკაცრად განსაზღვრული მეცნიერული მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა ექსპერიმენტებში გამოიყოს სტიმული და რეაქცია და ზუსტად გაიზომოს ორივეს მოქმედება. ამ პრინციპების გათვალსინინებით ვირთაგვებზე ლაბირინთში ჩატარებული ექსპერიმენტების, საფუძველზე ტოლმენმა წამოაყენა დასწავლის კოგნიტური თეორია. ტოლმენის აზრით, ვირთაგვა ლაბირინთში ქმნის გარემოს სქემას და ასრულებს მიზანსწრაფულ მოქმედებას. ტოლმენმა გააერთიანა ბიჰევიორიზმის, გელშტადფსიქოლოგიისა და ფროიდიზმის იდეები. მან უოისტონის მკაცრი ბიჰევიორისტული შეხედულებისაგან (ცხოველისა და ადამიანის ქცევა ემყარება სტიმულ-რეაქციის პრინციპს) განსხვავებით წამოაყენა მოსაზრება მოტივისა და მიზნის ერთიანობის შესახებ. ამ მოსაზრების თანახმად, აღნიშნული ფაქტორები ერთმანეთს უკავშირდებიან შუალედური ცვლადის მეშვეობით. ესე იგი იმ შინაგანი ფაქტორებით, რომლებიც მოქმედებენ სტიმულსა და საბოლოო რეაქციას შორის. აღსანიშნავია, რომ ტოლმენის მიერ იგნორირებულია ნეირომექანიზმების მონაწილეობა ქცევებში, როგორც „არადაკვირვებადი". აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოებაც, რომ ტოლმენის კონცეფციამ დიდი გავლენა მოახდინა ფსიქოლოგიის იმ დარგზე, რომელიც სწავლობს აზროვნებას.

კლარკ ლეონარდ ხალი (1884-1952)

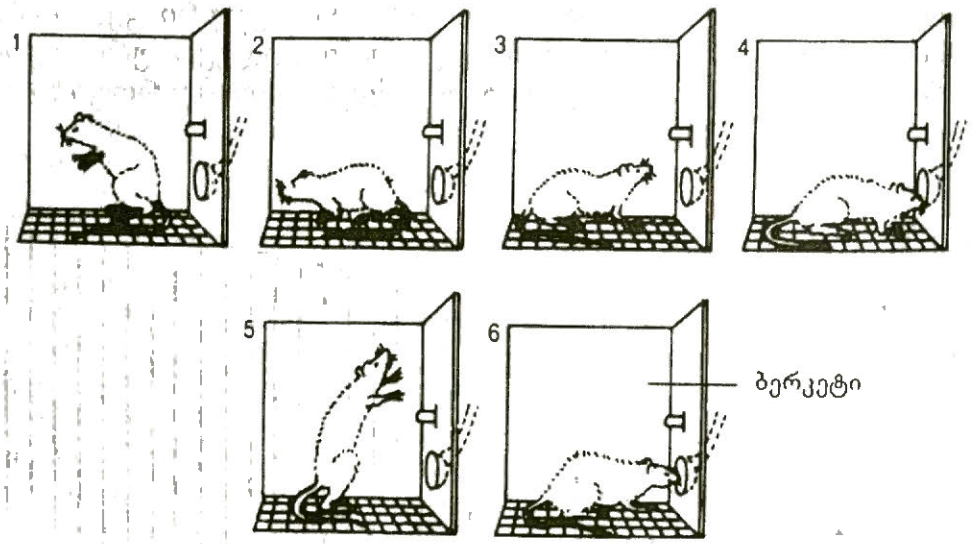
ხალის აზრით ფიზიკისა და გეომეტრიის მსგავსად ფსიქოლოგია უნდა ემყარებოდეს აქსიომებს და ჰიპოთეზებს. ჰიპოთეზები უნდა იქმნებოდეს აქსიომებისაგან დედუქციის გზით. 1943 წელს მან გამოაქვეყნა მონოგრაფია „ ქცევის პრინციპები“, სადაც გააკრიტიკა ტოლმენის დასწავლის ტელეოლოგიური თეორია. მკაცრად ჩამოაყალიბა და განსაზღვრა ისეთი მცნებები, როგორებიცაა: ცხოველთა აქტიური ბიოლოგიური მდგომარეობა, ავტომატურად წარმოშობილი რეაქციები, ჩვევები. მონახა კავშირები შინაგან სტიმულებსა და რეაქციებს შორის (სურ.4.40.). ხალმა დიდი გავლენა მოახდინა ფსიქოლოგიის განვითარებაზე. აღადგინა დავიწყებული ტრადიცია მეცნიერულად ჩაითვალოს ისეთი ჰიპოთეზა, რომელიც ჩამოყალიბებული იქნება ალგებრული ფორმულებით და რომლებითაც განისაზღვრება ცვლადი. ამან კი ხელი შეუწყო ფიზიკური ფსიქოლოგიის განვითარებას. ხალი გახდა ნეობიჰევიორიზმის ცნობილი თეორეტიკოსი. იგი სწავლობდა მექანიკური მეხსიერების კანონზომიერებებს. შეეცადა აეხსნა ტოლმენის „შუალედური ცვლადი“. ჩამოაყალიბა დასწავლის მათემატიკური დედუქციური თეორია, რომელშიც იგნორირებული იყო შემეცნებითი ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმები.



სურ.4.40. *ძალის ზრდის დიაგრამა ხალის მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტში (Klein, 1991).*

ბერეს ფრედერიკ სკინერი (1904–1990)

სკინერის პოზიცია ახლო არის თორნდაიკის შეხედულებებთან: ორივე აღწერილობითი ხასიათისაა. სკინერის შეხედულება ფსიქოლოგიაზე მკვეთრად განსხვავდება ხალის შეხედულებისაგან, რომელიც ფსიქოლოგიას თვლიდა ისეთ მეცნიერებად, რომელსაც შეეძლება კავშირების რაოდენობრივი დადგენა ზუსტი გაზომვების საფუძველზე. ხალის მიხედვით, ფსიქოლოგია უნდა განვითარდეს სისტემატიზებული ჰიპოთეზების ექსპერიმენტულად შესწავლის გზით. სკინერი კი უარყოფდა ჰიპოთეზასაც და თეორიასაც. მისი აზრით, ადამიანისა და ცხოველის ქცევის შესწავლა შესაძლებელია ქცევების მეტამორფოზის გარკვევით; უნდა დადგინდეს კავშირი შესავალსა და გამოსავალს შორის. ამ კავშირის დასადგენად კი არავითარი თეორია არ არის საჭირო.



სურ.4.41. *სკინერის კაბინა ოპერანტული განპირობებისათვის. ვირთაგვამ უნდა ისწავლოს ბერკეტზე დაჭერით საკვების მიღება (Klein, 1991).*

სკინერმა შექმნა ექსპერიმენტული კაბინა, რომელსაც შემდეგ „სკინერის კაბინა“ ეწოდა (სურ.4.41.). კაბინის შექმნის მიზანი იყო ცხოველებზე დაკვირვებით დაედგინა ქცევების მეტამო-

რფოზის კანონზომიერებები. სკინერმა გაილაშქრა მეტამორფიზმის წინააღმდეგ და ჩამოაყალიბა შეხედულება, რომ ფსიქოლოგია უნდა შემოიფარგლოს მხოლოდ გარეგნულად გამოხატული ფაქტორებით და დაადგინოს კანონზომიერებები სტიმულს, რეაქციასა და განმტკიცებას შორის. რის საფუძველზეც მან შექმნა „ოპერანტული" დასწავლის კონცეფცია. ამ თეორიის არსი ისაა, რომ ცხოველი თვითონვე განიმტკიცებს რეაქციებს და სტიმული ხდება ინფორმაციული.

ივანე პავლოვი (1849–1936)

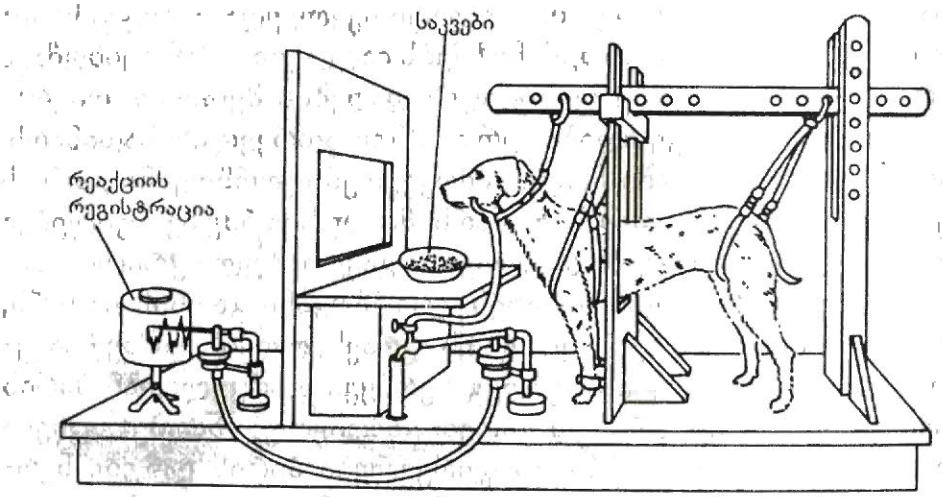
ცნობილი ფიზიოლოგი ი. პავლოვი იკვლევდა ნერწყვისა და კუჭის წვენის გამოყოფის მექანიზმებს ძაღლებში. მან შეიმუშავა სანერწყვე ჯირკვლებზე ფისტულის დადების მეთოდი. ოპერაცია შემდეგნაირად კეთდება. ერთ-ერთი ჯირკვლის სადინარს, რომელიც პირის ღრუში ჩადის, ამოკვეთენ ლორწოვანი გარსის ნაჭერთან ერთად. შემდეგ სადინარს მთელ სიგრძეზე აცილებენ გარემომცველ ქსოვილებს და ლოყაზე გაკეთებული ჭრილით პირის ღრუდან გარეთ გამოიტანენ. ლორწოვანი გარსის ნაჭერს, რომელიც სადინარის ხვრელს გარს აკრავს, ლოყის კანზე მიაკერებენ. ასეთი ოპერაციის შემდეგ ნერწყვი ჯირკვლიდან პირის ღრუში კი არ ჩადის, არამედ გარეთ გამოიყოფა. ნაოპერაციევი ძაღლის დანარჩენი სანერწყვე ჯირკვლები პირის ღრუში ნერწყვს იმ რაოდენობით გამოყოფენ, რაც საკმარისია საჭმლის დასასველებლად.

ცნობილია, რომ ძაღლს ნერწყვი გამოეყოფა მას შემდეგ, რაც საკვები მოხვდება პირის ღრუში. ლაბორატორიის თანამშრომლებმა შეამჩნიეს საინტერესო და უჩვეულო მოვლენა. ძაღლს ნერწყვის გამოყოფა ეწყებოდა მაშინც კი, როდესაც დაინახავდა იმ პიროვნებას, რომელსაც მისთვის საკვები მიჰქონდა, აგრეთვე საჭმლის სუნზე ან კარების გაღებაზე. ამ ფაქტით დაინტერესებულმა ი. პავლოვმა ჩაატარა შემდეგი ხასიათის ცდა.

ფისტულიანი ძაღლი მოათავსა სპეციალურ დაზგაში (სურ. 4.42.), რათა ძაღლს თავისი მოძრაობით ხელი არ შეეშალა ცდის მსვლელობისათვის. ცხოველს უნთებდა ნათურას და მისი მოქმედების ფონზე რამდენიმე წამის შემდეგ აძლევდა საკვების მცირე ულუფას, რის შემდეგაც ნათურას გამორთავდა. ამ პროცესის მრავალჯერ გამეორების შემდეგ დგება მომენტი, როდესაც

ცხოველი ნერწყვის გამოყოფას იწყებს ნათურის ანთებისას, საკვების მიწოდების გარეშე. თუ ნათურის მაგივრად გამოვიყენებთ ბგერას, პროცესი იმგვარადვე წარიმართება – ცხოველი დაიწყებს ნერწყვის გამოყოფას ბგერის მოქმედებისას. გამღიზიანებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს გარემოში მოქმედი ნებისმიერი სიგნალი, რომლის აღქმის უნარიც ცხოველს გააჩნია.

ნერწყვის გამოყოფას ნათურის ანთებაზე ან ბგერაზე ი. პავლოვმა პირობითი რეფლექსი უწოდა, ხოლო პირობითი რეფლექსის გამომწვევ გამღიზიანებელს, პირობითი გამღიზიანებელი. აღწერილ ცდაში პირობითი გამღიზიანებლებია ნათურა და ბგერა.



სურ.4.42. *ნერწყვის გამოყოფის განპირობების აპარატი. ექსპერიმენტატორს შეუძლია გაზომოს ნერწყვის გამოყოფა როგორც პირობითი, ისე უპირობო სტიმულის მოქმედებისას (Klein, 1991).*

პირობითი რეფლექსი გამომუშავდება უპირობო რეფლექსისა და პირობითი გამღიზიანებლის ურთიერთობის საფუძველზე. მას დროებითი კავშირი ეწოდება იმიტომ, რომ იგი შეიძლება დაირღვეს, უპირობო რეფლექსური რკალი კი მუდმივად არსებობს. უპირობო რეფლექსთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს საორიენტაციო რეფლექსს. ი. პავლოვმა ამ რეფლექსს „რა არის?“ უწოდა. იგი მოქმედებს ახალი გამღიზიანებლის საპასუხოდ. იგი გააჩნია ადამიანსაც და ცხოველსაც.

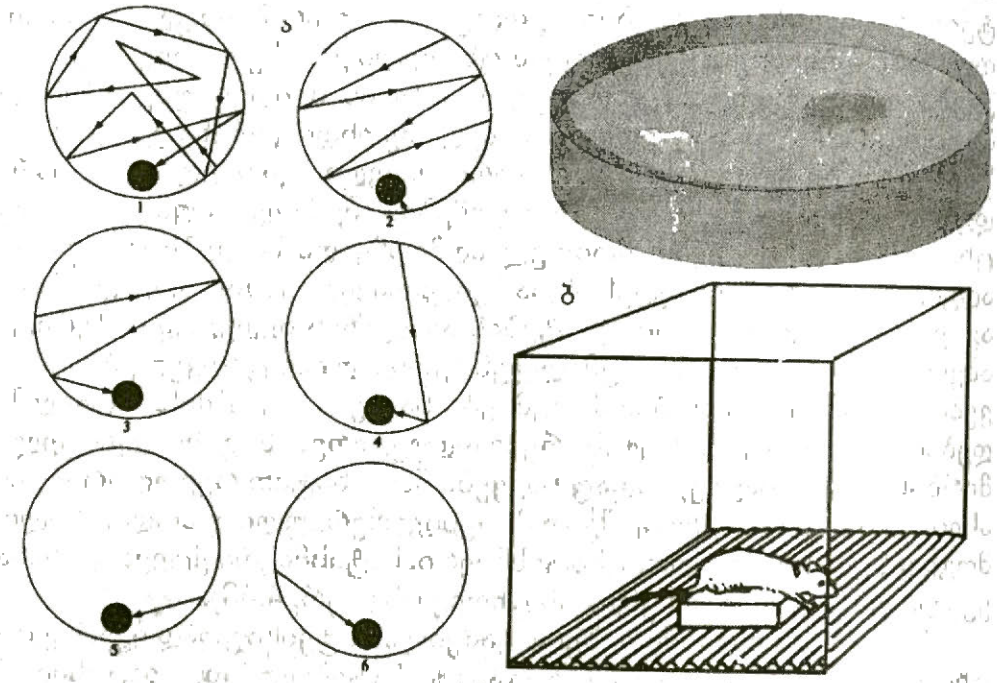
ივანე ბერიტაშვილი (1885-1974)

თავისუფალი მოძრაობის მეთოდით პირობითი რეფლექსების შესწავლისას ი. ბერიტაშვილმა დაადგინა ისეთი ქცევითი აქტები, რომლებიც პირობითრეფლექსურად არ ჩაითვლებოდნენ. თუ რამოდენიმე საკვებურიდან ცხოველი ერთხელ მიიღებდა საკვებს ერთ-ერთიდან, გარკვეული დროის შემდეგ უშეცდომოდ მირბოდა იმ ყუთთან, ხოლო რომელიმე ინდიფერენტულ გამღიზიანებელზე საკვებურთან სწორი მისვლა ცხოველს უვითარდებოდა მრავალჯერადი შეცდომების შემდეგ. ბუნებაში თუ ცხოველი შემთხვევით ერთხელ აღმოაჩენდა საკვებს უჩვეულო ადგილზე, იგი იმავე დღეს ანდა შემდგომ დღეებშიც უშეცდომოდ აგნებდა ამ ადგილს. ამ ფაქტების ანალიზის შედეგად ი. ბერიტაშვილმა დაასკვნა, რომ უმაღლეს ხერხემლიან ცხოველებში საკვების აღქმის დროს წარმოიქმნება საკვებისა და მისი ადგილმდებარეობის ხატი. ხატის რეპროდუქცირების გამო ცხოველი მირბის იმ ადგილზე, სადაც საკვები ნახა. ხატით რეგულირებულ ასეთ ქცევას ი. ბერიტაშვილმა ფსიქონერვული უწოდა, ხოლო მოგვიანებით უბრალოდ ხატისმიერი. ხატისმიერი ქცევა გააჩნია ყველა უმაღლეს ხერხემლიან ცხოველს (სურ. 4.43).

1932-1935 წლებში ი. ბერიტაშვილი ინტენსიურად იკვლევდა ცხოველთა ინდივიდუალურ-გაავტომატებულ და ხატისმიერ ქცევებს. მრავალფეროვანი ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზის შემდეგ დადგენილ იქნა ხატისმიერი ქცევის კანონზომიერებანი:

1. გარემოს ელემენტების ინტეგრირებით ფსიქონერვულ მოქმედებას შეუძლია გამოიწვიოს განცდა მთლიანი ხატის წარმოშობით, რისთვისაც საკმარისია გარემოს ერთჯერადი აღქმა.
2. ხატისმიერი ფსიქონერვული მოქმედება სწრაფად გამოიწვევა გარემოს ერთი კომპონენტითაც კი, ანდა რომელიმე იმ გამღიზიანებლით, რომელიც იწვევს გარემოს მოგონებას.
3. ხატისმიერი ფსიქონერვული კომპლექსი შეიძლება ამოქმედდეს მისი წარმოშობიდან რამოდენიმე დღის, კვირის და თვის შემდეგაც კი.
4. ფსიქონერვული მოქმედებით ყალიბდება დროებითი კავშირები ხატის ფსიქონერვულ სუბსტრატსა და

ქერქისა და ქერქქვეშა მამოძრავებელ ცენტრებს შორის. ამიტომაც ხატით წარმართული ქცევა იოლად ავტომატიზდება.



სურ.4.43. *ხატით წარმართული ქცევა შეიძლება შესწავლილ იქნეს ვირთაგვებზე მორისის აუზში (ა) და სპეციალურ კაბინაში (ბ). ა– მორისის აუზში ნაჩვენებია ვირთაგვას მარშრუტი ექვს სინჯში. თავდაპირველად (1) ვირთაგვა საჭიროებს დროს და აკეთებს სხვადასხვა მოძრაობებს პლატფორმის მოსაძებნად. მოძებნის შემდეგ ცხოველს ექმნება პლატფორმის ხატი. მომდევნო სინჯებში ხატით წარმართული ქცევის გააუტომატებით უადვილდება პლატფორმის მოძებნა. ზუსტად მოძრაობს აუზის სხვადასხვა ადგილიდან. ბ – კაბინის იატაკი ელექტროფიცირებულია. იატაკიდან ვირთაგვა ღებულობს მტკივნეულ ელექტრულ გაღიზიანებას და იგი ხტება კაბინის შუა ნაწილში მოთავსებულ უმტკივნეულო ადგილზე. ექმნება ხატი მტკივნეული იატაკის შესახებ და აგრძელებს ჯდომას, კლეინის მიხედვით (Klein, 1991).*

5. ხატის რეპროდუქციით გამოწვეული მოძრაობითი აქტივობა დამოკიდებულია ხატის წარმოშობის დროზე, ობიექტის მნიშვნელობაზე, რის მიმართაც იქმნება აქტიურობა და აგრეთვე იმ მანძილზე, რომელიც არსებობს ცხოველსა და ხატის წარმომქმნელ ობიექტს შორის.

6. ხატისმიერი ქცევა დომინირებს ყველა დანარჩენ ქცევით აქტებზე.

ამ თეორიულმა დებულებებმა, რომლებმაც გაამდიდრეს ქცევათმეცნიერება, შემდეგი სიტყვები დააწერინა კანადელ ფსიქოფიზიოლოგ ჰებს: „მეც მაქვს საშუალება გამოვხატო ჩემი პატივისცემა ი. ბერიტაშვილის ვრცელი და ფუნდამენტური მნიშვნელოვანი გამოკვლევებისადმი ქცევის ფიზიოლოგიისა და ფსიქოლოგიის სფეროში“.

ხატისმიერი ქცევა ი. ბერიტაშვილის მიხედვით თვისობრივად განსხვავდება პირობითრეფლექსური მოქმედებისაგან, სათანადოდ განსხვავებულია ამ რეაქციების ნერვული სუბსტრატიც. მისი აზრით, ხატისმიერი ქცევის ნერვული სუბსტრატი მოთავსებულია ახალ ქერქში. მხედველობით, სმენით, ტაქტილურ და სხვა შეგრძნებათა შედეგად სუბიექტური განცდები აღმოცენდება მოკლე აქსონთა ვარსკვლავისებრი ნეირონების აგზნებით. ეს ნეირონები მოთავსებულია ქერქის იმ უბნებში, სადაც ბოლოვდებიან რეცეპტორებიდან წამოსული აფერენტული ბოჭკოები, განსაკუთრებით დიდი როლი ენიჭება იმ ვარსკვლავისებრ ნეირონებს, რომელთა აქსონების განშტოებები ბოლოვდებიან მათივე უჯრედის სომებით და დენდრიტებით.

სრულიად ახალი და მეტად ორიგინალური მოძღვრება ცხოველთა ქცევის ნერვული მექანიზმების შესახებ გადმოცემულია 1961 წელს მოსკოვში გამოქვეყნებულ მონოგრაფიაში*.

---

* Бериташвили И.С. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. Изд. Академии наук СССР, Москва, 1961.

საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიამ ი. ბერიტაშვილს ამ მონოგრაფიისათვის დიდი რუსი ფიზიოლოგის ი. სეჩენოვის სახელობის პრემია მიანიჭა.

აი, რას წერდა ამ შრომებზე გამოჩენილი იაპონელი მეცნიერი პიდეიმო ტიუჯი: „ზედმეტია ლაპარაკი იმაზე, რომ პროფესორმა ივანე ბერიტაშვილმა 60-ზე მეტი წლის განმავლობაში დიდი წვლილი შეიტანა ქცევათმეცნიერებაში, ადამიანისა და ცხოველთა ცენტრალური ნერვული სისტემის საინტეგრაციო მექანიზმის ანალიზით ნეიროფიზიოლოგიისა და ფსიქოლოგიის პოზიციებიდან“.

ამერიკელმა ფსიქო-ფიზიოლოგმა ჰორსლი ჰანტმა ი. ბერიტაშვილისადმი მიძღვნილ საიუბილეო კრებულში თავის ნაშრომს შემდეგი ტექსტი წაუმძღვარა: „დიდი პატივია, მონაწილეობდე კრებულში, რომელიც მიძღვნილია ი. ბერიტაშვილისადმი, რომელმაც ჩვენი საუკუნის განვლილ მესამედში ასე ბევრი ნაშრომი შემატა ქცევის შესწავლის საქმეს. ჩვენ ერთიმეორეს 500 მილით ვართ დაშორებული, მაგრამ მე ამ სიშორიდან ვარ აღტაცებული პროფ. ი. ბერიტაშვილის მუშაობით და აღმაფრთოვანებს მისი კვლევის შედეგები“.

დასწავლის ფორმები და მისი შესწავლის ლაბორატორიული მეთოდები

ზოგიერთი ფსიქოლოგის მიერ წამოყენებულ იქნა იდეა იმის შესახებ, თითქოს არსებობს დასწავლის ზოგადი კანონი, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს ყველა პირობებისათვის. ეს იდეა მოექცა მკაცრი კრიტიკის ქვეშ და პოპულარობა ვერ მოიპოვა. წამოყენებული იყო დასწავლის სხვადასხვა სახის კლასიფიკაცია, რომელთაგან გამოირჩევა ტორპის კლასიფიკაცია. უმრავლესობა დღეს ძირითადად მას ეყრდნობა. მართალია, ტორფის კლასიფიკაცია გარკვეულ საკითხებში მოძველებულია, მაგრამ ყველაზე უფრო ფართოდ მოიცავს ცხოველთა სამეფოს. ტორპისა და შეპერდის კლასიფიკაციაზე დაყრდნობით დასწავლის ფორმები სქემატურად შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:

დასწავლის მარტივი ფორმები:

1. შეჩვევა ანუ ჰაბიტუაცია.
2. სენსიტიზაცია.

ასოციაციური დასწავლა:

1. პირველი ტიპის პირობითი რეფლექსები ანუ კლასიკური პირობითი რეფლექსი. რესპოდენტული დასწავლა.
2. მეორე ტიპის პირობითი რეფლექსი. სინჯი და შეცდომა. ინსტრუმენტული ანუ ოპერანტული დასწავლა.

დასწავლის რთული ფორმები:

1. იმპრინტინგი.
2. ლატენტური დასწავლა.
3. ინსაიტ-დასწავლა.
4. ხატით წარმართული დასწავლა.

დასწავლა-მეხსიერების პროცესების შესასწავლად შემუშავებულია მრავალი მეთოდი, რომელთა სტრატეგიაც დამოკიდებულია დასმულ ამოცანაზე. თუ აღნიშნული პროცესების შესწავლა ხდება ინტაქტურ ცხოველებში, მაშინ მიმართავენ შემდეგ მეთოდებს:

1. გარეშე ობიექტის მხედველობითი აღქმა და მისი ხატის შენახვის ხანგრძლივობის დადგენა;
2. სმენითი აღქმა და სმენითი ხატის შენახვის, ბგერის წყაროს ადგილმდებარეობის დადგენა;

3. ვესტიბულური აღქმა და განვლილი გზის ხატის შენახვის ხანგრძლივობის განსაზღვრა;
4. გარეშე ობიექტის კომპლექსური აღქმა გრძნობის რამდენიმე ორგანოს მიერ (მხედველობითი, ყნოსვითი, სმენითი, გემოვნებითი, ვესტიბულური);
5. პირობითრეფლექსური მეხსიერება;
6. ემოციური აგზნების შესწავლა შიშის რეაქციებით.

დასწვლა-მეხსიერების მექანიზმების შესასწავლად ი.და ო. ბურეშებმა და ჯ. ჰიუსტონმა შემოგვთავაზეს მეთოდები:
კლასიკური პირობითი რეფლექსების გამომუშავება, შენახვა.
ვეგეტაციური რეაქციები;
მოძრაობითი რეაქციები.
განრიდების პირობითი რეფლექსები:
პასიური განრიდება
აქტიური განრიდება.
პირობით-გემოვნებითი ავერსია;

ინსტრუმენტული პირობითი რეფლექსების გამომუშავება:
სკინერის კამერის გამოყენება;
მანიპულატორული მოძრაობები;

შეცნობითი კოგნიტური დასწავლა:
სივრცითი შეცნობა;
განათების ინტენსივობის ერთდროული და თანმიმდევრული გარჩევა;
გამოსახულებების გარჩევა;
დროითი ინტერვალების გარჩევა.

მეხსიერების შესასწავლი მეთოდები:
რადიული ლაბირინთის მეთოდი;
აქტიური განრიდების რეაქციების დასწავლის შემდეგ მათი დამახსოვრების შემოწმება დროის სხვადასხვა ინტერვალში.

თავის ტვინის ამა თუ იმ სტრუქტურის როლის დასადგენად დასწავლა-დამახსოვრების მექანიზმებში ფართოდ გამოიყენება ამ სტრუქტურების დაზიანების მეთოდი და გამოწვეული პათოლოგიების შესწავლა. დაზიანებას მიმართავენ დასწავლამდე ან დასწავლის შემდეგ, რათა ზუსტად იქნეს დადგენილი, თუ რომელ ეტაპზე მოქმედებს აღნიშნული სტრუქტურა.

დასწავლა-დამახსოვრების შესასწავლად ფართოდ გამოიყენება თავის ტვინის ელექტროსტიმულაციის და ცალკეული ნეირონების ელექტრული აქტივობის ჩაწერის მეთოდიც, რაც გვაძლევს იმის საშუალებას, რომ ზუსტად დავაფიქსიროთ, თუ დასწავლა-დამახსოვრების რომელ ეტაპზე იღებს მონაწილეობას აღნიშნული სტრუქტურა და კონკრეტულად რომელი უბნის ნეირონებია ჩართული ამ პროცესში.

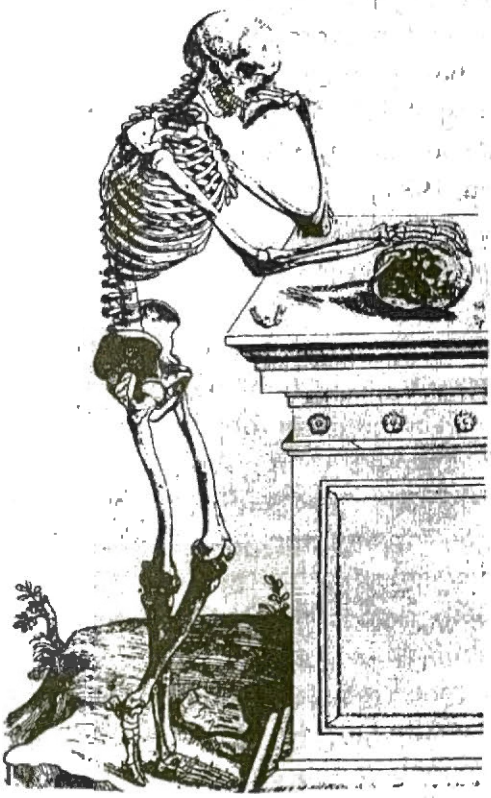
დღეისათვის, სხვა დარგებთან ნეირობიოლოგიის ფართო ინტეგრაციის შედეგად, ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური ნივთიერების გავლენის შესწავლა დასწავლა-დამახსოვრების პროცესებზე. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ აღნიშნულ პროცესებში მონაწილეობს მრავალი მედიატორული სისტემა, საინტერესოა იმის დადგენა, თუ რომელი მათგანია წამყვანი სინაფსურ პლასტიკურობაში და როგორია მათი ურთიერთგავლენა მეხსიერების კვალის ფიქსაციის, შენახვისა და გახსენების დროს. ამ მიზნით იყენებენ სხვადასხვა მედიატორების, აგონისტებისა და ანტაგონისტების ინექციას განსხვავებული დოზით და სწავლობენ მეხსიერებაში გამოვლენილ ცვლილებებს.

ადამიანებში დასწავლა-დამახსოვრების პროცესების შესასწავლად ზემოაღნიშნული მეთოდების გამოყენება ეთიკურად გაუმართლებელია. ტვინის ამა თუ იმ სტრუქტურის როლს აღნიშნულ პროცესებში ადგენენ ამნეზიით დაავადებულების შესწავლით, რადგან მათში გამოვლენილი დეფექტების მიზეზი სწორედ რომელიმე დაზიანებული სტრუქტურაა.

იმისათვის, რომ ინტაქტურ ადამიანებში დაადგინონ, თუ თავის ტვინის რომელი უბანი მონაწილეობს დასწავლა-დამახსოვრების პროცესში, იყენებენ ოპზიტრონულ-ემისიური ტომოგრაფიის მეთოდს. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ სისხლის ნაკადის მოძრაობა თავის ტვინის სხვადასხვა ზონაში და მისი აქტივობა, რომელიც იზრდება სისხლის ნაკადთან ერთად შესრულებული ფუნქციის მიხედვით.

მრავალპარამეტრული დასწავლა-დამახსოვრების კვლევის ექსპერიმენტის ჩატარების დაგეგმვა და კომპიუტერული ბიომეტრია

შორეული წარსულიდან დღემდე ადამიანს მოსვენებას არ აძლევს თავის ტვინში მიმდინარე პროცესთა შეუცნობლობა, რაც კარგად არის გამოსახული XVI საუკუნის გრავიურაზე (სურ. 4.44). თავის ტვინში მიმდინარე დასწავლა-დამახსოვრებისა და კოგნიტურ პროცესთა ბუნების გარკვევისათვის გამოყენებულია ორი ტიპის ექსპერიმენტი – იდეალური და რეალური. იდეალური ანუ თეორიული ექსპერიმენტის ჩატარება შეუძლებელია. ნეიროფიზიოლოგიურ ლაბორატორიებში ტარდება რეალური ექსპერიმენტები. თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკურ მიღწევათა შედეგების დანერგვით ხდება რეალური ექსპერიმენტების გაუმჯობესება, რაც საშუალებას გვაძლევს მივუახლოვდეთ თეორიული (იდეალური) ექსპერიმენტის შესაძლებლობის ზღვარს. რეალურ ექსპერიმენტში იზრდება სხვადასხვა ნეიროფიზიოლოგიურ ცვლადთა დაფიქსირება. იხვეწება ამ ცვლადთა მახასიათებლების უფრო ზუსტი და სწრაფი რეგისტრირება სხვადასხვა რთული ხელსაწყოებით. რეალური ექსპერიმენტის გაუმჯობესებით ვუახლოვდებით იდეალურის პირობებს, საშუალება გვეძლევა ღრმად ჩავწვდეთ თავის ტვინში მიმდინარე ნეიროდინამიკურ პროცესებს.



სურ.4.44. *XVI საუკუნის გრავიურა. ანდრეას ვეზალიუსის მიხედვით.*

ყოველ რეალურ ექსპერიმენტში დიდი ყურადღება ექცევა ვალიდურობას. ვალიდურობა არის რეალური ექსპერიმენტით

მიღებული შედეგის სწორი, დამაჯერებელი ინტერპრეტაცია იდეალური ეტალონების გათვალისწინებით. რეალური ექსპერიმენტით მიღებული ყოველი შედეგი ამა თუ იმ დონით იდეალურის რეპრეზენტულია, ამიტომ რაც უფრო მაღალი იქნება რეპრეზენტულობა, მით მაღალი იქნება ვალიდურობა. ვალიდურობის ამაღლების მიზნით დიდი ყურადღება ექცევა ერთი მხრივ, ექსპერიმენტის ჩატარებაში მონაწილე რეალური პირობების თვისებების კონტროლს, ხოლო მეორე მხრივ, დასაკვირვებელი პროცესის ადეკვატური საშუალებების სწორად შერჩევას. არსებობს ვალიდურობის შინაგანი – ოპერატიული ფორმები.

ექსპერიმენტის შინაგანი ვალიდურობის გაზრდის მიზნით საჭიროა შეიზღუდოს არასპეციფიკური ცვლადის ზემოქმედება დასაკვირვებელ ცვლადზე, ან არასფეციფიკური ცვლადის გავლენა არ იყოს შემთხვევითი. სასურველია მისი მონაწილეობა ექსპერიმენტის მსვლელობაში იყოს სტაბილური. ექსპერიმენტი, რომელსაც შინაგანი ვალიდურობა არ გააჩნია, შეიძლება ჩაითვალოს უვარგისად (Готтсданкер, 1982).

გარეგანი ვალიდურობის გაზრდა საშუალებას იძლევა მოინახოს შესაბამისობა დამატებით ცვლადსა და რეალური ექსპერიმენტით მიღებულ შედეგებს შორის. ექსპერიმენტი, რომელსაც არ გააჩნია გარეგანი ვალიდურობა, მცდარია. მისი შედეგი არ შეესაბამება დასმულ ჰიპოთეზას, მაგრამ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვა ჰიპოთეზის შესამოწმებლად.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტის გარეგანი ვალიდურობის ნაირსახეობას წარმოადგენს ოპერატიული ვალიდურობა, რომელიც საშუალებას იძლევა დადგინდეს შესაბამისობა გამოყენებულ მეთოდურ პროცედურებსა და იმ თეორიულ მცნებებს შორის, რომლებიც არსებობენ ექსპერიმენტულ ჰიპოთეზაში და ზოგჯერ მათი ხარისხიც.

სხვადასხვა მიზნით დასწავლისა და დამახსოვრების პროცესების კვლევისათვის, მრავალპარამეტრული ანუ მრავალფაქტორული ექსპერიმენტების ჩატარებისათვის აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს კიბერნეტიკული მეთოდი-ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვა. მეთოდი საშუალებას იძლევა დავიცვათ ვალიდურობა. ექსპერიმენტის ჩატარებისას დაგეგმვის მათემატიკური მეთოდით შეიძლება მოვახდინოთ:

1. ექსპერიმენტის რანდომიზება და კონტროლირებადი შემთხვევითობის ელემენტის შეტანა, რათა შევძ-

ლოთ არაკონტროლირებადი ფაქტორების სტაბილიზება.

2. სხვადასხვა ფაქტორების ერთდროული ვარირება, რაც ზუსტად განსაზღვრავს მათ ზემოქმედებას ამა თუ იმ ნეიროფიზიოლოგიურ ცვლადზე.
3. რეალური ექსპერიმენტის ოპტიმალურ პირობებში ჩატარება ცდათა მინიმალური რაოდენობით, რომელიც საჭიროა შედეგის ანალიზისა და მისი ინტერპრეტაციისათვის.
4. ექსპერიმენტის ეფექტურობის გაზრდა. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ეს მეთოდი, მისი სირთულის მიუხედავად, ფართოდ გამოიყენება.

ექსპერიმენტის ჩატარება დაგეგმვის მათემატიკური მარტივი მეთოდით დეტალურად იქნება აღწერილი ქვემოთ, როდესაც განვიხილავთ დაყოვნებული რეაქციების ბუნებას.

გამოთვლითი ტექნიკის განვითარებამ ნეირობიოლოგებს საშუალება მისცა კვლევის შედეგების დამუშავება მოახდინონ უშუალოდ ექსპერიმენტის მსვლელობის დროს (on-line) და აგრეთვე ავტონომიურ რეჟიმში (off-line). ტვინის კვლევაში გამოთვლითი ტექნიკა სამი მიმართულებით გამოიყენება:

1. ელექტროფიზიოლოგიურ კვლევებსა და ქცევითი პარამეტრების დამუშავებაში.
2. ხატების ამოცნობასა და ანალიზში.
3. ექსპერიმენტის ავტომატიზაციაში.

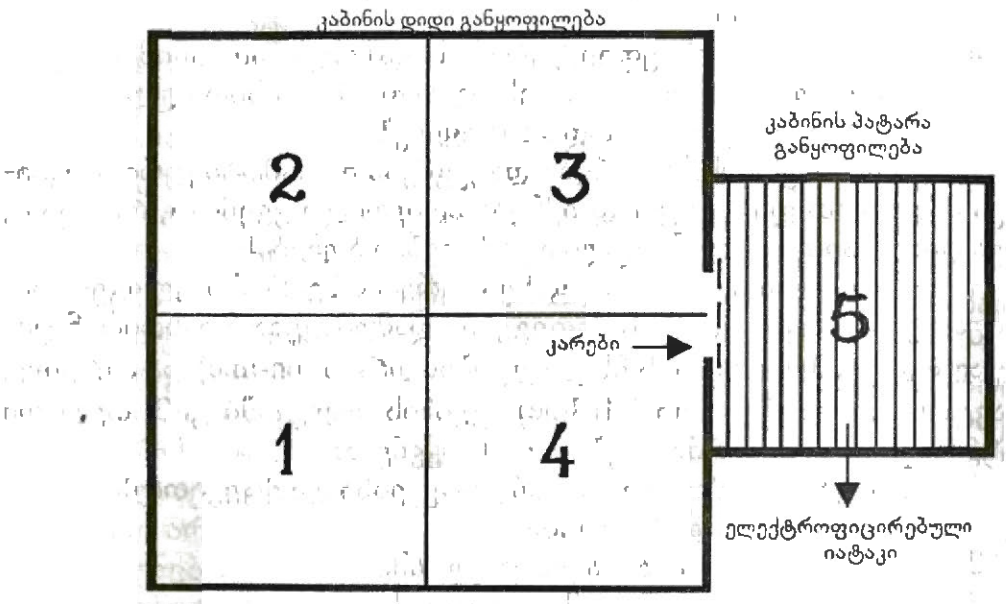
ს.ცაგარელისა და ნ. ჯღარკავას ნაშრომში (Цагарели, Джгаркава, 1993) შემოთავაზებულია პროგრამა ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანისათვის. პროგრამა დიდი რაოდენობის ინფორმაციის დამუშავების საშუალებას იძლევა საკვებმოპოვებითი და თავდაცვითი ჩვევების გამომუშავებისა და შენახვის შემთხვევაში. დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია მოიპოვოს საჭირო ინფორმაცია მონოგრაფიაში*.

ამჟამად პოპულარულია დიდი შესაძლებლობის სპეციალური კომპიუტერული სტატისტიკური პროგრამის STATISTICA for Windows, Release 4.3. B. Statsoft, Inc. 1993 გამოყენება. პროგრამა საშუალებას იძლევა დისკრიმინანტული ანალიზის საფუძველზე

---

* Я. Буреш, И. Бурешова, Г. Брожек. Применение ЭВМ в нейрофизиологических исследованиях. Изд. «Наука», Ленинградское отделение. 1984.

მრავალი ქცევითი პარამეტრის ერთობლივი შედარებების გზით დავადგინოთ განსხვავება სხვადასხვა ჯგუფის ცხოველებს შორის, რის საშუალებასაც მათემატიკური სტატისტიკის სხვა მეთოდები არ იძლევა. დისკრიმინანტული ანალიზის თეორიული საფუძვლები მოცემულია ნაშრომში* (Кендилл, Стьюарт, 1976). ამ მეთოდის გამოყენებას დეტალურად განვიხილავთ პასიური განრიდების ქცევის მაგალითზე.



სურ.4.45. *პასიური განრიდების ქცევის შესასწავლი კაბინის სქემა.*

პასიურ განრიდებას შევისწავლიდით იარვიკის, კოპისა (Iarvik, Kopp 1967) და ბურეშის (Буреш и др., 1991) სტანდარტული მეთოდიკისაგან განსხვავებული მოდიფიცირებული მეთოდით (არჩვაძე, 1999).

პასიური განრიდების კაბინა წარმოადგენდა ორი, დიდი და მცირე ზომის მომიჯნავე კამერებისაგან შემდგარ აპარატს (სურ. 4.45.). დიდი განყოფილების იატაკი პირობითად დაყოფილი იყო 4 სექტორად. მცირე კაბინის მეხუთე განყოფილების იატაკი წარმოადგენდა ელექტროფიცირებული მეტალის მავთულის მესერს. ცხოველები ექსპერიმენტში ყოველთვის მე-4 სექტორიდან შეგვყავდა.

---

* М. Дж. Кендалл, А. Стюарт. Многомерный статистический анализ и временные ряды. Изд. «Наука», Москва, 1976.

ცხრილი 4.2.

პასიური განრიდების ქცევითი პარამეტრების რეგისტრირების ოქმი

დრო წუთებში	ცხოველის თანმიმდევრული ქცევითი აქტიურობა ექსპერიმენტული კაბინის სხვადასხვა განყოფილებაში											
1	4	13	3↑•	5	5	5	5	5	5	5	4	4
2	42	314	4	4	4	4	4	4•	5	5	5•	5•
3	4	42	2გ	2გ	2გ	2გ	2↑	3	3	34	4დ	4 დ
4	5	5	5	5	5	5	5•	3	3	3	3	3
5	3	3	3	321	1	1	1	1	1	1	4	42
6	2	2	2	2გ	2გ	2გ	2გ	2გ	4•	4•	5	5
7	5•	55	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	3	321	14	4	4	43	3	321	35	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5↑	5↑	5↑	5
10	5	5•	41	1	1	1	1↑	2	23	34	4	4
11	4	5	5	5	5	5	5	5	43	3	3	32
12	21	1	1	1	1	1↑	1გ	1გ	4	5	5	5
13	4	43	3	2	34	5	5	5	5	5	3	32
14	2	32	1	12	23	34	5	5	5	5	5	5
15	5	5	5	5	32	21	43	3	32	2	2	2

ოქმში ჩაწერილი რიცხვები აღნიშნავს ცხოველის კაბინის ნაწილში ყოფნას. ↑– ვერტიკალურ პოზას. გ – გრუმინგს. წერტილი – საორიენტაციო რეფლექსს. დ – დეფეკაციას.

ცხრილი 4.3.

ცხოველთა პასიური განრიდების ქცევითი პარამეტრები პირველ სერიაში

ვირთაგვა	პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი	ჯდომის ხანგრძლივობა პირველი შესვლის შემდეგ	შესვლების რაოდენობა	შესვლის საშუალო ლატენტური პერიოდი	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა	ვერტიკალური პოზები	საერთო მოტორული აქტივობა	გრუმინგები დიდ განყოფილებაში				გრუმინგები მეხუთე განყოფილებაში				საორიენტაციო ქცევები			
								მოკლე გრუმინგების რაოდენობა	მოკლე გრუმინგების ხანგრძლივობა	გრძელი გრუმინგების რაოდენობა	გრძელი გრუმინგების ხანგრძლივობა	მოკლე გრუმინგების რაოდენობა	მოკლე გრუმინგების ხანგრძლივობა	გრძელი გრუმინგების რაოდენობა	გრძელი გრუმინგების ხანგრძლივობა	საორ. ქცევის რაოდენობა გარედან	თანამდევი შესვლების რაოდენობა	საორიენტაციო ქცევების რაოდენობა შიგნიდან	თანამდევი გამოსვლა
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	675	225	1	0	225	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0
2	40	205	5	21	800	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	19	4
3	15	885	1	0	885	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
4	125	130	4	91	530	17	23	3	20	1	40	1	10	1	90	7	4	7	3
5	45	105	5	26	700	9	7	0	0	0	0	1	10	0	0	2	2	25	4
6	10	10	6	21	700	7	28	0	0	0	0	1	10	1	20	3	1	51	4
7	95	27	8	43	552	13	41	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	34	6
8	25	170	8	24	705	11	31	0	0	0	0	1	10	0	0	2	2	43	7

ცხრილი 4.4.

პასიური განრიდების პირველი სერიის გასაშუალოებული ქცევითი პარამეტრები

პარამეტრები		ინტაქტურები		ახალქერქდაზ.		ჰიპოკამპკოაგ.	
		დენამდე	დენის შემდეგ	დენამდე	დენის შემდეგ	დენამდე	დენის შემდეგ
პირველი შესვლის ლიტენტური პერიოდი		10.3	33.63	8.88	12.03	33.94	46.24
B განყ. ჯდომის ხანგრძ.1შეს. შემდ.		590.28	483.5	717.7	557.5	320.8	278.2
გამოსვლის საშ. ლატ პერიოდი		45.27	28.1	16.04	6.28	68.45	12.5
შესვლების რაოდენობა		2.22	1.31	1.32	1.09	4.85	3.41
შესვლის საშ ლატ. პერიოდი		11.29	16.75	1.77	4.77	18.94	19.74
ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა		822.82	619.39	825.04	598.1	717.26	548.49
საერთომოტორული აქტივობა		8.45	3.84	3.64	3.84	34.8	16.7
ვერტიკალური პოზები		4.59	0.9	0.72	1.97	9.54	7.6
გრუმინგები დიდ განყოფილება ში	მოკლე გრუმინგების N	0	0.266	0	0.12	0.2	0.575
	მოკლე გრუმინგების T	0	1.42	0	0.52	1.25	4.1
	გრძელი გრუმინგების N	0	0.11	0	0.08	0.025	0.425
	გრძელი გრუმინგების T	0	4.28	0	3.6	1	13.124
გრუმინგები მეხუთე განყოფილება ში	მოკლე გრუმინგების N	0	0.56	0	0.08	0.74	0.4
	მოკლე გრუმინგების T	0	0.42	0	0.64	6.8	3.62
	გრძელი გრუმინგების N	0	0.628	0.28	0.39	0.72	0.82
	გრძელი გრუმინგების T	0	1.956	06.76	12.25	18.37	22.58
საორ. ქცევა გარედან		0.76	7.66	00.53	4.52	2.7	9.87
მისი თანამდევი შესვლა N		0.254	0.326	0.04	0.39	1.64	1.87
საორ ქცევა შიგნიდან		8.46	18.91	6.56	11.78	17.22	14.6
მისი თანამდევი გამოსვლა N		0.45	0.23	0.48	0.37	2.97	1.9

ექსპერიმენტი გრძელდებოდა 15 წთ-ის განმავლობაში. ცხოველთა ქცევა ფიქსირდებოდა სპეციალურ ოქმებში (ცხრილი 4.2.). თითეული წუთი იყოფოდა 5 წმ-იან ინტერვალებად და ოქმის შესაბამის გრაფაში იწერებოდა დიდი კამერის იმ სექტორის რიგითი ნომერი, რომელშიც ცხოველი მოცემულ მომენტში იმყოფებოდა. მცირე განყოფილებაში ყოფნისას კი იწერებოდა 5, თუკი ვირთაგვა მცირე კამერაში გადავიდოდა. კაბინის გადაკვეთილი სექტორების რაოდენობა მიჩნეული იყო მოტორული აქტივობის საზომად, რაც ცხოველთა ჰორიზონტალური გადაადგილების ტრაექტორიის შეფასების საშუალებას იძლეოდა.

ცხოველთა ქცევაში აღირიცხებოდა შემდეგი ელემენტები: ვერტიკალური პოზა, გრუმინგები, ურინაცია, დეფეკაცია, კაბინის მეხუთე განყოფილებაში შეხედვისა და ამავე განყოფილებიდან გამოხედვის საორიენტაციო რეაქციები. ასეთი მეთოდიკური

მიდგომით პასიური განრიდების ქცევაში შევიტანეთ ღია ველში ტესტირების ელემენტები, რაც ექსპერიმენტს უფრო ინფორმაციულს ხდიდა და ცხოველთა ემოციური მდგომარეობის შეფასების საშუალებას გვაძლევდა.

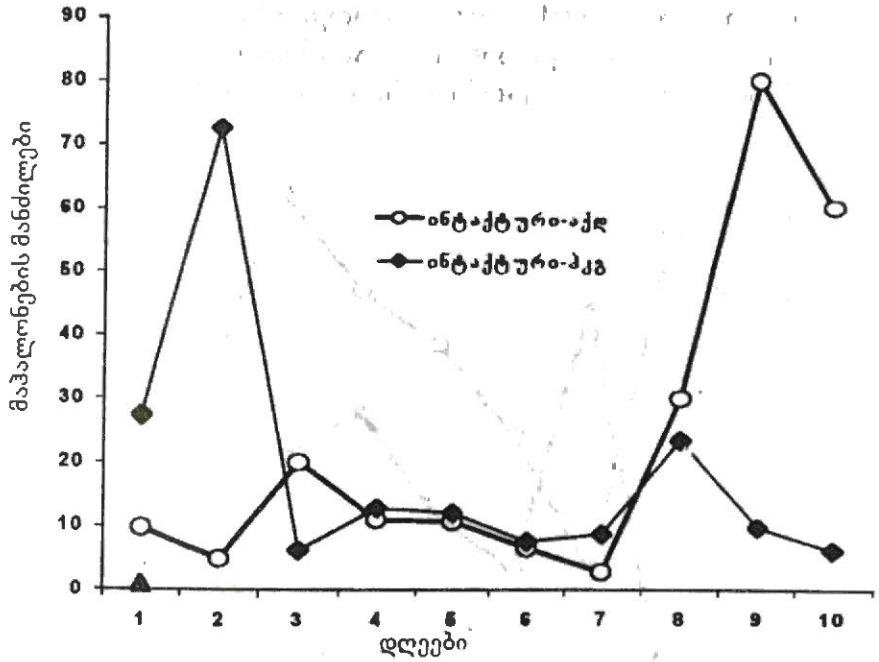
ცხრილი 4.5.

პასიური განრიდების მეორე სერიის გასაშუალოებული ქცევითი პარამეტრები

პარამეტრები		ინტაქტურები	ახალქერქდაზ.	ჰიპოკამპოაგ.
პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი		54.75	43.3	43.9
B განყ. ჯდომის ხანგრძ.I შეს. შემდ.		96.3	113.6	208.6
გამოსვლის საშ. ლატ. პერიოდი		45.6	71.16	63.7
შესვლის რაოდენობა		1.73	1.71	1.97
შესვლის საშ. ლატ. პერიოდი		36.39	28	24.25
ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა		308.9	332.5	389.48
საერთო მოტორული აქტივობა		14.48	14.3	13.87
ვერტიკალური პოზები		5.9	5.7	3.46
გრუმინგები დიდ განყოფილებაში	მოკლე გრუმინგების N	0.62	0.55	0.92
	მოკლე გრუმინგების T	4.13	4.25	6.74
	გრძელი გრუმინგების N	1.06	0.9	0.78
	გრძელი გრუმინგების T	62.8	54.87	29.05
გრუმინგები მეხუთე განყოფილებაში	მოკლე გრუმინგების N	0.22	0.22	0.32
	მოკლე გრუმინგების T	1.77	2.13	2.3
	გრძელი გრუმინგების N	0.2	0.3	0.45
	გრძელი გრუმინგების T	6.8	8.97	13.81
საორ. ქცევა გარედან		13.8	11.9	8.89
მისი თანამდევი შევლის N		1.96	1.19	1.06
საორ. ქცევა შიგნიდან		12.1	12.4	7.42
მისი თანამდევი შევლის N		1.1	0.98	0.8

ოქმების საფუძველზე ხდებოდა ქცევის დეტალური ანალიზი და შედეგების ნათლად წარმოსადგენად ისინი სტანდარტიზებულ ცხრილში თავსდებოდნენ (ცხრილი 4.3.). როგორც ცხრილიდან ჩანს, ექსპერიმენტული მასალის დამუშავებამ საშუალება მოგვცა გამოგვეყო 19 ძირითადი ქცევითი პარამეტრი: მეხუთე განყოფილებაში პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი და ჯდომის ხანგრძლივობა; მეხუთე განყოფილებაში შესვლის საერთო რაოდენობა და საშუალო ლატენტური პერიოდი; მცირე განყოფილებაში ყოფნის საერთო ხანგრძლივობა; საერთო მო-

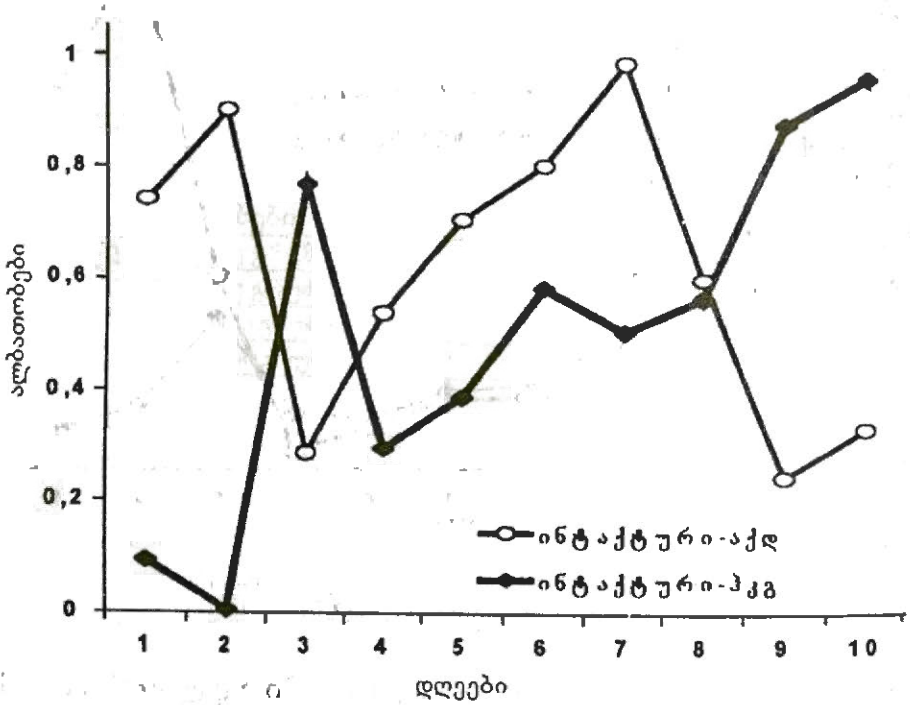
ტორული აქტივობა, ვერტიკალურ პოზათა რაოდენობა; საორიენტაციო ქცევები მცირე და დიდი კამერიდან და შესვლებისა და გამოსვლების რაოდენობა საორიენტაციო ქცევის შემდეგ; გრუმინგების რაოდენობა და ხანგრძლივობა როგორც დიდ, ისე მეხუთე განყოფილებაში. გრუმინგები დაიყო მოკლე (10წმ-მდე) და გრძელ (10წმ-ზე ხანგრძლივ) გრუმინგებად და ცხრილშიც შესაბამისად თითოეული მათგანის რაოდენობრივი და დროითი მახასიათებლები დაფიქსირდა.



სურ.4.46. *მაჰალონობის მანძილების დინამიკა პირველი სერიის ცდებში.*

ცდები ჩატარებული იქნა ორ სერიად. პირველ სერიაში ცხოველები 5 დღის განმავლობაში ყოველდღიურად 15 წთ-ით თავსდებოდნენ საექსპერიმენტო კაბინაში და ეძლეოდათ თავისუფალი გადაადგილების საშუალება. მეექვსე დღეს, როდესაც ვირთაგვები პირველად შევიდოდნენ მეხუთე განყოფილებაში, კამერის კარები იკეტებოდა და ცხოველებს 20 წმ-ის განმავლობაში იატაკიდან ეძლეოდათ მტკივნეული გამღიზიანებელი – 20v ძაბვის ელექტრული დენი; მომდევნო 5 დღის განმავლობაში ტესტირება ჩვეულებრივად გრძელდებოდა. მეორე სერიაში ცხოვე-

ლებს ელექტრული გაღიზიანება პირველივე დღეს ეძლეოდათ, მეხუთე განყოფილებაში პირველი შესვლისთანავე. მომდევნო 10 დღის განმავლობაში კვლავ აღირიცხებოდა მათი ქცევა თავისუფალი გადაადგილების პირობებში. ექსპერიმენტის ასეთი სახით წარმართვა საშუალებას გვაძლევდა გაგვეანალიზებინა საექსპერიმენტო გარემოსადმი ჰაბიტუაციის გავლენა პასიური განრიდების შენახვის ხანგრძლივობაზე. ცდები ტარდებოდა სამი ჯგუფის ცხოველებზე: პირველი – ინტაქტურები (რვა ცხოველი), მეორე ახალქერქდაზიანებულები, (შვიდი ცხოველი) და ბილატერალურად დორსალურ ჰიპოკამპკოაგულირებულები (ექვსი ვირთაგვა). ორივე სერიის გასაშუალოებული ქცევითი პარამეტრები მოცემულია ცხრილებში 4.4. და 4.5.



სურ.4.47. *მაჰალონობის ალბათობათა დინამიკა პირველი სერიის ცდებში.*

ცხოველთა ქცევებს შორის განსხვავების გამოვლენისათვის გამოვიყენეთ მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების რთული ფორმა – დისკრიმინანტული ანალიზი, რომელმაც 19 ქცევითი პარამეტრის ინტეგრალური შეფასების საშუალება მოგვცა, რაც სტატისტიკური დამუშავების სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით პრაქტიკულად შეუძლებელი იყო. დისკრიმინანტული ანა-

ლიზის პრიორეტი – მრავლობითი ცვლადების ერთი მნიშვნელობით წარმოდგენა – სხვადასხვა ჯგუფის ცხოველებში პასიური განრიდების ქცევითი პარამეტრების შეფასების საფუძველი გახდა.

ცხრილი 4.6.

სტატისტიკური პროგრამით გამოთვლილი მაჰალონობის მანძილისა და შესაბამისი ალბათობის ნიმუში

Squared mahalanobis Distances (sta)			
	G_1:1	G_2:2	G_3:3
G_1:1	0	6.421215534	7.399698257
G_2:2	6.421215534	0	0.60524654
G_3:3	7.39969257	10.605246	0

ცხრილი 4.7.

პასიური განრიდების შედეგების დისკრიმინანტული ანალიზით გამოთვლილი კორელაციის კოეფიციენტების ნიმუში

Correlations (Total)											
	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR7	VAR8	VAR9	VAR10	VAR11
VAR1	1	0.09	0.43	0.26	0.56	0.25	0.14	-0.21	0.51	-0.03	0.353
VAR2	0.09	1	-0.4	-0.54	0.72	-0.53	-0.43	-0.34	-0.37	-0.56	-0.452
VAR3	0.428	-0.4	1	0.85	0.04	0.96	0.87	0.02	0.89	0.3	0.974
VAR4	0.265	-0.54	0.85	1	-0.01	0.91	0.88	0.01	0.58	0.24	0.834
VAR5	0.557	0.72	0.04	-0.01	1	-0.12	-0.11	-0.44	-0.01	-0.52	-0.067
VAR6	0.247	-0.53	0.96	0.91	-0.12	1	0.94	0.1	0.77	0.3	0.949
VAR7	0.139	-0.43	0.87	0.88	-0.11	0.94	1	0.08	0.57	0.26	0.84
VAR8	-0.206	-0.34	0.02	0.01	-0.44	0.1	0.08	1	0.06	-0.12	0.034
VAR9	0.509	-0.370.3	0.89	0.58	-0.01	0.77	0.57	0.06	1	0.35	0.872
VAR10	-0.032	-0.56	0.3	0.24	-0.52	0.3	0.26	-0.12	0.35	1	0.393

დისკრიმინანტული ანალიზის მეშვეობით ერთმანეთს შევადარეთ ორივე სერიის სამივე ჯგუფის ცხოველების ყველა ექსპერიმენტული დღე და გამოვთვალეთ მაჰალონობის მანძილები შესაბამისი ალბათობებით, რის საფუძველზეც აიგო მანძილებისა და ალბათობათა დღიური დინამიკის გამომსახველი მრუდები (სურ. 4.46 და 4.47) თითეული სერიისათვის. აღნიშნული მრუდების საფუძველზე შეფასდა განსხვავება სხვადასხვა ჯგუფის ცხოველთა ქცევებს შორის.

ჩვენ გამოვიყენეთ დისკრიმინაციული ანალიზის 2 მეთოდი: სტანდარტული (strandard) და ნაბიჯ-ნაბიჯ (stepwise). ვინაიდან აღრიცხული 19 ცვლადიდან ზოგიერთი მათგანი ხშირად ნულოვან მნიშვნელობას იღებდა (გრუმინგები), დისკრიმინაციული ანალიზით მათი დამუშავება ვერ მოხერხდა და 11 ცვლადით შემოიფარგლა, ამიტომაც გრუმინგების ანალიზი მოვახდინეთ სტიუდენტის t-კრიტერიუმით. როგორც სტანდარტულმა, ისე ნაბიჯ-ნაბიჯ დისკრიმინანტულმა ანალიზმა თითოეული ქცევითი პარამეტრის ცვალებადობის კანონზომიერებაზე მსჯელობის საშუალება მოგვცა და იგი გამოისახა მაჰალონობის მანძილებისა და ალბათობათა საშუალებით. ნაბიჯ-ნაბიჯ ანალიზის გამოყენებით ქცევითი პარამეტრები განსაზღვრულ რაოდენობამდე შემცირდა, რადგანაც უგულებელყოფილ იქნა არაინფორმაციული პარამეტრები, რომლებიც ქცევის სტრუქტურას არ ცვლიდნენ. სტატისტიკური პროგრამით გამოთვლილი მაჰალონობის მანძილისა და შესაბამისი მანძილების ნიმუში წარმოდგენილია ცხრილში 4.6.

ცხრილში 4.8.

პარამეტრთაშორისი კორელაციების დინამიკა პასიური განრიდების ქცევათა პირველ სერიაში, ინტაქტურ ცხოველებში.

№	ქცევითი პარამეტრები	დღეები									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი - შესვლის საშუალო ლატენტური პერიოდი		0.92								
2	პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი - ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა		0.76								
3	პირველი შესვლის ლატენტური პერიოდი - საორ. ქცევის რაოდ. გარედან								0.78	0.71	

4	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. I შესვლისას - შესვლების რაოდენობა	0.63		0.77	0.88						0.96
5	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. პირველი შესვლისას - შესვლის საშ. ლატ. პერიოდი			0.8	0.9					0.78	0.95
6	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. პირველი შესვლისას - ჯდომის საერთო ხანგძლივობა			0.78	0.79	0.72	0.87		0.73	0.73	
7	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. პირველი შესვლისას - საერთო მოტორული აქტივობა				0.83					0.71	0.93
8	მე-5 განყოფილებაში ჯდ ხანგრ. პირველი შესვლისას - ვერტიკალური პოზები			0.81	0.81						0.82
9	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. პირველი შესვლისას - საორ. ქცევის რაოდ. გარედან										0.82
10	მე-5 განყოფილებაში ჯდ. ხანგრ. პირველი შესვლისას - შესვლის რაოდ. საორ. ქც. შემდეგ										0.91
11	მე-5 განყოფილებაში ჯდ ხანგრ. პირველი შესვლისას საორ. ქცევის რაოდ მე-5 განყოფილებიდან			0.76							
12	მე-5 განყოფილებაში ჯდომის ხანგრძლივობა პირველი შესვლისას მე-5 განყოფილებიდან - გამოსვლა საორ. ქცევისას			0.78	0.81						0.81
13	შესვლების საერთო რაოდენობა - შესვლის საშუალო ლატენტური პერიოდი				0.85		0.87		0.86	0.7	0.98
14	შესვლების საერთო რაოდენობა - ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა		0.84	.094	0.91	0.85					
15	შესვლების საერთო რაოდენობა-საერთო მოტორული აქტივობა	0.92	0.98	0.89	0.97	0.96			0.96	0.99	0.98
16	შესვლების საერთო რაოდენობა-ვერტიკალური პოზები	0.75	0.83	0.9	0.91	0.87			0.81	0.74	0.86
17	შესვლების საერთო რაოდენობა-საორ. ქცევების რაოდენობა გარედან		0.83	0.82	0.74						0.73

18	შესვლების საერთო რაოდენობა - შესვლების რაოდენობა საორ. ქცევის შემდეგ		0.88	0.88	0.8	0.89			0.73	0.91	0.93
19	შესვლების საერთო რაოდენობა- საორ. ქცევის რაოდ. მე-5 განყოფილებიდან	0.66								0.73	
20	შესვლების საერთო რაოდენობა-მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ		0.94		0.94	0.97			0.98	0.96	0.88
21	შესვლის საშ. ლატ. პერიოდი-ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა		0.75		0.92						
22	შესვლის საშ. ლატ. პერიოდი-საერთო მოტორული აქტივობა	0.71			0.79	0.91		0.76	0.94	0.72	0.97
23	შესვლის საშ. ლატ. პერიოდი-ვერტიკალური პოზები	0.82			0.88	0.88		0.73	0.98		0.84
24	შესვლის საშ. ლატ პერიოდი-საორ. ქცევების რაოდ. გარედან				0.8						
25	შესვლის საშ. ლატ პერიოდი-შესვლების რაოდ საორ. ქცევის შემდეგ				0.73						0.85
26	შესვლის საშ. ლატ პერიოდი-მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ			0.71	0.75	0.83			0.87	0.70	0.82
27	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა-საერთო მოტორული აქტივობა		0.91	0.83	0.89						
28	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა-ვერტიკალური პოზები		0379	0.90	0.94						
29	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა-საორ. ქცევების რაოდ. გარედან		0.86	0.89	0.92						
30	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა-შესვლების რაოდ. საორ. ქც. შემდეგ		0.87	0.88	0.84						
31	ჯდომის საერთო ხანგრძლივობა – მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ		0.88		0.83						
32	საერთო მოტორული აქტივობა-ვერტიკალური პოზები	0.81	0.87		0.94	0.94	0.88	0.89	0.94	0.77	0.88

33	საერთო მოტორული აქტივობა-საორ. ქცევების რაოდ. გარედან		0.86	0.78	0.77						0.71
34	საერთო მოტორული აქტივობა-შესვლების რაოდ. საორ. ქც. შემდეგ		0.89	0.94	0.85	0.77	0.76			0.90	0.89
35	საერთო მოტორული აქტივობა - მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევების შემდეგ		0.92		0.93	0.95		0.79	0.96	0.94	0.82
36	ვერტიკალური პოზები-საორ. ქცევების რაოდ. გარედან„			0.76	0.87						
37	ვერტიკალური პოზები-შესვლების რაოდ. საორ. ქც. შემდეგ		0.74		0.88					0.73	0.80
38	ვერტიკალური პოზები-საორ. ქცევების რაოდ. მე-5 განყოფილებიდან									0.73	
39	ვერტიკალური პოზები-მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ		0.73		0.83	0.84			0.82	0.77	
40	საორ. ქცევების რაოდ. გარედან-შესვლების რაოდ. საორ. ქცევის შემდეგ	0.91	0.98	0.9	0.9						0.86
41	საორ. ქცევების რაოდ. გარედან – მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ		0.91		0.71						
42	შესვლების რაოდ. საორ. შემდეგ – მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ		0.21		0.80	0.87	0.87	0.88	0.88	0.87	0.88
43	საორ. ქცევების რაოდ მე-5 განყოფილებიდან-მე-5 განყოფილებიდან გამოსვლა საორ. ქცევის შემდეგ			0.87						0.88	0.73

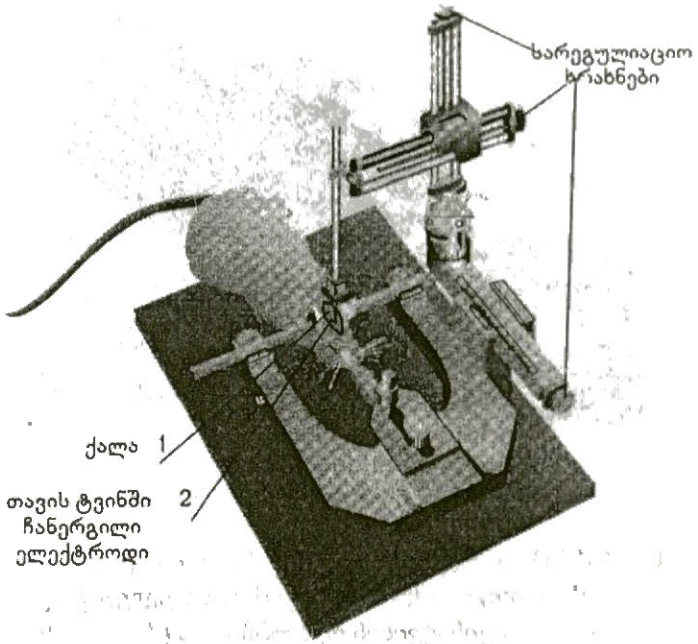
დისკრიმინაციული ანალიზით გამოვლინდა სხვადასხვა ქცევით პარამეტრებს შორის არსებული კორელაციის დონე (ცხრილში 4.7.), რის საფუძველზეც შევადგინეთ პარამეტრთაშორისი კორელაციების კოეფიციენტთა ყოველდღიური დინამიკის ცხრილი (ცხრილი 4.8.). ინფორმაციის აღქმის გასაადვილებლად ცხრილში დავაფიქსირეთ მხოლოდ მაღალი კორელაციის კოეფიციენტები.

დასწავლის ნეიროფიზიოლოგიური საფუძვლების კვლევა

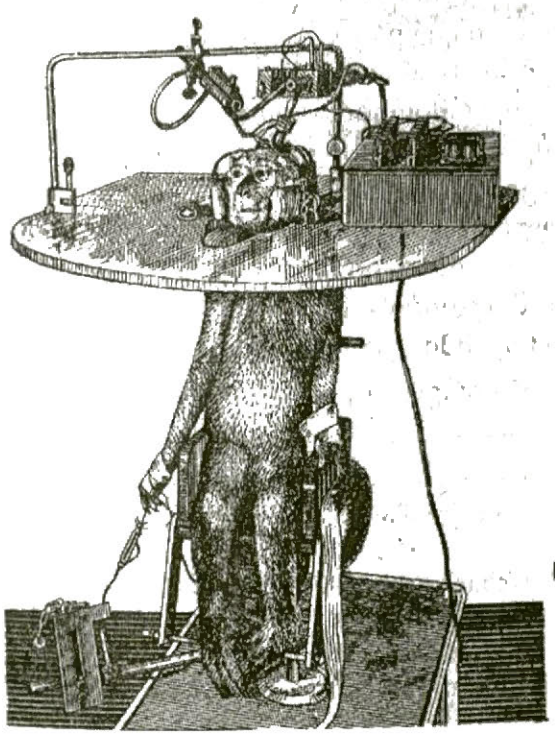
დასწავლის ნეიროფიზიოლოგიური საფუძვლების გასარკვევად გამოყენებულია ორი მიდგომა. ერთი მიმართულია იმ პროცესების გამოსავლენად, რომლებიც მიმდინარეობენ ნერვულ სისტემაში დასწავლის პროცესისას. მეორე – თავის ტვინის იმ სტრუქტურების დასადგენად, რომლებიც მონაწილეობენ ინფორმაციის გადამუშავებასა, ჩაწერასა და საჭიროების შემთხვევაში მეხსიერებაში შენახული ინფორმაციის ზუსტად გამოყენებაში. გამოყენებაში იგულისხმება შეგუებითი ქცევების ფორმირება. რასაკვირველია, კვლევის ეს ორივე ასპექტი ურთიერთდამოკიდებულია. ამ ორივე მიდგომაში გამოყენებულია ელექტროფიზიოლოგიური, მორფოლოგიური, ნეიროენდოკრინული და ბიოქიმიური მეთოდები. ინტენსიურად მიმდინარეობს დასწავლის ანალიზი ფილოგენეზურ ასპექტში. ბოლო წლებში ნეიროფიზიოლოგია გამდიდრდა კვლევის ისეთი ახალი მეთოდებით, როგორებიცაა ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსი და კომპიუტერული ტომოგრაფია.

დასწავლის მრავალფეროვან ექსპერიმენტებში ფართო გამოყენება პოვეს ვირთაგვებმა. მათ ტვინზე სტერეოტაქსური აპარატის (სურ.4.48.) გამოყენებით ტარდება ოპერაციები, რის შემდეგაც ცდები მიმდინარეობს მკაცრად კონტროლირებად ექსპერიმენტულ პირობებში. სტერეოტაქსური მეთოდიკა ნეიროფიზიოლოგიურ კვლევებში გამოყენებულია სხვადასხვა სახეობის ცხოველთა თავის ტვინის სტრუქტურების ელექტრული სტიმულირებისა და აგრეთვე ელექტრული აქტივობის რეგისტრაციისთვისაც (სურ. 4.49. და 4.50.). სტერეოტაქსურ აპარატს იყენებენ აგრეთვე თავის ტვინის სიღრმისეული სტრუქტურების ლოკალური ელექტროლიტური დაზიანებისათვის.

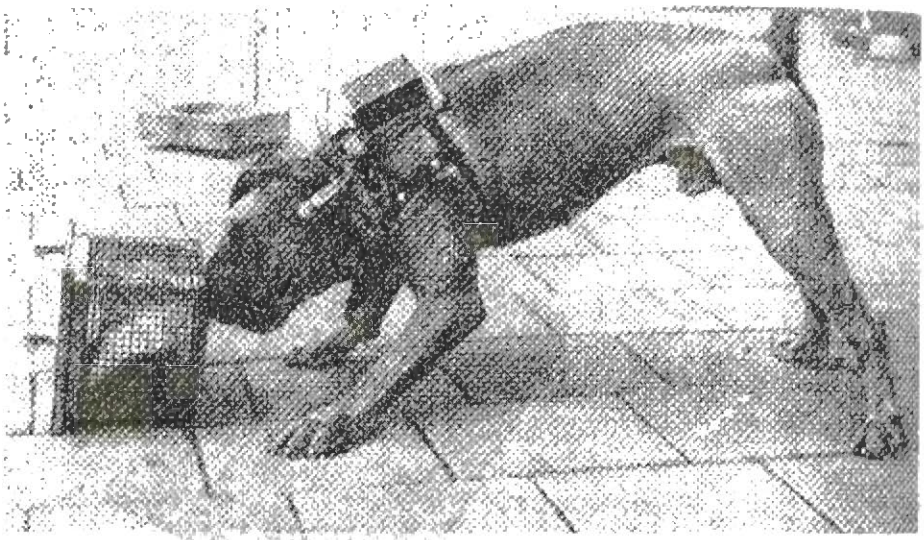
ნეიროფიზიოლოგიურ ლაბორატორიებში ფართოდ დაინერგა რადიალური ლაბირინთის მეთოდი. ამგვარ ლაბირინთში ჩატარებული ექსპერიმენტები საშუალებას იძლევა შესწავლილ იქნას ცხოველთა თავის ტვინის იმ სტრუქტურების ნეირონთა ბუნება, რომლებიც მონაწილეობენ სივრცით მეხსიერებასა და საგანთა ადგილმდებარეობის დასწავლაში (სურ. 4.51.).



სურ.4.48. *სტერეოტაქსური აპარატი ვირთაგვების თავის ტვინის სილრმისეულ სტრუქტურებში ელექტროდების ჩასანერგად.*



სურ.4.49. *სავარძელში მოთავსებულ მაიმუნს თავზე ფიქსირებული აქვს ელექტროდები (Klein, 1991)*



სურ.4.50. *ძაღლი ზურგზე დამაგრებული ტელემეტრული ხელსაწყოთი, რომლითაც შეიძლება ელექტრული აქტივობის ჩაწერა თავის ტვინის რვა უბნიდან (Левен, 1995).*

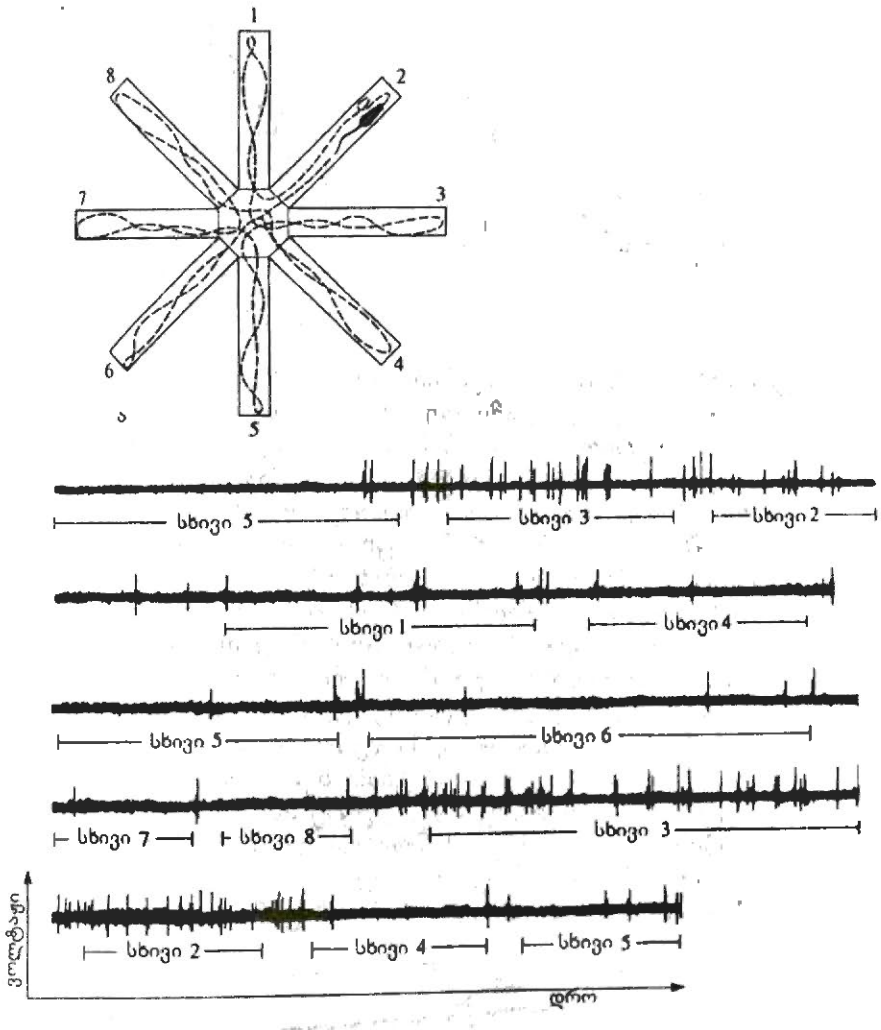
თვითსტიმულირების მეთოდით თავის ტვინში ხდება იმ სტრუქტურების ძიება, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ ემოციური რეაქციების რეგულირებაში (სურ. 4.52.).

დასწავლის პროცესს იკვლევენ სპეციალურად შექმნილ საექსპერიმენტო კაბინებში. სურათზე 4.53. ნაჩვენებია კაბინა აქტიური განრიდების ფორმირებისა და გამომუშავებული (დასწავლილი) ქცევის შენახვის დასაკვირვებლად. ამ კაბინაში ვსწავლობდით ვირთაგვების წინა და უკანა დორსალური ჰიპოკამპის ბილატერალური კოაგულაციის გავლენას აქტიური განრიდების დასწავლა – შენახვის დინამიკაზე (სურ. 4.54.). სურათზე გამოსახული მრუდების ანალიზი მიუთითებს, რომ უკანა დორსალური ჰიპოკამპი უფრო დიდ როლს თამაშობს აქტიური განრიდების ფორმირებაში, ვიდრე მისი წინა ნაწილი*.

---

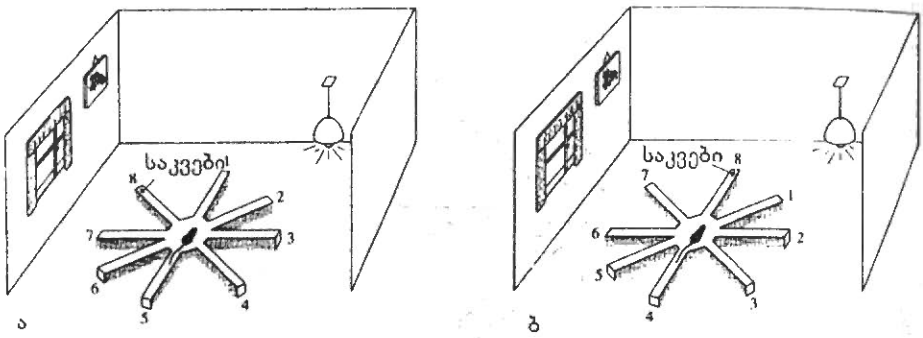
* ქვემოთ ჩამოთვლილი სტატიებიდან დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია მოიპოვოს საინტერესო ინფორმაცია ჰიპოკამპის როლის შესახებ მეხსიერების პროცესებში:

1. Cheree F. Logue Ieanne M. Wehner, Richard Paylor, Hippocampal Lesions Cause Learning Deficits in Inbred Mice in the Moris Water Maze and Conditioned – Fear Task. Behavioral Neuroscience, 1997. Vol.111. №1. 104-113.
2. A.M. Glenberg, What memory is for. Behavioral and Brain Sciences, 1997. 20(1): 1-55.

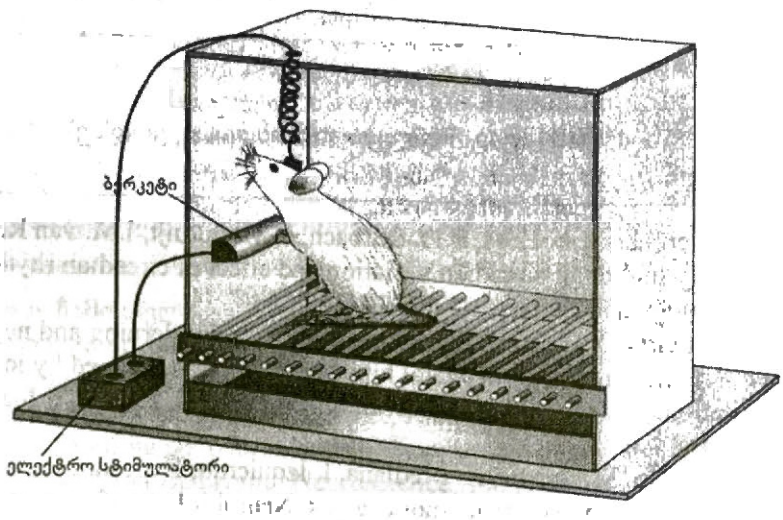


სურ. 4.51 (გაგრძელება იხ. შემდეგ გვერდზე)

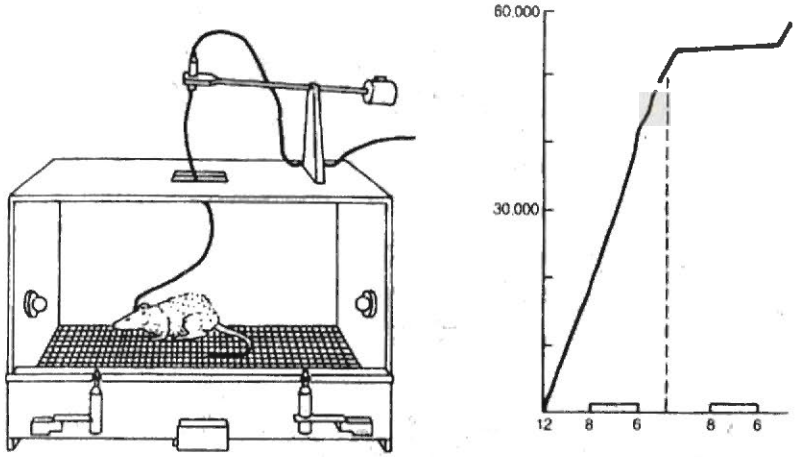
3. G.E. Reijmers, I.E. Leus, P.H. Burbach, B.M. Spruijt, I.M. van Ree, Social memory in the rat: circadian variation and effect of circadian rhythm diszuption. Physiology and Behavior 2001. 72. 305-309
4. M. Moreira, O. Bueno, Conditional discrimination lerning and negative patterning in rats with neonatal hippocampal lesion induced by ionizing radiation. Behavioral Brain Research, 2003, v. 138, Issue 1, 6 Juanuary. Pages 29-44.
5. A. Izqierdo, M. Barros, H. Mediana, I. Izquierdo, Exposure to novelty enhances retrieval of very remote memory in rats. Neurobiology of Learning and Memory, 2003, v. 79, Issue 1. Pages 51-56.



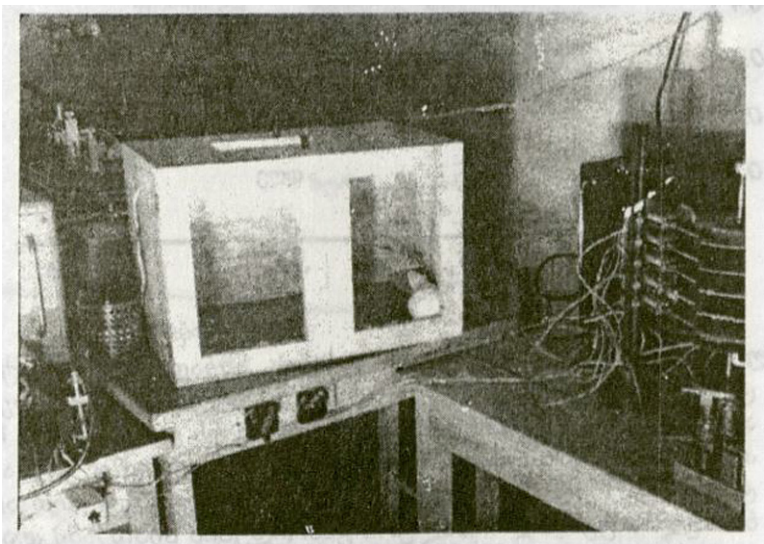
სურ.4.51. *რვასხივიანი ლაბირინთი სივრცითი მეხსიერების შესასწავლად. იგი გამოიყენება კოგნიტური რუკის არსებობის დემონსტრირებისათვის. საკვებს ათავსებენ ლაბირინთის თითოეულ სხივში და ვირთაგვას ასწავლიან საკვების მოსაპოვებლად მოინახულოს თითოეული მათგანი უკვე ნამყოფ სხივში შესვლის გარეშე. ცხოველის ლაბირინთში მოძრაობისას იწერენ თავის ტვინის სტრუქტურების ელექტრულ აქტივობას. სურათზე ნაჩვენებია ჰიპოკამპის ნეირონის პასუხი რადიალური ლაბირინთის სხივიდან სხივში ვირთაგვას გადაადგილებისას. წარმოდგენის გასაადვილებლად აღნიშნული უჯრედიდან ელექტრული აქტივობის ხანგრძლივი ჩანაწერი დაყოფილი იქნა სექციებად. მაგალითად, მეორე და მესამე სხივებში ყოფნას ნეირონი პასუხობს მაღალი აქტივობით. მეხუთე და მეექვსე სხივებში – დაბალი აქტივობით, ზოგჯერ კი საერთოდ დუმს. ამ ექსპერიმენტით შესაძლებელია ცხოველთა მესამე ადგილმდებარეობის დასწავლაზე მორეაგირე ნეირონების გამოყოფა (Klein, 1991).*



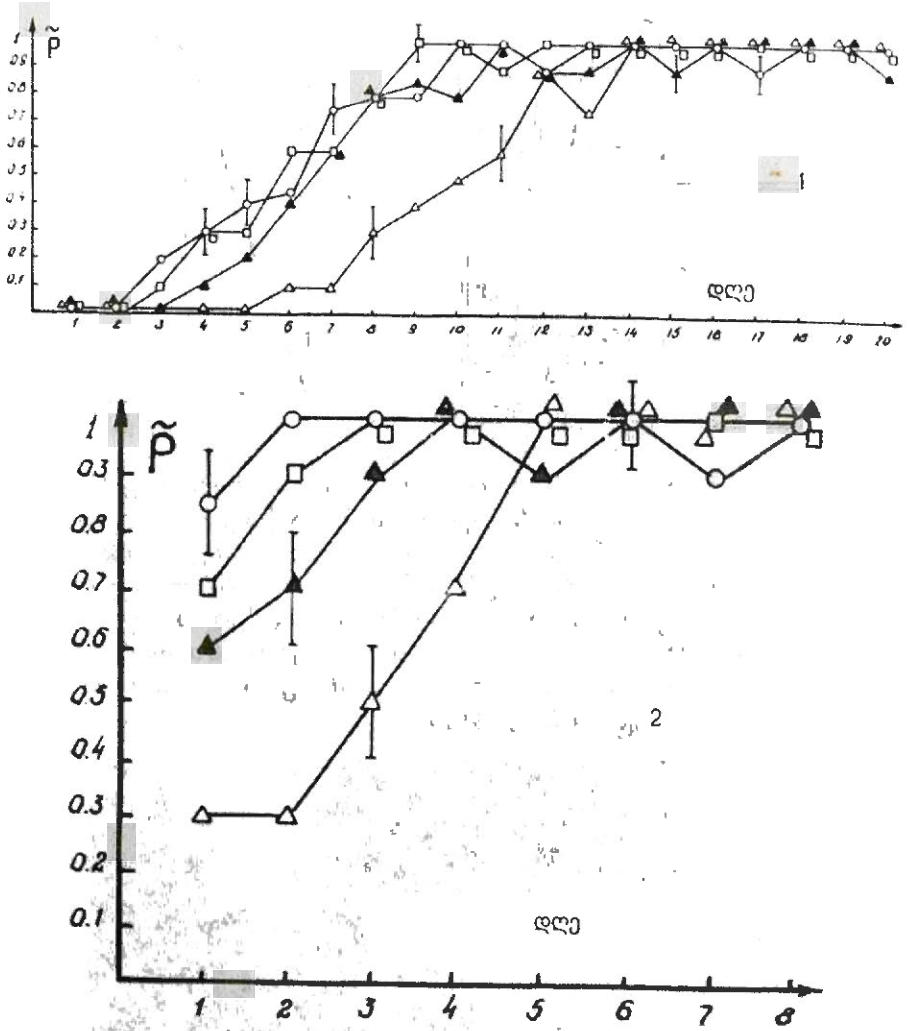
სურ. 4.52 (გაგრძელება იხ. შემდეგ გვერდზე)



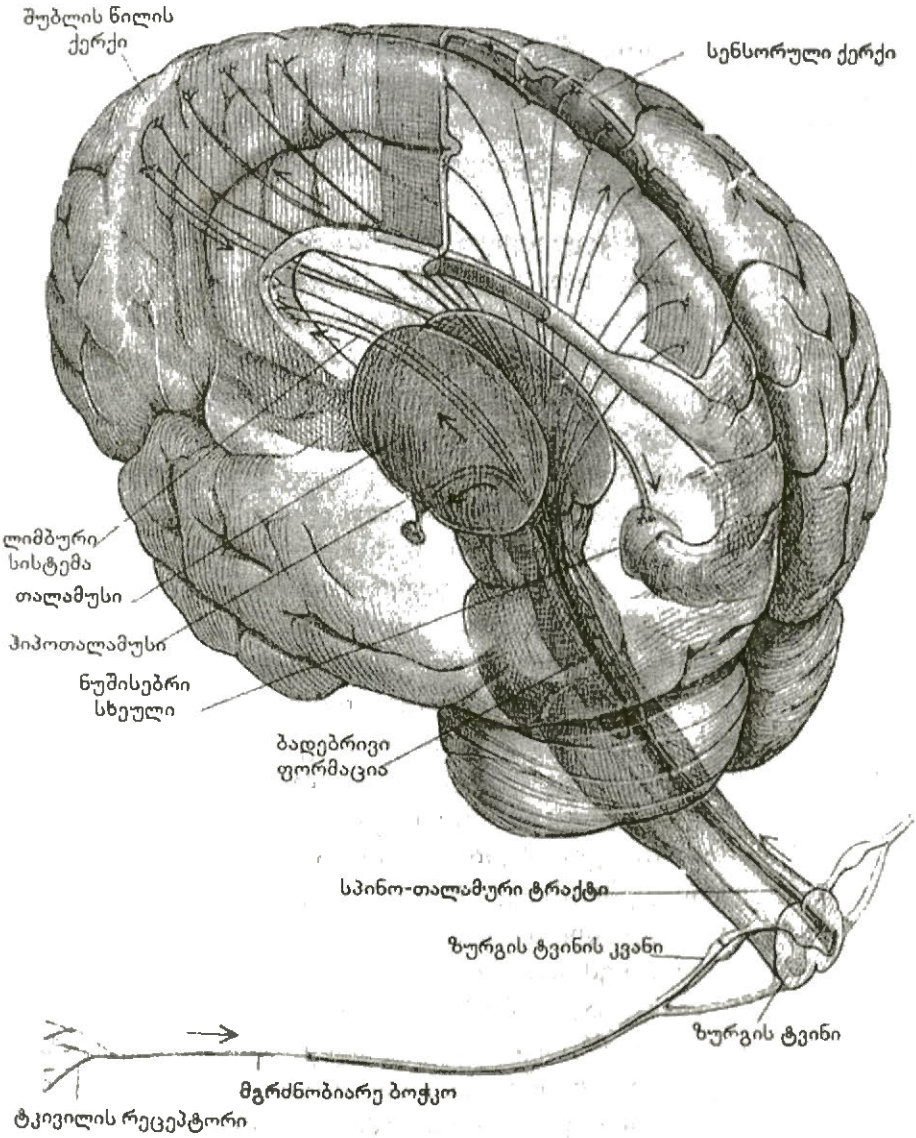
სურ.4.52. *კაბინა ბერკეტით, რომელიც გამოიყენება თავის ტვინის თვითსტიმულაციის ეფექტის შესასწავლად. მრუდზე გამოსახულია ბერკეტზე დაჭერის მაღალი მაჩვენებელი, ამ შემთხვევაში ელექტროდები ჩანერგილია იმ სტრუქტურაში, რომელიც იწვევს სიამოვნების ემოციურ განცდას. თუ ელექტროდები ჩანერგილი იქნება იმ სტრუქტურებში, რომლებიც იწვევენ უარყოფით ემოციურ მდგომარეობას, ცხოველი არ დააჭერს ბერკეტს (Klein, 1991).*



სურ.4.53. *აქტიური განრიდების ფორმირების დასაკვირვებელი საექსპერიმენტო კაბინა. კაბინის იატაკი ელექტროფიცირებულია. კაბინის მარჯვენა მხარეს იატაკიდან შვიდ სანტიმეტრზე მოთავსებულია თარო, რომელზე ახტომითაც ვირთაგვას შეუძლია თავი დაიცვას იატაკიდან მიყენებული მტკივნეული ელექტრული გაღიზიანებისაგან.*



სურ.4.54. ვირთაგვას თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურების ორმხრივი ლოკალური კოაგულიაციის გავლენა აქტიური განრიდების დასწავლა-შენახვის დინამიკაზე. *1* – აქტიური განრიდების ფორმირება. 2 – ფორმირებული აქტიური განრიდების შენახვა. თეთრი სამკუთხედებით აღნიშნულია უკანა დორსალური განრიდების ჰიპოკამპკოაგულირებული ვირთაგვები. შავი სამკუთხედებით – წინა დორსალურ ჰიპოკამპკოაგულირებული ცხოველები. თეთრი კვადრატებით – ახალი ქერქის მხედველობითი ზონადაზიანებული ცხოველები. თეთრი წრეხაზებით აღნიშნულია ინტაქტური ცხოველები.



სურ.4.55. *ტკივილით გამოწვეული ნერვული იმპულსების გამტარი გზა და იმპულსების გადამუშავებაში მონაწილე თავის ტვინის სტრუქტურები (Блут и Дрю 1988).*

სხვადასხვა ქცევითი ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე ნეიროანატომიურ მონაცემთა გათვალისწინებით ნეირობიოლოგებმა დაადგინეს თავის ტვინის ის სტრუქტურები, რომლებიც მონაწილეობენ ტკივილით გამოწვეული ნერვული იმპულსების გადამუშავებაში (სურ. 4.55.). ნერვული იმპულსების გადასამუშავებლად აუცილებელია მათი კოდირება და ფიქსაცია, რისი წყალობითაც ერთი სახის მეხსიერება გადადის მეორეში და ამოქმედდება თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურები. თავის ტვინში ინფორმაციის გადამუშავება პარალელური გზებით მიმდინარეობს. მაგალითად, იმპლიციტური მეხსიერება გადადის ექსპლიციტურში.

გამოთქმულია ვარაუდი, რომ იმპლიციტური მეხსიერებით განხორციელებულ დასწავლაში აქტიურად მონაწილეობენ ბაზალური ბირთვები. ექსპლიციტურ მეხსიერებას მოქმედებაში მოჰყავს ლიმბური სისტემის სტრუქტურები, რომელთაგანაც აქტიურობით გამოირჩევა ჰიპოკამპი. ექსპლიციტური მეხსიერება შეიძლება იყოს ეპიზოდური და სემანტიკური ხასიათისა, მაგრამ ორივეს შეუძლია ინფორმაცია შეინახოს როგორც მოკლე, ასევე ხანგრძლივი დროით. დამახსოვრებაზე მოქმედებს არა მარტო დასამახსოვრებელი საგნის კომპლექსური აღქმა, არამედ ის ემოციებიც, რომლებიც მას ახლავს. მხიარულ და კარგ განწყობილებაზე ყოფნისას ადამიანები ბევრად უკეთესად იმახსოვრებენ, ვიდრე მოწყენილ ან დეპრესიულ მდგომარეობაში. ამას განაპირობებს განსხვავებული ნეიროტრანსმიტერების გამოყოფა დადებითი და უარყოფითი ემოციების დროს, რაც გავლენას ახდენს მეხსიერებაზე. უეჭველია, არსებობს ტენდენცია იმისა, რომ იოლად ვიხსომებთ ინფორმაციას იმ მოვლენების შესახებ, რომლებიც გვიზიდავენ, ან რომელთა მიმართაც ქვეცნობიერად ვართ განწყობილი, ვიდრე იმ სიუჟეტზე, რომლის მიმართაც ინდეფერენტულად ვართ განწყობილი ან გვეზიზღება. ინფორმაციის კოდირება და ჩაწერა პირველ შემთხვევაში უფრო ეფექტური და ნაყოფიერია.

ებინჰაუზის მეთოდი, რომელიც დასწავლის მიზნით მარცვლების მექანიკურ გამეორებაში მდგომარეობს, დღეს ნაკლებმისაღებია. გაცილებით ეფექტურია დასამახსოვრებელი ინფორმაციის გაგება და დაკავშირება უკვე მიღებულ ცოდნასთან, დასამახსოვრებელი ინფორმაციის გაგება, და არა უბრალოდ ამ ინფორმაციის გამეორება.

ინფორმაციის უკეთ კოდირებისათვის სასურველია, რომ დასამახსოვრებული ობიექტის აღქმა მოხდეს კომპლექსურად, რადგან რაც მეტი უბანი იქნება გააქტივებული თავის ტვინში, მით უკეთ მოხდება აღნიშნული ინფორმაცის დამახსოვრება. გადაწყვეტა იმისა, შესანახად რომელი ინფორმაციაა უფრო სრულფასოვანი, ევალება მოკლევადიან მეხსიერებას. ამიტომ მოკლევადიან მეხსიერებას უწოდეს „ადამიანის ჯონების განცხადებების დაფა“ (Конорский, 1968). როცა ვიხედებით ტელეფონის ცნობარში და ვიმახსოვრებთ ნომერს, ეს უკანასკნელი მეორდება და მეორდება ჩვენს მოკლევადიან მეხსიერებაში მანამ, სანამ არ გადავიტანთ ტელეფონის ციფერბლატზე. ჩვენი ტვინი განსჯის, საჭიროა თუ არა ნომერი და უნდა გადატვირთოს თუ არა მოკლევადიანი მეხისიერება. მაგრამ თუ მოკლევადიანი მეხსიერება მუშაობს მნიშვნელოვან ინფორმაციაზე, რომელიც უნდა გაიგზავნოს გრძელვადიანი მეხსიერებისაკენ, იგი იმეორებს მას საკმაოდ დიდხანს, მანამდე, სანამ ინფორმაცია ნეირონების გზით არ მივა გრძელვადიან მეხსიერებაში, სადაც იგი ჩიაწერება ნეირონებს შორის კავშირის მოდიფიკაციის გზით.

დასწავლა-დამახსოვრების პროცესებში მონაწილე მედიატორები

ნეირონთა შორის კავშირი ხორციელდება მედიატორების მეშვეობით. დასწავლაში აქტიურ როლს თამაშობს სინაფსური პლასტიკურობა, რომლის ერთ-ერთი ყველაზე კარგად შესწავლილი ვარიანტია გრძელვადიანი პოტენციაციის ფენომენი. იგი დასაბამს იღებს თავის ტვინის გლუტამატურ ნეირონებში.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ დასწავლის პროცესში მონაწილე მედიატორთა გავლენით იწყება ქცევის ადაპტაციური მოდიფიკაცია. ქცევის ადაპტაციური მოდიფიკაცია მჭიდროდ არის დაკავშირებული გენთა ექსპერესიის რეგულაციის მექანიზმთან. ამიტომ შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ამ ორ, ურთიერთდამოკიდებულ პროცესთა ბუნების შეცნობა ჩაგვახედებს იმ ზოგად კარდინალურ პრობლემაში, თუ როგორ ჩამოყალიბდა ფილოფენეზის პროცესში ტვინი ისეთ ორგანოდ, რომელიც აპირობებს გენომის ევოლუციას (სურ.4.56.). მეორად სისტემოგენეზში მონაწილე გენთა ექსპრესია ტვინში კონტროლირდება კოგნიტურრ სისტემით, რომლის მოქმედების ეფექტურობა მუდმივად ფასდება ბუნებრივი გადარჩევით.

გლუტამატური ნეირონების სინაფსური ნეიროტრანსმიტერია გლუტამინის მჟავა ანუ გლუტამატი. თავის ტვინის ნეირონების მესამედი გლუტამატერგულია. პრესინაფსიდან ამ მედიატორის გამოთავისუფლებას განაპირობებს მოქმედების პოტენციალის საპასუხოდ მასში Ca^{+2} იონების შესვლა და ვეზიკულების მობილიზაცია. ამას მოჰყვება თვით სინაფსური ვეზიკულების დეპოლარიზაცია, ისინი ჩაშენდებიან პრესინაფსის მემბრანაში და გლუტამატი გამოთავისუფლდება სინაფსურ ნაპრალში. დენდრიტის პოსტსინაფსზე იგი უკავშირდება გლუტამატურ რეცეპტორებს. არსებობს გლუტამატური რეცეპტორების 5 ძირითადი ტიპი: AMPA, NMDA კაინატური, L-AP 4 და მეტაბოტროპული. მეხსიერების მექანიზმებში და გრძელვადიან პოტენციაციაში წამყვანი როლი ენიჭება AMPA და NMDA რეცეპტორებს. AMPA-ს ეს სახელი უწოდეს, რადგან აღნიშნულ რეცეპტორზე გლუტამატის მაგვარ ეფექტს ახდენს ამინო-3-ჰიდროქსი-5-მეთილ-იზოქსაზოლ-პროპიონატი, რომელიც ამ რეცეპტორების აგონისტია. ანტაგონისტის ფუნქციას კი ასრულებს CMQX. AMPA რეცეპტორები ან იონოტროპულებია, რადგან ისინი უკავშირდებიან Na^{+} იონების არხებს. ამიტომ აღნიშნულ რეცეპტორებთან გლუტამატის დაკავშირება იწვევს ამ არხების გააქტივებას, Na^{+} -ის არხების გახსნას, მათ დიფუზიურ შესვლას მემბრანის შიგნით, მემბრანის დეპოლარიზაციას და ნეირონის სხეულში ნელი პოტენციალის აღძვრას.

NMDA რეცეპტორებს ეს სახელი უწოდეს, რადგან გლუტამატის აგონისტად აქ გვევლინება N-მეთილ-D-ასპარტატი. ისინიც იონოტროპული რეცეპტორებია, რომლებიც დაკავშირებული არიან კალციუმის არხებთან, მაგრამ მოსვენების მდგომარეობაში ეს არხი ბლოკირებულია Mg^{2+}-ის იონებით. იმისათვის, რომ დენდრიტის აღნიშნული იონური არხიდან მოხდეს Mg^{2+}-ის იონების ამოგდება, მემბრანულმა პოტენციალმა უნდა მიაღწიოს 30 მვ.

პრესინაფსური ნეირონიდან დენდრიტზე გამოგზავნილი სტიმულაცია უნდა იყოს მნიშვნელოვანი და მაღალი სიხშირისა, რათა მოხდეს AMPA რეცეპტორების გზით Ca^{2+}-ის იონების შესვლა. თუ ეს ნეირონი იღებს მაღალსიხშირიან ხშირ სტიმულაციას დენდრიტზე, შეიძლება მოხდეს პოტენციალის ცვლილება 30მვ-მდე, რაც გამოიწვევს მაგნიუმის ამოვარდნას Ca-ის არხებიდან და ეს იონი თავისუფლად შევა მემბრანაში. ამის შემდეგ

უჯრედის შიგნით გააქტიურდება მექანიზმი, რაც საბოლოო ჯამში გამოიწვევს სინაფსური განვლადობის ზრდას, ე.ი. სწორედ NMDA რეცეპტორები განსაზღვრავენ, უნდა მოხდეს თუ არა სინაფსური გაადვილება, რაც წარმოადგენს გრძელვადიანი პოტენციაციის არსს.

გრძელვადიანი პოტენციაცია შეიძლება განვმარტოთ, როგორც პოსტსინაფსური პასუხების ამპლიტუდის ზრდა და შემდეგ პრესინაფსის ინტენსიური გააქტივება. ამ გააქტივების ინტენსივობა ძირითადად ხანმოკლეა (<1 წმ-ზე), მაგრამ მისი სიხშირე საკმაოდ მაღალია (> 100 ჰც-ზე). ეს სწორედ ის სიდიდეა, რომელიც ესაჭიროება Mg^{2+}-ის იონების ამოგდებას NMDA რეცეპტორების Ca^{2+}-ის არხებიდან. ბოცვერებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად ინგლისელმა ტიმ ბლინსმა და შვედმა ტეჟელომომ აჩვენეს, რომ პრესინაფსური ნეირონები ხანმოკლე, რეგულარული და მაღალსიხშირიანი სტიმულაციის შემდეგ მათთან დაკავშირებულ პოსტსინაფსურ ნეირონებზე უფრო სწრაფად და ძლიერად რეაგირებენ რამდენიმე კვირის შემდეგაც კი. ახალ სტიმულზე ნეირონის უფრო ეფექტური პასუხი ძლიერ წააგავს მეხსიერებას. სინაფსური განმტკიცებისათვის არსებობს ორი სტრატეგია:

- გამოყოფილი ნეიროტრანსმიტერის რაოდენობის გაზრდა უფრო ეფექტურს ხდის ინფორმაციის გადაცემას. რა თქმა უნდა, ეს სტრატეგია მოიცავს პრესინაფსურ დაბოლოებას.
- პოსტსინაფსური ნეირონის დენდრიტის მიერ ნეიროტრანსმიტერის მიღების ეფექტურობა იზრდება რეცეპტორების რაოდენობის მატების გზით, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მეტი იონური არხის გახსნას.

გრძელვადიანი პოტენციაცია უნდა მოქმედებდეს როგორც პრე-, ისე პოსტსინაფსზე, რათა მოხდეს სინაფსური გაადვილება. გრძელვადიანი პოტენციაცია უმეტესწილად დამოკიდებულია NMDA რეცეპტორების გააქტივების გზით Ca-ის იონების შესვლაზე პოსტსინაფსში. თუმცა ამისათვის ჯერ უნდა მოხდეს გლუტამატით AMPA რეცეპტორების გააქტიურება. ამის საპასუხოდ იხსნება Na^+-ის არხები, Na^+ დიფუზიით შედის მემბრანის შიგნით, მოხდება მემბრანის დეპოლარიზაცია, რის საპასუხოდაც აიგზნება პოტენციალდამოკიდებულ NMDA რეცეპტორებთან დაკავშირებული Ca^{2+}- ის არხები, მათგან ამოვარდება Mg^{2+}-ის იონები.

Ca^{2+} შედიან უჯრედის შიგნით. ეს უკანასკნელნი მნიშვნელოვანი უჯრედშიდა მესენჯერები არიან, ისინი ადვილად უკავშირდებიან და ერგებიან განსაზღვრულ ცილებს და ენზიმებს. მათთან Ca^{2+}-ის იონების დაკავშირება იწვევს ღრმა კონფორმაციულ ცვლილებებს. აქ ისინი უკავშირდებიან ცილა კალმოდულინს, რომელსაც ამ იონებთან დასაკავშირებლად 4 ცენტრი გააჩნია. ამ კავშირის შედეგად წარმოიქმნება Ca^{2+}- კალმოდულინის კომპლექსი, რომელიც აქტიურია. იგი თავის მხრივ ააქტიურებს ორ ცილას: ადენილატციკლაზასა და კალმოდულინდამოკიდებულ C პროტეინკინაზა II-ს (CaM -კინაზა II). Ca^{2+}-კალმოდულინი უცვლის ადენილატციკლაზას სამგანზომილებიან სტრუქტურას და ააქტივებს მას. თავის მხრივ ადენილატციკლაზა მონაწილეობს ციკლური ამფ-ის სინთეზში. ორი ციკლური ამფ კავშირდება პროტეინკინაზა A (APK), გააქტივებს მას, ეს უკანასკნელი კი ახდენს ცილების ფოსფორილებას. რითაც უცვლის მათ სტრუქტურას და ზრდის მათ ენერგიას ახალი ქიმიური კავშირის წარმოქმნის გზით. პროტეინკინაზა A-თი გააქტივებული C ჯაჭვი ახდენს სინაფსის AMPA რეცეპტორების ფოსფორილებას, იცვლება მათი სტრუქტურა და გლუტამატის საპასუხოდ უფრო სწრაფად იხსნებიან. ამას მოჰყვება Na^{+}-ის განვლადობის ზრდა. წარმოქმნილი ლოკალური პოტენციალი შემდგომ აღძრავს სინაფსურ სტიმულაციას. ე.ი. გრძელვადიანი პოტენციაციის პირველი მექანიზმი ყოფილა AMPA რეცეპტორების ფოსფორილება.

პროტეინკინაზა A ამავე დროს ახდენს ცილა CREB-ს ფოსფორილებას და მის გააქტივებას. ამ ცილის ფუნქცია არის გენების ტრანკრიფცია. ის მიემართება ნეირონის ბირთვში, რათა გასცეს განკარგულება ახალი AMPA რეცეპტორების სინთეზის თაობაზე, სპეციფიკური გენების ტრანსკრიპციის გზით. AMPA რეცეპტორები სინთეზირდება ნეირონის რიბოსომებზე და შემდეგ გადაიტანება ნეირონების პოსტსინაფსის შესაბამის უბნებზე. ამით გაიზრდება აღნიშნულ სინაფსში ნეიროტრანსმიტერის მიღების ეფექტურობა და გრძელვადიანი პოტენციაცია ადვილად დამყარდება. ე.ი. გრძელვადიანი პოტენციაცია მოიცავს გენების ტრანსკრიფციასაც და ახალი AMPA რეცეპტორების დამატების გზით სინაფსურ გაადვილებას.

Ca-კალმოდულინის კომპლექსი ააქტივებს ასევე პროტეინკინაზა-II-ს, რომელიც პირველ რიგში ახდენს თავისი თავის

ფოსფორილებას, თანაც ფოსფატის რამდენიმე ჯგუფით და ახალი ქიმიური ბმების წარმოქმნით იძენს უფრო მეტ ენერგიას. როცა სინაფსური სტიმულაცია უკვე დამთავრებულია, Ca^{2+}-იც გასულია უჯრედის გარეთ და აღარც კალმოდულინია გააქტივებული, CaM კინაზა II თვითფოსფორილების გზით გააქტივებული რჩება 0,2-დან 10 წამამდე. ზოგიერთი მეცნიერი ამას მოლეკულურ მეხსიერებას უწოდებს. შემდეგ ეტაპზე CaM კინაზა II ახდენს სინაფსის NMDA რეცეპტორების ფორფორილებას (3), ამის საპასუხოდ აღნიშნული არხები უკვე ნაკლებად არიან ბლოკირებული Mg^{2+}-ის იონებით და Ca-ის იონებისადმი განვლადობა იზრდება. ეს იწვევს სინაფსურ გააქტივებას.

CaM კინაზა II ააქტივებს MAP კინაზასაც, რომლის ფუნქციაა ნეირონის ჩონჩხის აგება, რადგან მოქმედებს სპეციფიკურად გარკვეულ ცილებზე. იგი ამით ახდენს დენდრიტის ტევადობის მოწესრიგებას. დენდრიტებს შეუძლიათ ახალი რეცეპტორების მიღება და სინაფსური გადაცემა ამით უმჯობესდება.

გრძელვადიანი პოტენციაციის ფინალური შედეგია აზოტის მონოქსიდის, ანუ NO-ს სინთეზი, რის სტიმულაციასაც ახდენს NMDA რეცეპტორებში Ca^{2+}-ის იონების შესვლა. NO გადის პოსტსინაფსიდან სინაფსურ ნაპრალში, შედის პრესინაფსში და ხელს უწყობს ახალი ნეიროტრანსმირების სინთეზს, რითაც საბოლოოდ იზრდება გამოყოფილი ნეირომედიატორის რაოდენობა.

მართალია, გლუტამატერგული სინაფსები მონაწილეობენ გრძელვადიანი პოტენციაციის გზით ინფორმაციის საბოლოო ჩაწერაში, მაგრამ სწორედ ქოლინერგული სინაფსები უბრძანებენ მათ მოხდეს თუ არა ეს პროცესი.

ცნობილია ქოლინერგული რეცეპტორების ორი ტიპი: ნიკოტინური და მუსკარინული. ნიკოტინური რეცეპტორების როლი უმნიშვნელოა მეხსიერების პროცესების წარმართვაში. მცირე დოზებით ისინი აუმჯობესებენ მას, რასაც ვერ ვიტყვით მათი დიდი დოზებით მიღების შემთხვევაში. მეხსიერების მექანიზმებში ძირითადად ჩართულია ცნს-ის მუსკარინული რეცეპტორები. მათი აგონისტია მუსკარინი, ხოლო ანტაგონისტი – სკოპოლამინი. არსებობს M1, M2 და M3 მუსკარინული რეცეპტორები. M1 და M3 იწვევენ დენდრიტის აგზნებას, M2 კი – შეკავებას. M1 რეცეპტორებითაა წარმოდგენილი ჰიპოკამპის ნეირონების მესამედი. ისინი აღმოჩენილი არიან თავის ტვინის ქერქში, ბაზალური ბირთვების სტრიატუმში. ეს მეტაბოტროპული რეცეპტორებია, რომლებიც არ უკავშირდებიან იონურ არხებს. ისინი უკავშირდე-

ბიან მემბრანის G-ცილებს მოსვენების დროს. მუსკარინის M1 რეცეპტორებთან დაკავშირებით G-ცილები გააქტიურდებიან და განიცდიან ფოსფორილებას, გადაიქცევიან გუანოზინტრიფოსფატად (GTP), ჩამოშორდებათ α სუბერთეული და G-ცილები დარჩებიან $\beta\gamma$ სუბერთეულთან კავშირში. ამის შემდეგ ისინი უკავშირდებიან ცილა C-ს და ფოსფორილაზას, ააქტივებენ მათ და გადაიქცევიან ფოსფატიდილ ინოზიტოლ 4,5-ბიფოსფატად (PIP2). მისი გახლეჩის შედეგად გამოთავისუფლდება დიაგლიცეროლი, როგორც მესენჯერი და წარმოიქმნება ინოზიტილ 1,4,5,-ტრიფოსფატი (IP3).

IP3 უჯრედის შიგნით უკავშირდება ენდოპლაზმური ბადის IP–3 დამოკიდებულ Ca^{2+}-ის იონურ არხებს. Ca^{2+}-ის იონები გამოდიან ენდპლაზმური ბადიდან და დენდრიტის ციტოპლაზმაში იზრდება დადებითი იონების რაოდენობა. მოხდება მემბრანის დეპოლარიზაცია. Ca^{2+} ისევ გააქტივებს კალმოდულინს და წარმოიქმნება Ca–კალმოდულინის კომპლექსი. იგი უკავშირდება ცამფ-ს, ეს უკანასკნელი ააქტივებს PK-A-ს, რომელიც ახდენს K^{2+} იონების არხების ფოსფორილებას და მცირე ხნით ზღუდავს მათ გახსნას. K^{2+}-ის იონები დროებით გროვდებიან უჯრედის შიგნით და ნეირონი შიგნიდან იმუხტება დადებითად. წარმოიქმნება ლოკალური პოტენციალი და დენდრიტში აღიძვრება ლოკალური აგზნება. ამის შემდეგ აცეტილქოლინი სწრაფად იშლება, რათა გაადვილდეს მომდევნო იმპულსის გადაცემა.

დამახსოვრების პროცესის დროს გლუტამატურ და ქოლინერგულ სინაფსებს შორის გავლენა შემდეგნაირია: მართალია, გლუტამინი სინაფსში იწვევს გრძელვადიან პოტენციაციას და ინფორმაციის საბოლოო ფიქსაციას, მაგრამ სწორედ ჰიპოკამპის ქოლინორეცეპტორები განსაზღვრავს ზემოაღნიშნული პროცესის წარმართვა-შეჩერებას. მხედველობითი დამახსოვრებისას ინფორმაცია ბადურიდან მიდის კეფის წილის მხედველობის ზონაში, აქედან გლუტამატური ნეირონები ინფორმაციას უგზავნიან ჰიპოკამპის ქოლინერგულ ნეირონებს ოქციპიტო-ტემპორალური გზით. ეს გლუტამატური ნეირონები რამდენჯერმე იმეორებენ მხედველობით ინფორმაციას ჰიპოკამპის ქოლინერგულ ნეირონებზე. ეს განმეორება მოკლევადიანი მეხსიერების საფუძველია. თუ ჰიპოკამპის ქოლინორეცეპტორები არ დაეთანხმებიან აღნიშნულ ინფორმაციას, მოხდება დავიწყება. თუ დაეთანხმებიან, ინფორმაცია ჩაიწერება გრძელვადიან მეხსიერებაში.

ჰიპოკამპის ქოლინერგული ნეირონები იმპულსებს აგზავნიან კეფის წილის გლუტამატერგულ ნეირონებში და საბოლოოდ სინაფსებში მოხდება ინფორმაციის დაფიქსირება. ამას ხელს შეუწყობს NMDA რეცეპტორების გააქტივება.

ნეოსტრიატუმის ნეირონების აქტივობის კონტროლში განსაკუთრებული როლი ენიჭება ნეირომედიატორ დოფამინს (DA), რომელიც სტრიატუმში გამოიყოფა იმ აფერენტების ტერმინალური დაბოლოებებიდან, რომლებიც სათავეს იღებენ შავი სუბსტანციიდან (Substria nigra pars cpmpacta) . ცნობილია, რომ DA მონაწილეობს აცეტილქოლინის აქტივობის მოდულაციაში. ცდებით ნაჩვენებია ტონური დოფამინერგული გავლენა სტრიატუმის ნეირონებზე, კერძოდ, ნეიროლეპტიკების, დოფამინერგული ანტაგონისტების შეყვანა იწვევდა აცეტილქოლინის წრებრუნვის გაძლიერებას. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით გამოითქვა მოსაზრება, რომ დოფამინერგული ტერმინალები ნეოსტრიატუმში ქმნიან შემაკავებელ სინაფსებს ქოლინერგული ინტერნეირონების დენდრიტებზე. დღეისათვის კი ანატომიური და ფარმაკოლოგიური გამოკვლევებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე აღნიშნავენ, რომ დოფამინერგული ტერმინალებისათვის ქოლინერგული ინტერნეირონების დენტრიტები ერთადერთ ლოკუსს არ წარმოადგენენ. ცნობილია DA რეცეპტორების პოსტსინაფსური ლოკალიზაცია ნეოსტრიატუმის ქაცვისებრ ნეირონებზე და კორტიკოსტრიალური გზების ტერმინალებზე.

კლასიკურმა ფარმაკოლოგიურმა ექსპერიმენტებმა გვაჩვენეს, რომ დოფამინის ფუნქცია ნეოსტრიატუმის ნეირონებზე ხორციელდება ორი ტიპის დოფამინერგული რეცეპტორებით. ბოლო წლების მოლეკულური კლონირების ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ დოფამინი მოქმედებს 5 ჯგუფის რეცეპტორებით D_1-D_5. ეს რეცეპტორები კლასიფიცირებულია შემდეგნაირად D_1(D_1,D_5 და D_2(D_2, D_3, D_4). თუმცა მთლიანობაში (მთელ ნერვულ სისტემაში) D_1 და D_5 რეცეპტორები გაცილებით მეტი რაოდენობითაა წარმოდგენილი, ვიდრე სხვა DA რეცეპტორები. ნეოსტრიატუმში აღნიშნულია ყველა ტიპის DA რეცეპტორის არსებობა.

უკანასკნელმა იმუნოჰისტოქიმიურმა ექსპერიმენტებმა, რომლებშიც D_1 და D_2 ჯგუფის DA რეცეპტორების წინააღმდეგ გამოყენებული იყო პოლიკლონური და მონოკლონური ანტისხეულები, გამოავლინა რამოდენიმე მნიშვნელოვანი მომენტი: 1. რეოსტრიატუმში კარგადაა გამოხატული ორივე ჯგუფის რეცეპ-

ტორის ცილების ექსპრესია, ამასთან, მათი ექსპრესია მიმდინარეობს ჰეტეროგენულად და ნაწილობრივ კომპლემენტარული წესით. 2. ორივე რეცეპტორის ექსპრესია მიმდინარეობს ქაცვისებრი ნეირონების ზოლში. 3. ექსპერიმენტებმა კოლაკალიზაციაზე გამოავლინა, რომ ეს ზოლები მოიცავს განსხვავებულ ნეირონულ პოპულაციებს. 4. დადგინდა, რომ D_2 პრესინაფსური რეცეპტორების მონიშვნა უფრო ინტენსიურია, ვიდრე D_1 -ისა.

მნიშვნელოვანი ცნობებია მიღებული D_1 რეცეპტორების ელექტროფიზიოლოგიის შესახებ კუდიანი ბირთვი-ჩენჩოს ნეირონებში. სტრიატუმის D_1 რეცეპტორების აქტივაციის ეფექტები შესწავლილა სხვადასხვა მიდგომით და მიღებული შედეგები ეთანხმება იმ მოსაზრებას, რომ ეს რეცეპტორები ახორციელებენ მოდულატორულ შემაკავებელ გავლენას სტრიატუმის ნეირონების ელექტრულ აქტივობაზე. ვირთაგვას ტვინის ანათალებზე in vitro ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ D_1 პოსტსინაფსური რეცეპტორების აქტივაცია ამცირებს ნეირონების აგზნებადობის ხარისხს, მაშინ როცა იგივე პირობებში D_2 რეცეპტორების გააქტივება არ იწვევს სარწმუნო ელექტროფიზიოლოგიურ ეფექტებს ქაცვისებური ნეირონების საკუთარ და სინაფსურ აქტივობაში. ეს შემაკავებელი მოდულატორული გავლენა განპირობებული უნდა იყოს პოტენციალდამოკიდებული ნატრიუმის არხების განვლადობის შემცირებით, უფრო მეტიც, D_1 რეცეპტორები აკონტროლებენ ძლიერ პოტენციალდამოკიდებულ (hight voltage-activated-HVA) კალციუმის დენს. ცეპედა და მისი კოლეგები აღნიშნავენ, რომ D_1 რეცეპტორების გააქტივება იწვევს NMDA-გამოწვეული მემბრანის დეპოლარიზაციის გაზრდას. ამ საინტერესო მონაცემებით შეიძლება აიხსნას ზოგიერთი ბიოქიმიური და ქცევითი ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგები, რომელთა მიხედვითაც D_1 რეცეპტორებს ამგზნები მოქმედება აქვთ ნეოსტრიატუმში.

D_2 და DA რეცეპტორები სტრიატუმში ლოკალიზებული არიან ნიგროსტრიალურ ტერმინალებზე და მოქმედებენ როგორც აუტორეცეპტორები. ამ რეცეპტორების აქტივაცია იწვევს ნიგრალური დოფამინის გამოყოფის შემცირებას სტრიატუმში. ეს რეცეპტორები ლოკალიზებული არიან აგრეთვე ქოლინერგულ ინტერნეირონებზე, სადაც იწვევენ აცეტილქოლინის გამოთავისუფლების ბლოკირებას. უკანასკნელი წლების ბიოქიმიურმა და ფარმაკოლოგიურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს D_2 DA რეცეპტო-

რების არსებობა კორტიკოსტრული გზების ტერმინალურ განშტოებებზე, სადაც ისინი უნდა აკონტროლებდნენ გლუტამატის გამოყოფას ქერქული აფერენტებიდან. თუმცა მორფოლოგიურმა გამოკვლევებმა არ გამოავლინა D_2-იმუნორეაქტიულობა იმ აქსონურ დაბოლოებებში, რომლებიც ქმნიან ასიმეტრიულ სინაფსებს სტრიალურ ნეირონებზე. ცნობილი ფაქტია, რომ კორტიკოსტრიალური აფერენტები ასიმეტრიულ სინაფსებს ქმნიან სწორედ ქაცვისებრ ნეირონებზე, ამიტომ ეს მონაცემები ეწინააღმდეგება მოსაზრებას D_2 DA რეცეპტორების შესაძლო პრესინაფსური ლოკალიზაციის შესახებ ამ სინაფსურ კონტაქტში და, მაშასადამე, უარყოფს იმ ფაქტს, რომ მათ შეუძლიათ აკონტროლონ გლუტამატის გამოთავისუფლება. თუმცა შესაძლებელია, რომ ამ სისტემაში პრესინაფსურად ლოკალიზებული იყოს D_2 რეცეპტორების ჯგუფის სხვა D_2 რეცეპტორების მსგავსი წარმომადგენლები D_3, D_4, თავად კალაბრეზის ჯგუფმა აჩვენა, რომ ზოგიერთ ფიზიოპათოლოგიურ პირობებში D_2 ტიპის რეცეპტორების აქტივაცია ამცირებს კორტიკოსტრიალურ ამგზნებ პოსტსინაფსურ პოტენციალს (აპსპ) პრესინაფსური მექანიზმებით. მეცნიერების ეს ჯგუფი სწავლობდა D_2 რეცეპტორების აქტივაციის ეფექტებს ჰალოპერიდოლით ხანგრძლივი ქრონიკული ზემოქმედებისასას ან შავი სუბსტანციის ცალმხრივი დაზიანების შემდეგ (6-ჰიდროქსიდოფამინის 6- OHDA შეყვანით). თავის ტვინის ანათალებში, რომლებიც დამზადებული იყო ჰალოპერიდოლ-შეყვანილი თაგვებიდან ქუინპიროლის (D_2 ტიპის რეცეპტორების ანტაგონისტი) აპლიკაციის შემდეგ, აღინიშნებოდა ქერქის გაღიზიანებით გამოწვეული გლუტამატური პოტენციალების ძლიერი შეკავება. მსგავსი ეფექტი არ აღინიშნებოდა საკონტროლო ცხოველების ანათალებში. მოცემულ ექსპერიმენტებში ამავე დროს არ იცვლებოდა რეგისტრირებული ნეირონების საკუთარი მემბრანული თვისებების მგრძნობელობა. მონაცემებზე დაყრდნობით გამოითქვა მოსაზრება, რომ სინაფსური პოტენციალის აღწერილი შემცირება განპირობებული უნდა იყოს განსაკუთრებით მგრძნობიარე D_2 ტიპის დოფამინური რეცეპტორებით, რომლებიც ლოკალიზებული არიან პრესინაფსურად და აკონტროლებენ გლუტამატის გამოთავისუფლებას კორტიკოსტრიალური დაბოლოებებიდან. მსგავსი მონაცემებია მიღებული 6- OHDA-ის გამოყენების შემდეგაც.

ექსპერიმენტებმა ქცევაზე გვიჩვენეს, რომ დოფამინური D_1 და D_2 რეცეპტორები ნეირონული აქტივობის მოდულაციისას კოოპერირებენ ბაზალურ განგლიებში. ასე მაგალითად, PD ექსპერიმენტულ მოდელში (რეზერპინის ქრონიკული შეყვანა, ან შავი სუბსტანციის დაზიანება 6- OHDA-ით) D_1 და D_2 რეცეპტორების აგონისტების თანადროულ შეყვანას თან სდევდა უფრო კარგად გამოხატული თერაპიული ეფექტი, ვიდრე მათ ცალ-ცალკე შეყვანას. In vivo ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ D_2-გამოწვეული პასუხების სრული ექსპრესიისთვის აუცილებელია D_1 რეცეპტორების აქტივაცია.

აცეტილქოლინის წყარო ნეოსტრიატუმში წარმოდგენილია ინტერნეირონებით. ამ უჯრედების ამოცნობა შესაძლებელია მათი სომის დიდი ზომებით (20-50 მკმ). ამ ინტერნეირონებს ხშირად განიხილავენ როგორც სარელეო უჯრედებს, რომლებიც დოფამინერგულ აფერენტებს გადართავენ ქაცვისებრ ნეირონებზე.

ქაცვისებრ ნეირონებზე ქოლინერგული შესავალის არსებობა დემონსტრირებულ იქნა კომბინირებული მეთოდით (გოლჯის იმპრეგნაცია და იმავე უბანში ენზიმური ჰისტოქიმია აცეტილქოლინესთერაზაზე). ნაჩვენებია, რომ ეს ნეირონები ქოლინერგულ კავშირებს ღებულობენ არა მარტო პროქსიმალურ უბანზე (მაგალითად, პერიკარიუმი და პროქსიმალური დენდრიტები), არამედ უფრო დისტალურ დენდრიტებზე და დენდრიტულ ქაცვებზეც. ამ ქოლინერგულ ინტერნეირონებს დიდი ზომის სომის გარდა აქვთ ძლიერ დატოტვილი დენტრიტული ხე და მოიცავენ გაცილებით დიდ ფართობს, ვიდრე თვით ქაცვისებრი ნეიროები. ამის გამო მათ დიდ ფართობზე შეუძლიათ მოახდინონ სინაფსური შესავლების ინტეგრაცია. გავრცელების დიდი არეალით ხასიათდებიან ქოლინერგული ინტერნეირონების აქსონებიც. ეს განამტკიცებს იმ იდეას, რომ ინტერნეირონები ფუნქციონირებენ როგორც ასოციაციური უჯრედები.

დოფამინერგულ მედიატორულ სისტემასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია ისეთი ფსიქიკური დარღვევა, როგორიცაა შიზოფრენია.

შიზოფრენიის სიმპტომებიდან აღსანიშნავია: ჰალუცინაციები, ბოდვები, აზროვნების დაქვეითება და არაადეკვატური ემოციური რეაქციები. ეს დაავადება განპირობებულია მეზოლიმბური და მეზოკორტიკული დოფამინური ტრაქტების ნეიროგადაცემაში არსებული დარღვევებით. ამ მოსაზრებამ მიიღო შიზოფ-

რენიის დოფამინური ჰიპოთეზის სახელწოდება. შიზოფრენიის განვითარების მიზეზების ძიებისას აღნიშნულია, რომ შიზოფრენია დაკავშირებულია ცენტრალური ნერვული სისტემის ჰიპერდოფამინერგულ მდგომარეობასთან. ამ მოსაზრებას ადასტურებენ შემდეგი მონაცემები:

- ნეიროლეპტიკური საშუალებები, რომლებიც მოქმედებენ დოფამინურ რეცეპტორებზე როგორც ბლოკატორები, ხასიათდებიან ანტიფსიქოზური მოქმედებით.
- დოფამინის აგონისტების – L დოფა ან ამფეტამინის ხანგრძლივი გამოყენებისას (პარკინსონიზმის მკურნალობისას), ვითარდება შიზოფრენიის მსგავსი სიმპტომები.

დასწავლისა და დამახსოვრების ნეიროქიმია

იმის შემდეგ, რაც დადგინდა, რომ გენეტიკური ინფორმაციის დიდი რაოდენობა კონცენტრირებულია ნუკლეინის მჟავას მოლეკულაში, ლოგიკურად წარმოშვა აზრი, ხომ არ ხდება ინფორმაციის ანალოგიური კოდირება დასწავლის შედეგად. ხშირ შემთხვევაში უჯრედის სტრუქტურულ თავისებურებას და მეტაბოლურ აქტივობას სინთეზირებული ცილის რაოდენობითა და თვისებებით ადგენენ, ამიტომ ნეიროქიმიკოსებს სრული უფლება ჰქონდათ a priori დაეშვათ დასწავლისა და დამახსოვრების ნეიროდინამიკურ პროცესებში ანალოგიური მექანიზმების მონაწილეობა. დასწავლისა და დამახსოვრების მოლეკულური მექანიზმების გარკვევის მიზნით დაიწყო ნეირონსა და გლიურ უჯრედებში მიმდინარე ცილის სინთეზის რეგულირების ინტენსიური კვლევა. ეძებდნენ სპეციფიკურ ნეიროპეპდიტებს. მთლიანობაში სპეციფიკურ ნეიროპეპდიტთა ძებნის ბიოქიმია სქემატურად შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ: ცხოველის ინდივიდუალური გამოცდილება → აფერენტულ იმპულსთა სპეციფიკური ზემოქმედება თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურების ნეირონებზე→დნმ-ის ტრანსკრიფცია მატრიცული რნმ-ის წარმოქმნით→პეპტიდის ან ცილის სინთეზი.

აქტიური ძიების შედეგად თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში აღმოჩენილ იქნა ნეიროაქტიური პეპტიდები. არ არის გასაკვირი, რომ ყოველგვარი კონკრეტული ფუნქციის დადგენის გარეშე ჩათვალეს, რომ ეს ნეიროაქტიური პეპტიდები მონაწი-

ლეობენ მეხსიერების პროცესებში. დადგენილ იქნა, რომ ჰიპოფიზის ამოკვეთის შემდეგ ვირთაგვას სპეციფიკურად ეცვლებოდა არა მარტო ენდოკრინული ფუნქცია, არამედ აღრევას განიცდიდა ქცევებიც, მათ შორის დასწავლა. ჰიპოფიზამოკვეთილ ცხოველებში АКТГ-ს და ვაზოპრესინის, ან ამ პეპტიდთა ფრაგმენტების შეყვანით ხდებოდა ქცევის აღდგენა ყოველგვარი სხვა გამოხატული ფიზიოლოგიური აშლილობის გარეშე. ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით ზოგიერთმა მკვლევარმა გაიზიარა შეხედულება: „ერთი პეპტიდი – ქცევის ერთი ფორმა", რომელიც ვერ დადასტურდა.

ფართო კამათი გამოიწვია იმ ექსპერიმენტების შედეგებმა, რომლებშიც ცდილობდნენ მეხსიერების კვალი ერთი ცხოველიდან გადაეტანათ მეორეში. ექსპერიმენტი ტარდება ოთხი ჯგუფის ცხოველებში. ერთი ჯგუფის ცხოველებს ასწავლიან გარკვეულ ქცევას, დანარჩენ სამს კი – არა. დასწავლილ ცხოველებს კლავენ და მათი ტვინიდან მიღებული ექსტრაქტი შეჰყავთ დაუსწავლელი ცხოველების ერთ ჯგუფში. საკონტროლოდ, ჯგუფის დაუსწავლელ ცხოველთა თავის ტვინის ექსტრაქტი შეჰყავთ სხვა ჯგუფის დაუსწავლელ ინდივიდებში. ცხოველები, რომლებმაც მიიღეს ექსტრაქტი დასწავლილებისაგან, ტესტირებას ახერხებდნენ უკეთესად, ვიდრე ის ინდივიდები, რომელთაც მიიღეს თავის ტვინის ექსტრაქტი დაუსწავლელი ცხოველებისაგან. მიღებული შედეგიდან დაასკვნეს, რომ მეხსიერების ინფორმაცია კოდირდება სპეციფიკური ნივთიერებებით და შესაძლებელია ინექციით მისი გადატანა მეორე ცხოველში. მეხსიერების გადატანა ერთი ცხოველიდან მეორეში ისე ხშირად იქნა აღწერილი სხვადასხვა სახეობის ცხოველებში, რომ ძნელი აღმოჩნდა მისი მთლიან არტეფაქტად აღიარება. ამ ფენომენის შედეგების გამეორება და მისი სპეციფიკურობის დადგენის მცდელობა წააწყდა დიდ წინააღმდეგობას. დღემდე უცნობია იმ ნივთიერებათა თვისებები, რომლებიც მონაწილეობენ მეხსიერების გადატანაში.

შეიქმნა წარმოდგენა, თითქოს ნეირონზე მოქმედი ელექტრული აქტივობის სპეციფიკურობა იწვევს ნუკლეინის მჟავების როგორც დნმ-ის, ისე რნმ-ის ცვლილებას. ამ ცვლილებების შედეგად ხდება ცილის სინთეზი, რომელიც ნეირონს ხდის უფრო მგრძნობიარეს იმავე სპეციფიკურობის ელექტრული ზემოქმედების მიმართ. სპეციფიკურობაში იგულისხმება ნერვული იმპულსების ამპლიტიდურ – სიხშირული პარამეტრები (მოქმედების

პოტენციალი). ამ მიმართულების ერთ-ერთმა შემქმნელმა, ჰიდენმა შეიმუშავა რნმ-ის რაოდენობის ძალიან მცირე ცვლილებების გაზომვის მეთოდიკა უსწავლელი და დასწავლილი ვირთაგვების თავის ტვინის ნეირონების ბირთვებში. ჰიდენმა დაადგინა, რომ დასწავლილი ვირთაგვების რნმ-ში იზრდება ადენინის შემცველობა და მცირდება ურაცილი კონტროლთან შედარებით, გუანინი და ციტოზინი უცვლელი რჩებოდა. ამ ფაქტით დადგენილ იქნა ახალი რნმ-ის წარმოქმნა ვირთაგვას თავის ტვინის სტრუქტურების ნეირონებისა და გლიური უჯრედების ბირთვებში. ჰიდენის მონაცემები მოექცა მძაფრი კრიტიკის ქვეშ.

აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, რომ ცილის სინთეზის ინტენსიურობის გაზრდა შესაძლებელია ზოგიერთი სტეროიდული ჰორმონის ზემოქმედებით, მაგალითად, ესტროგენით და ქალის სასქესო ჰორმონით. დადგენილია, რომ სტრესი ვირთაგვას თავის ტვინში იწვევს რნმ-ის რაოდენობის ზრდას. არსებობს მრავალფეროვანი პროცესები, რომლებიც იწვევენ ნეირონსა და გლიურ უჯრედებში ბიოქიმიურ ცვლილებებს. დასწავლა წარმოადგენს ერთ კონკრეტულ საპასუხო ქცევას გარემო ფაქტორებზე იმ მრავალფეროვანი ბიოქიმიური პროცესებიდან, რომლებიც გამუდმებით მიმდინარეობენ თავის ტვინში. ჩატარებულ იქნა მრავალი ექსპერიმენტი, რათა ნეირონში მოენახათ დასწავლასთან დაკავშირებული ნივთიერება. ყველა ლაბორატორიული მეთოდური საშუალება უხეში აღმოჩნდა იმისათვის, რომ გამოვლენილიყო რომელიმე ნივთიერებაში ჩაწერილი დასწავლილი ინფორმაცია.

ზემოთ განხილული ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები გვარწმუნებს, რომ ცალკეული ინფორმაციისათვის მეხსიერების ცილის მოლეკულის ძებნის გაგრძელება არ ღირს. ალბათ უფრო ეფექტურია მეხსიერების მოლეკულური პროცესების ძიება გაგრძელდეს იმ კონფორმაციულ გარდაქმნებში, რომლებიც მიმდინარეობენ ნერვული ქსელების მემბრანებზე.

ნერვული სისტემის ორი ძირითადი თვისების – სპეციფიკურობისა და პლასტიკურობის ნეიროგენეტიკა – სახავს პერსპექტივას მოლეკულურ დონეზე ჩავწვდეთ მეხსიერებისა და დასწავლის პროცესებს. ნეირონთა დიფერენცირება და ნერვულ ქსელთა ფორმირება თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში გენეტიკური პროგრამით მიმდინარეობს. ეს საკითხები განხილულია წიგნის მესამე თავში. ადაპტაციური ქცევების განხორციელება, რომელთა

წარმართვაში აქტიურ როლს დასწავლა და მეხსიერება ასრულებენ, საჭიროებს ნერვული ქსელების პლასტიკურობას.

სისტემა იმ შემთხვევაში იქნება პლასტიკური, თუ მისი კონფიგურაცია ჩამოყალიბდება და იგი შეინარჩუნებს ფუნქციონირების უნარს სიკვდილამდე იმ შინაგანი რეგულაციური მექანიზმებით, რომლებიც ექვემდებარებიან გარეგან ფაქტორთა ზეგავლენას. ამიტომ სისტემას უნდა გააჩნდეს მოქნილი ადაპტაციის უნარი, რათა შეეგუოს გარემოს მუდმივად ცვალებად ფაქტორებს. ნერვულ ქსელებში პლასტიკურობა წარიმართება სინაფსური აპარატის ისეთი ცვლილებებით, რომლებიც ხელს უწყობენ დასწავლის და მეხსიერების პროცესების (ნეიროდინამიკის) ოპტიმალურ განხორციელებას. გარკვეული მიმართულებით ყალიბდება ახალი სინაფსები, რომლებიც ხანგრძლივად ატარებენ იმპულსებს, პრესინაფსურ დაბოლოებებში იზრდება მედიატორების სინთეზი, დაგროვება და გამოყოფა, იცვლება პოსტსინაფსური მემბრანის თვისებები. სინაფსურ აპარატში მომხდარმა ცვლილებებმა არ უნდა დაარღვიოს იმპულსური აქტივობის ფიზიკური პარამეტრები. მოქმედების პოტენციალი უნდა ვრცელდებოდეს დაუბრკოლებლად, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული ინფორმაციის დროული გადატანა ნეირონიდან ნეირონზე.

ნეირონთა პლასტიკურობის მოლეკულური მექანიზმების კვლევა მიმდინარეობს დასწავლის ოთხ მოდელზე.

1. ჰაბიტუაცია ანუ შეჩვევა. ამ ფორმის დასწავლის დროს მიმდინარეობს საპასუხო რეაქციათა დაქვეითება მონოტონურ განმეორებით გამღიზიანებელზე. შეჩვევის დინამიკა ფართოდ არის შესწავლილი საორიენტაციო რეფლექსის მაგალითზე. შეჩვევა წარმოადგენს დასწავლის ფორმას, რომელსაც დიდი სარგებლობა მოაქვს ცხოველისათვის. შეჩვევის შედეგად შეკავებულ რეაქციათა აღდგენა შეიძლება განხორციელდეს წამებიდან ერთი კვირის განმავლობაში.
2. სენსიტიზაცია არის დასწავლისა და ნერვულ ქსელთა ისეთი პლასტიკურობა, როდესაც ხდება საპასუხო რეაქციათა გაძლიერება. სენსიტიზაციის ხანგრძლივობა მერყეობს წამებიდან დღეებამდე, შეიძლება გაგრძელდეს რამოდენიმე კვირის განმავლობაშიც.
3. ჰიპოკამპში მიმდინარე ხანგრძლივი პოტენციაცია. ეს არის ხანგრძლივ (30 წუთიდან სამ დღემდე) სინაფსურ გადაცემათა ეფექტურობის გაზრდა, რაც გამო-

წვეულია ჰიპოკამპის პერფორირებული გზისა და შაფერის კოლატერალების მაღალსიხშირული (10-100 ჰერცი, 10-20 წამი) სტიმულაციით. პლასტიკურობის ეს ფორმა გარკვეულწილად ხელოვნურია, ვინაიდან მის ელექტროსტიმულაციას ქცევითი ანალოგი არ გააჩნია. პლასტიკურობის ამ ფორმას უკავშირებენ დასწავლას, როდესაც საჭირო ხდება სინაფსურ გადაცემათა ინტენსივობის გაზრდა, პოტენცირებულ რეაქციათა ჩაქრობა, ან მისი თვითგანახლება შესვენების შემდეგ.

4. ნეირონთა პლასტიკურობა მჟღავნდება ასოციაციური დასწავლისას, როდესაც სავალდებულოა ორი სხვადასხვა – პირობით და უპირობო გამღიზიანებლის თანხვედრა. პლასტიკურობის ასეთი ფორმა საკმაოდ მდგრადია.

ნეირონთა პლასტიკურობის ფუნქციონირების განმსაზღვრელია ის ცვლილებები, რომლებიც ხდება ქემო - და ელექტროამგზნები პლაზმატური მემბრანის ზონებში. ელექტროგენეზი დამოკიდებულია რეცეპტორთა მდგომარეობაზე და იონურ არხებზე. იონური არხები და მემბრანათა რეცეპტორები ექვემდებარებიან ნეირონში მიმდინარე მეტაბოლურ პროცესთა კონტროლს.

დღეისათვის გამოყოფილია დასწავლაში მონაწილე ელექტროგენური მემბრანის რეგულირების ორი ძირითადი მექანიზმი. პირველი, რეცეპტორთა სტრუქტრულ კომპონენტთა (ცილები, ცხიმები) ქიმიური მოდიფიკაცია; იონური არხების მონაწილეობა მეორადი მესენჯერით (secend messenger- მეორადი შუამავალი) მეორე, ნეიროსპეციფიკურ ცილათა სინთეზის მოდულაცია, რომელსაც იწვევს უჯრედში ცილის მასინთეზირებელ კომპონენტთა მოდიფიკაცია, რნმ-ის სინთეზის ინდუქცია, დნმ-ის სინთეზი და მოდიფიკაცია.

ქიმიურ მოდიფიკაციას განიცდიან ცილები, დაბალმოლეკულური პეპტიდები, ნუკლეინის მჟავები, პოლისაქარიდები და ლიპიდები. მოდიფიკაციის ფორმის ზეგავლენით სხვადასხვა ხანგრძლივობით შეიძლება შეიცვალოს ნეირონის ფუნქციონირება, რომელიც გრძელდება წუთობით ფოსფორილების დროს, ადენილირებისა და აცეტილირების შემთხვევაში კი – საათობით და დღეებით. დღეებით და თვეებით გრძელდება მეთილირებით და ჰიდროქსილირებით გამოწვეული ცვლილება. საკმაოდ დიდი ხნით გრძელდება ცილის მოდიფიკაციით გამოწვეული ნეირონის ცვლილება.

ზოგადი მნიშვნელობით, დასწავლა არის ნეიროდინამიკური პროცესი, რომლის შედეგადაც ადამიანი და ცხოველი აუმჯობესებენ ქცევას ან ახორციელებენ ახალ ქცევას. დასწავლის პროცესის განხორციელება დამოკიდებულია გარემოს შესახებ ინფორმაციის დაგროვებაზე. ინფორმაციის შენახვა და მისი შემდეგი გამოყენება მეხსიერებით ხორციელდება. იმისდა მიხედვით, რა ხანგრძლივობით ინახება ინფორმაცია, განასხვავებენ მეხსიერების ორ ტიპს: მოკლევადიანს (წუთებიდან საათებამდე) და გრძელვადიანს (დღეებიდან წლებამდე). თუ ზემოთ ნათქვამს გავაანალიზებთ, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ორივე სახის მეხსიერება უყალიბდება სინაფსში. მათ შორის პრინციპული განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ პირველი სახის მეხსიერება შექცევადია, მეორე კი – არა. აქედან გამომდინარე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ არსებობს ორი განსხვავებული ენგრემა: ერთი – მოკლევადიანი, მეორე კი გრძელვადიანი მეხსიერებისათვის.

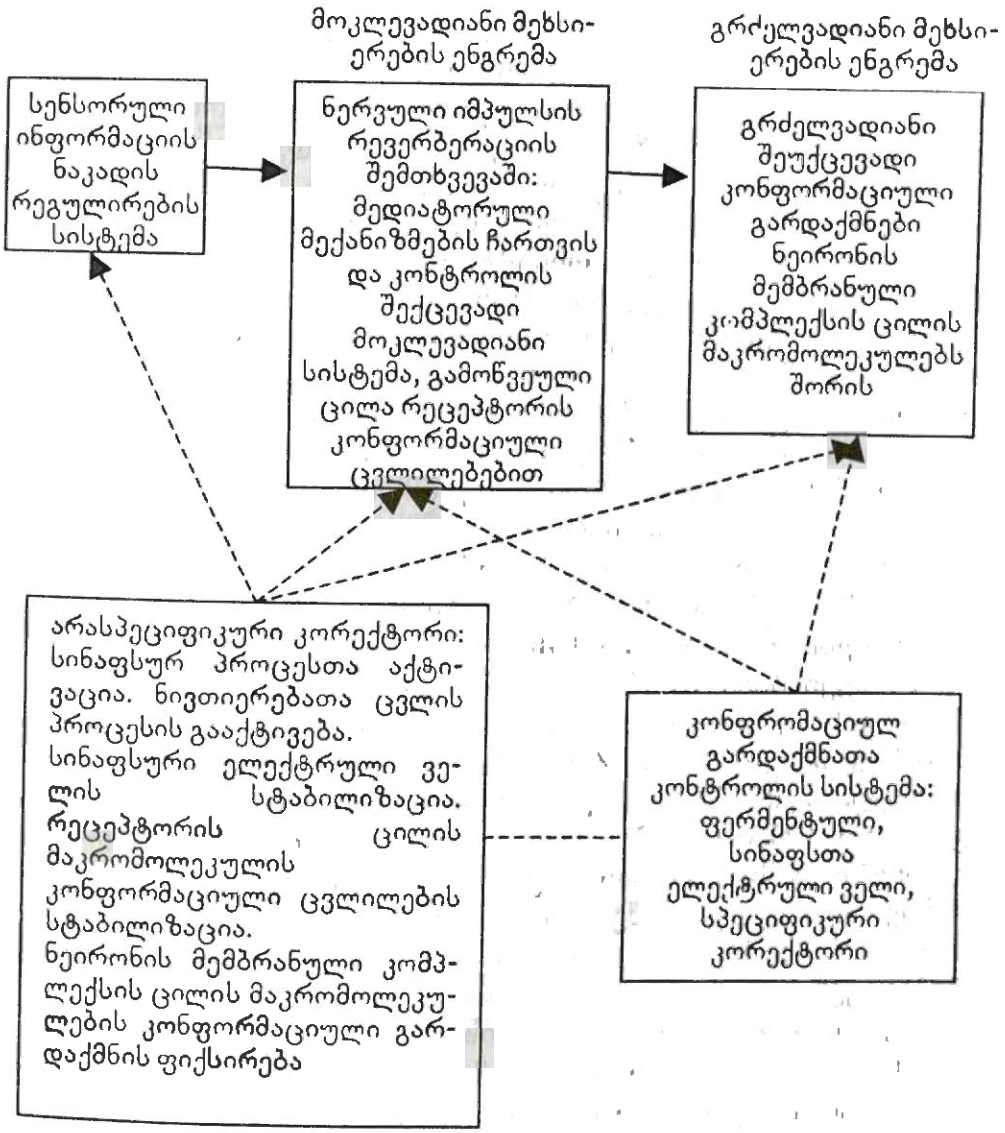
მოკლევადიანი მეხსიერების ენგრემა ხასიათდება ქიმიურ კავშირთა არამდგრადობით კონფორმირებული ცილის მაკრომოლეკულებს შორის მხოლოდ რეცეპტორთა ახლომდებარე ზონაში. მოკლევადიანი მეხსიერების ხანგრძლივობა პირდაპირ დამოკიდებულია სიგნალის ძალაზე, ინდივიდის ემოციურ მდგომარეობასა და განწყობაზე, ამიტომ ენგრემა ფუნქციურად სწრაფად ცვალებადია და შეზღუდულია დროში.

გრძელვადიანი მეხსიერების ენგრემა არ შემოიფარგლება მხოლოდ ცილის მაკრომოლეკულის კონფრომაციული ცვლილებებით რეცეპტორთან მიმდებარე ზონაში. კოოპერატული ეფექტის შედეგად იგი ვრცელდება ნეირონის მემბრანულ კომპლექსზე და იქმნება ერთიანი დიდი სისტემა ცილის მაკრომოლეკულათა ურთიერთდამოკიდებული კავშირით. ამ გზით ჩამოყალიბებული ენგრემა წაიშლება, ვინაიდან ცილა რეცეპტორის მაკრომოლეკულები იღებენ საწყის მდგომარეობას, ხოლო ნეირონთა კომპლექსის მემბრანათა ცილების მოლეკულების გადაადგილება ფიქსირდება კონფორმაციული სისტემის კონტროლით. გამოთქმულია მოსაზრება, რომელიც თხოულობს ექსპერიმენტულ დასაბუთებას. იგი მდგომარეობს შემდეგში: კონფორმაციული სისტემის კონტროლი ხელს უწყობს არა მარტო კონფორმაციული ცვლილების ფიქსირებას დასწავლის საწყის ეტაპზე, არამედ ცილის მაკრომოლეკულებს შორის ერთი სახის ქიმიური კავშირი გადაჰყავს მეორე სახის, უფრო მყარ კავშირზე. ამრიგად, სავარაუდოა, რომ მოკლე და გრძელვადიან მეხსიერებათა

ენგრემები საწყის პროცესში ლოკალიზებულია ერთ ადგილზე და მსგავსი მექანიზმით იწყება. მოკლე და გრძელვადიანი მეხსიერების ფორმირების ჰიპოთეზური მექანიზმი ილუსტრირებულია სქემაზე 4.1.

სქემა 4.1.

მოკლე და გრძელვადიანი მეხსიერების ენგრემის ფორმირების ჰიპოთეზური მექანიზმის სქემა



ნეიროქიმიკოსთა აზრით, დასწავლის პროცესში სინთეზირებული რომელიმე პეპტიდი ან სხვა ნივთიერება მეხსიერების მოლეკულად არ შეიძლება ითვლებოდეს. მეხსიერების მექანიზმი უნდა წარიმართოს კონფორმაციული ცვლილებებით ცილის მაკრომოლეკულებს შორის ნეირონთა კომპლექსის მემბრანებზე.

მრავალი მკვლევარი დასწავლისა და დამახსოვრების პროცესებს სწავლობს უხერხემლო ცხოველთა სხვადასხვა სახეობებზე. ბოლო ხანებში საკმაოდ პოპულარული გახდა ზღვის მოლუსკი Aplisia california. ამ ცხოველზე შესწავლილია მარტივი დასწავლის სამი ფორმა: ჰაბიტუაცია, სენსიტიზაცია და კლასიკური განპირობება სინაფსში მიმდინარე ნეიროქიმიური პროცესებით. Aplysia-ში გენთა ექსპრესიით განხორციელებული მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსი დეტალურად გვაქვს განხილული წინა თავის ერთ-ერთ ქვეთავში „ქცევის მაკონტროლებელი გენები". ეს ცხოველი გახდა დასწავლისა და ნეიროქიმიური ანალიზის კვლევის ობიექტი (სურ.3.13.). მასში ლაყუჩების განრიდების რეფლექსის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ღრმად ჩავწვდეთ მოკლევადიანი მეხსიერების პროცესებს. როდესაც ზღვის ლოკოკინას ნაზად შეეხებიან სიფონზე, ლაყუჩების კუნთები სწრაფად შეიკუმშებიან და ლაყუჩები დაიმალებიან მანტიის ღრმულში. ეს ქცევა გამოწვეულია მარტივი რეფლექსური რკალით, რომელშიც სიფონის სენსორული ნეირონების სინაფსები დაკავშირებულია ლაყუჩების კუნთებში განლაგებულ მოტორულ ნეირონებთან (სურ.3.16.).

განმეორებითი პირობითი სტიმულები Aplysia-ში იწვევენ განრიდების რეფლექსის შემცირებას. თუ ზღვის ლოკოკინის სიფონს შეეხებიან 10-15-ჯერ, სწრაფი თანმიმდევრობით, ლაყუჩების განრიდების პასუხი მცირდება საწყისი ინტენსივობის ერთ მესამედამდე, ეს შეკავებული პასუხი შეესაბამება სიფონის სენსორული ნეირონების მიერ გლუტამატის ნეიროტრანსმიტერის გამოყოფის რაოდენობის პროგრესულ შემცირებას მოტორულ ნეირონებზე არსებულ სინაფსებში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, განმეორებად სუსტ შეხებას სიფონზე (პირობით სტიმულებს) მივყავართ ალმგზნები პოსტსინაფსური პოტენციალის შემცირებისაკენ.

ტრანსმიტერების გამოთავისუფლება ხდება უჯრედის შიგნით Ca^{2+}-ის კონცენტრაციის გაზრდის შედეგად, რასაც მოჰყვება Ca^{2+} არხის გახსნა. Aplisia-ს სიფონის სენსორულ ნეირონებში

Ca^{2+}-ის გადაადგილების გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ ჰაბიტუაცია ხდება Ca^{2+} არხის ხვრელების შემცირებით, რომლებიც აქსონის ტერმინალში მოსული მოქმედების პოტენციალის პასუხად გაიხსნა, შემცირდა გამოთავისუფლებული გლუტამატის ტრანსმიტერების რაოდენობა. ჰაბიტუაცია არ ახდენს გავლენას აქსონის მოქმედების პოტენციალის გენერაციაზე სიფონის სენსორულ ნეირონებში ან რეცეპტორების პასუხზე პოსტსინაფსურ უჯრედებში (სურ.3.17.).

დამხმარე ნეირონები ხელს უწყობენ **Aplysia**-ს განრიდების რეფლექსის სენსიტიზაციას. თუ შეგუებული ზღვის ლოკოკინა იღებს ისეთ დამაზიანებელ სტიმულებს, როგორიცაა დარტყმა თავში ან კუდში, ის სიფონის შემდგომ სუსტ გაღიზიანებებს უპასუხებს ლაყუჩების განრიდების სწრაფი, გაზრდილი (მომატებული), რეაქციით. ამბობენ, რომ დამაზიანებელი სტიმულაცია (უპირობო სტიმულები) ცხოველს უფრო მგრძნობიარეს ხდის და ის აჩვენებს გაძლიერებულ რეაქციას, სიფონზე შეხებისას (პირობით სტიმულზე). **Aplysia**-ს სენსიტიზაცია ხდება ინტერნეირონების მეშვეობით, რომელთაც უწოდებენ დამხმარე ნეირონებს და რომელთა აქტივაციას იწვევს დარტყმა თავზე ან კუდზე. ელექტრონულ მიკროსკოპში ჩანს, რომ ამ გამშვები ნეირონის აქსონის სინაფსები განლაგებულია სიფონის სენსორული ტერმინალის ახლოს, იმ ადგილთან, სადაც სიფონის სენსორული ნეირონი სინაფსით უკავშირდება მოტორულ ნეირონს. გამშვები ნეირონის სტიმულაცია აიძულებს სიფონის სენსორულ ნეირონს, გამოათავისუფლოს მეტი ნეიროტრანსმიტერი (გლუტამატი) მოტონეირონზე განლაგებულ თავის სინაფსებში, რითაც იზრდება ლაყუჩების განრიდების რეფლექსი.

ჩვენ უკვე განვიხილეთ გზა, რომლითაც **Aplysia**-ს დამხმარე ნეირონების სტიმულაციას მივყავართ მოტონეირონების აქტივობის გაზრდამდე და, ასევე, ლაყუჩების კუნთების შეკუმშვის გაზრდამდე. დამხმარე ნეირონის სტიმულაციას იწვევს სიფონის სენსორული ნეირონების ტერმინალების პროტეინკინაზა, რომლის აქტივობაც დამოკიდებულია კუნთის ც-ამფ-ზე. მოკლევადიანი სენსიტიზაცია გაგრძელდება მანამ, სანამ მომატებული იქნება ც-ამფ და ამით გააქტივებული იქნება კინაზა. ეს გრძელდება ყოველი მასენსიტირებელი სტიმულის მოქმედების შემდეგ დაახლოებით ერთ საათს.

კლასიკურ განპირობებასა და სენსიტიზაციაში მონაწილეობენ თანხვედრი დედექტორები. კლასიკური განპირობების ფართოდ ცნობილი მაგალითია ძაღლებში პირობითი რეფლექსის გამომუშავება: თუ ზარი – პირობითი სტიმული – რეკავს რამდენიმე წამს საჭმლის – უპირობო სტიმულის – მიცემის წინ, ძაღლები მალე სწავლობენ ამ ორი სტიმულის დაკავშირებას და იწყებენ ნერწყვის გამოყოფას მხოლოდ ზარის დარეკვისას. ამგვარი სწავლის პროცესში მნიშვნელოვანია, რომ პირობითი სტიმული ყოველთვის უსწრებდეს უპირობო სტიმულს მცირე და კრიტიკული დროის ინტერვალით.

კლასიკური განპირობება რეგისტრირდება ზღვის მოლუსკის ლაყუჩების განრიდების რეფლექსში. „ვარჯიშის“ პროცესში სიფონის სუსტ შეხებას მაშინვე მოჰყვება მწვავე დარტყმა თავში ან კუდში, რომელიც, რასაკვირველია, გამოიწვევს აღნიშნული ლაყუჩის განრიდების რეფლექსს. ასეთი მიწოდებების სერიების შემდეგ ლაყუჩის განრიდების რეფლექსი შესამჩნევად იზრდება, თითქოს ცხოველი „სწავლობს“, რომ სიფონის სუსტ შეხებას თან სდევს დამანგრეველი, ძლიერი დარტყმა.

ორივეს, სენსიტიზაციას და კლასიკურ განპირობებას, ლაყუჩების განრიდების რეფლექსში მივყავართ პასუხის გაზრდამდე. სენსიტიზაცია ხდება, როდესაც დამხმარე ნეირონი აქტიურდება დარტყმით თავში ან კუდზე, მაშინ როდესაც განპირობება ხდება ნაზი შეხებით ნეირონის გააქტივებისას.

ამ დროს სიფონის სენსორული ნეირონის აქსონის ტერმინალში ადენილატ ციკლაზა ფუნქციონირებს როგორც დამაკავშირებელი დეტექტორი, რომელიც აჯამებს გამოწვეულ სიგნალებს. ეს ციკლაზა შეიძლება გააქტივდეს $G_{sa}GTP$-ით, რაც გამოწვეულია დამხმარე ნეირონის სტიმულაციით ან Ca^{2+} – კალმოდულინით, რომელიც წარმოიშვა სიფონის სენსორული ნეირონის სტიმულაციით.

ციკლაზას აქტივაცია და აქედან CAMP-ის გაზრდა უდიდესია, რაც განპირობებულია Ca^{2+}-ის კონცენტრაციით და შემდგომი ურთიერთქმედებით 1-2 წამის განმავლობაში $G_{sa}GTP$-სთან, რომელსაც წარმოქმნის უპირობო გამღიზიანებელი. ამ გზით ადენილატ ციკლაზას აქტივობის ზრდა, რომელიც გამოწვეულია უპირობო სტიმულაციით, სენსორულ ნეირონებს ხდის უფრო მგრძნობიარეს პირობითი სტიმულების მიმართ: ცხოველი „სწავლობს“ პირობითი გამღიზიანებლის უპირობოსთან დაკავშირე-

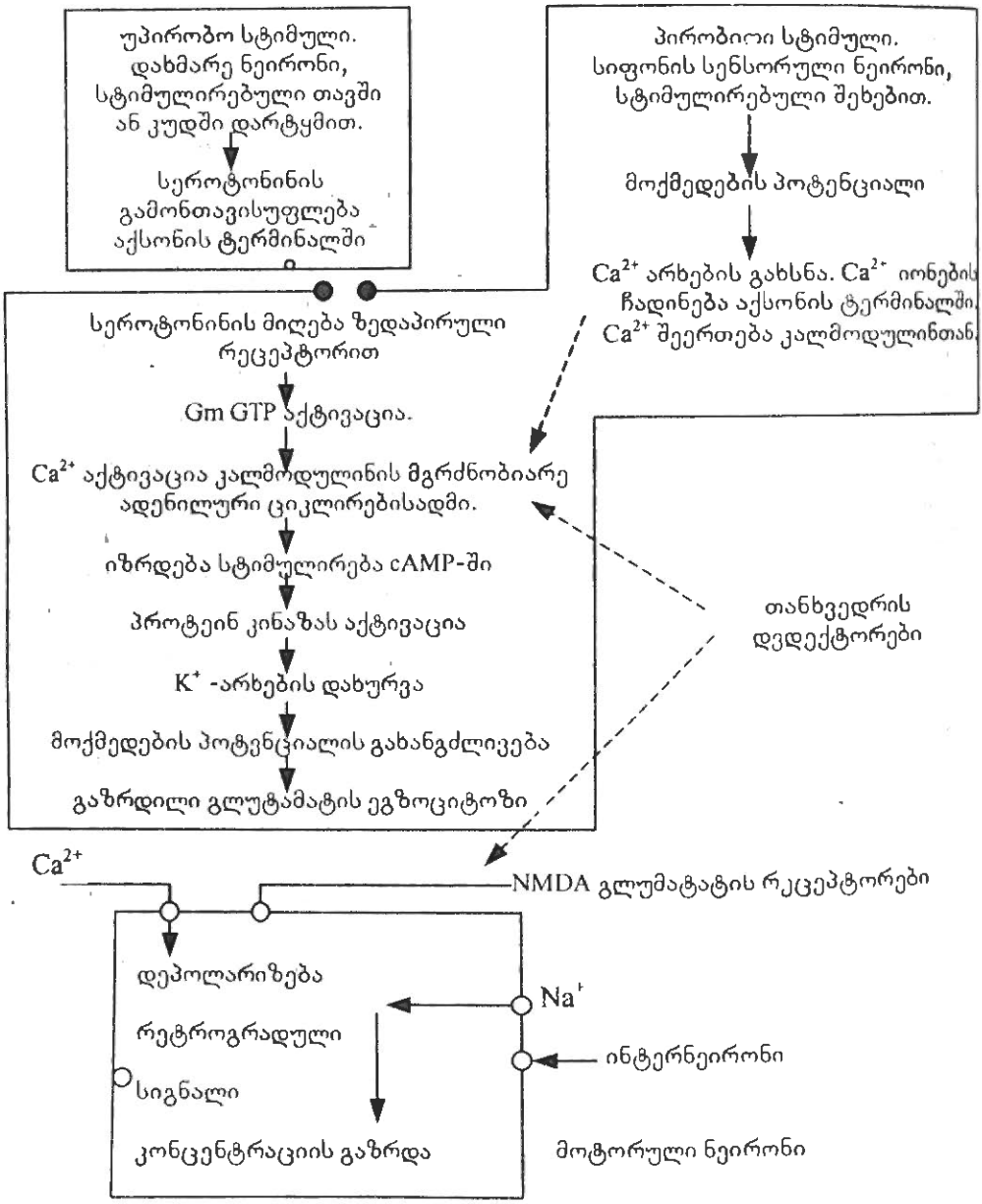
ბას და მომდევნო პირობით გამღიზიანებელზე იძლევა პასუხს, რომელიც უფრო დიდია, ვიდრე ის პასუხი, რომელიც წარმოიქმნებოდა იმ შემთხვევაში, თუ ცხოველი არ იქნებოდა გაწვრთნილი წყვილად მიწოდებული პირობითი და მისი მომდევნო უპირობო გამღიზიანებლებით. მართლაც, იზოლირებულ მემბრანებში, რომლებიც მომზადებული არიან Aplysia-ს ნეირონებისაგან, ადენოლატ ციკლაზას აქტივობა არის უფრო დიდი, როდესაც მემბრანები განიცდიან ზემოქმედებას მომატებული Ca^{2+}-ით, სანამ იმოქმედებს $G_{sa}GTP$. ეს ბიოქიმიური ასიმეტრია არეკლავს საკვანძო დროით მოთხოვნას განპირობებისათვის ინტაქტურ ცხოველში: განპირობება წარმოიშვება მხოლოდ მაშინ, როდესაც პირობითი გამღიზიანებელი წინ უსწრებს უპირობოს.

NMDA გლუტამატის რეცეპტორები მოტორულ ნეირონებში მოქმედებენ აგრეთვე, როგორც დამაკავშირებელი დეტექტორები და მონაწილეობენ ლაყუჩების განრიდების რეფლექსის გაზრდაში. გარდა იმისა, რომ კუდის სენსორული ნეირონები ქმნიან სინაფსებს დამხმარე ნეირონებზე, ისინი ქმნიან სინაფსებს აგრეთვე ინტერნეირონების ქსელში, რომლებიც თავის მხრივ ქმნიან სინაფსებს მოტონეირონებზე. კუდის სენსორული ნეირონების აქტივაციას უპირობო სტიმულით მივყავართ მოტონეირონების ნაწილობრივი დეპოლარიზაციისაკენ ამ ინტერნეირონების მეშვეობით. მოტორული ნეირონები შეიცავენ NMDA გლუტამატის რეცეპტორებს, რომლებიც იერთებენ სიფონის სენსორული ნეირონების მიერ გამოთავისუფლებულ გლუტამატს. ამ აქტივაციის გამოძახილი – გლუტამატით ჩაკეტილი Na^+/Ca^{2+} არხები – მოითხოვენ ორივეს: გლუტამატის ბმის და პლაზმატური მემბრანის ნაწილობრივ დეპოლარიზაციას. ამგვარად უპირობო სტიმულები მოტონეირონების მემბრანების ნაწილობრივი დეპოლარიზაციის შედეგად იწვევენ Ca^{2+} და Na^+ იონების უფრო დიდ შედინებას, ვიდრე ამას გამოიწვევდა მხოლოდ პირობითი სტიმულის მოქმედება.

უპირობო სტიმულებით გამოწვეული დეპოლარიზაციით ერთხელ სენსიტიზებული მოტონეირონები შეიძლება გააქტიურდნენ გენერაციით სიფონის პრესინაფსურ სენსორულ ნეირონებში მცირე მოქმედების პოტენციალით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სინაფსი „სწავლობს“ გაძლიერებულ პასუხს პრესინაფსური უჯრედების სიგნალებზე.

სქემა 4.2.

სასიგნალო გზები Aplysia californica-ს ნეირონებს შორის სენსიტიზაციის და კლასიკური განპირობების განხორციელებისას



მოტონეირონებში გაზრდილი Ca^{2+}-ის კონცენტრაცია იწვევს აგრეთვე სეკრეციას უცნობი რეტროგრადული სიგნალისა, შესაძლოა CO-სი ან NO-ისა, რომელიც დიფუზირდება სენსორულ ნეირონებში და ზრდის Ca^{2+} კალმოდულინ – მგრძნობიარე ადენილატ ციკლაზას მგრძნობიარობას. ამგვარად, დაწყვილებული კომბინაცია უპირობო და პირობითი სტიმულებისა გამოიხატება გაძლიერებულ პასუხებში როგორც სენსორულ ნეირონებში, ისე მოტონეირონებში. სასიგნალო გზები Aplysia-ში ნეირონებს შორის სენსიტიზაციის და კლასკური განპირობების განხორციელებისას შეჯამებულია სქემაში 4.2.

Aplysia-ში მოკლევადიანი სენსიტიზაცია და პირობითი პასუხები შეიძლება შეგვხვდეს პროტეინის სინთეზის ინჰიბიტორების არსებობისას იმ შემთხვევაში, თუ ახალი პროტეინების შექმნა საჭიროა მოკლევადიანი დასწავლის პასუხებისათვის (მოკლევადიანი მეხსიერება). მეორე მხრივ უპირობო სტიმულები გამოიწვევენ გრძელვადიან სენსიტიზაციას (გრძელვადიანი მეხსიერება), რომელიც გაგრძელდება დღეების ან კვირების განმავლობაში. ორივე, როგორც გრძელვადიანი, ისე მოკლევადიანი სენსიტიზაცია მოქმედებს ერთსა და იმავე სინაფსებზე და ერთსა და იმავე K^+-არხებზეც კი. გრძელვადიანი მეხსიერებისათვის პროტეინული სინთეზი მნიშვნელოვანია, რაც მიგვითითებს იმაზე, რომ გრძელვადიანი მეხსიერებისათვის ამ სინაფსებში უნდა წარმოიქმნას გარკვეული ახალი პროტეინები. არსებობს ისეთი მოსაზრებაც, რომ პროტეინთა სინთეზი მეხსიერებისათვის შეიძლება არ იყოს სპეციფიკური.

გრძელვადიანი სენსიტიზაცია Aplysia -ს ლაყუჩების განრიდების რეფლექსში შეიძლება გამოწვეული იყოს კულტურის უჯრედებში სეროტონინის განმეორებითი მიწოდებით, ნეიროტრანსმიტერი ნორმალურად გამოთავისუფლდება დამხმარე ნეირონებით. სეროტონინის განმეორებითი მიწოდება იწვევს რამდენიმე პროტეინის სინთეზს სენსორულ ნეირონებში და სხვების სინთეზის შეკავებას, კერძოდ, ზოგიერთი N-CAM-ისა და პლაზმური მემბრანის პროტეინებისა, რომლებიც ფუნქციონირებენ უჯრედში ნეირონთა ურთიერთობაში.

სენსიტიზაცია და კლასიკური პირობითობა Aplysia-ს ლაყუჩების განრიდების რეფლექსში არის ერთ-ერთი იმ შემთხვევათაგანი, რომელშიც სინაფსური ფუნქციის მოკლევადიანი ცვლილე-

ბები გარკვეულია დეტალურად, მოლეკულურ დონეზე. დასწავლის ეს მარტივი ფორმები სასარგებლო მოდელებია ქცევის უფრო კომპლექსური ფორმებისათვის, როგორებიცაა მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მეხსიერებები ხერხემლიანებში. ნეირომეცნიერები აფიქსირებენ სულ უფრო მეტ მოლეკულებს, რომლებიც ფუნქციონირებენ ძუძუმწოვრების მეხსიერებაში. სწავლებისა და მეხსიერების შედეგები ასე გამოიყურება:

- გარკვეული სინაფსების აქტივობისას ცვლილებები დაკავშირებულია მოკლევადიან მეხსიერებასთან, ყოველ შემთხვევაში ზოგიერთ ხერხემლიანთა და ძუძუმწოვართა ნერვულ სისტემებში.
- ზღვის მოლუსკ-ში Aplysia ლაყუჩების განრიდების რეფლექსი გვიჩვენებს ჰაბიტუაციას (შეკავებას), სენსიტიზაციას და კლასიკურ განპირობებას – სწავლების სამ მარტივ ფორმას.
- ჰაბიტუაცია დაკავშირებულია Ca^{2+}-ის არხების დახურვასთან სიფონის სენსორული ნეირონების აქსონების პრესინაფსურ ტერმინალებში; ეს ამცირებს Ca^{2+}-ის ნაკადს აქსონის ტერმინალებში და, შესაბამისად, მოტორულ ნეირონებში გამოთავისუფლებული ჯამური გლუტამიტის ნეიროტრანსმიტირების რაოდენობას.
- სენსიტიზაცია და კლასიკური განპირობება გამოწვეულია დამხმარე ნეირონებით, რომელთა სინაფსებით დაფარულია სიფონის სენსორული ნეირონები. დახმარე (შემამსუბუქებელი) ნეირონების სტიმულაციას მივყავართ გახანგრძლივებული დეპოლარიზაციისაკენ და გლუტამატის ნეიროგადამტანების გაზრდილ ეგზოციტოზთან სენსორულ ნეირონებში.
- კლასიკურ განპირობებაში მონაწილეობენ პირობითი სტიმულები, რომლებიც მოქმედებენ სიფონის სენსორულ ნეირონებზე და ზრდიან Ca^{2+}-ის დონეს, და უპირობო სტიმულები, რომლებიც მოქმედებენ დამხმარე ნეირონებზე და ახდენენ ადენოლიტური ციკლაზის ან სიფონის სენსორული ნეირონების აქსონების ტერმინალების კონვერგირებას. ეს ენზიმი,

რომელიც აქტიურდება როგორც $G_{sa}GTP$-თი, ასევე Ca^{2+}- კალმოდულინით, ფუნქციონირებს როგორც თანხვედრის დეტექტორი. NMDA გლუტამატის რეცეპტორები პოსტსინაფსურ მოტორულ ნეირონებში ფუნქციონირებენ აგრეთვე როგორც თანხვედრის დეტექტორები, რომლებიც პასუხობენ როგორც პირობით, ასევე უპირობო სტიმულებზე.

ნერვული უჯრედების ფუნქციის რეალური ამოცნობა მოითხოვს ბევრი ტიპის მემბრანული არხის, რეცეპტორისა და სხვა პროტეინების სამგანზომილებიანი სტრუქტურის ცოდნას. ამ სტრუქტურების გამოკვლევა გაძნელებულია მემბრანის ინტეგრალური პროტეინის გაწმენდისა და კრისტალიზაციის ტექნიკური პრობლემების გამო. დამტკიცდა, რომ ბაქტერიული K^+ არხების სტრუქტურა უზრუნველყოფს იმას, რომ მემბრანის სტრუქტურებმა განასხვაონ Na^+ და K^+ იონები. პირველადი გამხსნელი ძაბვის მქონე K^+ არხის სტრუქტურის გამოცნობა უნდა ასახავდეს არხის გამშვები მექანიზმის გახსნას და ინაქტივაციას, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა ძაბვაზე დამოკიდებული მრავალი არხისათვის. ანალოგიურად, ნიკოტინური აცეტილჰოლინი, გლუტამატი, GABA და გლიცინის რეცეპტორები, ყველა ბმული იონების არხია, მაგრამ საკამათოა, აქვთ თუ არა მათ მემბრანებში ისეთივე მთლიანი სტრუქტურები. ამის გადასაწყვეტად საჭიროა მათი სამგანზომილებიანი სტრუქტურის ცოდნა, რომელიც დეტალურად ახსნის, თუ როგორ იონურ ბმებს მივყავართ არხების გახსნისაკენ.

როგორ ხდება ნეირონი ძალიან გრძელი დატოტვილი სტრუქტურა; რატომ ხდება ნეირონის ერთი ნაწილი დენტრიტი, ხოლო მეორე – აქსონი; რატომ არიან მემბრანის გარკვეული პროტეინები დაჯგუფებული განსაკუთრებულ ადგილებში – რეცეპტორებში, პოსტსინაფსურ სიმკვრივეებში, დენდრიტების, Ca^{2+} არხების აქსონის ტერმინალებში და Na^+ არხებში მიელინიზებულ ნეირონებში, რანვიეს ნაჭდევში? ნერვული უჯრედის ფორმისა და პროტეინების გამიზნულობის შესახებ მსგავსი კითხვები დაისმება სხვა ტიპის უჯრედების მიმართაც, მაგრამ სხვადასხვა ტიპის ნეირონების მნიშვნელოვნად განსხვავებული სტრუქტურების შესწავლის აუცილებლობისას. სპეციფიკური ტიპის ნეირონების ისეთი სუფთა კულტურების მიღება, რომ-

ლებშიც ისინი შეინარჩუნებენ თავიანთ ნორმალურ თვისებებს, შესაძლებელს გახდიდა ამ პრობლემის შესწავლას მოლეკულური ბიოლოგიის ტექნიკის გამოყენებით. ყველაზე რთული კითხვები ეხება სპეციფიკური სინაფსების წარმოდგენას თავის ტვინში. ეს კითხვებია: საიდან იცის ნეირონმა, თუ რომელი სინაფსი ეკუთვნის ერთი ტიპის ნეირონს და რომელი – მეორეს.

რამდენიმე საკითხი ნერვული სისტემის შესახებ, რომლებიც იწვევენ დიდ ინტერესს, ეხება ადამიანების სწავლებას, ინტელექტსა და მეხსიერებას. სწავლების ტიპები Aplysia-ში ამჟამად გამოიყენება ისეთი ორგანიზმებისათვის, როგორებიცაა Drozophila და თაგვები. საოცარია, მაგრამ ხილის ბუზები შეიძლება გავავარჯიშოთ ისე, რომ შეძლონ თავი აარიდონ ზოგიერთ მავნე სტიმულს. მუტანტი ბუზები, რომლებიც ვერ სწავლობდნენ, იზოლირებულ იქნენ, გაირკვა რომ რამდენიმე მუტაცია მოქმედებს ერთსა და იმავე პროტეინზე (მაგ. ადენოლატ ციკლაზაზე – აქტივირებული $G_{sa}GTP$ და Ca^{2+} – კალმოდულინზე), რომელიც მონაწილეობს Aplysia-ს სწავლებაშიც. ამის ანალოგიურად, მეცნიერებმა შექმნეს თაგვები, რომლებსაც ჰქონდათ იმ დამაკავშირებელი დეტექტორების დეფექტი, რომლებიც ჩართული იყვნენ სწავლების უმარტივეს ფორმაში. მართლაც, ამ თაგვებს გააჩნდათ დეფექტი სწავლების მეტად სპეციფიკურ ფორმაში. იმის შემდეგ, რაც ეს დეტექტორები იდენტიფიცირებულ იქნენ მოლეკულური კლონირებისას, მეცნიერებმა შეძლეს იდენტიფიცირება სხვა ენზიმების ან რეცეპტორებისაც, რომლებსაც მნიშვნელობა აქვთ თაგვების სხვა ტიპის სწავლების პროცესებში.

გრძელვადიანი მეხსიერების საფუძველი განსაკუთრებული და ძნელად გასაგებია. ის მოიცავს ცვლილებებს გენებით გამოხატულ ნიმუშებში ინდივიდუალური ნეირონების ცვლილებებით, რომლებსაც შეუძლიათ არსებობა ცხოველის მთელი სიცოცხლის განმავლობაში. გარდა ამისა, გარკვეული პროტეინები ლოკალიზდებიან გარკვეულ დენდრიტებში, რომლებიც „სწავლობენ" და არა ამავე უჯრედის სხვა დენდრიტში, ჩვენ კი არ გვესმის, როგორ ხდება ეს. იმის დადასტურება, რომ ადამიანების დასწავლისა და ინტელექტის სპეციფიკური ტიპები ეკუთვნიან ასეთი პროტეინების მთლიან ან გარკვეულ ტიპს, ძნელი და წინააღმდეგობრივი იქნება.

იმპრინტინგი როგორც დასწავლის ყველაზე ადრეული ფორმა ცხოველთა ონტოგენეზში

ინდივიდუალური შეგუებითი ქცევებიდან განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა იმ პროცესებს, რომლებიც მიმდინარეობენ ადრეული პოსტემბრიონული განვითარებისას. ცხოველთა ინდივიდუალური შეგუებითი პროცესები მჭიდროდ უკავშირდებიან იმ მუდმივად ცვლად პირობებს, რომლებიც განპირობებული არიან სოციალური ურთიერთობით და მშობელთა გარემოცვით. შეგუებითი ქცევები ყალიბდება მხედველობით, სმენით, ტემპერატურულ და ქიმიურ გამღიზიანებელთა რთულ ურთიერთობათა შედეგად. ახალშობილთა თავის ტვინში დაბადებიდან ყალიბდება ქცევის წარმმართველი ხატი, რომელიც მეხსიერებაში ჩაიბეჭდება ხანგრძლივი დროით. სხვადასხვა ქცევების წარმმართველ ხატებს აერთიანებენ ერთი საერთო ჯგუფური ტერმინით, რომელსაც იმპრინტინგი ეწოდება. იმპრინტინგის მრავალი მაგალითი განხილულია წიგნის მეორე თავში. ვიდრე ამ ქვეთავის გაცნობას დაიწყებდეთ, სასურველია ხელმეორედ გადაიკითხოთ ის საკითხები, რომლებიც იმპრინტინგს ეხებიან.

ბიოლოგიური თვალთახედვით იმპრინტინგით იწყება პირველი ურთიერთობა ახალშობილებსა და მშობლებს შორის. ინპრინტინგი წარმოადგენს იმ პროცესების დამამთავრებელ რგოლს, რომელიც იწყება ემბრიონული განვითარების პერიოდში. ემბრიოგენეზში ჩამოყალიბებული პროცესები საშუალებას აძლევენ ცხოველებს სწრაფად მოახდინონ რეაგირება და ადაპტაცია გარემოს ბიოტურ და აბიოტურ ფაქტორებთან. ამ მიმართულებით იმპრინტინგი არის გრძელვადიანი მეხსიერების ერთ-ერთი ფორმა. იმპრინტინგის უნარი გააჩნია ერთი სახეობის ყველა ინდივიდს. იმპრიტინგუნარიანი სახეობების რაოდენობა კი საკმაოდ დიდია.

იმპრინტინგს განიხილავენ როგორც სწრაფი დასწავლის განსაკუთრებულ ფორმას, იგი განსხვავდება ასოციაციური დასწავლისაგან შემდეგი ნიშნებით:

1. იმპრინტინგი ეფექტურად მიმდინარეობს ცხოველთა ინდივიდუალური განვითარების ადრეულ კონკრეტულ პერიოდში, რომელსაც სენსორულ პერიოდს უწოდებენ. ზოგჯერ მისი ხანგრძლივობა ხანმოკლეა.
2. იმპრინტინგის მოქმედება შეუქცევადია, სენსორულ პერიოდში განხორციელებული იმპრინტინგი ინახება

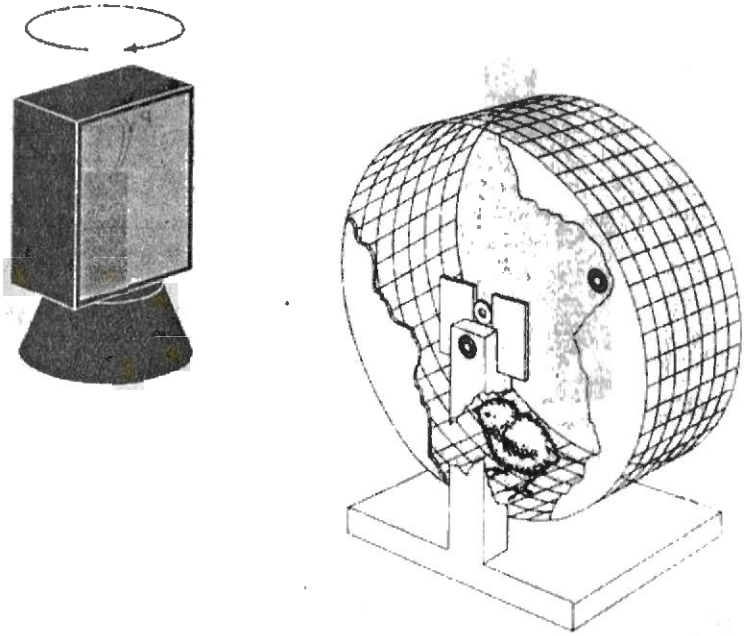
მთელი ცხოვრების პერიოდში. იმპრინტინგის შეუქცევადობა საკამათოა.

3. იმპრინტინგი არის ზრდასრული ცხოველის შემდგომი ქცევის განმსაზღვრელი.
4. იმპრინტინგი წარმოიქმნება სახეობის და არა ინდივიდუალური ნიშნის მქონე ობიექტის მიმართ.
5. იმპრინტინგი შეიძლება გადატანილ (გენერალიზებული) იქნეს სხვა მსგავს ობიექტ-სტიმულებზე, რომლებიც ჰგვანან იმპრინტინგირებულს.
6. იმპრინტინგი ხორციელდება მანამ, სანამ არ ჩამოყალიბდება სათანადო ქცევა. დასწავლის ეს ფორმა განმტკიცების გარეშე მიმდინარეობს.

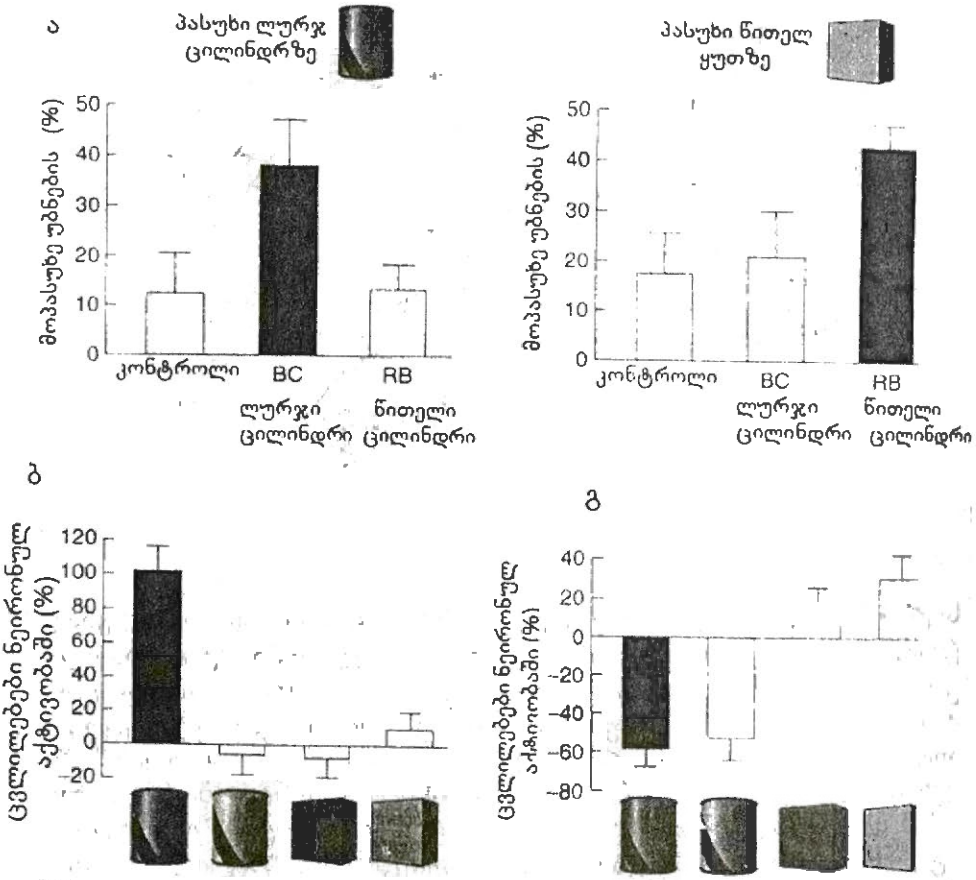
იმპრინტინგის გამოსავლენად შემოღებულია ორი სახის ტესტი. პირველი ეხება ობიექტ-სტიმულის დამახსოვრებას (test of retention), მეორე – ობიექტ-სტიმულთა გარჩევას (tests of descrimination). პირველ ტესტში გამოყენებულია საკონტროლო ცხოველები. ცდისა და საკონტროლო ცხოველების ტესტირების შედეგებს ადარებენ ერთმანეთს. უფრო უახლოვდებიან ინპრინტინგირებულ ობიექტ-სტიმულს და აედევნებიან მის მოძრაობას უკეთ, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები, თვლიან, რომ იმპრინტინგი განხორციელებულია.

მეორე სახის ტესტი – ობიექტ-სტიმულთა გარჩევა – ფართოდ არის დანერგილი ექსპერიმენტულ კვლევებში. ასეთი ტესტირებისას ცხოველებს ყოფენ ორ ჯგუფად. ერთ ჯგუფს უმუშავებდნენ იმპტრინტინგს ერთ ობიექტ-სტიმულზე, მეორე ჯგუფს კი სხვა გამღიზიანებელზე. ვარჯიშის შემდეგ ცხოველებს ერთდოულად წარედგინებათ ორივე გამღიზიანებელი. იმპრინტინგი გამოვლენილი იქნება იმ შემთხვევაში, თუ საექსპერიმენტო ცხოველი უპირატესობას მიანიჭებს იმ ობიექტ-სტიმულს, რომლის ზემოქმედებითაც გაიარა მოსამზადებელი ვარჯიში.

ექსპერიმენტი, რომელიც ტარდება იმპრინტინგის გამოსავლენად, ნაჩვენებია სურათზე 4.57. მხედველობით აღქმულ ობიექტ-სტიმულთა დასწავლის დინამიკა ილუსტრირებულია სურათზე 4.58. იმპრინტინგისათვის გამოყენებულ სტიმულებთან მიახლოების მცდელობა აღწერილია სურათზე4.59. ამ ექსპერიმენტულ პირობებში გამოყენებულ სხვადასხვა სტიმულთა ინტეგრაციული ასპექტები ილუსტრირებულია სურათებზე (სურ. 4.60. და 4.61.).



სურ.4.57. *საცდელი აპარატურა იმპრინტინგის გამოსავლენად (Horn, 1998). აღნიშნულ შემთხვევაში საცდელი ობიექტია წითელი ყუთი (red Box-RB), რომელიც ბრუნავს საათის ისრის მიმართულებით 30 ბრ/წთ$^{-1}$. მბრუნავი ბორბლის გვერდები გაუმჭვირვალეა, ამიტომ სურათზე ერთ-ერთი გვერდი თვალსაჩინოებისათვის ნაჩვენებია ღიად. ცდის განმავლობაში წიწილას მიეწოდება სტიმული 1-2,5 სთ განმავლობაში. ჯგუფში წიწილების ნახევარს მიეწოდება სტიმული RB. დანარჩენებს კი მბრუნავი ცისფერი ცილინდრი (Blue Cylinder-BC). როგორც კი წიწილა შეეცდება ობიექტთან მიახლოებას, ბორბალი იწყებს ბრუნვას. ბრუნვის რაოდენობით იზომება მიახლოების აქტივობა. ცდის შემდეგ, დასწავლის უნარის შესაფასებლად თითოეულ წიწილას უტარდება უპირატესობის მინიჭების გამოსავლენი ტესტი. ტესტში წიწილას ეძლევა ჯერ საცდელი სტიმული (მაგ. RB), შემდეგ კი სტიმული, რომელიც მანამდე არ უნახავს (ახალი სტიმული ან ობიექტი, მაგ. BC). ქულები გამოითვლება საცდელ ობიექტთან მიახლოების რაოდენობის შეფარდებით მიახლოების აქტივობის ჯამთან (ანუ საცდელი და ახალი სტიმულებისადმი მიახლოებათა ჯამი) ტესტის განმავლობაში. თუკი წიწილა მიუახლოვდება მხოლოდ საცდელ სტიმულს, მიიღებს 100%-იან ქულას. თუკი იგი თანაბრად მიუახლოვდება ორივე სტიმულს, რომელიმესათვის უპირატესობის მინიჭების გარეშე, ქულა იქნება 50%. რადგანაც ცდის დაწყებიდან 10 წთ შემდეგ გამოთვლილი უპირატესობის მინიჭების ქულა მკაცრად კორელირებს 24 სთ-ის შემდეგ დაფიქსირებულ ქულებთან, ის წარმოადგენს მოკლე და გრძელვადიანი რეტენციის რეალურ საზომს.*



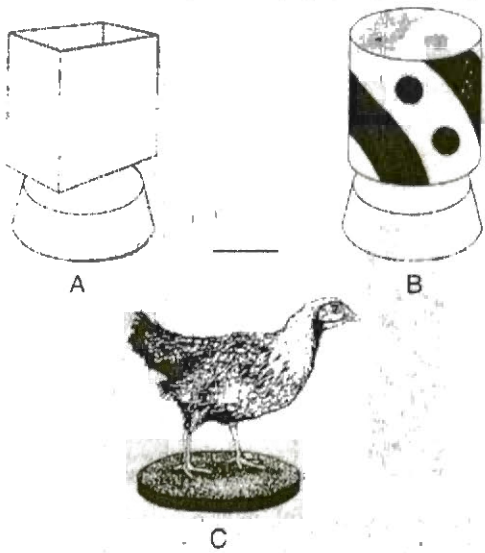
სურ.4.58. *სტიმულის დასწავლაზე დამოკიდებული ცვლილებები (Horn, 1998). ცდაში გამოყენებულია სიბნელეში გამოზრდილი წიწილების 3 ჯგუფი. 24 სთ-იანი ასაკის 2 ჯგუფს წარედგინება მბრუნავი წითელი ყუთი (RB) ან მბრუნავი ლურჯი ცილინდრი (BC). უპირატესობის მინიჭების საკელეე ტესტში წიწილები უპირატესობას ანიჭებენ ნაცნობ ობიექტს (მაგ. RB) ახალ სტიმულთან (მაგ. BC) შედარებით. იმპრინტინგის შემდეგ ახდენენ თითოეული წიწილას ანესთეზიას და ქალაში ნერგავენ მიკროელექტროდს. მომდევნო დღეს წიწილა თავსდება მბრუნავ ბორბალში და ხდება მარცხენა IMHV უბნის ნეირონთა მცირე (2-4) ჯგუფებიდან ჩანაწერების გაკეთება. მესამე საკონტროლო ჯგუფის წიწილებსაც ეპყრობიან იმპრინტინგებულთა მსგავსად, მაგრამ ისინი ცდაში არ მონაწილეობენ. ჩანაწერთა უბნების საშუალო რიცხვი თითოეული წიწილასათვის არის 7.8. ცალკეულ უბანში ჩანაწერთა აღრიცხვისას წიწილას აჩვენებენ სტიმულს (მაგ. RB), რომელსაც მოსდევს სხვა სტიმული (მაგ. BC). წიწილების ქცევა მოწმდებოდა და სტიმული მიეწოდებოდა მხოლოდ მაშინ, როცა წიწილა უყურებდა სტიმულს. აღნიშნული პროცედურა მეორდებოდა ყოველი უბნისათვის, სადანაც ხდებოდა რეგისტრაცია.*

(ა) წიწილების სამივე ჯგუფში (სურათზე მოცემულია სტანდარტული გადახრები) ლურჯი ცილინდრის (BC -მარცხნივ) და წითელი ყუთისადმი (RB-მარჯვნივ) მოპასუხე უბნების საშუალო პროპორციული მუქი სექტი ასახავს ნაცნობ სტიმულზე მოპასუხე უბნების ფარდობას. აღსანიშნავია, რომ სტიმულზე მოპასუხე უბნების შეფარდება უფრო მაღალია ($p<0,001$), თუკი წიწი-

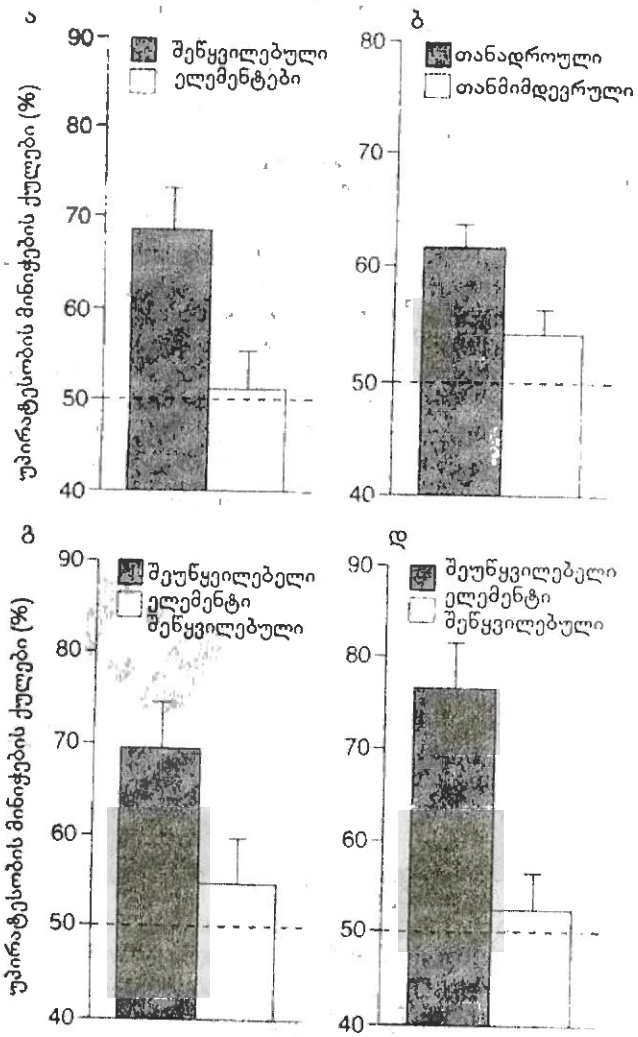
ლა მასზე იმპრინტინგირებულია (მაგ. BC წარდგენილია RB-იმპრინტინგირებული წიწილებისადმი. მარცხენა დიაგრამა), ვიდრე იმ შემთხვევაში, თუკი სტიმული მისთვის უცნობია (მაგ. BC წარედგინება RB -იმპრინტინგირებულ ან საკონტროლო წიწილებს). ცდის სახე თითოეული ჯგუფისადმი მითითებულია შესაბამისი სვეტის ქვეშ.

(ბ) პასუხთა სელექციურობა ლურჯი ცილინდრით (BC) იმპრინტინგირებულ წიწილებში: სტიმულზე განხორციელებულ პასუხთა შეფარდებითი ზომა ცალკეული უბნებისათვის ნაჩვენებია თითოეული სვეტის ქვეშ. მნიშვნელოვანი პასუხები ($p<0,001$) აღირიცხა მხოლოდ ნაცნობ სტიმულზე (BC, მუქი სვეტი). სტიმულის წარდგინებისას განმუხტვათა საშუალო მაჩვენებელი გამოსახულია როგორც პროცენტული ცვლილება სტიმულის წარდგენამდე არსებული განმუხტვის საშუალო მაჩვენებლის მიმართ (სპონტანური აქტივობა = 10,3 სპაიკი/წმ$^{-1}$).

(ც) პასუხთა გენერალიზაცია ლურჯი ცილინდრით (BC) იმპრინტინგირებულ წიწილებში: პასუხი (B) ნაცნობი ლურჯი ცილინდრისადმი (BC - მუქი სვეტი) მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება მბრუნავ წითელ ცილინდრზე პასუხისაგან, მაგრამ ორივე პასუხი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ($p<0,001$) სხვა სტიმულებზე პასუხებისაგან. ამრიგად, პასუხი გენერალიზებულია ფორმაზე, მაგრამ არა ფერზე.



სურ.4.59. სტიმულის გამოყენების მაგალითები წიწილებში (*Bolhuis, Honey, 1998*). სტიმულები მოთავსებულია მოტორზე ცენტრალური მბრუნავი ღერძით. წითელ ყუთს (A) და ლურჯ ცილინდრს (B) აქვთ ფერადი ფილტრები და ისინი ნათდებიან შიგნიდან. სტიმულს (C) წარმოადგენს **Burmes** – წითელი ჯუნგლის ქათამი (*Gallus gallus spadiceus*). ცდის მსვლელობისას წიწილები თავსდება მბრუნავ ბორბალში, რომლის იატაკი წარმოადგენს მავთულის მესერს, საიდანაც წიწილას შეუძლია დააკვირდეს სტიმულს. როდესაც წიწილა დააპირებს მოძრაობის დაწყებას, ბორბალი ბრუნავს ღერძის გარშემო. ტესტირებისას საცდელ სტიმულთან მიახლოების მცდელობა გამოისახება, როგორც საცდელ სტიმულთან ჯგუფური მიახლოებისა და ახალ სტიმულთან მიახლოების ფარდობა. 50-ს ზემოთ ქულები მიუთითებს საცდელი სტიმულისადმი უპირატესობის მინიჭებაზე.



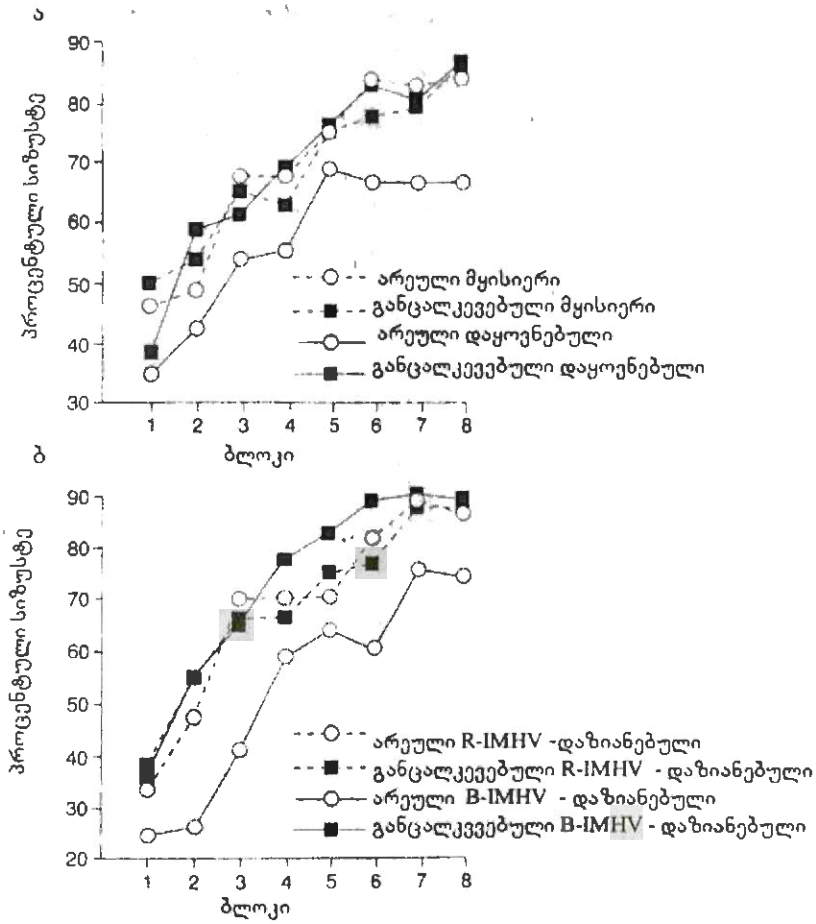
სურ.4.60. *მაიმპრინტინგირებელ სტიმულთა ინტეგრაციული ასპექტები (Bolhuis, Honey, 1998). მხედველობითი უპირატესობის მინიჭების ქულები წიწილებში, რომელთაც ერთდროულად (შეუღლებულად) წარედგინათ მაიმპრინტინგირებელი ობიექტის მხედველობითი და სმენითი ელემენტები მხედველობითი უპირატესობის არსებობისას:*

(ა) – მხედველობითი და სმენითი ელემენტების წარდგენა სხვადასხვა ეტაპზე.

(ბ) – მხედველობითი და სმენითი ელემენტების სიხშირული დაწყვილება.

(გ) – ცდა სმენითი ელემენტების წარდგენა შეწყვილებამდე.

(დ) – ცდა შეწყვილებული სმენითი ელემენტის წარდგენის შემდეგ.



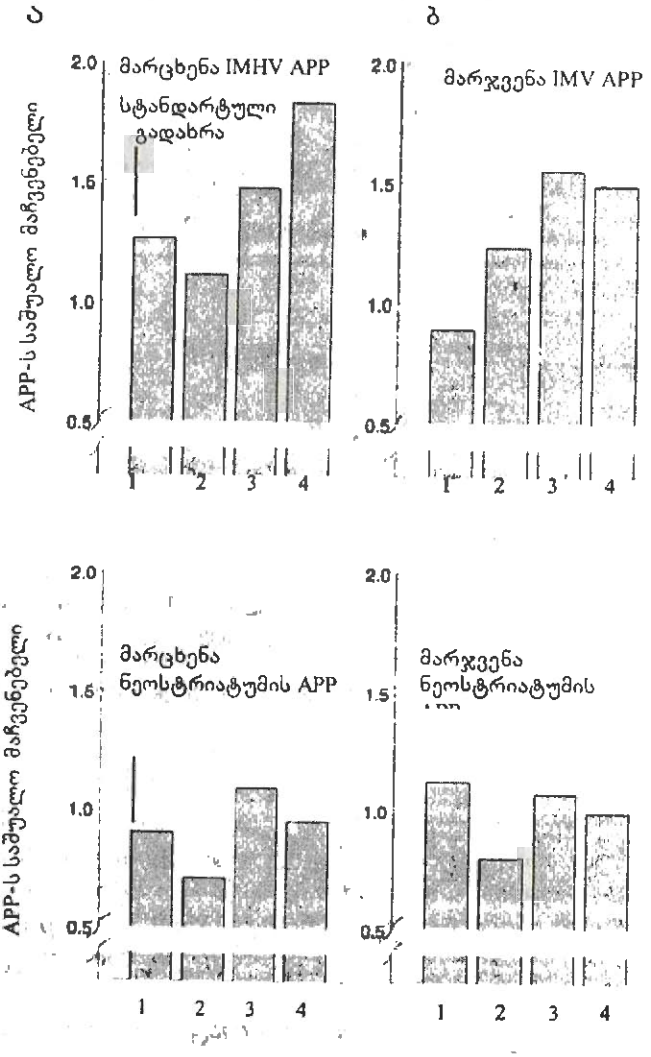
სურ.4.61. *მაიმპრინტინგირებელი სტიმულის დასწავლის კონკრეტულ ასპექტებში მონაწილეობენ წიწილების ტვინის სხვადასხვა რეგიონები. განმამტკიცებელი სტიმულის თანხვედრილი დისკრიმინაციული პროცედურის დროს წიწილათა სწორი გადაწყვეტილების სინჯთა საშუალი პროცენტულობა (Bolhuis, Honey, 1998).*

(ა)– წიწილათა ნახევარში დისკრიმინაციულ პროცედურას (არეულად ან განცალკევებულად) მყისვე მოსდევდა იმპრინტინგის პროცედურა. დანარჩენი წიწილებისათვის ამ ორ საფეხურს შორის იყო 24 სთ. დაყოვნება

(ბ) – ყველა წიწილაში (შერეულსა თუ განცალკევებულში) იმპრინტინგის პროცედურა ტარდებოდა ერთ დღეს, დისკრიმინაციული კი შემდეგ დღეს.

ამ ორ საფეხურს შორის წიწილების ნახევარი ექვემდებარებოდა მარჯვენა IMHV -ვენტრალური ჰიპერსტრატუმის უბნის დაზიანებას (R-IMHV) (S' ჩამოყალიბების თავიდან ასაცი-

ლებლად მარცხენა *IMHV* რჩებოდა ინტაქტური). დანარჩენ წიწილებს (მეორე ნახევარს) უტარდებოდა ბილატერალური დაზიანება *(B-IMHV)*, რათა მომხდარიყო S^1-ს შესახებ მეხსიერების ფორმირება *IMHV* დაზიანების მიუხედავად.



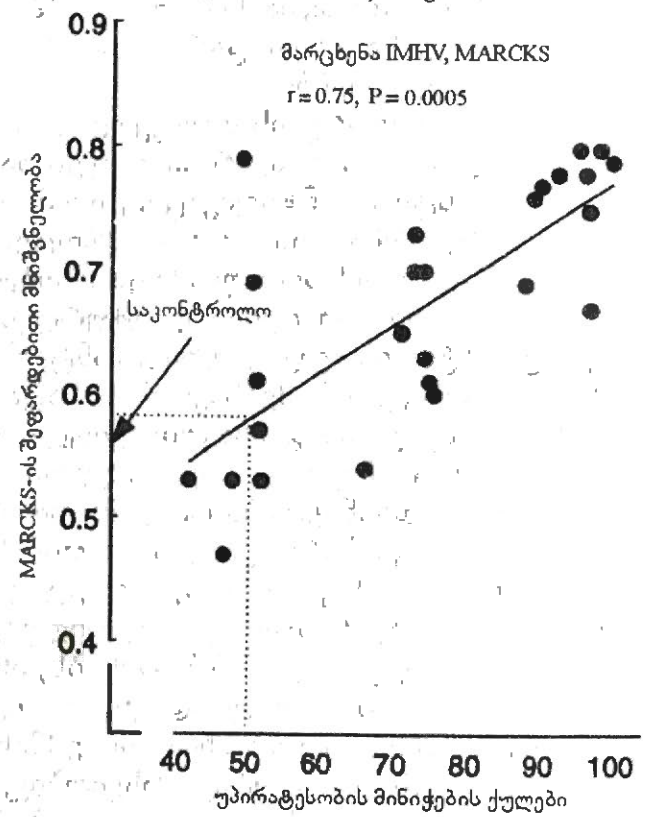
სურ.4.62. *მარცხენა და მარჯვენა ვენტრალური ჰიპერსტრიატუმების მედიალურ (IMHV) უბანში ამილოიდის წინამორბედი ცილის (APP) საშუალო რაოდენობა სხვადასხვა ხარისხით იმპრინტინგირებულ წიწილებში. 1-აღნიშნულია საკონტროლო წიწილები. 2-ცუდად იმპრინტინგირებული. 3-საშუალოდ იმპრინტინირებული. 4-კარგად იმპრინტინგირებული (Solomonia, et, al. 2003).*

დიდი ყურადღება ეთმობა იმპრინტინგის ნეირობიოლოგიურ ანალიზს. იმპრინტინგის ბუნების აქტიურმა მკვლევარმა გ. ჰორნმა (Хорн, 1988) ნეიროფიზიოლოგიურ, ნეიროანატომიურ და ნეიროქიმიურ მონაცემთა საფუძველზე წიწილებში გამოყო თავის ტვინის ვენტრალური ჰიპოსტრიატუმის მედიალური ნაწილის პატარა უბანი, რომელსაც დიდი როლი ენიჭება იმპრინტინგული ინფორმაციის დამახსოვრებაში. წიწილას თავის ტვინის ეს უბანი აფერენტებით ღებულობს ელექტრულ იმპულსებს რამოდენიმე მოტივაციური სისტემიდან და აგზავნის იმპულსებს მოძრაობის მარეგულირებელ ბირთვებსა და ვისცეროენდოკრინული ფუნქციის მარეგულირებელ ცენტრებში.

დასწავლისა და დამახსოვრების მოლეკულური ასპექტების შესწავლისას ხერხემლიანებში მთავარ სიძნელეს წარმოადგენს ტვინის იმ უბნების ზუსტი იდენტიფიკაცია, რომლებიც უშუალოდ მონაწილეობენ ინფორმაციის შენახვის პროცესებში. მხედველობითი იმპრინტინგისათვის წიწილებში ეს პრობლემა გადაჭრილია, რადგანაც მრავალი მონაცემით დასტურდება, რომ ვენტრალური ჰიპერსტრიატუმის მედიალური და ინტერმედიალური ნაწილები (ვჰმინ) წარმოადგენს მეხსიერების საცავს. იმპრინტინგის ბიოქმიის შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა პრობლემას თუ რამდენად სპეციფიკურია იდენტიფიცირებული ცვლილებები დასწავლისა და დამახსოვრების პროცესებისათვის და არ არის განპირობებული ვარჯიშის სხვა არასპეციფიკური ფაქტორებით (მაგ. მოტორული აქტივობა, სენსორული სტიმულაცია და სხვა). ბიოქიმიური ცვლილებები რომ მივაკუთვნოთ დასწავლის სპეციფიკურ პროცესებს, ისინი შემდეგ სამ კრიტერიუმს უნდა აკმაყოფილებდნენ: 1. ცვლილებებს ადგილი უნდა ჰქონდეს მხოლოდ და მხოლოდ ვჰმინ უბანში და არა სხვა საკონტროლო უბნებში; 2. უნდა არსებობდეს სარწმუნო რაოდენობრივი კორელაცია ბიოქიმიურ ცვლილებებსა და დასწავლის ხარისხს შორის; 3. ცვლილებების მიზეზს არ უნდა წარმოადგენდეს ვარჯიშის გვერდითი ეფექტები.

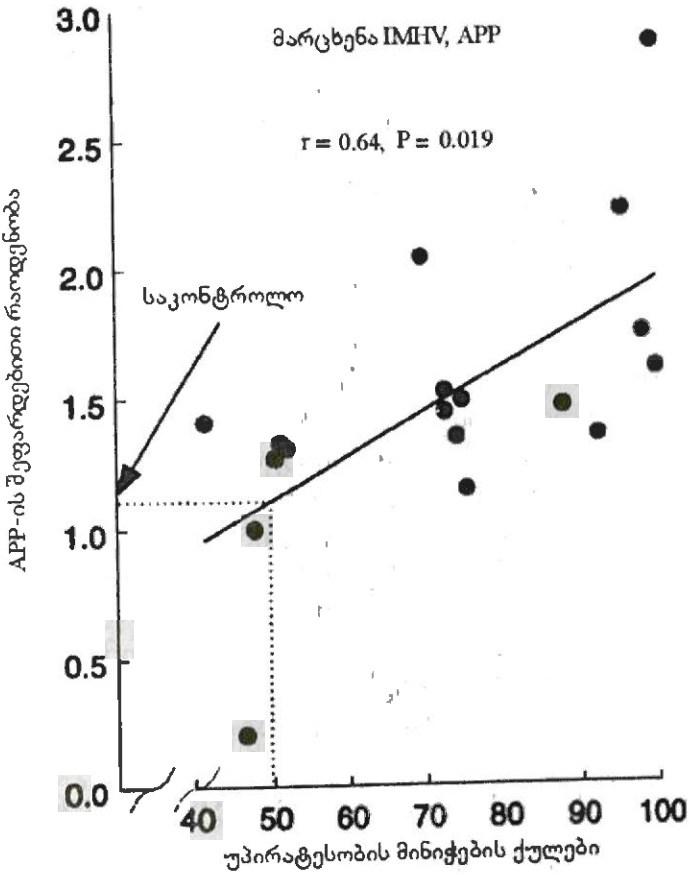
ამ კრიტერიუმების გათვალისწინებით იდენტიფიცირებულია დასწავლისათვის სპეციფიკური მრავალი ბიოქიმიური ცვლილება, რომელთაგანაც ზოგიერთი მათგანი დროზეა დამოკიდებული. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ დასწავლიდან 24 საათის შემდეგაც ზოგიერთი გენების ექსპრესიაში ადგილი აქვს სპეციფიკურ ცვლილებებს. ორ მათგანს განეკუთვნება: მირის-

ტოილირებული, ალანინით მდიდარი C პროტეინკინაზას სუბსტრატი და ამილოიდის წინამორბედი ცილა. ამ გენებით კოდირებული ცილოვანი პროდუქტების რაოდენობა მარცხენა ნახევარსფეროს ვჰმინ უბანში (და არა სხვა უბნებში) სარწმუნო დადებით კორელაციაშია დასწავლის ხარისხთან (სურ. 4.62.) ეს საინტერესო ექსპერიმენტული შედეგი გამოვლენილი და გაანალიზებულია სურათებზე 4.63 და 4.64 ჩვენი თანამემამულის რ. სოლომონიას (Solomonia, et. al, 2003) მიერ.



სურ.4.63. *მარცხენა ვენტრალური ჰიპერსტრიატუმის მედიალური ნაწილი. რეგრესული ხაზი MARCKS-ის რაოდენობასა და უპირატესობის მინიჭების ქულებს შორის. ორდინატთა ღერძზე MARCKS -ის შეფარდებითი მნიშვნელობა: თითოეული ექსპერიმენტული ნიმუშის ოპტიკური სიმკვრივე გაყოფილია 30 მგ ცილის შემცველობის სტანდარტის ოპტიკურ სიმკვრივეზე. ყოველი წერტილი შეესაბამება ერთ ნიმუშს. კორელაციის კოეფიციენტი სარწმუნოა (15 თავისუფლების ხარისხი). სპეარმენის კორელაციის კოეფიციენტი, რომელიც გამოთვლილია კლასიფიცირებულ მონაცემთა საფუძველზე, ასევე სარწმუნოა (r_s=0.73, $P<0,001$). რეგრესიის მრუდის დახრა B=0,0039.*

MARCKS-ის საშუალო შეფარდებითი დონე საკონტროლო წიწილებისათვის აღნიშნულია ისრით ორდინატთა ღერძის მარჯვნივ *(Solomonia, et.al 2003)*.



სურ.4.64. მარცხენა ვენტრალური ჰიპერსტრიატუმის მედიალური ნაწილი. რეგრესის მრუდის – *APP*-თვის უპირატესობის მინიჭების ქულები. ორიენტთა ღრმძე *APP*-ს შეფარდებითი მნიშვნელობა: თითოეული ექსპერიმენტული ნიმუშის ოპტიკური სიმკვრივე გაყოფილია 30 ვგ ცილის შემცველობის სტანდარტის ოპტიკურ სიმკვრივეზე. თითოეული წერტილი შეესაბამება ერთ ნიმუშს. კორელაციის კოეფიციენტი სარწმუნოა (რეგრესიის მრუდის *B=0,0173*, *11* თავისუფლების ხარისხი-*11*). საშუალო შეფარდებითი დონე *APP*-ის საკონტროლო წიწილებში აღნიშნულია ისრით ორდინატთა ღერძის მარჯვნივ *(Solomonia, et.al 2003)*.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის გარემოება, რომელიც ახლავს იმპრინტინგულ დასწავლას. ცნობილია, რომ ასოციაციური დასწავლის შედეგად ცხოველი მტკივნეულ გაღიზიანებას გაურბის. იმპრინტინგული დასწავლისას კი ხდება პირიქით. ადამიანზე იმპრინტინგირებულ ფრინველს თუ იმავე ადამიანმა შემთხვევით ფეხი დაადგა თათებზე, ის კი არ გაიქცევა, უფრო დაუახლოვდება ტკივილის მიმყენებელს. ეს მოვლენა შემთხვევით იქნა დადგენილი ლაბორატორიაში. ჰესმა დაამტკიცა ასეთი ფაქტის არსებობა ბუნებრივ პირობებშიც.

აღწერილი მოვლენის გარდა, იმპრინტინგულ დასწავლას სხვა თავისებურებაც გააჩნია, რომელსაც ყურადღება მიაქცია ლორენმა. მასზე იმპრინტინგირებული ბატები ნამდვილ დედასთან ისეთ სიახლოვეს ვერ ამჟღავნებდნენ, როგორც არაიმპრინტინგირებული ცხოველები. დადგენილია, რომ ასოციაციურ დასწავლაში დიდი როლი ენიჭება გამღიზიანებლის სიახლეს, ხოლო იმპრინტინგში – გამღიზიანებლის პირველ მოქმედებას. ექსპერიმენტულად დადგინდა საინტერესო მოვლენა: ერთი და იმავე სახეობის ბატები ინპრინტინგირებული იყვნენ სამ განსხვავებულ ობიექტ-სტიმულზე. იმპრინტინგის შემდეგ გავიდა საკმაოდ დიდი დრო, ბატები წამოიზარდნენ და სექსუალურად მომწიფდნენ. დაწყვილებისას გამოირკვა, რომ ინპრინტინგირებული ბატების 70-80%-მა სექსუალურ პარტნიორებად ამოირჩია ობიექტ-სტიმულის ფენოტიპურად მსგავსი ინდივიდი.

ჰენდლინგის და ჯენტლინგის პროცედურა

ჰენდლინგი და ჯენტლინგი თავიანთი ბუნებით ჰგვანან იმპრინტინგს და დიდ გავლენას ახდენენ ცხოველთა დასწავლაზე. Handling ინგლისური სიტყვაა და ხელში აყვანას, დაჭერას ნიშნავს. ამ პროცედურის არსი მდგომარეობს შემდეგში. ახალშობილ ვირთაგვას ან თაგვს ცალ-ცალკე ამოიყვანენ საცხოვრებელი ყუთიდან სამი წუთით, ყოველდღე. დედას ტოვებენ ყუთში სხვა შვილებთან ერთად. სამი წუთით ხელში დაჭერილ ცხოველს აბრუნებენ დედასთან. ამ პროცედურას ატარებენ პოსტნატალური ონტოგენეზის სხვადასხვა პერიოდიდან, სხვადასხვა ხანგრძლივობით. ჰენდლინგჩატარებულ ცხოველებს მოგვიანებით, ზრდასრულ ასაკში, უტარებენ დასწავლის ტესტებს და ადგენენ პერიოდს, თუ როდის არის ეფექტური პროცედურის დაწყება და ხანგრძლივობა. ეს პროცედურა დაინერგა XX საუკუნის 60-იან წლებში. მრავალი ცდით დადგინდა, რომ ჰენდლინგი გავლენას ახდენს

დასწავლაზე და სხვა სახის ქცევებზეც. ჰენდლინგჩატარებული ცხოველები უფრო ჩქარა სწავლობენ, ვიდრე ჰენდლინგჩაუტარებელი ვირთაგვები. ეს ეფექტი კარგად მჟღავნდება იმ შემთხვევაში, თუ ჰენდლინგი ტარდება დაბადებიდან სამი კვირის განმავლობაში. ჰენდლინგის ეფექტურობა ქრება, თუ იგი ჩატარებული იქნება 50-70 დღის ასაკის ვირთაგვებზე.

შესწავლილ იქნა ჰენდლინგის ხანგრძლივობის გავლენა დასწავლაზე. ცდა ჩატარებული იყო სხვადასხვა ჯგუფის ვირთაგვებზე. ერთ ჯგუფს ჰენდლინგი უტარდებოდა დაბადებიდან პირველი ათი დღის განმავლობაში. მეორეს – დაბადებიდან მეორე ათი დღის შემდეგ, ათი დღის განმავლობაში. მესამე ჯგუფს – დაბადებიდან ოცი დღის განმავლობაში. მეოთხე ჯგუფში შედიოდნენ ინტაქტური (საკონტროლო) ცხოველები. მიიღეს შემდეგი სურათი. დასწავლის კარგი უნარი გამოამჟღავნეს იმ ცხოველებმა, რომელთაც ჰენდლინგი ჩაუტარდათ დაბადებიდან პირველი ათი დღის განმავლობაში. დაბადებიდან პირველი ოცი დღის განმავლობაში ჩატარებული ჰენდლინგის ეფექტი დასწავლაზე საერთოდ არ გამომჟღავნდა. ამ ცდით დადასტურდა, რომ სტიმულირების გავლენა გენოტიპზე ეფექტურია პოსტნატალური განვითარების ადრეულ სტადიაზე. ფსიქოლოგები აღნიშნავენ ჰენდლინგის დიდ გავლენას რთული ქცევების ფორმირებაზე. ამ გავლენას ხსნიან ცხოველებში დადებითი ემოციების სტიმულირებით.

შესწავლილ იქნა ჰენდლინგის როლი აგრესიულ ქცევებშიც. დადგინდა, რომ ჰენდლინგჩატარებული თაგვები უფრო სწრაფად იწყებენ ბრძოლას, ვიდრე საკონტროლო ცხოველები. ემოციურობის შესასწავლად აქტიურად გამოიყენება ჰენდლინგჩატარებული ვირთაგვებისა და თაგვების ღია ველის ტესტირება.

Gentling ინგლისური სიტყვაა და ნიშნავს ხელის გადასმას. ჯენტლინგის პროცედურა ჰგავს ჰენდლინგს იმით, რომ იგი ცხოველისთვის არაადეკვატური გამღიზიანებელია. ვირთაგვას და თაგვს ჯენტლინგს უტარებენ დედისაგან მოშორების შემდეგ, ასაკობრივად უფრო გვიან, ვიდრე ჰენდლინგს. ჯენტლინგის პროცედურას კი ატარებენ პოსტნატალური განვითარების ადრეულ პერიოდში, დედისაგან მოუშორებლად.

ჯენტლინგის პროცედურა ასე მიმდინარეობს. ექსპერიმენტატორი ცხოველს იყვანს მარცხენა ხელით და უკავია გულის დონეზე. ცხოველს თავიდან კუდამდე ზურგზე უსვამს მარჯვენა ხელის ერთ თითს. ექსპერიმენტატორი აკეთებს ხელით წუთში 50 მოძრაობას. პროცედურა გრძელდება 10 წუთი, დღეში ერთხელ.

იმ ვირთაგვებმა, რომელთაც ჯენტლინგი უტარდებოდათ დედასთან დაშორების დღიდან, გამღიზიანებელის დიფერენცირების ამოცანა უკეთ ამოხსნეს, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებმა. ამავე ცხოველებს გამღიზიანებელთა გარჩევის დასწავლის შემდეგ ჩაუტარდათ ტესტი განმტკიცებაზე. ამასთან ჯენტლინგის პროცედურა გრძელდებოდა. ჯენტლინგჩატარებულმა ცხოველებმა უკეთესი შედეგი გამოამჟღავნეს.

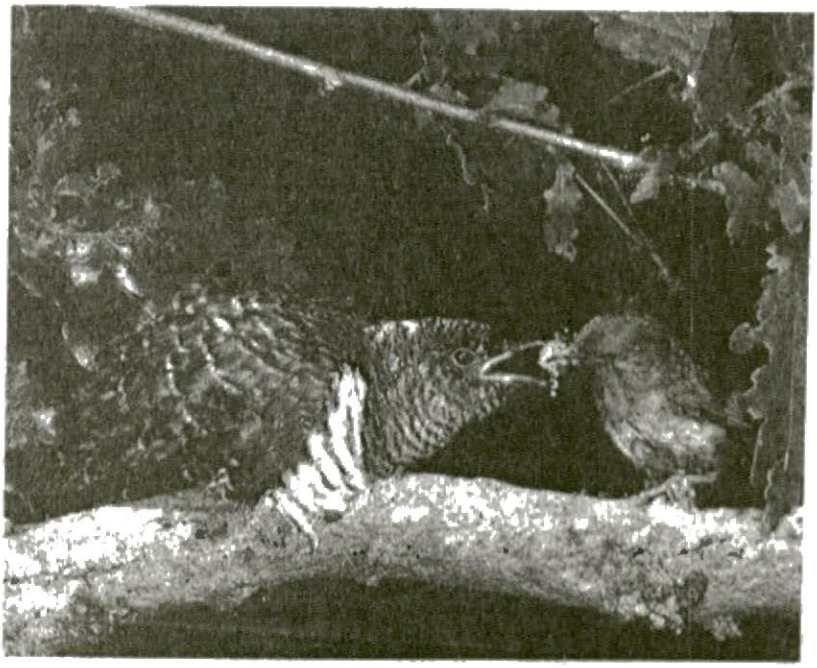
დასწავლა ინსტინქტის საფუძველზე

დასწავლას განიხილავდნენ ინსტინქტის ალტერნატივად. გავრცელებული იყო შეხედულება, რომ დასწავლა და ინსტინქტი ურთიერთდაპირისპირებული ცნებებია. განსხვავება, რომელიც არსებობს დასწავლასა და ინსტინქტს შორის, საფუძველი გახდა მკაცრად გაემიჯნათ ერთმანეთისაგან ცხოველისა და ადამიანის ქცევა. დასწავლა ინსტინქტისაგან განსხვავებით თხოულობს გაცნობიერებული გადაწყვეტილების მიღებას იმის შესახებ, თუ როდის და რა ისწავლოს ინდივიდმა. ინსტინქტი კი ხორციელდება თაობებში გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემით.

ნეიროეთოლოგიის უახლესი კვლევების საფუძველზე არ შეიძლება დასწავლა გაიმიჯნოს ინსტინქტისაგან. ისევე როგორც არ შეიძლება განსხვავებულად მივიჩნიოთ ის ძირითადი მექანიზმები, რომლებიც წარმართავენ ცხოველთა და ადამიანთა დასწავლის პროცესებს. ექსპერიმენტულად ცნობილია, რომ ევოლუციური განვითარების მაღალ საფეხურზე მდგარი ცხოველების, ისევე, როგორც მწერების დასწავლის პროცესი კონტროლირდება ინფორმაციით, რომელსაც ინდივიდი ღებულობს გენეტიკური აპარატით. სხვანაირად, დასწავლის პროცესი ხშირად კონტროლირდება მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსით ანუ ინსტინქტით.

ფართოდ გავრცელებული განსხვავება დასწავლასა და ინსტინქტს შორის წარმოიქმნა ორი შეხედულების შედეგად, რომელიც არსებობს ზოგადად ქცევის ბუნების შესახებ. ერთი ეთოლოგების მიერ არის წამოყენებული, ხოლო მეორე ეკუთვნის ფსიქოლოგებს, კონკრეტულად ბიჰევიორისტებს.

ეთოლოგთა შეხედულებით ცხოველთა ქცევები იმართება ოთხი ძირითად ფაქტორით. ესენია: პირველი – ინსტინქტურად ცნობადი სტიმულები, მეორე – სიგნალთა საპასუხოდ განხორციელებული კომპლექსის მოტორული ჩართვა, მესამე – ქცევის შემსრულებელი მოტივაციური სისტემის ჩართვა, მეოთხე – იმპრინტინგი.



სურ.4.65. *ინსტინქტის საფუძველზე დასწავლით გუგული (დიდი ფრინველი მარცხნივ) პარაზიტობს სხვა სახეობის ფრინველებზე (ამ შემთხვევაში ტყის ჭვინტაკაზე). გუგულები კვერცხებს სხვა ფრინველების ბუდეში დებენ. როცა გუგულის ბარტყი გამოჩეკის შემდეგ იწყებს საკვების მიღების სურვილით ბგერების გამოცემას, ტყის ჭვინტაკები ავლენენ მშობლიურ ზრუნვას და იწყებენ მის კვებას. ჭვინტაკები კვებას აგრძელებენ მაშინაც, როდესაც გუგულები სხეულის მასით მათზე დიდები ხდებიან. სანამ მდედრი გუგული იმყოფება ბუდეში, უნდა დაიმახსოვროს (ისწავლოს) ჭვინტაკათა სახეობრივი ნიშნების თავისებურებები, რათა მომავალში კვერცხები შეუცდომლად ამ სახეობის ფრინველების ბუდეში დადოს, გუგულის დასწავლის პროცესი ინსტინქტით კონტროლირდება. რის საფუძველზეც გუგული იგნორირებას უკეთებს მის გარშემო არსებულ არასაჭირო ინფორმაციას და იმახსოვრებს მხოლოდ იმას, რაც საჭიროა კვერცხის დების ინსტინქტის ქცევისათვის (Гулд, Марлер, 1987).*

ჩამოთვლილი ოთხი ფაქტორიდან სამი შესწავლილია ბატებში კვერცხებზე ჯდომისას. ცხოველები მიწაზე აკეთებენ ამობურცულ ბუდეს და მასში დებენ კვერცხებს. ზოგჯერ შეიძლება კვერცხი ბუდიდან დაგორდეს. ფრთების მეშვეობით ბატები კვერცხს უკან აბრუნებენ. მანამდე კისერს დაიგრძელებენ და

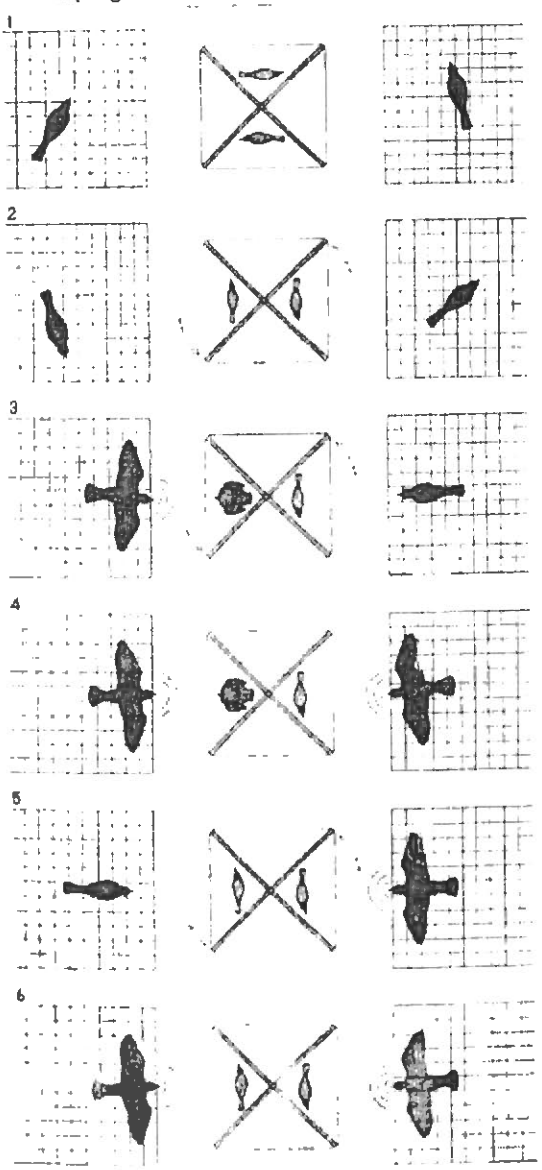
ბუდიდან დაგორებულ კვერცხს დიდხანს უყურებენ. პირველი შეხედვით ცხოველთა ასეთი ქცევა მოფიქრებული გადაწყვეტილების შედეგი გეგონებათ. სინამდვილეში დადგინდა, რომ ასეთი ქცევა არის თანდაყოლილი და სტერეოტიპული. ნებისმიერი სხვადასხვა ფერის და ზომის საგანი ცხოველებში იწვევს ანალოგიურ ქცევებს. მაგალითად გამოყენებულ იქნა ლუდის პატარა ბოთლები, რომლებიც ცხოველებმა კვერცხებთან შემოილაგეს და გააგრძელეს მათზე ჯდომა. ბატების ქცევაში ვლინდება ინპრინტინგი. გამოჩეკვის შემდეგ გარკვეულ პერიოდში ბატები იწყებენ ადევნებას ნებისმიერ მათგან მიმავალი საგნისადმი, რომელსაც მშობლად მიიჩნევენ.

ბიჰვიორისტთა შეხედულება დასწავლაზე მკვეთრად განსხვავდება ეთოლოგებისაგან. მათი შეხედულებით ინსტინქტი არავითარ მონაწილეობას არ ღებულობს დასწავლაში. ბიჰევიორისტები ცხოველთა დასწავლას იკვლევენ მკაცრად კონტროლირებად ლაბორატორიულ პირობებში. ქცევის შესასწავლად წამოყენებულ იქნა „სტიმული-რეაქციის“ სქემა, რომელიც განხილულია წიგნის მეორე თავის „ბიჰევიორიზმის“ ქვეთავში. ბიჰევიორისტთა შეხედულება მოექცა მძაფრი კრიტიკის ქვეშ.

ევოლუციური განვითარების სხვადასხვა დონეზე მდგარი ცხოველების დასწავლა მიმდინარეობს ინსტინქტის საფუძველზე. მაგალითებს მოვიტანთ ფუტკრებისა და ფრინველების ქცევაზე, რომელიც შეიძლება გავრცელებულ იქნეს საერთოდ ცხოველთა სამყაროზე და ადამიანებზეც.

ინსტინქტის საფუძველზე გუგული სწავლობს კვერცხის დადების ადგილს. ეს მოვლენა განხილულია სურათზე 4.65. ცხოველთა არსებობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მტაცებლის ცნობას და მასზე რეაგირებას. ცხოველებს მტაცებლებთან საურთიერთოდ მრავალი სხვადასხვა სახის ქცევები გამოუმუშავდათ. ერთ-ერთ ასეთ ქცევას წარმოადგენს მობინგი, რომელიც ფართოდ არის გავრცელებული ბუდის მკეთებელ ფრინველებში. როდესაც ფრინველები ამოიცნობენ მტაცებელს, ყველა ერთდროულად ესხმის თავს და გამოსცემენ მობინგისათვის დამახასიათებელ სპეციალურ ბგერებს. Mobbing ქართულად თავდასხმას, გარშემორტყმას ნიშნავს. საინტერესოა გავერკვეთ იმაში, თუ როგორ ახერხებენ ფრინველები ზოგიერთი ცხოველის მიმართ მოიმოქმედონ მობინგი, ხოლო ზოგიერთებს საერთოდ ყურადღება არ მიაქციონ. ეს მოვლენა შეისწავლა შავ შაშვებში ე. კურიომ. მობინგის სწავლა განხილულია სურათზე 4.66. კურიო მო-

ბინგის სწავლის ცდის შედეგის საფუძველზე აკეთებს დასკვნას, რომ ცხოველის მიერ არჩეული თავდასხმის ობიექტი კონტროლირდება თანდაყოლილი მექანიზმებით. ახალგაზრდა შავმა შაშვებმა მშობლების მიბაძვით დაიწყეს მობინგის განხორციელება მეთაფლიებზე. ეს პროცესი,როგორც კურიო აღნიშნავს, გამოვლინდა მომდევნო თაობებში. კურიომ შეძლო ექსპერიმენტში მობინგი გამოემუშავებინა შავი შაშვებისათვის დეტერგენტიან ბოთლზე.

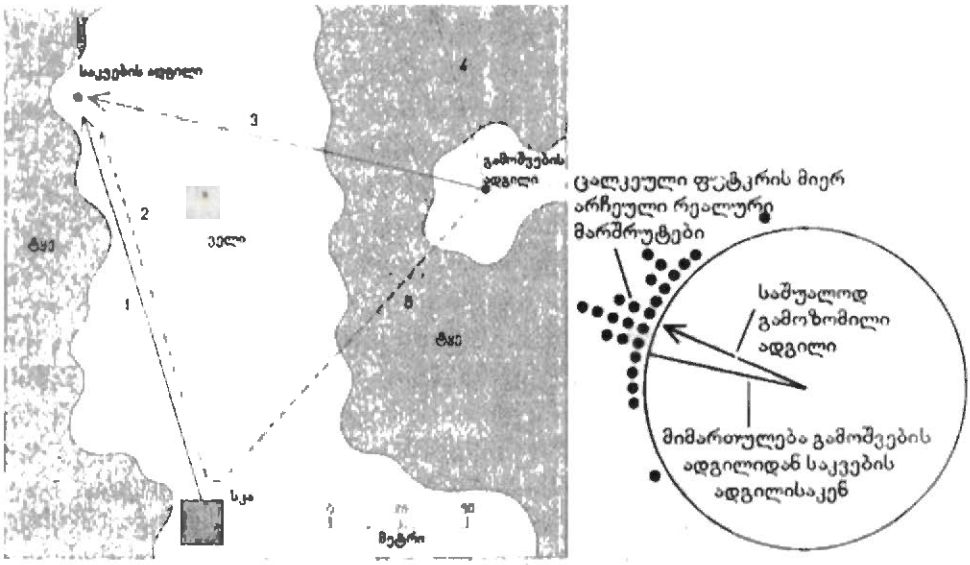


სურ.4.66. *შავი შაშვების სპეციფიკური რეაქცია მტაცებელზე (მობინგი) მოწმობს ამ ფრინველების ინსტინქტურ უნარს – დაისწავლონ მტაცებლის ამოცნობა (Гулд, Марлер. 1987). ექსპერიმენტში შავი შაშვების გალიებს შორის მოთავსებულია ოთხგანყოფილებიანი მბრუნავი ყუთი (1). თითოეულ ფრინველს შეუძლია მბრუნავი ყუთის მხოლოდ ერთი განყოფილების და მეორე ფრინველის გალიის დანახვა. თავდაპირველად ყველა ფრინველს (შავ შაშვებს) აჩვენებენ მათთვის სრულიად უსაფრთხო ფრინველის მეთაფლიას ფიტულს (2). არც ერთი შავი შაშვი არ ამჟღავნებს ფიტულისადმი რაიმე ინტერესს. შემდეგ ერთ-ერთ მათგანს აჩვენებენ მეთაფლიას ფიტულს. ფრინველი, რომელსაც აჩვენეს ბუ, ცდილობს მის გაგდებას და გამოსცემს მობინგისთვის დამახასიათებელ ბგერებს (3). მეორე ჯერ აქვირდება პირველის ქცევას, შემდეგ კი იწყებს მობინგის გამოვლენას და სწავლობს მეთაფლიაზე თავდასხმას (4). როცა მეთაფლიას აჩვენებენ ორივე ფრინველს (5), ერთი ასწავლის მეორეს მასზე თავდასხმას (6).*

გვაქვს საფუძველი ვიფიქროთ, რომ ფრინველებში არსებული თავდაცვითი ქცევის სტრატეგია მტაცებლის წინააღმდეგ ანალოგიურად უნდა მიმდინარეობდეს ძუძუმწოვრებშიც. ამის დადასტურებას იძლევა მწვანე მაიმუნებში გავრცელებული თავდაცვითი ქცევის უფრო რთული ვარიანტი. ამ სახეობის მაიმუნებში გავრცელებულია ოთხი განსხვავებული ბგერითი გამაფრთხილებელი სიგნალი: არწივის, ლეოპარდის, პავიანის (ითვლება მტაცებლად პრიმატებისათვის) და გველის გამოჩენისას თითოეული გამაფრთხილებელი სიგნალი იწვევს სპეციფიკურ ქცევას. მაგალითად, არწივის გამოჩენის სიგნალის შემთხვევაში მაიმუნები, რომლებიც მიწაზე დგანან, თავს აფარებენ ხეებს. ის ცხოველები, რომლებიც ხის წვერზე არიან, ჩადიან დაბლა, რათა ტოტებში დაიმალონ და შეუმჩნეველი იყვნენ არწივისათვის. გველის გამოჩენის საგნალზე მაიმუნები, რომლებიც ხეზე იმყოფებიან, არ რეაგირებენ, ხოლო ის ცხოველები რომლებიც მიწაზე არიან, უკანა კიდურებზე დგებიან და იწყებენ გარემოს თვალიერებას.

ახალგაზრდა მაიმუნები ინსტინქტურად იწყებენ გამაფრთხილებელი სიგნალების გამოცემას მოსალოდნელი საფრთხის შესახებ. მაგალითად, გარკვეულ მანძილზე თავისუფალ სივრცეში ფოთლის ვარდნაზე ან მფრინავ თოლიაზე რეაგირებენ. მოგვიანებით ისინი სწავლობენ, თუ რომელ მტაცებელზე უნდა მოახდინონ რეაგირება და რომელზე არა. დასწავლა ხდება დიდების მიბაძვით. მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე, თუ რომელ რაიონში უხდება არსებობა ცხოველს. ზოგიერთ რაიონებში მაიმუნები სწავლობენ რეაგირებას თოფიან ადამიანზე და მონადირე ძაღლებზე. ზოგ რაიონებში – არწივზე, ლეოპარდზე და გველზე. მაიმუნთა დასწავლა მიმდინარეობს ინსტინქტის საფუძველზე, რომელიც ემყარება ინფორმაციის გადამუშავებას.

მაღალგანვითარებული თავის ტვინის მქონე ცხოველები და ადამიანები ქმნიან აზრობრივ რუკებს, რომელთა საფუძველზე სწავლობენ და უკეთ ეგუებიან გარემოს. ამ მხრივ მრავალი ცდაა ჩატარებული ფრინველებში, ვირთაგვებში და პრიმატებში. გაირკვა, რომ თურმე ფუტკრებსაც ჰქონიათ უნარი აზრობრივი რუკის საფუძველზე მოახდინონ სივრცეში გადაადგილება. ფუტკრების ეს უნარი ილუსტრირებულია სურათზე 4.67.



სურ.4.67. *ფუტკრებს გააჩნიათ უნარი, უბრალოდ კი არ დაიმახსოვრონ მარშრუტი როგორც ორიენტირთა სერია, არამედ შეიქმნან სივრცეში გადაადგილების წარმოსახვითი-აზრობრივი რუკები (Гулд, Марлер, 1987). ფუტკრებს წვრთნიან, რათა საკვები მოიპოვონ გარკვეულ ადგილზე. წვრთნის დასრულების შემდეგ ფუტკრების გარკვეული რაოდენობა დაიჭირეს იმ მომენტში, როდესაც ისინი ტოვებდნენ სკას, რათა გაფრენილიყვნენ გამომუშავებული მარშრუტით საკვებისაკენ. დაჭერილი ფუტკრები სიბნელეში გადაიტანეს სკის მარჯვენა მხარეს და იქიდან გამოუშვეს. თუ ფუტკრები ვერ „გააცნობიერებდნენ", რომ ისინი აღმოჩნდნენ სხვა ადგილას, მაშინ გაფრინდებოდნენ გამომუშავებული 1-მარშრუტის მსგავსად, 4 - მარშრუტით. თუ ფუტკრებს ახსოვდათ თავიანთი მარშრუტი ორიენტირთა მიხედვით, მაშინ ისინი მოფრინდებოდნენ (5- მარშრუტით) უკან სკაში და იქიდან გაფრინდებოდნენ (2-მარშრუტით) საკვების ადგილისაკენ. ამის ნაცვლად ფუტკრებმა გამოიყენეს თავიანთი ცოდნა ადგილის როგორც მთლიანის შესახებ და 3 მარშრუტით პირდაპირ მიფრინდნენ საკვების ადგილთან. აღწერილი ექსპერიმენტის შედეგი გვიჩვენებს, რომ დაბალი განვითარების ცხოველებს აქვთ უნარი მიღებული ინფორმაციის ცალკეულ ბიტებს შორის დაამყარონ კავშირი. ფუტკრებმა მოქმედებათა ფიქსირებული კომპლექსის (ინსტინქტის) გენეტიკური აპარატის საფუძველზე დაისწავლეს და შექმნეს ახალი მარშრუტი.*

ზემოთ აღწერილი მაგალითები დამაჯერებლად მეტყველებს იმაზე, რომ ახალი შეხედულება დასწავლაზე მკვეთრად განსხვავდება იმისაგან, რომელიც შეიქმნა ბიჰევიორიზმის განვითარების ადრეულ ეტაპზე, როდესაც დასწავლა განიხილებოდა მხოლოდ კლასიკური და ოპერანტული პირობითი რეფლექსების გამომუშავებით. ნებისმიერი ასოციაციური კავშირი და ქცევის სხვადასხვა ფორმა განიხილებოდა ამ ორი პირობითი რეფლექსის მონაწილეობით. დღეს უკვე ნათელი გახდა, რომ დასწავლა დამოკიდებულია იმ ამოცანის გადაწყვეტაზე, რომელთანაც დიდი ალბათობით უხდება შეხვედრა ცხოველს. ცხოველებს გააჩნიათ ახალი ინფორმაციის ამოცნობის, მისი მომაყალში გამოყენების თანდაყოლილი მექანიზმები. ამიტომ დასწავლაში დიდი როლი ენიჭება ინსტინქტს. ინსტინქტზე დამყარებით ფრინველები სწავლობენ გალობას. ინსტინქტმა განაპირობა ადამიანის დანაწევრებული მეტყველების ჩამოყალიბება. ადამიანის მეტყველებას განვიხილავთ წიგნის ბოლო თავში. ინსტინქტის და დასწავლის ახალი სინთეზის საფუძველი საშუალებას გვაძლევს ნებისმიერი ცხოველი დავინახოთ „ჭკვიანად" იმ გარემოში, სადაც ბუნებრივი გადარჩევა მის სასარგებლოდ მოქმედებს. „უჭკუოდ" იქნება შეფასებული ცხოველი იმ გარემოში, რომელშიც არ არსებობს მოთხოვნილება ახალი ქცევების შესაძენად. არ იზრდება ცხოველთა ქცევის რეპერტუარი. ახალი სინთეზი საშუალებას გვაძლევს უკეთ ჩავწვდეთ ცხოველთა ქცევის ბუნებას და გვისახავს ახალ პერსპექტივას ადამიანის წარმოშობის შესაცნობად.

დაყოვნებული რეაქციები

ცხოველთა ნებისმიერი ორიენტაციის ფორმა თხოულობს დიდი მოცულობის სივრცითი და სივრცით-დროითი ინფორმაციის გადამუშავებას. დიდი რაოდენობის ორიენტირებიდან ცხოველებს უხდებათ რამოდენიმეს გამორჩევა და მათი ერთმანეთთან შედარება. ამ პროცესების განხორციელება კი მეხსიერების გარეშე შეუძლებელია. ეს პროცესები დაისწავლება სხვადასხვა სახეობის ცხოველებში ლაბორატორიულ და ბუნებრივ პირობებში. ვარაუდობენ, რომ ინფორმაციის ხანმოკლე დროით შენახვა ხდება ნეირონთა დროებითი აქტივაციით, ხოლო ხანგრძლივი მეხსიერება ხორციელდება თავის ტვინში მიმდინარე სტრუქტურული ცვლილებებით. სივრცითი მეხსიერების კვლევა მიმდინარეობს დაყოვნებულ რეაქციათა ტესტირების მეთოდით.

მეხსიერების შესწავლის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მეთოდს წარმოადგენს დაყოვნებული რეაქციების ტესტირება. უკანასკნელ წლებში ამ მეთოდის საშუალებით ნეირობიოლოგია აგროვებს უამრავ მასალას მეხსიერების მექანიზმის ზოგად და კერძო საკითხებზე. მიუხედავად ამისა პასუხი ბევრ მნიშვნელოვან კითხვაზე ღიად რჩება. ჩვენ ჯერ არ ვიცით, როგორ ხდება სტიმულთა თვისებების კოდირება და როგორ იშიფრება ტვინის მიერ ეს კოდი, როგორ აღიქმება გარე სამყაროს ხატი, სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი რომელიმე ობიექტის ხატის რეპროდუქციის დროს ცხოველი ადექვატურად რეაგირებს. მშიერი ცხოველი საკვების გახსენებისას მირბის საკვების ადგილას, ხოლო მტრის გახსენების შემთხვევაში გარბის სხვა მხარეს.

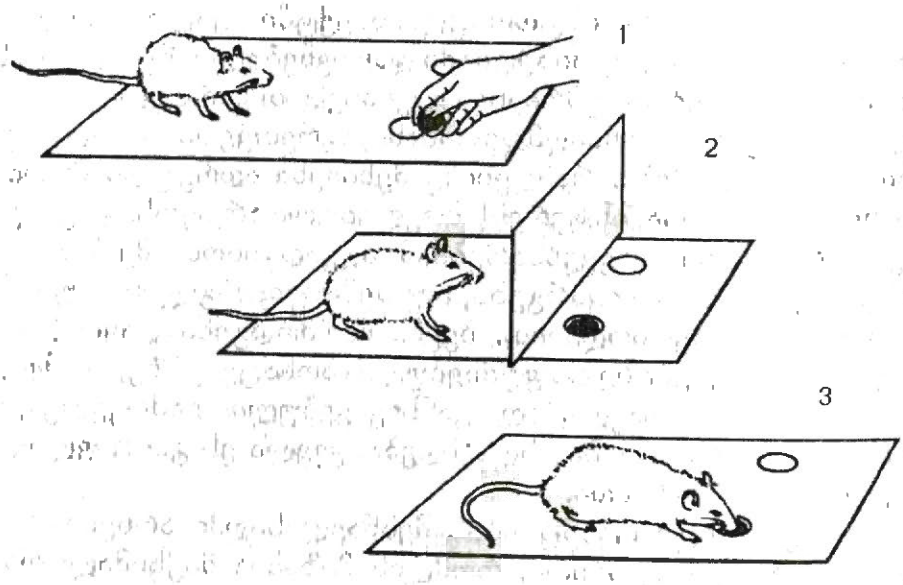
განვიხილავთ რა ისტორიულ ასპექტში კვალის მოვლენებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში დაყოვნებული რეაქციების მეთოდის საშუალებით, უპრიანია გავიხსენოთ წარსულის ზოგიერთი კონცეფცია და წინააღმდეგობანი, აგრეთვე ძირითადი თეორიები და პრინციპები. რამდენიმე შენიშვნა ადრეული შრომების შესახებ, შესაძლოა, ინტერესს მოკლებული არ იყოს. ყოველ შემთხვევაში, ისინი დაგვეხმარებიან აღვადგინოთ პერსპექტივა, რომელიც ადვილად იკარგება, თუ შემოვიფარგლებით უკანასკნელი წლების პერიოდიკით. ჩვენი წარმოდგენა დაყოვნებული რეაქციების ბუნებაზე დაფუძნებულია მონაცემებზე, რომლებიც მიღებულია მეტ-ნაკლებად განსხვავებული გამოკვლევებით, რომელთა გაერთიანება ახლა ხდება. ყველა ეს გამოკვლევა XX საუკუნეში წარმოჩინდა.

დაყოვნებული რეაქციების შესწავლისადმი არსებობს ორი მიდგომა: აღწერილობითი, რომლის მიზანია მაქსიმალური სიზუსტით დაადგინოს დაყოვნების მაქსიმუმი სხვადასხვა ექსპერიმენტულ პირობებში, და კაუზალური, რომლის მიზანია ნათელი მოჰფინოს სტრუქტურულ საფუძვლებს – იმ ნეირონული ელემენტების ორგანიზაციას, რომლებსაც ეკისრებათ სწორ რეაქციათა განხორციელება.

დაყოვნებული რეაქციების მეთოდის საშუალებით ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში კვალის მოვლენების შესწავლა ბავშვებში და ცხოველებში (ენოტებში, ვირთაგვებში და ძაღლებში) გამოკვლეული იყო ჰანტერის მიერ (Hunter, 1913,1917). მან შეიმუშავა მეთოდი, რომლის დროსაც გამოსაცდელი ხედავს, როგორ მალავს ექსპერიმენტატორი წამახალისებელს (უმეტესად საკვებს); გარკვეული პერიოდის შემდეგ მას ეძლევა საშუალება

მიაღწიოს საკვებამდე. თუ ბავშვი ნახულობდა წამახალისებელს რამდენიმე წუთის ან საათის შემდეგ, ეს ნიშნავდა, რომ მას შემონახული ჰქონდა წარმოდგენა დამალულ საკვებზე და ადგილზე, სადაც იგი იყო შენახული.

უნდა აღინიშნოს, რომ ცდის პირობები სინჯებში იცვლებოდა, ბავშვს აყენებდნენ სხვადასხვა ადგილას; ზოგჯერ მასა და იმ ადგილს შორის, სადაც დამალულია წამახალისებელი, დგამდნენ შირმას. ბავშვები კარგად ართმევდნენ თავს ამოცანას, რაც მიუთითებს მათ უნარზე დაიმახსოვრონ იმ დროის განმავლობაში, რომელიც გავიდა წამახალისებლის დამალვიდან მის აღმოჩენამდე.



სურ.4.68. *დაყოვნებულ რეაქციაზე ცდის ჩატარების ილუსტრაცია დ. მარის (Mapp, 1987) მიხედვით. (1) - ცხოველის თვალწინ საკვებს დებენ ერთ-ერთ საკვებურში. (2) - საკვებურებსა და ცხოველებს შორის იდგმება ეკრანი რამოდენიმე ხნით. (3) - დაყოვნების შემდეგ ეკრანი აიღება და ცხოველს ეძლევა საშუალება შეასრულოს ქცევა. თუ ცხოველი პირდაპირ მიადგება საჭმლიან საკვებურს, რეაქცია ითვლება სწორ პასუხად. თუ ცხოველი აირჩევს ცარიელ საკვებურს, რეაქცია არასწორად ითვლება.*

ცხოველებზე (ვირთაგვებზე) ცდებს ჰანტერი ატარებდა სამკარიან კამერაში ამორჩევითი პასუხების შეზღუდვის პირობებში. ცხოველს აჩვევდნენ საკვების პოვნას განათებულ განყოფილებაში. ასეთი წინასწარი წვრთნის შემდეგ სასიგნალო ნათურა ირთვებოდა, ხოლო ცხოველს ძალით აკავებდნენ კიდევ რამოდენიმე წამით, სანამ შეასრულებდა არჩევის რეაქციას. ცდების მიზანი იყო იმ დროის გაზომვა, რომლის განმავლობაში ცხოველს შეეძლო სწორი არჩევნის გაკეთება.

ჰანტერი ცდებს აწარმოებდა ჩიკაგოს უნივერსიტეტის ფსიქოლოგიურ ლაბორატორიაში, სადაც ასეთივე მეთოდიკა გამოიყენეს სტუდენტებმა ჰეიმმა და რიდმა (Ващуро, 1948), ხოლო პრაქტიკული გამოყენება ლაბორატორიულ გამოკვლევებში ამ სამუშაოებმა ჰანტერისა და კერის ნაშრომებში პოვეს. (Carr,1917).

უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ეს გამოკვლევა ჩატარებულ იქნა ფუნქციონალური ფსიქოლოგიის გავლენით, რომელიც ვითარდებოდა ჩიკაგოს უნივერსიტეტში. ამ მიმდინარეობის ძირითადი საფუძვლები აღწერილია კერის წიგნში. (Carr, 1925) მასში ფუნქციონალური ფსიქოლოგია გამოკვეთილია, როგორც მეცნიერება ფსიქოლოგიური ოპერაციების შესახებ, ფსიქიკური ელემენტების სტრუქტურალისტური სწავლების საპირისპიროდ. ფუნქციონალიზმი მიისწრაფოდა ყველა ფსიქიკური გამოვლინება განეხილა მათი შემგუებლობითი, ადაპტაციური კუთხით, რაც მოითხოვდა მათი გარემო პირობებთან დამოკიდებულების განსაზღვრას, ერთი მხრივ, და ორგანიზმის მოთხოვნილებებთან – მეორე მხრივ. ჩატარებული იყო გამოკვლევები: დამახსოვრების და აღქმის ფუნქციის, ჩვევების და ნებისყოფის, ყურადღების და აზროვნების შესასწავლად. ფუნქციონალური ფსიქოლოგიის ცნებებში ჩართულია გამოკვლევანი, რომლებიც არ შემოიფარგლებიან თვითდაკვირვების მეთოდით და იყენებენ ტესტებს ცხოველთა, ბავშვთა, გონებრივად ჩამორჩენილებისა და ფსიქიკურ ავადმყოფთა ქცევების ობიექტური აღწერისათვის, ამიტომ ფუნქციონალურმა ფსიქოლოგიამ დასვა ბევრი მეთოდური საკითხი; მიზანშეწონილად ითვლებოდა ინტროსპექციის გამოყენება და ობიექტური დაკვირვებაც.

ამასთან დაკავშირებით ჩატარდა ჰანტერის ზემოთ აღნიშნული ცდები, რომლებშიც დგინდებოდა წარმოდგენის წარმოშობის შესაძლებლობა ბავშვებსა და ცხოველებში. ამ მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ დაყოვნების დროს პირვე-

ლადი გამაღიზიანებელი აღარ არის, იგი უნდა შეცვალოს რაიმე სხვამ, რომელიც გამოიწვევს სწორი რეაქციის განხორციელებას. ამ რაიმეს ჰანტერი უწოდებდა იდეას ან წარმოდგენას. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ გამოკვლევების პირველადი პრობლემა – დაემტკიცებინათ, უჩნდებათ თუ არა წარმოდგენები ბავშვებს და ცხოველებს, – გადაუწყვეტელი დარჩა. პრობლემა დავიწყებულ იქნა და მკვლევარები გაურკვეველი მიზეზების გამო ამ საკითხს აღარ შეხებიან.

გვიანდელ გამოკვლევებში ჰანტერმა შეცვალა ცდების ჩატარების მეთოდიკა. ცვლილება გამოიხატებოდა იმაში, რომ არაპირდაპირი გამღიზიანებელი – სინათლე შეიცვალა თვით საკვების ჩვენებით, რომელიც სპეციალური კამერის განყოფილებაში იყო მოთავსებული. ამგვარად, წარმოიშვა ამგვარი ცდების ჩატარების ორი მეთოდი: პირდაპირი და არაპირდაპირი. პირდაპირი (უშუალო) ვარიანტი მდგომარეობს იმაში, რომ რამოდენიმე ერთნაირი საკვებურიდან ერთ-ერთი ცხოველის თანდასწრებით ივსება საჭმლით. ცხოველის მიერ არჩევის მომდევნო რეაქცია შესაბამისად განისაზღვრება უშუალოდ ნატურალური გამღიზიანებლით. არაპირდაპირი (გაშუალებული) ვარიანტის შემთხვევაში ცხოველებს გამოუმუშავდებათ პირობითი კვებითი რეფლექსი განსაზღვრულ გამღიზიანებლებზე, ხოლო შემდგომში ცხოველი ორიენტაციას აკეთებს პირობითი გამღიზიანებლის კვალის მიხედვით.

მეთოდი, რომელიც პირველად ჰანტერის მიერ იქნა გამოყენებული ზოოფსიქოლოგიურ და ფსიქოლოგიურ გამოკვლევებში (Hunter, 1913,1917) და რომელსაც მან დაყოვნებული რეაქციების მეთოდი უწოდა, შემდგომ თანდათან შეიჭრა ნეიროფიზიოლოგიურ პრაქტიკაში. დაყოვნებული რეაქციების, როგორც პირდაპირის, ისე არაპირდაპირის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საკვებით განმტკიცებისათვის ცხოველმა უნდა შეასრულოს ერთ-ერთი რამოდენიმე შესაძლო რეაქციათაგან. სიგნალი, რომელიც განსაზღვრავს შესატყვის რეაქციას, თავდება უფრო ადრე, ვიდრე ცხოველს შეუძლია გააკეთოს მასზე რეაქცია. ასე განსაზღვრავენ დაყოვნების იმ მაქსიმალურ დროს, რომლის დროსაც ცხოველს შეუძლია გააკეთოს საკვებურის სწორი არჩევანი. (სურ. 4.68.)

მრავალრიცხოვანი ცდების საფუძველზე, რომლებიც ჩატარებულ იქნა სხვადასხვა სახის ცხოველებზე დაყოვნებული რეაქციების მეთოდის საშუალებით, გადაიშალა ახალი ფურცელი ცხოველთა ნერვული მოქმედების შესწავლის საქმეში. ბევრი

ავტორი ცხოველთა უნარს – შეესრულებინა მოქმედება შესაბამის გამღიზიანებელზე – განსაზღვრავდა როგორც ინტელექტუალურ მოქმედებას; ხოლო სხვა მკვლევრები ასეთ დაყოვნებულ რეაქციებს განიხილავდნენ, როგორც დამახსოვრების ჩვეულებრივ შემთხვევას.

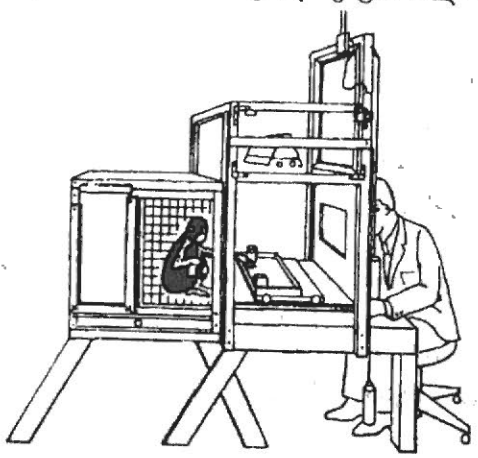
დაყოვნებული რეაქციების მეთოდი გამოიყენება როგორც სპეციფიკური ტესტი მოკლევადიანი მეხსიერების ხანგრძლივობის დადგენისათვის (Конорский, 1960, 1970; Iacobson, 1936; Harlow, 1958; Lawicka, 1959; Fletcher, 1965).

ბერიტაშვილის აზრით (Бериташвили, 1963,1974), დაყოვნებული რეაქციები წარმოადგენს კარგ ტესტს როგორც მოკლევადიანი, ისე გრძელვადიანი მეხსიერების ხანგრძლივობის გამოსავლენად. ექსპერიმენტები, რომლებშიც ამოცანას წყვეტს ადამიანი, ძლიერ განსხვავდება ცხოველებზე ჩატარებული მსგავსი ექსპერიმენტისაგან, რადგანაც პირველ შემთხვევაში ამოცანის გადაწყვეტის საშუალებაა ვერბალური აზროვნება (Scalet, 1931; Слобин и др. 1976).

დაყოვნებული რეაქციების დინამიკით თავის ტვინის ამა თუ იმ სტრუქტურის დაზიანების ან გაღიზიანების გავლენის შესწავლისას შეიძლება მივიღოთ მნიშვნელოვანი შედეგები მეხსიერების ნეიროფიზიოლოგიურ მექანიზმებზე. ამიტომაც, ჰანტერის შრომის შემდგომ პერიოდში ნეიროფიზიოლოგიური გამოკვლევების განვითარება ხელს უწყობდა დაყოვნებული რეაქციების მეთოდიკის მრავალრიცხოვანი არსებითი და არაარსებითი სახეცვლილების წარმოქმნას.

პრიმატების მიერ ფორმების გარჩევის უნარის შესასწავლ ხელსაწყოს ვისკონსინის ტესტური აპარატი ჰქვია. მაიმუნს ათავსებენ აპარატის შესაბამის გალიაში და გალიის ერთი მხრიდან სთავაზობენ საგნებს, რომლებიც აწყვია ჰორიზონტალურად მდებარე სინზე. (სურ. 4.69.) ეს საგნები თავსდება სინის პატარა-პატარა ჩაღრმავებებზე, რომლებშიც დამალულია წამახალისებელი. მაიმუნს ასწავლიან გადასწიოს ერთ-ერთი საგანი; თუ ამორჩეულია საგანი, რომელიც ფარავს ჩაღრმავებას საკვებით, მაიმუნს ნება ეძლევა მიირთვას იგი. უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე ნაშრომთა უმრავლესობა დაყოვნებულ რეაქციებზე ამ აპარატში ან მის სხვადასხვა მოდიფიკაციებში ტარდება (Harlow, 1958). ტოლმენის (Tolmen, 1932), ედერისა და ნისენის (Elder et al. 1933) შრომების შემდეგ ფართო გამოყენება პოვა დაყოვნებული

ალტერნაციის მეთოდიკამ, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საკვებს ათავსებენ ხან ერთ და ხან მეორე საკვებურში, ცალკეულ სინჯებს შორის განსაზღვრული ინტერვალით. ცხოველმა უნდა დაიმახსოვროს, სად იყო მოთავსებული საკვები წინა სინჯში და ამოირჩიოს სხვა საკვებური. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ამოცანა უფრო რთულია, ვიდრე უბრალო დაყოვნებული რეაქცია.



სურ.4.69. *ვისკონსის ექსპერიმენტული კაბინა ჰარლოუს (Harlow, 1949) მიხედვით.*

დაყოვნებული რეაქციები შეისწავლება აგრეთვე დიდ ექსპერიმენტულ ოთახებში თავისუფალი მოძრაობის მეთოდით. (Беритов, 1961; Бериташвили, 1963, 1968; Конорский, 1970). ამ უახლეს მეთოდიკათა ანალიზს მივყავართ მდიდარი ექსპერიმენტული მასალის დაგროვებისაკენ, რომელიც საკმაო ვარიაბილურობით გამოირჩევა.

მრავალფეროვანი სამეცნიერო ლიტერატურა, რომელიც ეხება დაყოვნებული რეაქციების საკითხებს, შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად: პირველს განეკუთვნება ადრეული შრომები, რომლებშიც განიხილებოდა ინტაქტურ ცხოველებზე დაყოვნებული რეაქციების ცდების ჩატარების მრავალფეროვანი მეთოდური საკითხი.

მეორე მიმართულება წარმოიშვა სტერეოტაქსული ტექნიკის განვითარების შედეგად, როდესაც დაიწყეს ელექტრული სტიმულაციით თავის ტვინის ღრმა სტრუქტურების გაღიზიანებისა და დაზიანების გავლენის შესწავლა დაყოვნებულ რეაქციებზე.

მესამე პერიოდს განეკუთვნება თანამედროვე გამოკვლევები, რომლებიც ხასიათდებიან იმ მექანიზმების ნეიროფიზიოლოგიური და ფსიქოლოგიური ანალიზის უპრეცენდენტო წარმატებით, რომლებიც საფუძვლად უდევს დაყოვნებული რეაქციების განხორციელებას.

ჯერ კიდევ ოცდაათიან-ორმოციან წლებში მეხსიერების პირველი მკვლევარები დაყოვნებული რეაქციების მეთოდიკის გამოყენებისას აღნიშნავდნენ, რომ დაყოვნების პირდაპირი მეთოდი იწვევს ცხოველის ნაკლებად დაღლას და დაყოვნების

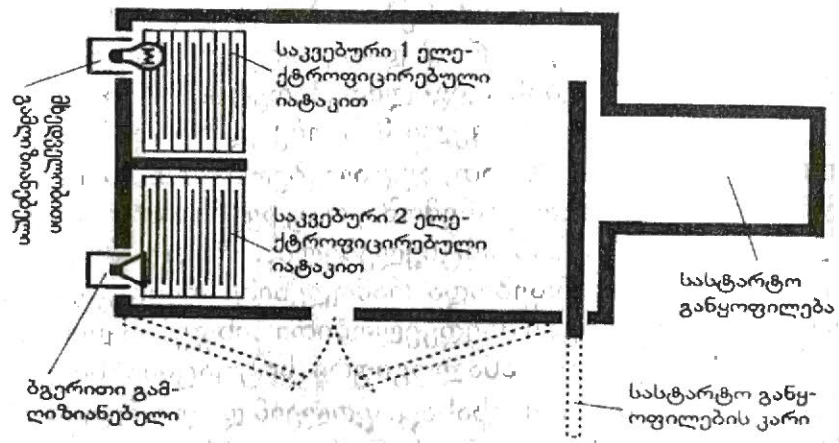
დროის გახანგრძლივებას, ვიდრე არაპირდაპირი მეთოდის გამოყენება (Harlow, 1932, Tinklepaugh, 1932). მაგრამ ამ ფაქტიდან არ გამომდინარეობს, რომ შეიძლება ლაპარაკი პირდაპირი მეთოდის უპირატესობაზე. ამა თუ იმ მეთოდის უპირატესობა დამოკიდებულია მკვლევარის ამოცანაზე.

სხვადასხვაგვარია აგრეთვე ერთი მეთოდის – პირდაპირის ან არაპირდაპირის – დახმარებით მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები, იმისათვის რომ დადგინდეს, რამდენ ხანს ინახება მეხსიერებაში საკვების ადგილმდებარეობის ხატი და რამდენი ხნის შემდეგ ნახავს ცხოველი მას უშეცდომოდ. ბერიტაშვილის (Бериташвили, 1974) აზრით, აუცილებელია, რომ ცდები ტარდებოდეს სრულიად ახალ გარემოში, რაც ჩვენი აზრით ექსპერიმენტულად ძნელი განსახორციელებელია. როცა მსგავსი ცდები სისტემატურად ტარდებოდა რამოდენიმე თვის განმავლობაში, დაყოვნების მაქსიმუმი მხედველობითი სინჯების დროს მნიშვნელოვნად იზრდებოდა. ანალოგიური სიტუაციაა საკვების მდებარეობის სმენითი აღქმისასაც. ფოლეიმ და უორდენმა(Foleyet al. 1934) აჩვენეს, რომ ვარჯიში ახანგრძლივებს დაყოვნებას.

ერთი და იმავე ძაღლის პირობით კვებით ქცევაზე ხანგრძლივი მუშაობისას ი.ს. ბერიტაშვილმა (Бериташвили, 1974) შეამჩნია, რომ თავიდან დაყოვნებული რეაქციის მაქსიმუმი პირობით სიგნალზე იზრდება, მაგრამ მუშაობის განსაზღვრული პერიოდიდან ერთსა და იმავე ექსპერიმენტულ გარემოში დაყოვნების მაქსიმუმები სულ უფრო და უფრო მცირდება.

ანალოგიური მონაცემები იქნა მიღებული მაიმუნ-ბაბუნებზე სპეტის და ჰარლოუს (Speat et al. 1943) მიერ. მათ აჩვენეს, რომ ცხოველები ვერ ართმევდნენ თავს ხუთ წამზე მეტ დაყოვნებას, თუ ერთი ცდის დღის განმავლობაში მათზე აკეთებდნენ 25 სინჯს. მეორე მხრივ იგივე ცხოველები კარგად ართმევდნენ თავს 15 და 30 წამიან დაყოვნებას, თუ საცდელი დღის განმავლობაში ისინი იღებდნენ მხოლოდ ერთ სინჯს. ლ.ა. ფირსოვი (Фирсов, 1972) აღნიშნავს, რომ პირობითი გაღიზიანების რაოდენობის გაზრდასთან ერთად კვებითი აქტივობის ფონზე მაიმუნებში დაყოვნებული რეაქციის დონე ეცემა. ამას აღნიშნავენ სხვა ავტორებიც (Айвазашвили, 1974; Фирсов, 1969; Yerkes, 1928 ;Yerkes et al. 1928; Gleitmen, 1963, Morrison et al. 1973).

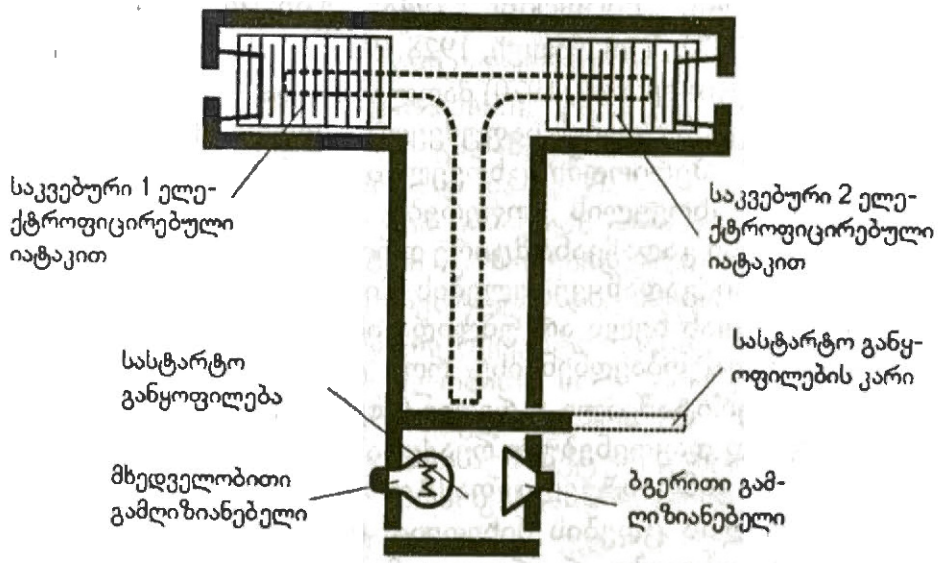
ნ.ი.ვოიტონისი (Войтонис, 1945), იყენებდა რა დაყოვნებული რეაქციების მეთოდს, აკვირდებოდა ცხოველებში განწყობის ზოგიერთ საინტერესო გამოვლენას. ცდების განსაკუთრებულ სერიაში მან აჩვენა განწყობის გამომუშავება, რომელიც გავლენას ახდენს დაყოვნების ხანგრძლივობაზე.



სურ.4.70. *ექსპერიმენტული კაბინა დაყოვნებული რეაქციების ტესტირებისათვის.*

ამრიგად, მიღებული მონაცემები საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ხატის შენახვის დრო, რომელიც შეისწავლეს დაყოვნებული რეაქციების კვლევისას, ფლუქტუირებადი სიდიდეა, რომელიც იცვლება ცდის პროცესში – იგი იცვლება სინჯიდან სინჯამდე. დაყოვნების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მრავალ გარემოებაზე: ცხოველის გარემო'სთან ადაპტაციაზე, როცა საორიენტაციო რეაქციები ქრებიან; რევერბერაციული აგზნების ხანგრძლივობაზე, სინაფსურ პოტენციალზე, ან მომატებულ ან შემცირებულ აგზნებადობაზე, აგრეთვე ერთგვაროვანი ცდების მრავალჯერადი ჩატარების ხანგრძლივობაზე, გარეშე პირობებზე, ისეთზე როგორიცაა ნაცნობი ან უცნობი გარემო, ექსპერიმენტულ სიტუაციაში ობიექტების რაოდენობაზე, ნატურალური და ხელოვნური პირობითი გამოზიანებლის ექსპოზიციის ხანგრძლივობაზე, პირობითი სიგნალის ხასიათზე, განმტკიცების ფორმაზე და სხვა (Фирсов, 1972; Бериташвили, 1974). ეს ნიშნავს, რომ დაყოვნებული რეაქციების განხორციელების ალბათობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც დროის შემთხვევითი ფუნქცია, რომელმაც ცდის განმავლობაში შეიძლება მიიღოს ესა თუ ის კონკრეტული სახე, მაგრამ რომელი – წინასწარ უცნობია.

მსგავსი შემთხვევითი მოვლენების შესწავლას, რომლებშიც შემთხვევითობა პროცესის ფორმით ვლინდება, აწარმოებს ალბათობის თეორიის სპეციალური დარგი – შემთხვევითი ფუნქციების თეორია (Вентцель 1962).



სურ.4.71. *T-ს მაგვარი ლაბირინთი*

ჰანტერმა (Hunter, 1913) პირველმა მიაქცია ყურადღება კავშირს დაყოვნებული რეაქციების სისწორესა და ცხოველის სხეულის პოზას შორის სასიგნალო საკვებურთან მიმართებაში. ჰანტერის აზრით (Hunter, 1913) ვირთაგვებს არა აქვთ წარმატებული დაყოვნებული რეაქციები, თუ ისინი თავიანთ სხეულს არ მიმართავენ იმ წერტილისაკენ, საიდანაც ღებულობენ გაღიზიანებას და არ რჩებიან ამ მდგომარეობაში მთელი დაყოვნების განმავლობაში. მაგრამ შემდგომ ჯერ ეოლტონმა (Walton, 1915), შემდეგ ლავიცკამ (Lavicka, 1959), ბერიტაშვილმა (Бериташвили, 1974), კონორსკიმ(Конорский, 1970), ადამსმა (Демобовский, 1959), ხოზნიკმა (Hoznik, 1931), მაიერმა (Maier, 1929), ვიკმარკმა და სხვ. (Wikmark et al. 1973) ძაღლებზე, კატებზე და ვირთაგვებზე აჩვენეს, რომ ნორმალურ ცხოველებში სწორი დაყოვნებული რეაქცია არ არის დამოკიდებული დაყოვნების პერიოდში თავისა და სხეულის ორიენტაციაზე, ე.ი. სწორი გადაწყვეტილებისათვის არ იყო აუცილებლობა იმ საკვებურის მიმართ ცხოველის სპეციალ-

ური ორიენტაციისა, რომლიდანაც მოდიოდა სიგნალი. როგორც უმდაბლესი, ისე უმაღლესი მაიმუნების მიმართ. თითქმის ყველა მკვლევარი ერთი აზრისაა, მათი სწორი დაყოვნება არ გულისხმობს დაყოვნების პერიოდში ცხოველის პოზის შენარჩუნებას (Вацуро, 1948; Рогинский, 1948; Абрамова, 1956; Фирсов, 1962б,1969,1972; Tinklepaugh, 1928,1932; Harlow, 1958; Miles, 1975). კონორსკი (Конорский, 1970) ძაღლებზე და კატებზე დაყოვნებული რეაქციების ცდების საფუძველზე მიდის იმ დასკვნამდე, რომ დაყოვნების პერიოდში ცხოველის ყურადღების სხვა რამეზე გადატანა, ცხოველის მოფერება, მისი სასტარტო მოედანზე კვება და მისი გადაყვანა მცირე დროით სათავსოდან არ უშლიდა ხელს სწორი გადაწყვეტილების მიღებას. ძაღლებში დაყოვნებულ რეაქციას ხელს არ უშლიდა ისიც, თუ სასტარტო მოედანს შირმით გადაღობავდნენ ისე, რომ ცხოველს არ დაენახა საკვები. ი.ს.ბერიტაშვილი აგრეთვე (Бериташвили, 1974) აკვირდებოდა მდგრად დაყოვნებულ რეაქციას ძაღლებში სხვადასხვა ყურადღების გამფანტველი ფაქტორების მოქმედების დროსაც. ბერიტაშვილის ცდების მიხედვით (Бериташвили, 1974), დაყოვნებული რეაქციები არ ირღვევა მაშინაც კი, როცა დაყოვნების დროს ცხოველს საშუალებას აძლევენ შეასრულოს რაიმე ავტომატიზებული რეაქცია პირობით სიგნალზე განსაზღვრული საკვებურების მიმართ.

უკანასკნელ ხანებში მრავალმა მკვლევარმა დაიწყო დაყოვნებული რეაქციების ფიზიოლოგიური ბუნების შესწავლა. მიუხედავად მნიშვნელოვანი წარმატებებისა ამ დარგში, დაყოვნებული რეაქციების ბუნება შეუსწავლელი რჩება, რადგან მკვლევარებმა ვერ დაადგინეს ფაქტორები, რომლებზეც რეაგირებს ცხოველი მოცემულ სიტუაციაში. სხვანაირად რომ ვთქვათ, უცნობია, რომელი გამღიზიანებელი უბიძგებს ცხოველს შეასრულოს დაყოვნებული რეაქცია.

ასეთ გამღიზიანებელს ბერიტაშვილის აზრით (Берито, 1961; Бериташвили, 1963, 1974) წარმოადგენს „საკვების ადგილმდებარეობის ხატი", კონორსკის (Конорский Ю. 1970, 1972) მიხედვით – „მოსამზადებელი გამღიზიანებელი" და ძალიან გავრცელებული მოსაზრება „გასაღები-სტიმული", რომელიც შემოტანილია ბიჰევიორისტულ ფსიქოლოგიაში. მეტ-ნაკლებად საინტერესო

ნაშრომთა რიცხვს ამ დარგში მიეკუთვნება შრომები, რომლებიც შესრულებულია ამერიკელ ავტორთა მიერ.

ბუნებრივია, რომ დაყოვნებულ რეაქციათა ბუნების განხილვის დროს პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება სტრუქტურული საფუძვლების გამოკვლევას – იმ ნეირონული ელემენტების ორგანიზაციას, რომლებიც განაპირობებენ სწორ რეაქციას. ამ თვალსაზრისით გარკვეულ ინტერესს იწვევს ბერიტაშვილის (Беритов, 1961; Бериташвили, 1974) კონცეფცია, რომლის თანახმად ამოცანის სწორი გადაწყვეტა დაფუძნებულია გარე სამყაროს ხატის წარმოშობასა და აღქმაზე. საკვები ობიექტის აღქმა მის გარემომცველ სამყაროსთან ერთად ხდება განსაკუთრებული ვარსკვლავისებრი ნეირონების აგზნების გზით, მათზე ბოლოვდება ქერქის აფერენტული თალამური გზები, რომლებსაც მოაქვთ ინფორმაცია რეცეპტორებიდან. ამ ვარსკვლავისებრ ნეირონებს მხედველობითი არეს ირგვლივ აქსონური ბადით ბერიტაშვილი სენსორულ ნეირონებს უწოდებს. ისინი განსაზღვრავენ მხედველობით სუბიექტურ განცდას. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს, იგი წარმოქმნის მრავალჯერად თვითაგზნებას, რასაც მივყავართ ობიექტის უკეთეს აღქმამდე. ამიტომ მათი აგზნება არ წყდება აღქმისთანავე, ე.ი. გარეგანი ზემოქმედების შემდეგ. ამ ფსიქონერვული პროცესების დახმარებით, რომლებიც იწვევენ საკვების ადგილმდებარეობისა და მისი ხატის რეპროდუქციას, ცხოველი აკეთებს სწორ არჩევანს.

კონორსკის (Конорский, 1970) აზრით, იმ გამღიზიანებლად, რომელიც რეგულაციას უკეთებს ცხოველის სწორ გადაადგილებას დაყოვნებული რეაქციების დროს, გვევლინება სივრცულ-კინესთეტიკური გზის ხატი მოცემულ საკვებურამდე. კონორსკი თვლის, რომ ცხოველის მიერ ექსპერიმენტული სიტუაციის გაცნობის საფუძველზე მის სივრცულ-კინესტეტიკურ გნოსტიკურ ველში წარმოიქმნება ნეირონების ჯგუფი, რომლებიც მოსამზადებელი გამღიზიანებლის სიგნალიზაციის შემდეგ ასოციაციით იწვევენ შესაბამისი სივრცულ-კინესთეტიკური ნეირონული ჯგუფის აქტივაციას და ეს აქტივაცია გრძელდება მთელი დაყოვნების პერიოდის განმავლობაში მოკლევადიანი მეხსიერების რევერბერაციული იმპულსების მოქმედების გავლენით. ტვინში პროგრამირდება სათანადო პასუხი, რომელსაც ცხოველი ახორციელებს მას შემდეგ, რაც მას გაათავისუფლებენ – გაუღებენ სასტარტო განყოფილების კარს.

ამჟამად დაყოვნებული რეაქციების ბუნების შესახებ არსებობს სამი მოსაზრება: პირველი – დაყოვნებული რეაქციები განიხილებიან, როგორც პირობითი კვალის რეფლექსები; მეორე – დაყოვნებული რეაქციები, როგორც სივრცული დისკრიმინაციის გარდაქმნის კერძო შემთხვევა; მესამე – დაყოვნებული რეაქციები, როგორც ადრეულად აღქმული სტიმულის ხატით გამოწვეული ქცევის მაგალითი.

მეორე შეხედულება – დაყოვნებული რეაქციები, როგორც სივრცული დისკრიმინაციის გარდაქმნის კერძო შემთხვევა – პირველად გამოთქმული იყო ნისენისა და სხვების (Nissen et al. 1938) შრომაში და გაზიარებული იყო ჰარლოუს (Harlow, 1961) მიერ. ამ ავტორის აზრით, დაყოვნებული რეაქციების ყოველი სინჯის შემდეგ ცხოველი ეჩვევა, თუ რომელი საკვებური იძენს დადებით სასიგნალო მოქმედებას საკვების ჩვენების შემდეგ. იმის გამო, რომ მომდევნო სინჯებში ორი საკვებურიდან შემთხვევით იზიდავდეს ერთ-ერთი, ცხოველი სწავლობს ორი სიგნალიდან ერთზე გადართვას ანუ ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს გადართვის სწავლასთან, სივრცულ დისკრიმინაციასთან. ამ ჰიპოთეზაში სრულიად გაუგებარია კითხვა იმის შესახებ, რატომ ხდება, რომ დაყოვნებული რეაქციების მოქმედების სიტუაციაში ცხოველებს საშუალება ეძლევათ ისწავლონ დისკრიმინაციის გარდაქმნა ერთი სინჯის განმავლობაში. ამიტომ, სივრცული დისკრიმინაციის გარდაქმნის ჰიპოთეზა არ ახასიათებს დაყოვნებული რეაქციების ბუნებას და საკითხი ღიად რჩება.

შეხედულება, რომ დაყოვნებული რეაქციები რეგულირდებიან ადრე აღქმული სტიმულის ხატით, წამოყენებული იყო ბერიტაშვილის მიერ (Беритов, 1961; Бериташвили, 1974), ხოლო მოგვიანებით ანალოგიურ შეხედულებამდე მივიდა კონორსკიც (Конорский, 1970,1972). კონორსკისა და ბერიტაშვილის შეხედულებებს შორის განსხვავება მდგომარეობს შემდეგში: ბერიტაშვილის აზრით, პროექციული არეების სენსორული ვარსკვლავისებრი ნეირონები წარმოადგენენ იმ ნეირონებს, რომლებიც გარდაქმნიან სუბიექტურ განცდებს გარეშე სამყაროს ობიექტების წარმოდგენამდე. კონორსკის შეხედულებით ეს ხატები წარმოიქმნება არა პროექციულ, არამედ ქერქის გნოსტიკურ არეებში, ხოლო პროექციული ზონების უჯრედებს აქვთ მხოლოდ გადამცემი ფუნქცია პერიფერიიდან გნოსტიკურ უბნებამდე.

ცხრ.4.9 დაყოვნებული რეაქციების პირდაპირი მეთოდით ტესტირების დროით - სივრცული პროგრამა

დღეები	დრო	სინჯთა თანმიმდევრობა	საკვებური საჭმლით	სინჯთა შორის ინტერვალი წუთებში	დაყოვნების ხანგრძლივობა წამებში	სინჯის ხასიათი: თანმიმდევრული (თ) მორიგეობითი (მ)
1	11-00	0	1	2	5	-
		1	1	3	5	თ
		2	2	2	5	მ
		3	1	5	5	მ
		4	2	3	5	მ
		5	2	4	5	თ
		6	1	4	5	თ
		7	1	2	5	თ
		8	1	5	5	თ
		9	2	3	5	მ
		10	2	2	5	თ
2	11-00	0	2	2	5	-
		1	2	3	5	თ
		2	1	2	5	მ
		3	2	5	5	მ
		4	1	3	5	მ
		5	1	4	5	თ
		6	2	4	5	მ
		7	2	2	5	თ
		8	2	5	5	თ
		9	1	3	5	მ
		10	1	2	5	თ

ვოიტონისი (Войтонис, 1936,1949), როგინსკი (Рогинский, 1948), შუსტინი (Шустин, 1958,1959,1970) განიხილავენ დაყოვნებულ რეაქციებს, როგორც პირობითი კვალის რეფლექსებს. ამ მიმდინარეობის ყველაზე აქტიური დამცველის, შუსტინის (Шустин, 1956,1959,1970) მტკიცებით პავლოვის პირობითი კვალის რეფლექსებსა და დაყოვნებულ რეაქციებს შორის არ არის პრინციპული განსხვავება; განსხვავება არის მხოლოდ მეთოდიკაში. დაყოვნებული რეაქციები სხვა არა არის რა, თუ არა კვალის რეფლექსი ორი ფაზით: პირველი – შეკავება, ხოლო შემდგომ, მეორე პერიოდის დაყოვნების ბოლოს – აგზნება;

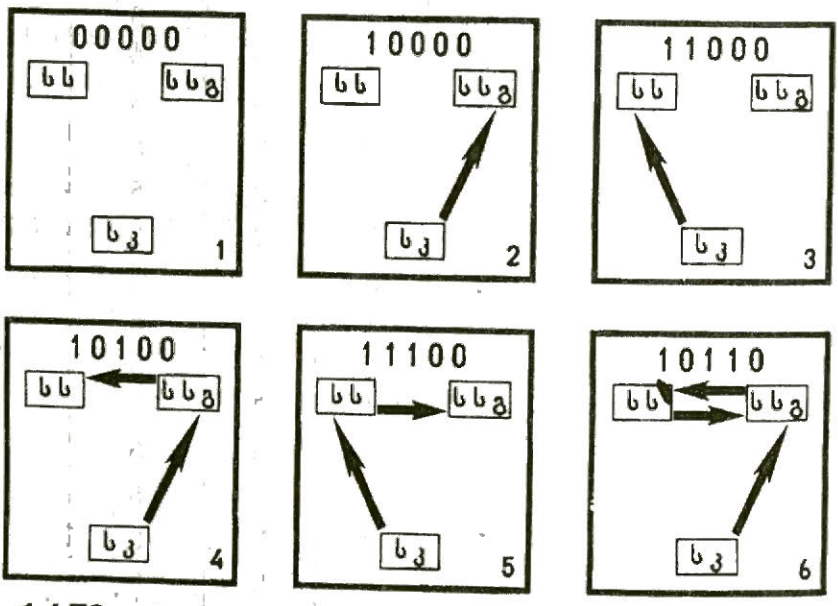
შუსტინის ამ შეხედულების კრიტიკა და განსხვავება დაყოვნებულ რეაქციებსა და პირობითი კვალის რეფლექსებს შორის დაწვრილებით არის განხილული კონორსკისა (Конорский, 1960) და ბერიტაშვილის შრომებში (Бериташвили, 1963).

მიუხედავად ზემოთ ჩამოთვლილი შრომების სიუხვისა, საკითხი დაყოვნებული რეაქციების ფიზიოლოგიური ბუნების შესახებ ჯერჯერობით ღია რჩება, ასეთივე აზრისანი არიან როსვოლდი (Rosvold, 1961), დემბოვსკი (Дембовский, 1959) და ტოიბერი (Teuber, 1964,1972). ცხოველები – ესაა მრავალკომპონენტიანი სისტემები, რომლებიც თავისთავში მოიცავენ ცვლილებებისადმი უნაზეს მგრძნობიარობას. ცხოველების მოქმედების ანალიზი, რომელთა მთავარი მახასიათებლები განისაზღვრება სწორედ მრავალი ურთიერთდაკავშირებული ცვლადის არსებობით, აღსაწერადაც კი ძნელია, ხოლო მათი ეფექტური ანალიზი – უმძიმესი საქმეა. ამასთან, ორგანიზმის შინაგანი პარამეტრები-ცვლადები გარე სამყაროს ცვლადებთან ერთად შეიძლება ასობით დავითვალოთ. მათ შორის უნდა ავირჩიოთ ისინი, რომელთა შესწავლითაც შეიძლება მინიმალურად განვსაზღვროთ იმათი რიცხვი, რომლებიც ცხოველთა ქცევაზე მოქმედებენ, ეს არის ნეიროფიზიოლოგიის ძირითადი ამოცანა. დაყოვნებული რეაქციების ერთ-ერთი აქტიური მკვლევარი ფირსოვი (Фирсов, 1972) სრულიად სამართლიანად აღნიშნავს, რომ დაყოვნებული რეაქციების ხანგრძლივობის გადაწყვეტის სწორი დონე ძლიერ ცვალებადია და ამიტომ არ შეიძლება გამოდგეს სხვადასხვა ცხოველებისათვის ამ რეაქციების გამოხატულების ევოლუციური განხილვის ლოგიკური სქემის კრიტერიუმად, სანამ არ იქნება მიღწეული ექსპერიმენტული პირობების მკაცრი სტანდარტიზაცია.

ცხრ.4.10. დაყოვნებული რეაქციების არაპირდაპირი მეთოდით ტესტირების დროით - სივრცული პროგრამა

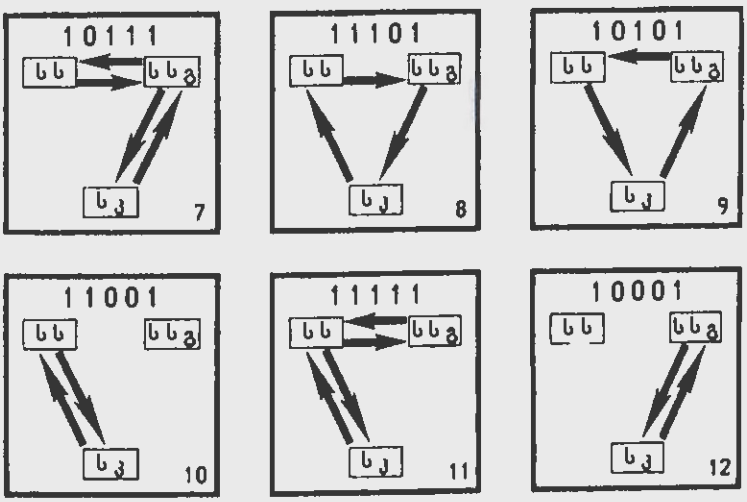
დღეები	დრო	სინჯთა თანმიმდევრობა	პირობითი გამღიზიანებელი	საკვებური საჭმლით	სინჯთა შორის ინტერვალი წუთებში	დაყოვნების ხანგრძლივობა წამებში	სინჯის ხასიათი: თანმიმდევრული (თ) მორიგეობითი (მ)
1	11-00	0	ნათურა	1	2	5	თ
		1	ნათურა	1	3	5	თ
		2	ბგერა	2	2	5	მ
		3	ნათურა	1	5	5	მ
		4	ბგერა	2	3	5	მ
		5	ბგერა	2	4	5	თ
		6	ნათურა	1	4	5	მ
		7	ნათურა	1	2	5	თ
		8	ნათურა	1	5	5	თ
		9	ბგერა	2	3	5	მ
		10	ბგერა	2	2	5	თ
2	11-00	0	ბგერა	2	2	5	თ
		1	ბგერა	2	3	5	თ
		2	ნათურა	1	2	5	მ
		3	ბგერა	2	5	5	მ
		4	ნათურა	1	3	5	მ
		5	ბგერა	1	4	5	თ
		6	ბგერა	2	4	5	მ
		7	ნათურა	2	2	5	თ
		8	ნათურა	2	5	5	თ
		9	ნათურა	1	3	5	მ
		10	ბგერა	1	2	5	თ

ზემოაღნიშნულიდან ძნელი არ არის იმის შემჩნევა, რომ დაყოვნებული რეაქციების საზოგადოდ მიღებული შეფასება მეხსიერების ხანგრძლივობის გამოკვლევის მიზნით არ არის ზუსტი. ნათელია, რომ დაყოვნებული რეაქციების დროს შეუძლებელია მეხსიერების ხანგრძლივობის უშუალო შესწავლა. ასეთ შემთხვევაში ძირითად ნეიროფიზიოლოგიურ სამუშაო მეთოდებად გამოიყენება, მეხსიერების შესწავლის არა პირდაპირი არამედ გადატანითი მეთოდები. მეხსიერების შესახებ შეიძლება მხოლოდ არაპირდაპირ ვიმსჯელოთ არჩევის რეაქციის სისწორის მიხედვით. და იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ცხოველი სწორ არჩევანს აკეთებს, ჩვენ არ შეგვიძლია მთელი დამაჯერებლობით ვამტკიცოთ, რითაა გამოწვეული ეს სწორი არჩევანი – სიგნალის ხატის დამახსოვრებით თუ შემთხვევით. ცხოველი შეიძლება არ მივიდეს საკვების ადგილთან იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც აქვს მისი ხატი. ზუსტად შესაბამის მათემატიკურ აპარატს დაყოვნებული რეაქციების დროს მეხსიერების ხანგრძლივობის დასადგენად წარმოადგენს შემთხვევითი ფუნქციების თეორიის აპარატი. (Вентцель, 1962)



სურ.4.72. *ცხოველთა დაყოვნებამდელი ქცევის ალგორითმული ჩაწერა ორი საკვებურის პირობებში. სკ-სასტარტო კაბინა. სს-საკვებური საკვებით. სსგ- საკვებური საჭმლის გარეშე. ისრებით მინიშნებულია ცხოველთა მოძრაობის მიმართულება. პირველი პოზიციის ჩანაწერი 00000 — ნიშნავს, რომ*

ცხოველი არ მოძრაობს, არ გამოდის სასტრატო განყოფილებიდან. მეორე პოზიციის ჩანაწერი 10000 - ნიშნავს, რომ ცხოველი თვითონ გამოვიდა სასტარტო განყოფილებიდან, მიირბინა ცარიელ საკვებურთან და აღარ მოძრაობს. ექსპერიმენტატორი აბრუნებს მას უკან სასტარტო განყოფილებაში. მეშვიდე პოზიცია 10111 - ნიშნავს, რომ ცხოველი თვითონ გამოვიდა სასტარტო განყოფილებიდან, მიირბინა ცარიელ საკვებურთან, შემდეგ საკვებიან საკვებურთან. დაბრუნდა საკვებურთან და შევიდა სასტრარტო განყოფილებაში. მეცხრე პოზიციის ჩანაწერი 10101 აღნიშნავს, რომ ცხოველი თვითონ გამოვიდა სასტარტო განყოფილებიდან, მიირბინა ცარიელ საკვებურთან, შემდეგ საკვებიან საკვებურთან და დაბრუნდა სასტრატო განყოფილებაში. მეათე პოზიცია – 11001: ცხოველი თვითონ გამოდის სასტარტო განყოფილებიდან, მიდის საჭმლიან საკვებურთან და ბრუნდება სასტრატო განყოფილებაში. მეათე პოზიცია - 11001: ცხოველი თვითონ მივიდა საჭმლიან საკვებურთან და დაბრუნდა სასტარტო განყოფილებაში.



მეთერთმეტე პოზიცია - 11111 – ცხოველი თვითონ გამოდის სასტარტო განყოფილებიდან, მიდის საჭმლიან საკვებურთან, შემდეგ ცარიელ საკვებურთან, ბრუნდება საჭმლიან საკვებურთან და შედის სასტარტო განყოფილებაში; პოზიცია მეთორმეტე – 10001 – ცხოველი თვითონ გამოდის სასტარტო განყოფილებიდან, მიდის ცარიელ საკვებურთან და ბრუნდება სასტარტო განყოფილებაში.

დაყოვნებული რეაქციების კვლევის მეთოდი

უახლოესმა გამოკვლევებმა სავალდებულოდ ცნო დაყოვნებული რეაქციების შესასწავლად კიბერნეტიკული და მათემატიკური მეთოდების გამოყენება (Войтонис, 1949; Буш и др. 1962; Розенблатт, 1965; Аткинсон и др 1969; Аминев, 1974; Натишвили, 1974; Нанеишвили, 1985). მათემატიკურმა მეთოდებმა ისე ღრმად შეაღწიეს ექპერიმენტში, რომ გაჩნდა ექსპერიმენტის საერთო მათემატიკური თეორიის შექმნის შესაძლებლობა. თუ ადრე მათემატიკური მეთოდები გამოიყენებოდა მხოლოდ გამოკვლევების ბოლო ეტაპზე – დაკვირვების შედეგების დამუშავებისას, ახლა ისინი გამოიყენება წინასწარი მონაცემების ფორმალიზაციისათვის ცდის დაწყების წინ – ექსპერიმენტის დაგეგმვისას. ექსპერიმენტის დაგეგმვა არის ცდის დაყენება რაიმე წინასწარ შედგენილი სქემის მიხედვით, რომელიც ოპტიმალური თვისებებით ხასიათდება. ნაცვლად იმისა, როდესაც ხდებოდა ფაქტების უბრალო დაგროვება, ახლა გამოკვლევის საფუძველი გახდა დაგეგმილი ცდა (Хикс, 1967; Финин, 1970; Алексидзе, 1988). უზარმაზარი ექსპერიმენტული მასალა, რომელიც დაგროვდა დაყოვნებული რეაქციების ბუნების შესახებ, გვაიძულებს მოვძებნოთ რაიმე საკვანძო ძაფი, რომლის გარეშე შემდგომი პროგრესი სულ უფრო და უფრო ძნელდება.

ამ მიზანით ჩვენ დავიწყეთ ჩვენი ექსპერიმენტის დაგეგმვა. იმისათვის, რომ თავიდან აგვეცილებინა საკვების ადგილმდებარეობის დასწავლა და გამოგვერიცხა ცხოველის მიერ რაიმე ერთი მიმართულების უპირატესი არჩევა ექსპერიმენტში, საკვებს ვაწვდიდით სხვადასხვა საკვებურიდან, შემთხვევითი მონაცვლეობით. საკვების სხვადასხვა საკვებურიდან მოწოდების შემთხვევითობა ჩვენ მიერ იყო განაწილებული სტატისტიკური ცდების მეთოდით (Браун, 1959; Бусленко и др. 1962).

ამგვარად, ჩვენ წინასწარ ვადგენდით ცდების ჩატარების დროით პროგრამას საკვებურების შემთხვევითი მონაცვლეობით, რასაც მკაცრად ვიცავდით (ცხრილი 4.9. და 4.10.). ასეთი პროგრამა საშუალებას გვაძლევდა ერთი და იგივე პირობებში გამოგვეკვლია სხვადასხვა ცხოველების დაყოვნებული რეაქციები და გაგვეკეთებინა სტატისტიკური ანალიზი. დაყოვნებული რეაქციების გამოკვლევის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ცდის განმავლობაში ცხოველი ხშირად ამჟღავნებს დროის პირობით რეფლექსს,

შემგუებლობას; გარდა ამისა, ექსპერიმენტულ გარემოში მრავალჯერადი შეყვანა ამზადებს მას იმ პირობითი რეაქციისათვის, რომელიც მან უნდა გამოიმუშავოს ამ გარემოში, ე.ი. უქმნის მას განწყობას. ფაქტორები, რომლებიც ყოველთვის თან სდევენ დაყოვნებულ რეაქციებს და ხელს უშლიან მათი ხანგრძლივობის ზუსტ დადგენას, ჩვენს ექსპერიმენტებში მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი. გამოირიცხა ექსპერიმენტატორის სუბიექტური ჩარევა ექსპერიმენტის მსვლელობაში.

ცხრ.4.11. დაყოვნებულ რეაქციათა ტესტირების სტანდარტული ოქმი

დროით-სივრცული პროგრამა						დაყოვნებამდელი რეაქციები					დაყოვნებული რეაქციები		
დრო	სინჯთა თანმიმდევრობა	საკეებური საკვებით	სინჯთა შორის ინტერვალი წუთებში	დაყოვნების ხანგრძლივობა წამებში	სინჯის ხასიათი: თანმიმდევრული(თ) მორიგეობითი (მ)	სასტარტო განყოფილებიდან გამოსვლა	მოძრაობის ხასიათი	საკვების მიღება	მოძრაობის კორექცია	სასტარტო განყოფილებაში დაბრუნება	სასტარტო განყოფილებიდან გამოსვლა	მოძრაობის ხასიათი	სასტარტო განყოფილებაში დაბრუნება
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
11-00	0	1	2	5	-	0	-	1	1	0	1	1	0
	1	1	3	5	თ	0	1	1	1	0	1	0	0
	2	2	2	5	მ	1	0	1	1	0	0	1	0
	3	1	5	5	მ	1	0	1	1	0	1	0	1
	4	2	3	5	მ	1	0	1	0	1	0	1	0
	5	2	4	5	თ	1	1	1	0	1	0	1	0
	6	1	4	5	მ	1	1	0	0	1	1	1	0
	7	1	2	5	თ	1	1	1	0	1	1	1	1
	8	1	5	5	თ	1	1	1	1	0	1	0	1
	9	2	3	5	მ	1	1	0	1	1	1	1	0
11-44	10	2	2	5	თ	1	0	0	1	1	1	1	1

მას შემდეგ, რაც შექმენით სხვადასხვა ცხოველებზე დაკვირვების მუდმივი პირობები, ჩვენ ვცადეთ გამოგვეკვლია ვირთაგვების მეხსიერება საკვების ადგილმდებარეობაზე ორი საკვებურის შემთხვევაში. ამგვარი ცდები განეკუთვნება ექსპერიმენტული პრობლემების იმ კლასს, რომლებიც დაკავშირებული არიან ყოველ ცდაში ორ გადაწყვეტილებას შორის არჩევანის გაკეთებასთან, ანუ ეს არის პრობლემა, სადაც გვაქვს სიმეტრიის გარკვეული ტიპის ალტერნატივა.

შიმშილი საკმარის მოტივაციას წარმოადგენს, იგი ძლიერი გამღიზიანებელია და იწვევს ცხოველის დიდ აქტივობას. ბევრად უფრო ეფექტურია დავაყენოთ ცდები იმ ცხოველებზე, რომლებიც 48 საათს შიმშილობენ. ლაბირინთში შიმშილი ბევრად უფრო ძლიერ რეაქციას იწვევს, ვიდრე თავისუფლების აღკვეთა (Дембовский, 1959). საკვების მრავალჯერადი მიღების შემდეგ ცხოველი ნაყრდება, მოტივაცია ქრება და ცხოველი აღარ გამოდის სასტარტო კამერიდან.

სპეციალური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ვირთაგვა იკვებება რეგულარულად საშუალოდ სამ საათში ერთხელ. საკვების მიღებებს შორის ინტერვალი სხვადასხვა ვირთაგვისათვის განსხვავებულია. ზოგიერთი ვირთაგვა დღის განმავლობაში დაახლოებით ათჯერ იკვებება, სხვები მარტო შვიდჯერ, ამასთან ყოველი ვირთაგვისთვის კვების რიტმი მუდმივია (Дембовский, 1959). დღეში ათი სინჯის პირობებში, გარემოში, რომელიც ახლოს იყო ცხოველისათვის ბუნებრივ პირობებთან.

პეტერსონის მიხედვით (Peterson, 1931,1934), ვირთაგვები, რომლებიც ორივე თათს თანაბრად ხმარობენ, წარმოადგენენ იშვიათ გამონაკლისს, ხოლო ვირთაგვები, რომლებიც უპირატესობას ანიჭებენ მარჯვენა ან მარცხენა თათს, გვხვდებიან თანაბრად. ხშირად ასეთი ანატომიური და ფუნქციონალური ასიმეტრია გავლენას ახდენს დაყოვნებული რეაქციების ფორმირებაზე. ცხოველს უჩნდება გარკვეული მიმართულებით მოძრაობის ტენდენცია. ეს ფაქტორები ექსპერიმენტში ყოველთვის უნდა იყოს გათვალისწინებული. ჩვენს ცდებში მათ გავლენას ადვილად ვადგენდით სპეციალური მათემატიკური აპარატის გამოყენებით (Цагарели, 1988).

პირდაპირი დაყოვნებული რეაქციის ტესტირების მოდიფიცირებული მეთოდი

ექსპერიმენტი ჩატარდა თეთრ ვირთაგვებზე პირდაპირი დაყოვნებული რეაქციის მოდიფიცირებული მეთოდით. (Цагарели и др., 1981;1985). ექსპერიმენტი მიზნად ისახავდა თეთრი ვირთაგვების მხრივ საკვების კომპლექსური აღქმის დაფიქსირებას ორი საკვებურის პირობებში. ცდები ტარდებოდა სპეციალურად დამზადებულ კაბინაში (სურ.4.70.) და Т-მაგვარ ლაბირინთში (სურ. 4.71.). ყოველდღიურად ხდებოდა ათი სინჯის აღება მკაცრად განსაზღვრული დროით-სივრცული პროგრამით, რომელიც ითვალისწინებდა მასიგნალებელი საკვებურების თანმიმდევრობას, სინჯთა შორის დროის ინტერვალს და დაყოვნების ხანგრძლივობას. ცხოველს საშუალება ეძლეოდა დაყოვნებამდე ქვესპერიმენტატორის ჩარევის გარეშე ემოძრავა ექსპერიმენტულ კაბინაში და მოეპოვებინა საკვები პროგრამით განსაზღვრულ რომელიმე საკვებურში. ვირთაგვას შეეძლო მიერბინა ჯერ საკვებიან საკვებურთან, მერე კი ცარიელ საკვებურთან ან, პირიქით, და თუ თვითონ არ დაბრუნდებოდა სასტარტო განყოფილებაში, ექსპერიმენტატორი მას იძულებით დააბრუნებდა. ცხოველს საშუალება ეძლეოდა საკვებიანი საკვებურებიდან კორექციის გარეშე, ისე, რომ ცარიელ საკვებურებთან არ მიერბინა, დაბრუნებულიყო სასტარტო განყოფილებაში. დაყოვნების გავლის შემდეგ სასტარტო განყოფილების კარი იღებოდა და ცხოველს თავისუფალი ქცევის საშუალება ეძლეოდა. რეგისტრირდებოდა როგორც სწორი, ისე არასწორი რეაქციები, სწორი რეაქციის დროს ცხოველი საკვებს ღებულობდა, ხოლო არასწორი რეაქციის დროს — არა. ოქმში ცხოველის მიერ განხორციელებული სწორი სვლა აღინიშნებოდა ერთით, არასწორი კი — ნულით. ამგვარად, ოქმში (ცხრილი 4.11) ვღებულობდით ნულებისა და ერთიანების განაწილებას, რაც საშუალებას გვაძლევდა დაგვეხასიათებინა ცხოველთა ქცევები და აღგვეწერა დასწავლის ალგორითმი (Цагарели, 1985). მაგალითად, თანმიმდევრობა 11001110 ნიშნავს, რომ დაყოვნებამდელ ქცევაში ცხოველი ექსპერიმენტატორის ჩარევის გარეშე გამოდის სასტარტო განყოფილებიდან, ასრულებს სწორ სვლას და მიდის იმ საკვებურთან, რომლიდანაც წინა სინჯის დროს მიიღო საკვები. ამჯერად საკვები ვერ მიიღო, რადგან პროგრამით არ იყო გათვალისწინებული. ამიტომ საჭირო გახდა მოძრაობის კორექცია მიმართულიყო სა-

წინააღმდეგო საკვებურისაკენ, ვინაიდან საკვები სწორედ იქ იყო მოთავსებული. ცხოველი კორექციას ახორციელებს ექსპერიმენტატორის ჩარევის შემდეგ და სასტარტო განყოფილებაში ბრუნდება. ალგორითმის ბოლო სამი ნიშანი აღწერს დაყოვნებულ რეაქციებს. ცხოველი თვითონ გამოდის სასტარტო განყოფილებიდან, აკეთებს სწორ სვლას და მირბის იმ საკვებურთან, საიდანაც მიიღო საკვები დაყოვნებამდე. შემდეგ ცხოველს სასტარტო განყოფილებაში აბრუნებს ექსპერიმენტატორი. დაყოვნებამდელი ქცევის ციფრული ჩაწერის მეთოდიკა, რომელიც ასახავს ალგორითმს, ილუსტრირებულია სურათზე 4.72. დაყოვნებამდე ქცევის ალგორითმის დინამიკა სინჯისა და დღეების მიხედვით ნაჩვენებია 4.12. ცხრილში.

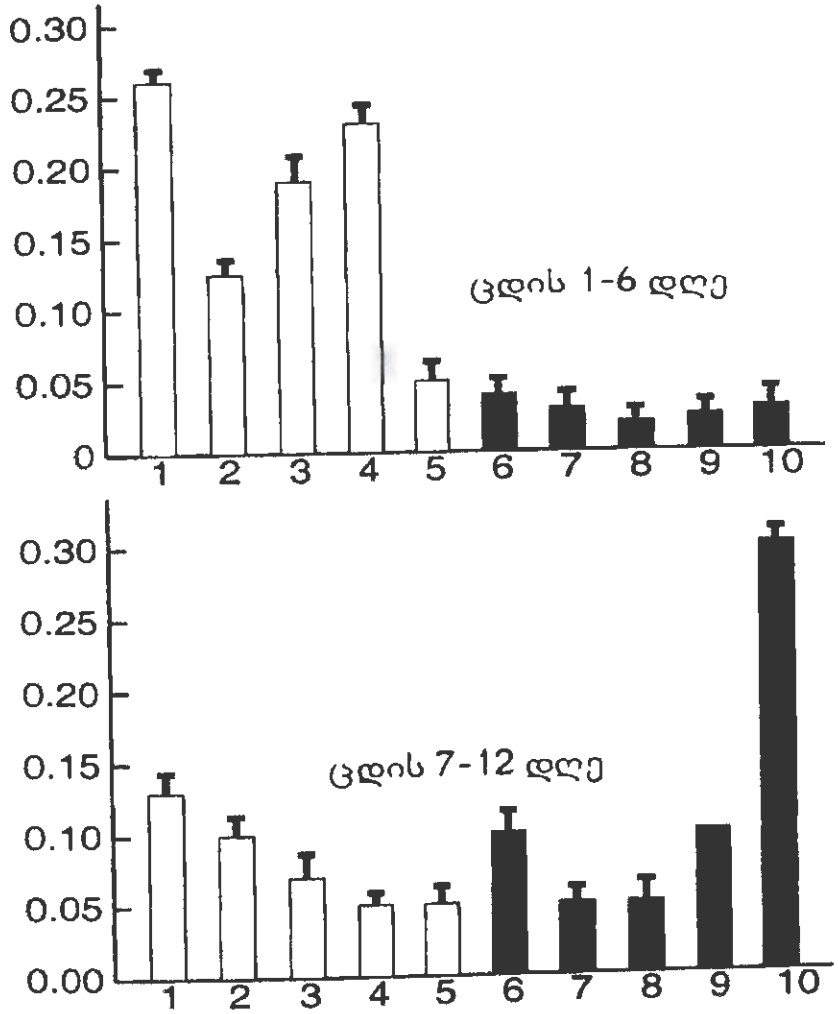
პირდაპირი დაყოვნებული რეაქციების მოდიფიცირებული მეთოდით ჩატარებული ექსპერიმენტი საშუალებას გვაძლევს დაყოვნების მაქსიმუმის დადგენასთან ერთად დავაკვირდეთ ცხოველთა დასწავლის პროცესს. გამოვყოთ ოპტიმალური ალგორითმი, რომლის მეშვეობითაც ცხოველი მინიმალურ შეცდომებს უშვებს და მაქსიმალურად მოიპოვებს საკვებს(სურ 4.73.).

ცხრ.4.12. დაყოვნებული რეაქციის პირდაპირი მეთოდით ტესტირებისას დაყოვნებამდელი ქცევების ალგორითმის დინამიკა

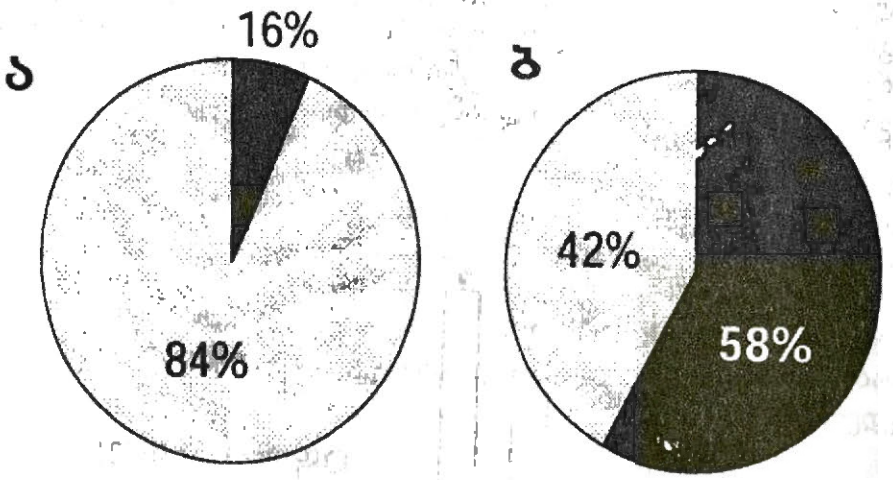
სინჯი	ცდის დღეები									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	00000	11000	11000	11000	11001	11000	11111	11100	11110	11001
2	01000	10100	11000	10100	11000	11001	11001	11101	11001	10101
3	10010	11110	10100	11111	11001	11101	11001	10101	10111	10101
4	10010	11000	10100	11001	11001	11000	11000	11000	11001	10101
5	11000	11000	11001	10101	11001	11000	11000	11001	11001	11101
6	10100	11110	11110	11001	11001	11000	11000	11001	11111	11101
7	10100	10110	11000	11000	11001	10100	10100	10101	11001	10101
8	11000	11000	11100	11101	11001	10101	10101	11001	11001	10101
9	11000	11000	10100	11001	10101	11001	11001	11001	10101	11001
10	11000	11100	11101	11000	11001	11000	10100	11000	10101	11001

ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზი მეტყველებს იმაზე, რომ ცხოველები კარგად ეგუებიან გარემოს. მათ ოპტიმალურ ალგორითმთა განხორციელების სიხშირეები დროთა მსვლე-

ლობაში იზრდება. თუ ექსპერიმენტის პირველი ექვსი დღის განმავლობაში ქაოტურ ალგორითმთა განხორციელების სიხშირეები პრევალირებს ოპტიმალურზე, მეორე ექვსი დღის განმავლობაში სურათი დიამეტრულად იცვლება.



სურ.4.73. *საკვების მოპოვების დაყოვნებამდელ ქცევათა სხვადასხვა ალგორითმების განხორციელების სიხშირეები. შავად აღნიშნულია – ოპტიმალური, თეთრად – ქაოტური ალგორითმები. აბსცისაზე აღნიშნულია ალგორითმის ხასიათი:1-11000, 2-10100, 3-10110, 4-11110, 5-11100, 6-11101, 7-11111, 8-11101, 9-10101, 10-10011. ორდინატზე – ალბათობა.*

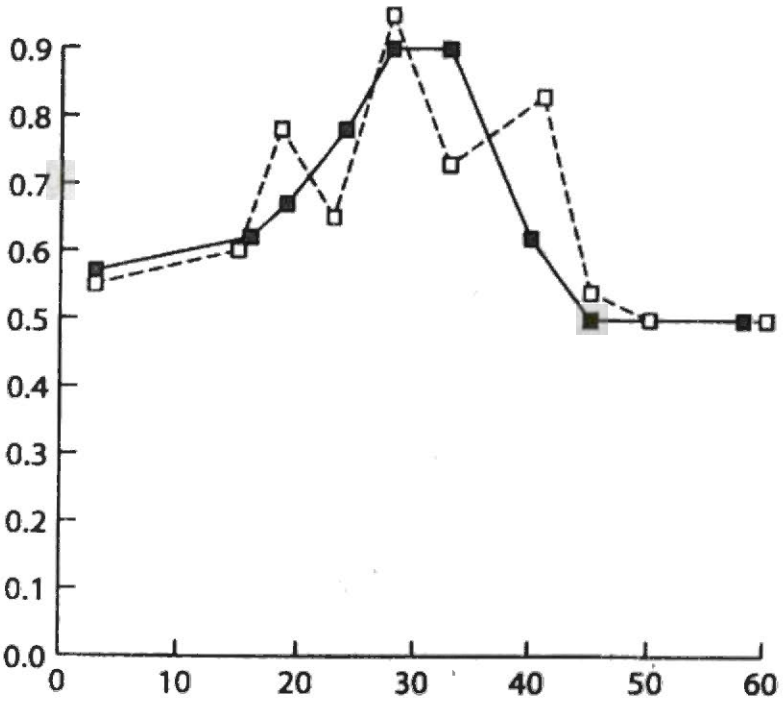


სურ.4.74. *ქაოტურ და ოპტიმალურ ალგორითმთა განხორციელება. ა-ცდის 1-6 დღე. ბ-ცდის 7-12 დღე. თეთრად აღნიშნულია ქაოტური,შავად – ოპტიმალური ალგორითმები.*

(სურ 4.74.) ქცევის ალგორითმთა რეალიზაციის სიხშირეთა ასეთი ცვლილება ნათლად მიუთითებს იმაზე, რომ ცხოველებს გააჩნიათ დასწავლის უნარი. გაურკვეველი რჩება და გამოსაკვლევია, თუ რას სწავლობენ ცხოველები. ბუნებრივია, უნდა დავუშვათ, რომ დასწავლილ ცხოველებს მეხსიერება უკეთესი უნდა ჰქონდეთ, ვიდრე დაუსწავლელებს. ამიტომ დაყოვნებული რეაქციების ტესტირებისას სავალდებულოა მოინახოს კორელაცია დასწავლის ხარისხსა და დაყოვნების ხანგრძლივობას შორის. ამის საშუალებას კი გვაძლევს შემოთავაზებული მეთოდიკა.

დაყოვნებულ რეაქციათა შეფასება უმცირეს კვადრატთა მეთოდით

მეხსიერების შესწავლა დაყოვნებული რეაქციების საშუალებით დაიყვანება იმ დამოკიდებულებების დადგენამდე, რომლებიც არსებობენ სწორი რეაქციების განხორციელების ალბათობასა და დაყოვნების ხანგრძლივობას შორის. სავარაუდოა, რომ P (სწორი რეაქციების განხორციელების ალბათობა) და t (დაყოვნების ხანგრძლივობა) სიდიდეები ერთმანეთთან ფუნქციონალურად არიან დაკავშირებული $P = f(t)$. ამ დამოკიდებულების სახეს ჩვენ განვსაზღვრავდით იმ ცდებიდან, რომელთა ჩატარების პირობები ზემოთაა აღწერილი.



სურ.4.75. *დაყოვნებულ სწორ რეაქციათა განხორციელების სიხშირეთა დინამიკა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შემდეგ. თეთრი კვადრატებით აღნიშნულია ექსპერიმენტული შედეგები, ხოლო შავებით – დამუშავებული. აბსცისაზე გადაზომილია დაყოვნების ხანგრძლივობა, ორდინატაზე – სწორ რეაქციათა განხორციელების სიხშირეები.*

ცდების მასალის ჯგუფური სტატისტიკური დამუშავების შედეგი ნაჩვენებია გრაფიკზე (სურ.4.75). გრაფიკზე ექსპერიმენტული წერტილები სწორად არ არის განლაგებული, ე.ი. ჩანს შემთხვევითი გადახრები ნათლად გამოხატული საერთო კანონზომიერებიდან. ეს გადახრები განპირობებულია ყოველ ცდაში გაზომვის შეცდომათა გარდაუვალობით და თვით დაყოვნებული რეაქციების ბუნებით, რაც ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ ლიტერატურულ მიმოხილვაში. ამიტომ დაისმება პრაქტიკისათვის საკმაოდ ტიპიური ამოცანა: ექსპერიმენტული დამოკიდებულების გასაშუალოება. სასურველია ცდის შედეგები დამუშავდეს ისე, რომ განვსაზღვროთ, P-ს t-სთან დამოკიდებულების საერთო ტენდენცია. ამასთან ერთად, გავასაშუალოთ არაკანონზომიერი

შემთხვევითი გადახრები, რომლებიც დაკავშირებული არიან იმ უზუსტობებთან, რომლებიც გარდაუვალია თვით დაკვირვების დროს.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად ჩვენ გამოვიყენეთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდი (Иделсон, 1947; Вентцель, 1962). ეს მეთოდი მოცემული ტიპის დამოკიდებულების შემთხვევაში შესაძლებლობას იძლევა ამოვარჩიოთ რიცხვობრივი პარამეტრები ისე, რომ მრუდი $P = f(t)$ გარკვეული აზრით საუკეთესოდ გამოხატავდეს ექსპერიმენტულ მონაცემებს. ამიტომ მოგვიხდა სხვადასხვა ემპირიული ფუნქციების შედგენა:

$$f(t) = \frac{1}{a_0 + b_0 + C_0 t} - (P - 0{,}5),$$

$$g_1(t) = \frac{1}{(a_0 + b_0 t + C_0 t)^2},$$

$$g_2(t) = \frac{1}{(a_0 + b_0 t + C_0 t^2)^2} \cdot t,$$

$$g_3(t) = \frac{1}{(a_0 + b_0 t + C_0 t^2)^2} \cdot t^2,$$

$$W(t) = 1$$

ეს ფუნქციები განსაზღვრულია $t = t_1, \ldots, t_n$. ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ მოინახოს კოეფიციენტი C_2 ხაზობრივი კომბინაციით:

$$P(t) = \sum_{j=1}^{3} C_j g_j(t)$$

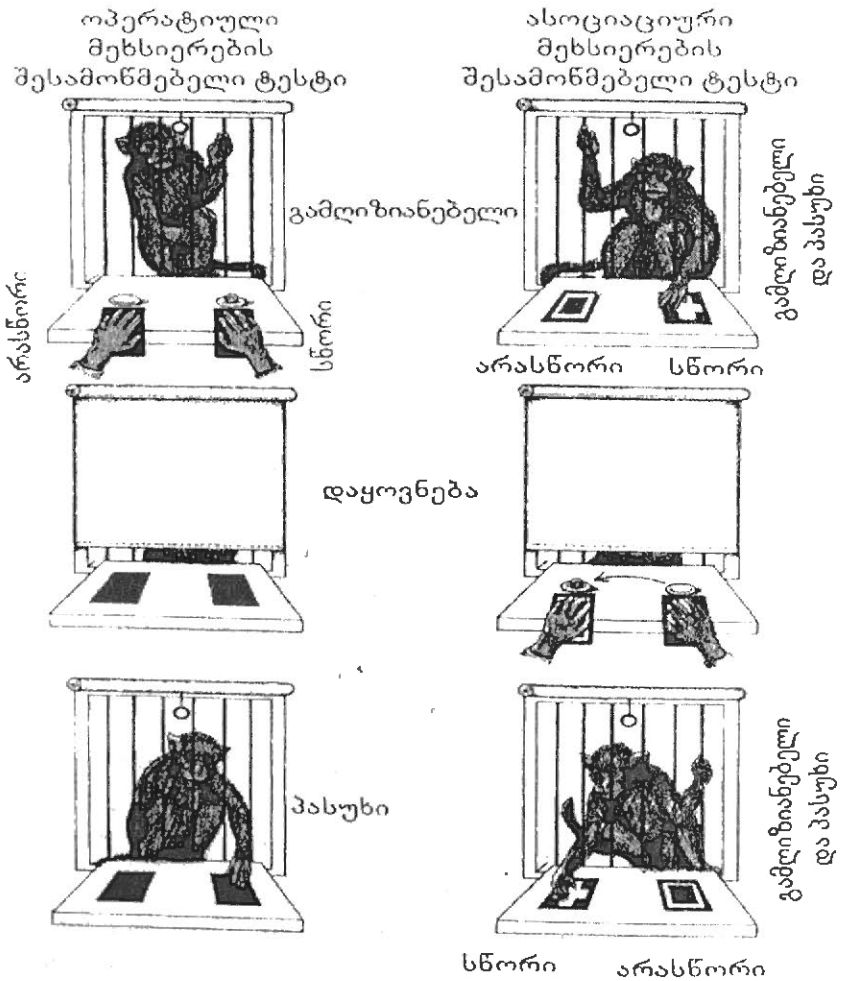
გამოთვლები ტარდებოდა ელექტრონულ გამომთვლელ მანქანაზე, სურ.7.8. გამოთვლების ტექნიკა ვრცლად არის აღწერილი ნაშრომში(Цагарели; Сепиашвили; 1973).

ჩვენ მოკლედ აღვწერეთ დაყოვნებული რეაქციების მეთოდიკა, რომლის საშუალებითაც ექსპერიმენტულ ნეიროფიზიოლოგიაში ტარდებოდა გამოკვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილი ხერხემლიან ცხოველთა ყველა სახეობაზე, დაწყებული თევზიდან, გათავებული მაიმუნით. ჩვენ არ გვიცდია მთლიანად მოგვეცვა მრავალრიცხოვანი ლიტერატურა იმ დაყოვნებული

რეაქციების შესახებ, რომლებიც სხვადასხვა სახეობის ცხოველებმა გამოავლინეს. ჩვენ შერჩევით გამოვიყენეთ ლიტერატურული მონაცემები და არ განვიხილეთ ის შედეგები, რომლებიც ჩვენი აზრით საკამათო, ან ჩვენ ცდებთან პირდაპირ კავშირში არ არიან. ამ ნარკვევში ჩვენ მივისწრაფოდით განგვეხილა ზოგიერთი იმ უმთავრეს ნაშრომთაგან, რომლებიც შესრულებულია უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში, რომ მიგვეღო გარკვეული წარმოდგენა ამ მეთოდიკის შესახებ ისტორიულ ასპექტში. შევეცადეთ აგრეთვე შეგვეჯამებინა ის შეხედულებანი, რომლებიც წარმოდგენილი არიან ნაშრომთა წყებაში, როგორც თეორიული მოსაზრებანი დაყოვნებული რეაქციების ბუნებაზე, მეხსიერების ნეიროფიზიოლოგიურ მექანიზმზე ჩვენი წარმოდგენის გასაფართოებლად. ეს თეორიული მოსაზრებანი ნერვული პროცესების განვითარების ძირითად კანონზომიერებათა შესწავლასთან ერთად საშუალებას გვაძლევს ავხსნათ ქცევითი აქტების ფართო დიაპაზონი.

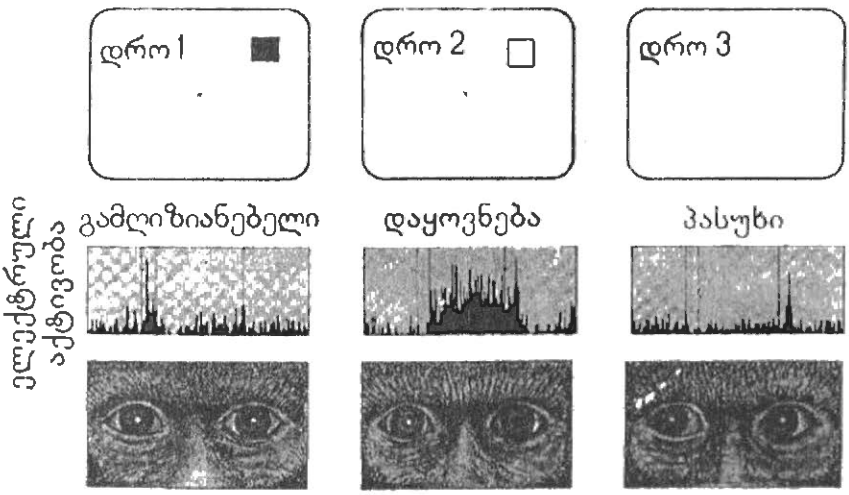
ბუნებრივია, ამ მოკლე მიმოხილვას პრეტენზია არა აქვს დაყოვნებული რეაქციების ამომწურავი, ყოველმხრივი დახასიათებისა. ჩვენ შეგნებულად განზე დავტოვეთ მრავალი პრობლემა, რამელიც ამ რეაქციებს ეხება, ძირითადი ყურადღება მიმართული იყო იმ წინააღმდეგობებისაკენ, რომლებიც არსებობენ შეხედულებებში დაყოვნებული რეაქციების ბუნებაზე. ჩვენ ვაჩვენეთ აგრეთვე დაყოვნებული პასუხის არამდგრადობა, ე.ი. დაყოვნების ხანგრძლივობის მაქსიმუმის ცვალებადობა.

წიგნში მოყვანილი მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ აქამდე არ არსებობს ცდები, რომლებიც მეთოდოლოგიურად დააკმაყოფილებდნენ ყველა მოთხოვნილებას, რომელსაც უყენებენ დაყოვნებული რეაქციების შესწავლას. ამ რეაქციების შესწავლის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს დასწავლის და დამახსოვრების გამოცალკევება, ანუ დაყოვნებული რეაქციების შესწავლა ისე, რომ ცხოველებში ექსპერიმენტულ პირობებში არ ჰქონდეს ადგილი დასწავლას. ამ პრობლემის გადაჭრა ძალიან ძნელია, ამისთვის აუცილებელია ახალი ზუსტი მეთოდიკა. ამ მიზნით ჩვენ გთავაზობთ დაყოვნებული რეაქციების შესწავლას წინდაწინ შედგენილი დროითი პროგრამის საშუალებით (ცხრილები 4.9. და 4.10.) და ცხოველთა ქცევის ალგორითმულ აღწერას.



სურ.4.76. დაყოვნებული რეაქციების ტესტირების მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია შეფასებულ იქნეს მაიმუნის გონებრივი მოქმედებები. ოპერატიული მეხსიერების შესაფასებელ ტესტში (მარცხნივ) მაიმუნს მცირე ხნით აჩვენებენ საკვებს და დებენ გარკვეულ ადგილზე. საკვების მდებარეობა ცვალებადია. ცხოველმა ყოველ კონკრეტულ სიტუაციაში უნდა დაიმახსოვროს საკვების სივრცეში მდებარეობა. დაყოვნების დროის გასვლის შემდეგ, სწორი პასუხის შემთხვევაში, ცხოველი ღებულობს საკვებს. სწორი პასუხები მიუთითებს მოკლევადიანი მეხსიერების არსებობაზე. ასოციაციური მეხსიერების შესაფასებელ ტესტში (მარჯვნივ) მაიმუნმა უნდა დაიმახსოვროს ნიშანი „+“. ეს ნიშანი არის გამოყენებული ყოველთვის სწორი პასუხის მისაღებად. ცხოველი უნდა მიხვდეს და დაიმახსოვროს ეს ნიშანი ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.

პროგრამით სარგებლობა მოსახერხებელია, რადგან ყველა ფაქტორი, რომელიც მოქმედებს დაყოვნებული რეაქციების განხორციელებაზე, იცვლება შემთხვევით-სინჯიდან სინჯამდე და აგრეთვე დღიდან დღემდე, რაც გვაძლევს საშუალებას ექსპერიმენტის პირობებში, რომელიც დღეობით გრძელდება, გამოვრიცხოთ ცხოველებში დასწავლის პროცესი და დროითი პირობითი რეფლექსის გამომუშავება. აუცილებელი ხდება ამგვარი მიდგომა, როცა გვიხდება სხვადასხვა სახის მეხსიერების შედარება (სურ. 4.76.) ან დაყოვნებული რეაქციების კვლევისას თავის ტვინის სტრუქტურათა ნეირონების ელექტრონული აქტივობის დადგენა. (სურ. 4.77.) აგრეთვე საშუალება გვეძლევა ერთგვაროვან პირობებში გავაღიზიანოთ ელექტრულად სხვადასხვა ცხოველების თავის ტვინის სტრუქტურები.



სურ.4.77. *დაყოვნებული რეაქციების ტესტირების მეთოდის გამოყენებით ოპერატიული მეხსიერების შესწავლისას შესაძლებელია დავაკვირდეთ ნეირონთა ელექტრულ აქტივობას თავის ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურებში. მაიმუნი აფიქსირებს მზერას ეკრანის ცენტრალურ ლაქაზე (მარცხნივ), რომელიც ნათდება და შემდეგ ქრება. დაყოვნების პერიოდში (ცენტრში), როდესაც ცენტრალური ლაქა რჩება ცხოველის მხედველობაში, მას მზერა გადააქვს იმ მხარეს, სადაც ის ჩნდება (მარჯვნივ). რეგისტრაციიდან ჩანს, რომ თავის ტვინის პრეფრონტალური ქერქის ნეირონთა ელექტრული აქტივობა სხვადასხვანაირია. ზოგიერთი ნეირონები რეაგირებენ ლაქის გამოჩენაზე, სხვები იმახსოვრებენ. არსებობენ ისეთი ნეირონებიც, რომლებიც განმუხტვის შემდეგ ამზადებენ საპასუხო რეაქციას.*

გარდა ამისა, ამ დროითი პროგრამით ცდების ჩატარება გვაძლევს საშუალებას დაყოვნებული რეაქციები სხვადასხვა ცხოველებში შევისწავლოთ ერთი და იმავე პირობებში, რაც დაგვეხმარება გამოვიტანოთ მართებული დასკვნები.

თავის ტვინის ამა თუ იმ სტრუქტურის დაზიანების ან გაღიზიანების გავლენის შესწავლით დაყოვნებული რეაქციების დინამიკაზე შეიძლება მივიღოთ მნიშვნელოვანი მასალა მეხსიერების ნეიროფიზიოლოგიურ მექანიზმზე წარმოდგენის შესაქმნელად. როგორც მიმოხილვაში იყო ნაჩვენები, ცდებში მიღებული დაყოვნების მაქსიმალური დრო არ წარმოადგენს დაყოვნებული რეაქციების ნამდვილ საზომს. იგი ვარიაბილურია და შეიძლება მცდარი დასკვნებისაკენ გვიბიძგოს. ამიტომ, ცხოველთა სხვადასხვა ჯგუფების შედარებისას სასურველია შევადაროთ ამ რეაქციების არა მაქსიმალური მნიშვნელობები, არამედ მათი ფორმირების დინამიკა. ეს შესაძლებელია, თუ გამოვიყენებთ მეთოდიკას, რომელიც აღწერილია მოცემულ ნაშრომში.

დაყოვნებული რეაქციების პროგნოზირება

ნეირობიოლოგიური თვალთახედვით ძალზე საინტერესოა ჩატარებული ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე განხორციელდეს ექსტრაპოლაცია, რაოდენობრივად დადგინდეს დასწავლის ხარისხი და მეხსიერების დინამიკა. ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტის შედეგთა პროგნოზირებისათვის შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის შედგენა ალბათურ-სტატისტიკური კვლევის ერთ-ერთი ძირითადი ობიექტის — მარკოვის ჯაჭვების დახმარებით.

მარკოვის ჯაჭვის განმარტებაში ძირითადია სისტემის ან მოვლენის მდგომარეობა და ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა.

ჩვენს ექსპერიმენტში საწყისი მდგომარეობაა 0 ან 1; ხოლო გადასვლა შეიძლება მოხდეს 0-დან 1-ში, ან პირიქით, ან 0-დან 0-ში, ან 1-დან 1-ში.

მარკოვის ჯაჭვების შესასწავლად საჭიროა აღიწეროს გადასვლათა ალბათური ბუნება. შესაძლებელია, რომ გადასვლათა შორის ინტერვალები მუდმივი იყოს.

ვთქვათ, არსებობს n მდგომარეობა (ჩვენს შემთხვევაში n =10), რომელიც გადანომრილია. თუ სისტემა მარკოვის ჯაჭვით აღიწერება, მაშინ ალბათობა იმისა, რომ სისტემა i მდგომარეობ-

იდან j მდგომარეობაში (i=1, n : j=1.n) გადავა მომდევნო დროითი ინტერვალის განმავალობაში, დამოკიდებულია i და j ცვლადებზე და არაა დამოკიდებული სისტემის ქცევაზე i მდგომარეობაში გადასვლამდე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, Pij ალბათობა იმისა, რომ სისტემა i მდგომარეობიდან j მდგომარეობაში გადავა, დამოკიდებული არაა იმაზე, თუ რა ყოფაქცევისა იყო ეს სისტემა i მდგომარეობამდე. ალბათობის განმარტებიდან და თვისებებიდან გამომდინარე, ადვილია იმის დადგენა, რომ

$$\sum_{j=1}^{n} P_{ij} = 1, \qquad 0 \le P_{ij} \le 1.$$

ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტის მოდელირებისათვის მოსახერხებელია მარკოვის ჯაჭვის შემდეგნაირად განმარტება: ვთქვათ, ვატარებთ n რაოდენობის ცდას. თუ ცდათა ამ მიმდევრობაში პირობითი ალბათობა იმისა, რომ (n +1)-ე ცდაში განხორციელდება რომელიმე ხდომილება (ვთვლით, რომ წინა ცდების შედეგები ცნობილია), დამოკიდებულია ფაქტობრივად მხოლოდ ბოლო n-ური ცდის შედეგზე და არაა დამოკიდებული უფრო ადრინდელი ცდის შედეგებზე. ამრიგად, ვიტყვით, რომ სრულდება მარკოვულობის პირობა და დაკვირვებად პროცესს მარკოვის ჯაჭვს ვუწოდებთ.

დავუშვათ, რომ განხილულ ექსპერიმენტში დაკვირვებადი პროცესი წარმოადგენს მარკოვის ჯაჭვს, რომლის შესაძლო მნიშვნელობებია 0 და 1, ხოლო გადასვლის ალბათობები განისაზღვრება (ფასდება) შესაბამისი ემპირიული სიხშირეებით.

ვთქვათ, პირობითი ალბათობა იმისა, რომ (n+1)-ე ცდაზე განხორციელდება მდგომარეობა 1 იმ პირობით, რომ n-ური ცდის დროს მიღებულ იქნა ნულოვანი მდგომარეობა, ჩაიწერება ასე: $a=P\{1_{n+1}/0_n\}$. ანალოგიურად, $b=P\{1_{n+1}/1_n\}$.

წინასწარ შევნიშნავთ, რომ, თუ ვიცით ალბათობა, რომლის დროსაც პირველი ექსპერიმენტის შედეგია 0, მაშინ შეიძლება განისაზღვროს ალბათობა იმისა, რომ n-ური ცდის დროსაც შედეგი იქნება 0.

აღსანიშნავია, რომ ხდომილებები A_n={n-ური ცდის შედეგია 0} და A_n={n-ური ცდის შედეგია 1} ადგენენ ხდომილებათა სრულ სისტემას (ე.ი. ხდომილებათა სისტემას, რომელთაგან ერთ-ერთი აუცილებლად განხორციელდება ნებისმიერი ცდის დროს და ამ-

ასთან ყოველი ორი განსხვავებული ხდომილება ერთდროულად არასოდეს არ განხორციელდება), ამიტომ ხდომილება $A_{n+1}=\{n+1)$, ცდის შედეგია 0} შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით: $A_{n+1}=A_{n+1}\cdot A_n+ A_{n+1}\cdot \bar{A}_n$

სრული ალბათობის ფორმულის გამოყენებით ადვილად განისაზღვრება A_{n+1} ხდომილების $P(A_{n+1})$ ალბათობა:

$$P(A_{n+1}) = P(A_{n+1}\cdot A_n+ A_{n+1}\cdot \bar{A}_n) = P(A_{n+1}\cdot A_n) + P(A_{n+1}\cdot \bar{A}_n) =$$

$$= P(A_n)P(A_{n+1}/A_n) + P(\bar{A}_n)P(A_{n+1}/\bar{A}_n),$$ სადაც $P(A_{n+1}/A_n)$ და $P(A_{n+1}/\bar{A}_n)$ პირობითი ალბათობებია - ე.ი. მარკოვის ჯაჭვის გადასვლის ალბათობები.

თუ გავიხსენებთ ჩვენს აღნიშვნებს: $a= P(\bar{A}_{n+1}/A_n)$, $b= P(\bar{A}_{n+1}/A_n)$, $P(A_n) = P_n$, ანუ $P(\bar{A}_n)=1 - P_n$, მივიღებთ შემდეგ რეკურენტულ განტოლებას საიმედო ალბათობისათვის:

$$P_{n+1}=aP_n+b(1-P_n). \qquad (1)$$

ზოგად შემთხვევაში $|a-b|<1$, ამიტომ $|a-b|^n \to 0$, როდესაც $n \to \infty$. რადგან $P(A_n) = P_n$, როდესაც $n \to \infty$, (1)-დან ვღებულობთ, რომ

$P_n= aP_n+b-b(P_n)$, საიდანაც, როცა $n \to \infty$ ვღებულობთ

$$P_n = P_{n+1} = \frac{1}{1-a+b}.$$

ანალოგიურია, როცა $n \to \infty$, $P(\bar{A}_n) \to 1- P_n=q$. p და q ალბათობებს ეწოდებათ „ფინალური“. ისინი დამოკიდებული არიან მხოლოდ გადასვლის ალბათობებზე და არ არიან დამოკიდებული საწყის მდგომარეობაზე. დიდი n-ისათვის შეგვიძლია დავუშვათ, რომ პროცესი „გაწონასწორებულია“, რადგან ამა თუ იმ მდგომარეობაში მისი ყოფნა (n -ისაგან დამოუკიდებლად) მიახლოებით უდრის p-ს ან q-ს. მარკოვის პროცესის (ჯაჭვის) ეს თვისება ძალზე მნიშვნელოვანია გამოყენებით მეცნიერებაში და ერგოტულობის სახელს ატარებს.

ზოგად შემთხვევაში (1) განტოლების ამოხსნა საკმაოდ რთულია. თუ P_n არაა დამოკიდებული n-ზე, ე.ი. $P_n= P$, მაშინ ამ განტოლებას სტაციონარული ეწოდება და ასეთ სახეს ღებულობს:

$$P = aP+b(1-P). \qquad (2)$$

ამ განტოლების ამონახსნი იოლად მიიღება:

$$P = \frac{b}{1-a+b} \qquad (3)$$

ვინაიდან სტაციონარული განტოლების ამონახსნი ცნობილია, შეიძლება მივიღოთ ზოგადი ამონახსნიც. ამისათვის საჭიროა დავუშვათ, რომ $P_n=P+P^*_n$.

თუ P_n -ის ამ მნიშვნელობას შევიტანთ (1)-ში, მივიღებთ:

$$P+P^*_{n+1}=aP+a\,P^*_n+b(1-P)-b\,P^*_n,$$

(2) ტოლობიდან სამართლიანია შემდეგი რეკურენტული განტოლება:

$$P^*_{n+1}=(a-b)\,P^*_n,$$

საიდანაც

$$P^*_{n+1}=(a-b)^n\,P^*_1.$$

რადგან ჩვენი დაშვებიდან ვღებულობთ, რომ $P^*_n=P_n-P_1$, ამიტომ უკანასკნელი ტოლობით შესაძლებელია P^*_n გამოსახულებიდან P_n -ზე გადასვლა:

$$P_{n+1}-P=(a-b)^n(P_1-P),$$

ანუ

$$-P+P_{n+1}=P+(P_1-P)(a-b)^n,$$

$$P_{n+1}=\frac{b}{-a+b+1}+(P-\frac{b}{-a+b+1})(a-b)^n. \qquad (4)$$

სწორედ ამ ტოლობის საშუალებითაა შესაძლებელი ჩვენი ექსპერიმენტის პროგნოზირება: თუ ვიცით a, b და P_1 ალბათობების შეფასებები პირველი n რაოდენობის ცდის დროს, შეგვიძლია გამოვთვალოთ P_{n+1} ალბათობა იმისა, რომ (n+1) ცდის შედეგი იქნება 0.

a, b და P_1 ალბათობების შეფასება შეიძლება მოვახდინოთ შესაბამისი ემპირიული სიხშირეებით.

საილუსტრაციოდ დაწვრილებით განვიხილოთ მე-13 სვეტის მონაცემთა საფუძველზე P_{n+1} ალბათობის (პროგნოზის) გამოთვლის ალგორითმი (4) ფორმულის დახმარებით (n=10).

1.a=0,1; b=0,9; P_1=0,1

$$P_{11}^{7} = \frac{0,9}{1-0,9+0,9}\left(0,1-\frac{0,9}{1-0,1+0,9}\right)\times(0,1-0,9)^{10}$$

$$P_{11}^{7} = 0,456$$

ანალოგიურად, სხვა სვეტებისათვის ვღებულობთ შემდეგ შედეგებს:

2. a=0,1; b=0,6; P_1=0,4, P^{8}_{11}=0,400;
3. a=0,1; b=0,6; P_1=0,3, P^{9}_{11}=0,400;
4. a=0,1; b=0,6; P_1=0,4, P^{10}_{11}=0,400;
5. a=0,2; b=0,3; P_1=0,5, P^{11}_{11}=0,300;
6. a=0,2; b=0,4; P_1=0,3, P^{12}_{11}=0,300;
7. a=0,3; b=0,4; P_1=0,3, P^{13}_{11}=0,370;
8. a=0,3; b=0,1; P_1=0,6, P^{14}_{11}=0,130;

შემოთავაზებული მათემატიკური აპარატის მეშვეობით პროგნოზირებულია ერთ-ერთი ექსპერიმენტული დღის შედეგების (ცხრილი 7.3) მიხედვით აღებული მეთერთმეტე სინჯი. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ თეორიულად გამოთვლილ რეაქციათა შესაძლო ხდომილებების ალბათობები დაემთხვა ექსპერიმენტულ მონაცემებს, რაც გვაძლევს საფუძველს აღწერილი მეთოდი ფართოდ იქნეს გამოყენებული ნეიროფიზიოლოგიურ გამოკვლევებში.

მარკოვის ჯაჭვების თეორიის შედეგებით ნაშრომში დამუშავებულია პირდაპირი დაყოვნებული რეაქციები, მაგრამ იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს არაპირდაპირი და მორიგეობითი მეთოდით ჩატარებული დაყოვნებული რეაქციებისათვისაც. თუ ყოველდღიურ ექსპერიმენტულ შედეგებს წარმოვიდგენთ როგორც ერთ სინჯს, შესაძლებელი ხდება გაკეთდეს ცხოველთა ქცევის გრძელვადიანი პროგნოზი.

ლიტერატურა

არჩვაძე ნ. დორსალური ჰიპოკამპის როლი ვირთაგვების აქტიური და პასიური განრიდების რეაქციათა ფორმირებაში. ავტორეფერატი დისერტაციისა ბიოლოგიურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი ,1999.

Абрамова Р.А., К физиологии следовых условных рефлексов у собак и низших обезьян. Диссерт. на соиск. уч. степени канд. биолог. наук. Д., 1956.

Айвазашвили Й. М., Значение префронтальной коры больших полушарий головного мозга в механизмах памяти. Тбилиси, "Мецниереба", 8-24,1974.

Аминев Г.А., К методике вероятностей оценки отсроченных реакций. Жер. высш. нервн. деят., 24, 6, 1974, 1301-1305.

Александров Ю. И. (Под редакцией) Психофизиология, учебник для вузов. Изд. "Питер". Санкт-Петербург, Москва, Харьков, Минск, 2001.

Аткинсон Р., Бауер Г., Кротерс Э., Введение в математическую теорию обучения. "Мир", М., 1969, 178-296.

Аткинсон Р., Человеческая память и процесс обучения. Изд. "Прогресс", М., 1980.

Баруга-Рид. Элементы теории марковских цепей. М., "Наука", 1997.

Беддели А., Ваша память. Руководство по тренировке и развитию. Изд. "ЭКСО-Пресс", М., 2001.

Беритов И.С., Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. М., Изд. Ай СССР, 1961, 17-91.

Бериташвили И.С., О структурных и функциональных основах психической деятельности. Материалы симпозиума. Структурные и функциональные основы психической деятельности. Изд. Академии наук СССР, М., 1963, 53-88.

Бериташвили И.С., Айвазашвили Й. М., Продолжительности краткосрочной памяти у собак в разных условиях опыта, в кн. Современные проблемы деятельности и строения центральной нервной системы, т.2, "Мецниереба", Тбилиси, 29-49, 1968.

Бериташвили И.С., Память позвоночных животных, ее характеристика и происхождение. М., Изд. "Наука", 11-78, 1974.

Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л., Мозг, разум и поведение. Изд. "Мир", М., 1988.

Браун Дж. В., Методы Монте-Карло. В сб. Современная литература. М., 275-299, 1959.

Бурем Я., Буремова О., Хьюстон Дж., Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. Изд. "Высш. Школа", М.,1991.

Бусленко Н.А., Голенко Д.И., Соболь И.М., Срагович З.Г., Шреидер Ю.А., Метод статистических испытаний/метод Монте-Карло. Изд. физ. мат. литературы, М., 1962, 39-72.

Буш Р., Мостеллер Ф., Стохастические модели обучаемости. Изд. физико-математической литературы М., 335-400, 1962.

Бьюзен Т., Усовершенствуйте свою память. Изд. "Попурри", 2000.

Бьюзен Т., Бьюзен Б., Супермышление. Изд. "Попурри", 2000.

Вацуро Э. Г., Исследование методом отстроченных реакций способности низших обезьян к ретенции следов визуальных раздражений. Тр. физиолог. даб. ть. акад. И.П.Павлова, 14, 192-200, 1946.

Вентцель Е.С., Теория вероятностей, Изд. физ. мат. литературы. М., 300-391, 1962.

Войтонис Н.Ю., Сравнительно-психическое изучение памяти методом " осттроченных реакций". сб. Рефлексы, инстинкты и навыки. Гос. спец-эконом. Изд., М., 196-212, 1936.

Войтонис Н.Ю., Формы проявления установок у животных и. особенном обезян. В сб. Психология. т.3. Академия наук грузинской ССР - Институт психологии. Тбилиси, 121-141, 1945.

Войтонис Н.Ю., Пред История интеллекта. Изд. АН.СССР М-Л., 29-72, 1949.

Готтсданкер Р., Основы психологического эксперимента, Изд. Московского университета, 1982.

Гулд Д.Л., Марлер П., Научение на основе инстинкта. В мире науки №3, 1987.

Дейч С., Модели нервной системы. Изд. "Мир", М., 1970.

Домбовский Я., Психология животных. Изд. иностранной литературы. М., 299-323, 1959.

Джермейн К., Программирование на УВМ/361. " Мир"., М., 307-406, 1973.

Джордж Ф., Основы кибернетики. Москва, "Радио и связь", 1984.

Дрессен-Мурванидзе Н.В., Цагарели С.Н., О некоторых количественных характеристиках процесса обучения избеганию болевого раздражения. Известия Академии наук ГССР. Серия биологическая. т. 16 №3 ст. 149-155, 1990.

Иделсон Н.Н., Способ наименьших квадратов и теория математической обработки наблюдений. Геодезиздат. М., 144-151, 1947.

Кликс Ф. Пробеждающееся мышление. У истоков человеческого интеллекта. Изд. "Процесс", М., 1983.

Конорский Ю., Являются ли отсроченные реакции следовым рефлексом? Физиолог. ж.СССР, 46 244-246, 1960.

Конкорский Ю. Интегративная деятельность мозга. Изд. "Мир", М., 1970.

Конорский Ю., Проблема памяти в физиологическом аспекте, в сб. "Гагрские беседы", 1972, "Мецниереба", Тбилиси, 6, 37- 48, 1972.

Лёзер Ф., Тренировка памяти, Изд. "Мир". М. 1979.

Мак-Каллок У.С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности. Автоматы, Под. ред. К.Э. Шенона, Дж Маккартни, Изд. "ИЛ", ст 362-401, 1956.

Марр Д., Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. Москва, «Радио и связь», 1987.

Нанеишвили Т.Л., Нейрофизиологические основы пространственной краткосрочной памяти. Изд. "Мецниереба", Тбилиси, 1985.

Натишвили Т.А., О роли височного "ассоциационного" неокоротска в явлениях образной памяти. Автореферат диссерт. на соиск. уч, степ. канд. биолог. наук, Тбилиси., 1974 г.

Пенфилд У., Джаспер Г. Эпилепсия и функциональная анатомия головного мозга человека. Изд. "ИЛ", М. 1958.

Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным биологическим и экологическим задачам. Изд. "Наук". М. 1986.

Рогинский Г.З., Навыки и зачатки интеллектуальных действий у антропоидов /шимпанзе/. Изд. Медгиз, Л., 14-42, 1948.

Розенблатт Ф., Принципы нейродинамики перцептороны и теория механизмов мозга. " Мир", М., 41-88, 1965.

Слобин Д., Грин Дж., Психолингвистика. "Прогресс" М., 61-153. 1976.

Соколов Е.Н., Ваиткфвичюс Г.Г. Неироинтеллект от нейрона к нейрокомпьютеру. Изд. "Наук", М. 1989

Финин Д., Введение в теорию планирования экспериментов. "Наука" М., 1970, 11-35.

Фирсов Л.А., Характеристика следовых /отсроченных/ реакций у шимпанзе. Тр. инст-та физиологии им. И.П. Павлова АН СССР. 152-166. 1962.

Фирсов Л.А., Формирование отсроченных реакций в условиях стабильности и нестабильности следовой паузы. Ж.Высш. нерв. деят., 19, 6, 976-981, 1969.

Фирсов Л.А., Память у антропоидов. "Наука", Л., 142-174, 1972.

Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. Изд. "Мир". М. 1969.

Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. изд. "Мир" М. 1991.

Хамори Й. Долгий путь к мозгу человека. Изд. "Мир", М. 1985.

Хананашвили М.М, Орджоникидзе Ц.А, Айвазашвили И.М. Функциональная и структурная организация памяти в норме о патологии. Тбилиси, "Мецниереба", 1980.

Хант Э.Искусственный интеллект. Изд. "Мир". М. 1978.

Хикс Ч., Основные принципы планирования эксперимента. "Мир", М., 1967. 85-117.

Хухо Ф. Нейрохимия. Основы и принципы. Изд. "Мир", М. 1990.

Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. Изд. "Мир" М. 1990.

Цагарели С. Н., Сепиашвили М.М., Установление функциональной зависимости между вероятностью осуществления правильных реакций и продолжительносю отсрочки методом наименьших квадратов. Труды Тбилисского ордена Трудового Красного Знамени государственного университета. т. 199, ст. 102, 1979

Цагарели С.Н., Лежава Ц.А., Гагошидзе Н.Ш. Количественная характеристика краткосрочной памяти у крыс. М.ж. Высшей нервной деятельности т. XX1, Вып. 4, ст. 264, 1979г.

Цагарели С.Н. О стандартизации метода проведения опытов и оценки результатов по остроченным реакциям. Изд. АН ГССР, сер. биол., т, №2, с. 189. 1981.

Цагарели С.Н. О методике изучения отсроченных реакций, Труды Тбилисского ордена Трудового Красного Знамени государственного университета. т. 240. с. 95-103, 1983

Цагарели С.Н. Методика оценки отсроченных реакций многими параметрами. М.ж. высшей нервной деятельности. т. XXXV, Вып. 5, ст. 991, 1985г.

Цагарели С.Н., Джгаркова Н.И, Машинная обработка экспериментальных результатов при формировании и сохранении оборонительных и пищедобывательсних навыков у животных. Изд. АН ГССР, Серия Биологическая., т. 19, №5-6, ст. 295, 1993.

Шеперд Г. Нейробиология. Изд. "Мир", М. 1887.

Шустин Н.А., Методика одновременного исследования двигательных следовых и слюнних следовых условных рефлексов. Журн. высш. нервн. деят., 4, 2, 338-341, 1956.

Шустин Н.А., Физиология лобных долей головного мозга. Изд. Медгиз, Д., 28-94, 1956.

Шустин Н.А., Отсроченная реакция и следовые рефлексы.Тез. докл. 2-ой конф. по проблеме памяти и следовым процессам. Пущино, 218-220, 1970.

Adams K.D. Experimentali studies of adaptive behavior in cats. Comp. Psychol. Monogr., 6, 122-137, 1929.

Baggeley A. Les memoires humaines. La recherche (special) La memoire. Mensuel №267 730-735. 40 France 1994.

Bolhuis I., Honey R.C. Impriting, lerning and development: from bchaviour to brain and back. Tins. Vol. 21 №7 pp 306-311. 1998.

Carr H.A. The Alteration Problem. Iourn. Anim. behav., 7, 24-36. 1917.

Carr.H.A. Psychology. A study of mental activity. New Yirk, 1925.

Elder P.I., Nissen H.W. Delayed Alternation in Raccons. Iourn. Compar. Psych., 1933 16, 1, 133-139.

Fletcher H. I. The delayed-response proble. In: behavior of nonhuman primates. Ed. A. M. Schrier, H.F. Harlow,

Gleitmen H., Wilson W.A., Herma Ir., Rescorla R.A. Massing ana delayer-response perfomance. J. Comp. psuciol Psychi., 56, 22, 445-451, 1963.

Harlow H.F. Primate iearning, in: Comparatiove psychology. Ed. C. F. Store, New York, Prentice-Hall 183-238, 1961.

Harlow N.F. Behavioral contributions to interdiscilinary research, in: Biological and biocheminal bases of behavior Eds. H.F. Harlow, C.N. Woolsay, Univ. Sisconsin Press, Madison 3-23, 1958.

Harlow H.F., Uehling H., Maslow A.H. Comparative behavior of primates. Delaued reaction tests in primates from the lemyrs to orang-outan, J., Comp. Psychol 13, 3, 313-344, 1932.

Hebb D.O., The Organization of Behavior. New York, 1949.

Honzik C.H. Delayed reaction in rats. University of California. Publications in Psychology, 307-318, 1913.

Hubel D.H., Wiesel T.N. Single unitativiti striate cortex of unrestrained cats. I. Physiol., vol. 147 pp. 226-238. 1959.

Hunter W,S. The delayed reaction in animals and children. Behavior Monogr., 1913, 2, 1-86.

Hunter X. S. The delayed reaction in child. Psychol. Rev. 24, 75-87. 1917.

Horn G. Visual impriting and the neural mechanismn of recognition memory. Tins vol. 21 №7 pp 300-305. 1998.

Iacobson C.F. Studies of cerebral function in primates. The functions of the frontal asscіation area in monkeys. Cotp. Psychol., Monogr., 13, 3, 1-60. 1936.

Larvik M.E., Kopp R. An improved one-trial lerning siruation in mice. Psyhiol. Rep., 6. p 290. 1967.

Krebs I. R., Davies N.B. Öko-Ethologie. Verlag Payl Parey Berlin und Hamburg. 1981.

Lawicka W. Psyhological mechanism of delayed reactions 2 Delayed reactions in dogs end cats to directional stimul, Acta bilo. Exp. 19, 199-219. 1959.

Maier Norman R.F. Delayed reaction menory in rats. J.of Genetic Psychology., 1929, 36, 538-549.

Meunier M., Bachevalier I., Mishkin M. L'anatomie de la memoire. La recherche special La memoire. Mansuel №267 760-766 Frans 1994.

Miles R. Die Delayed-response learning in the marmosets and the macaque J. Comp. Physiol. Psychol. 50, 2-352. 1975.

Missen H.W. Riesen A.H. Nowlis V. Delayed response and discrimination learning by chimpanzees. J. Comp. Psychol., 26, 361-336. 1938.

Morrison John. E., Spevack Abraham A., Yezuerski

Peterson J.A. preliminary report on right and left handed-neas in the rat. J. Comp. Psychol., 1931, 12, 155-161. Peterson J. Mechanism of handedness in the rat. Comp. Psychol monogr., 9, 254-261. 1934.

Robert., The effects of response-dependent and response-independent methods on delayed alteration „Behav. Res Meth. and instrum" 54, 361-363. 1973.

Rosvold H.E. Discussion. In: Brain mechanism and learning., Eds. A.Fesaard, R.W. Gerard, J. Konorski, Izford, 130. 1961.

Rovce-coller C., Alder S. Les souvenirs des nourrissons la recherche special. La memoire. Mensuel №267 736-741. Frans. 1994.

Scalet M. The significance of delaued reactions in yiung children. Comp. Psychol Monogr. 7, 4, 74-81. 1931.

Solomonia R.O., Morgan K., Rotoraschvili A., Maclabe B.I., Jackson A.P., Horn G. Analysis of differential gene expression supports a role for amyloid precursor protein and a protein kinase C substrate (MARCKES) in long-term memory. Europen Journal of Neuroscience, Vol, 17 pp. 1073-1081. 2003.

Speat T., Harlow H.F. Problem solution by monkeys following bilateral removal of the prefrontal areas. 2 Delayed reaction problems involving use the matcing-from-sample method. J. exp, Psychol 1943, 32, 32 424-445.

Teuber H.L. The riddle of lobe fuction inman. in: The fiontal grantal cortex ana behavior, Eds M. Warren, K. Akert, McGraw-Hill book Co. 410-444. 1964.

Teuber H.L. Unity and diversity of frontal lobe functions . in: The frontal granular cortex and behavior, Eds. J. Konorski, H.L. Teuber, B. Zernicki, Acta Neurobiol. Exp. 32, 615-656. 1972.

Tinklepaugh O.L. Mulriple delayed revention with chimpanzees and monkeys J. Comp. Psychol. 13, 3, 207-243. 1932.

Tinklepaugh O.L An experimental study of representative factors in monkeys J. Comp. Psychol 6, 197-236. 1928.

Tolman E.C. Purosive behavior in animals and man. New York Appleton 34-98. 1932.

Tolman E.C. The determiners of bahavior at a choice-point, Psychol. Rev 45, 1-41. 1938.

Walton A.C. The influence of diverting stimul during Delayed reactions in dogs J. Anom Behav 5, 259-281. 1914.

Warden C.J.Y. The Effect of practice in the Delayed Reaction in the Rhesus Monkey. Iourn. Genet. Psych., 44, 2-390. 1934.

თავი მეხუთე

სოციალური ქცევების განვითარება და მოდიფიკაცია

შინაარსი

ბიოლოგიური საზოგადოებები 390
ჯგუფური ცხოვრების უპირატესობა.....398
თავდაცვის გაუმჯობესება ჯგუფური ცხოვრებისას.....400
წარმატებული გამრავლება ჯგუფური
ცხოვრებისას 401
საკვების შენახვის ეფექტურობა
ჯგუფური ცხოვრებისას 402
ჯგუფური ცხოვრების უარყოფითი მხარეები.....404
კომუნიკაციის როლი სოციალურ ურთიერთობაში.....404
შეტყობინება შეხებით 404
ბგერითი შეტყობინება 405
ვიზუალური შეტყობინება 407
ქიმიური სიგნალები 410
ფერომონები 412
ცხოველთა იერარქიული სტრუქტურა.....419
გრუმინგი და გადანაცვლებული ქცევები.....425
ცხოველთა ტერიტორია 436
ცხოველთა ტერიტორიული ქცევები.....439
ტერიტორიის მონიშვნა 440
ტერიტორიის ფართობი 442
ტერიტორიის გადაკვეთა 443
ლიტერატურა 446

სოციალური ქცევა, სხვა ბიოლოგიური საპასუხო რეაქციების მსგავსად, წარმოადგენს გარემოში მომხდარ ცვლილებებთან ადაპტაციის მექანიზმების ერთობლიობას. არც ერთი ცოცხალი ორგანიზმი სრულყოფილად არ არის შეგუებული საარსებო გარემოს, რადგანაც გარემოს თითქმის ყველა პარამეტრი მუდმივად განიცდის ცვლილებას. ცვლილებათა ნაწილი პერიოდულ ხასიათს ატარებს და შესაძლებელია მათი პროგნოზირება. მაგ; სინათლე-სიბნელის ციკლი, წელინადის დროები და ა.შ. ზოგიერთი კი შემთხვევითია და მათი წინასწარმეტყველება ვერ ხერხდება. მაგ; ტემპერატურის არაკანონზომიერი ცვლილება, საკვების, საბუდარი ადგილების რაოდენობისა და მტაცებელთა რიცხვის გათვალისწინება გადარჩენისა და შთამომავლობის დატოვებისათვის. ორგანიზმმა ზუსტად უნდა განახორციელოს გარემოში მომხდარი ცვლილებების მიმართ ადაპტაცია.

ორგანიზმები წამოჭრილ პრობლემებს რთული მექანიზმებით აგვარებენ, ამით ისინი გარემოსთან ადექვატურ მდგომარეობაში მოდიან. ორგანიზაციის მაღალ დონეზე შესაგუებელი მექანიზმები მოიცავს სასიცოცხლო სოციალურ ქცევებს. ყველა საპასუხო ქცევის ერთობლიობა ქმნის აღმავალ იერარქიას. უფრო დაწინაურებულ დონეზე გადასვლას თან სდევს ახალი ფიზიოლოგიური რეაქციებისა და ქცევითი პროგრამების ფორმირება. ნელი რეაქციები ცვლიან სწრაფის პოტენციალს. ღრმა ცვლილებები, რომლებიც პოპულაციურ დონეზე მიმდინარეობენ, ერთ თაობაზე მეტ პერიოდს მოიცავს. აღსანიშნავია, რომ თუ დასაკვირვებელი პერიოდი ათ ან მეტ თაობას მოიცავს, მაშინ პოპულაციაში იწყება ქცევის შესამჩნევი ევოლუცია.

ერთი და იგივე სახეობის რამოდენიმე ინდივიდის ურთიერთობას თანაცხოვრებაში სოციალური ეწოდება. სოციალური ურთიერთობისას ხდება შრომის სოციალიზაცია. ყველა ინდივიდი გარკვეულ შრომას და ვალდებულებას ასრულებს. შრომის სოციალიზაცია ხელს უწყობს ინდივიდთა შეგუებულობას და იწვევს სახეობის პროგრესს. ცხოველები კოლექტიურად მოიპოვებენ საკვებს; ჯგუფის წევრებს სხვადასხვა სიგნალების მეშვეობით ატყობინებენ მოსალოდნელ საფრთხეს და ეხმარებიან გადარჩენაში; ზრუნავენ ნაშიერთა აღზრდაზე. ამ პროცესთა საფუძველზე ჩამოყალიბდა ბიოლოგიური საზოგადოებები. ასეთი ფართო სოციალური დაჯგუფება ხასიათდება ოთხი ძირითადი ნიშნით:

1. უნდა არსებობდეს კომუნიკაცია დაჯგუფების წევრებს შორის.
2. ვლინდება ერთობლივი ზრუნვა ახალგაზრდებზე.

3. ნაწილობრივ დამთხვეული შობადობა.
4. შრომის განაწილება.

ბიოლოგიური საზოგადოებები

ბიოლოგიური საზოგადოებები იმდენად ეფექტური და წინასწარ გამოსაცნობია, რომ ხშირად მათ სუპერორგანიზმებს უწოდებენ. სოციალური მწერების კოლონიების ევოლუციური წარმატების მიზეზი, ჩვენი აზრით, შრომის განაწილებაშია. კოლონია დასახლებულია ინდივიდების კოორდინირებული ჯგუფებით, რომელთაგან თითოეულს აქვს საკუთარი სპეციფიკური საქმე. ერთმა ჯგუფმა უნდა მოიძიოს საკვების ახალი წყარო, მაშინ როდესაც სხვები აფასებენ შაქრის შემცველობას მისაღებ საკვებში. სხვა ჯგუფი ზრუნავს ახალგაზრდებზე და ასუფთავებს კოლონიას მკვდარი წევრებისაგან. როდესაც ინდივიდების დიდი ჯგუფი ასრულებს მხოლოდ რამოდენიმე ამოცანას, შეცდომები მინიმალურია, შედეგი მაქსიმალურად ეფექტურია კოლონიაში, როგორც მთლიანში.

რამდენიმე ფაქტორი, მათ შორის კვება, ტემპერატურა და ფერომონები გავლენას ახდენს სოციალური მწერის ბედზე. მწერის დასაქმების მნიშვნელოვანი განმსაზღვრელი ფაქტორია ასაკიც. მრავალ სახეობაში უფრო ახალგაზრდა წევრები ბინადრობენ სკის ან ბუდის შიგნით, სადაც ისინი ზრუნავენ დედოფალზე ან კვერცხებზე. ასაკის მატებასთან ერთად ისინი ბედავენ გარეთ გამოსვლას და უპირველეს ყოვლისა მონაწილეობენ ბუდის მშენებლობაში, ბოლოს კი ასრულებენ ყველაზე სახიფათო ფუნქციას – იცავენ კოლონიას. მწერების საზოგადოება არის დროებითი კასტების – ჯგუფების რიგი, რომელთა როლები იცვლება დროთა განმავლობაში.

მწერთა საზოგადოების იმ წევრების შეფარდება, რომლებიც ასრულებენ სპეციფიკურ ამოცანებს, მუდმივია მაშინაც კი, თუ ინდივიდუალური წევრები გადადიან ერთი კასტიდან მეორეში. ლაბორატორიულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ თუ ზოგიერთი წევრები აკლდებიან კასტას, დარჩენილები ახდენენ ამის კომპენსაციას – თავიანთ შესასრულებელ სამუშაოს უმატებენ წასული წევრების სამუშაოს. როდესაც წასული მწერები ბრუნდებიან, თითოეული მათგანი კვლავ ასრულებს თავის მოვალეობას.

კარგად არის შესწავლილი ჭიანჭველების, ტერმიტების, ზოგიერთი სახეობის ფუტკრებისა და კრაზანების საზოგადოებები,

თუმცა სხვა ორგანიზმებსაც შეუძლიათ მიაღწიონ სოციალური მწერების ორგანიზაციის დონეს. პალეონტოლოგიური მონაცემები ადასტურებს, რომ მწერების საზოგადოებები არსებობდა 200 მილიონი წლის წინათ. თუმცა, ცეცხლოვანი ჭიანჭველების კოლექტიური გადაადგილებები მრავალდედიანი ფენომენით აღმოჩენილ იქნა 1972 წელს, რაც გვიჩვენებს, რომ ბიოლოგიური სოციალური სტრუქტურები დღესაც ვითარდება.

ფუტკრებში კარგად ჩანს განმარტოებული ცხოვრებიდან სოციალურ ცხოვრებაზე გადასვლა. ამ ჯგუფში ჩვენ ვხვდებით მარტოულ, ნახევრად სოციალურ და სოციალურად ჩამოყალიბებულ ცხოველებს. ფუტკართა 20000 სახეობიდან მხოლოდ ერთი – Apis-ის გვარი ოთხი სახეობით გახდა ტიპიური სოციალური არსება, რომელმაც შექმნა „პატარა სახელმწიფო“. ყველა ჭიანჭველა სოციალური ცხოველია. მათი საზოგადოებები არსებობდა 50 მილიონი წლის წინათ, პირველ ადამიანისმაგვარ მაიმუნთა დაჯგუფებების წარმოშობამდე. ჭიანჭველათა 6000 სახეობა, რომელსაც ეკავა გარდამავალი მდგომარეობა განმარტოებული ცხოვრებიდან სოციალურამდე, ამომწყდარია. ტერმიტთა სოციალური ცხოვრება კი დაწყებულია გაცილებით ადრე, ვიდრე ჭიანჭველებისა.

ფუტკრის სკის შიგნით არის მაღალორგანიზებული ეფექტური ცოცხალი მანქანა, თითოეული ინდივიდისათვის განკუთვნილი ადგილით. იერარქიული კიბის თავში იმყოფება დედოფალი, დიდი, სპეციალიზებული მდედრი, რომლის მთავარი ფუნქციაა შეინარჩუნოს ოჯახის გამრავლება. ის დებს დღე – ღამეში დაახლოებით 1000 კვერცხს. განაყოფიერებული კვერცხებიდან მწერისათვის დამახასიათებელი მატლობის და ჭუპრობის საფეხურების გავლით ვითარდებიან მუშა მდედრები. გაუნაყოფიერებელი კვერცხებიდან ვითარდებიან მამრები. სკის ე.წ. სადედე უჯრებში მოთავსებული მატლების მხოლოდ მცირე რაოდენობას უმასპინძლდებიან ნივთიერებით „სამეფო ჟელეთი“, რაც განვითარების გზაზე მათ დააწინაურებს დედოფლობამდე.

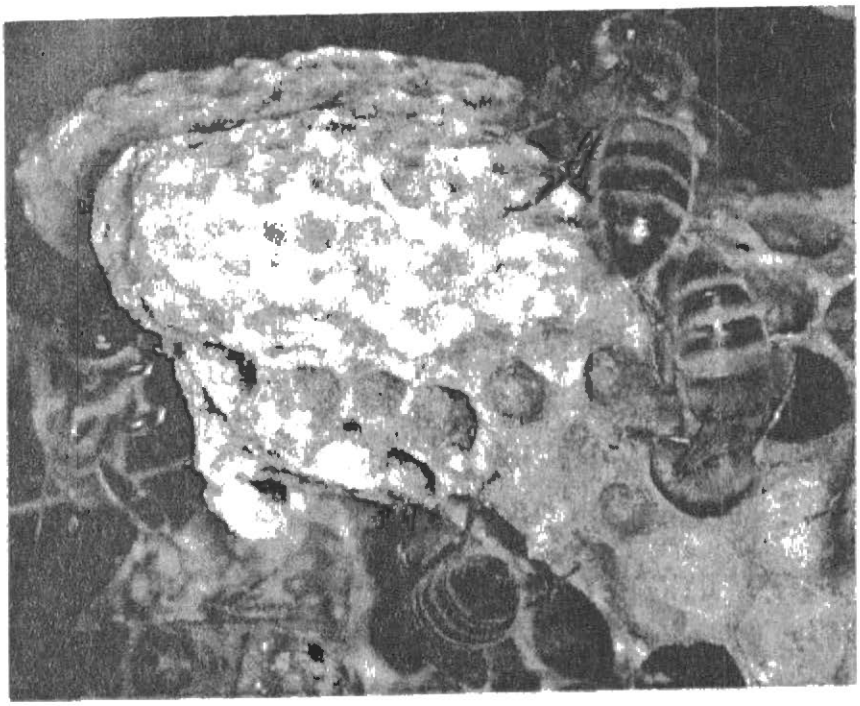
„სამეფო ჟელეს“ გამოყოფენ ახალგაზრდა მკვებავი ფუტკრები; დედოფალი თვითონ არ იკვებება, მას კვებავს 20000-დან 80000-მდე რაოდენობის მდედრი ფუტკრისაგან შემდგარი ამალა. მდედრების რაოდენობა აღემატება მამრებისას. ოჯახს მართავს ერთი დედოფალი. თუ დედოფალი ტოვებს სკას, მუშები ამას ფერომონით იგებენ და აჩქარებენ ახალგაზრდა პოტენციური დედოფლების განვითარებას. პირველი ახალი დედოფალი, რომელიც გამოდის უჯრიდან (სადედურიდან), კლავს ნესტრით სხვა, ჯერ

კიდევ სადედურებში მყოფ დედებს. შემდეგ ასრულებს თავის „საქორწინო გადაფრენას“, რათა მიიპყროს მამრების ყურადღება და გაანაყოფიეროს თავისი კვერცხები. მამრების სიცოცხლე მთავრდება მაშინ, როდესაც ოჯახს უჭირს საკვების მოპოვება. მუშა ფუტკრები აგდებენ მათ სკის გარეთ საშიმშილოდ ან კლავენ შხამიანი ნესტრით.

მუშების ცხოვრება უფრო კომპლექსურია, იგი მოიცავს რამდენიმე საფეხურს და სპეციალობას. ახლად გამოჩეკილი მუშები ჩქარობენ დააპურონ ყველა იქ მყოფი. სკაში ერთი კვირის მუშები აშენებენ (სურ. 5.1.) სანთლის ფიჭებს, რომლებშიც ვითარდებიან მატლები და ჭუპრები, ზოგიერთები ასუფთავებენ სკას. უფრო ხნიერი მუშა ფუტკრები სპეციალიზირებული არიან საკვები წყაროების მზვერავებად და საკვებისა და წყლის მომტანებად.

სხვა ცხოველების საზოგადოებები არ არის ისე მკაცრად ორგანიზებული, როგორც მწერების კოლონიები. მათი წევრები ურთიერთობას ამყარებენ ერთ ან რამდენიმე ჯგუფთან. განვიხილოთ აღმოსავლეთის კარვის მუხლუხოები. თუთის ხის თავზე განლაგებული მათი საზოგადოებები წარმოადგენს საკვების მდებარეობის შესახებ ინფორმაციის გაცვლის ცენტრებს. დღეში რამდენჯერმე 200 მუხლუხოსაგან შემდგარი კონტინგენტი მიემგზავრება საზრდოს ახალი წყაროს მოსაპოვებლად. ამ გზაზე ისინი ტოვებენ აბრეშუმის ნართის კვალს, რომელიც მწერის მუცლის ღრუში გამომუშავებული სტერიოიდია. ეს არის „საკვლევი ნაკვალევი“. თუ მუხლუხოები იპოვიან საკვებს, მაგ. ვაშლის ხეს, ისინი ბრუნდებიან კარავში და ნაკვალევის გასწვრივ დატოვებენ კვალს თავდაპირველი აღნიშვნის პარალელურად. ეს გზა არის „ახალწვეულთა კვალი“, ე.ი. ვინც ბრუნდება კარავში, იცის, რომ ეს გზა მიიყვანს საკვებთან. როგორც ჩანს, მუხლუხოების კავშირები და კოოპერაციის უნარი იფარგლება საკვების მოპოვების ქცევით.

სოციალური ქცევები, როგორიცაა კომუნიკაცია და კოოპერაცია, შესაძლოა აღინიშნოს ისეთ მკაცრ ჯგუფებშიც, როგორიცაა ინდივიდუალური ოჯახი. მაგალითად, Necrophorus-ის სახეობის დედა ხოჭო აკეთებს სახლს თავისი შთამომავლობისათვის დამპალი ხორცის ღრმულში. ახალგაზრდები დედას შიმშილის შესახებ ატყობინებენ თავის აწევითა და პირის დარტყმებით. პასუხად დედა ანთხევს მათთვის მოპოვებულ საკვებს.



სურ.5.1. *მუშა ფუტკრები აშენებენ საკნებს, რომლებსაც ჰქვიათ სადედე ჯამები და განკუთვნილი არიან პოტენციური დედოფლის გამოსაზრდელად. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

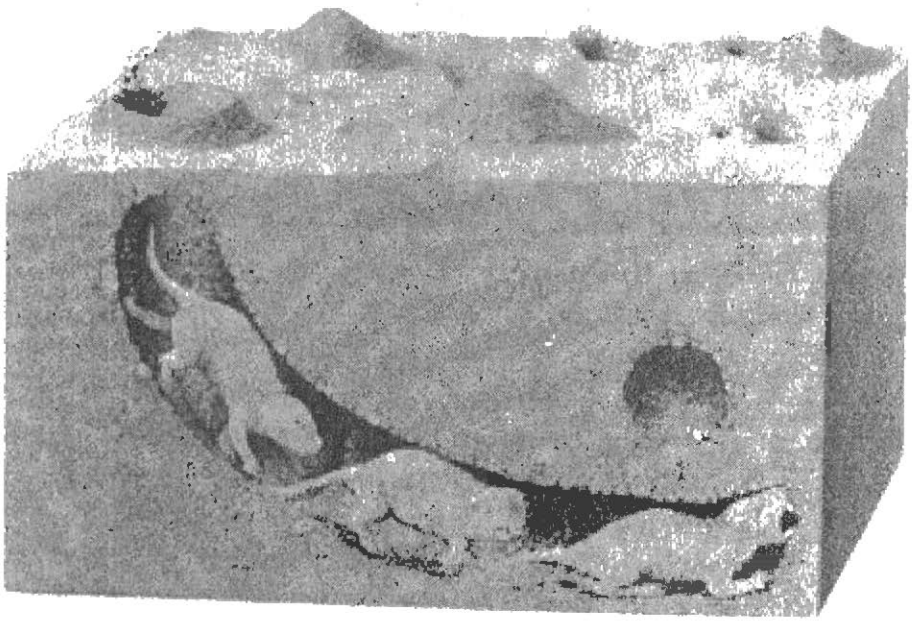
შიშველი თხუნელასებრი ვირთაგვა – სოციალური ძუძუმწოვარა – გავრცელებულია კენიაში, ეთიოპიასა და სომალში. ეს ცხოველები ბინადრობენ მიწისქვეშ და ნიადაგში თხრიან შემაერთებელ ხვრელებსა და საკნებს (სურ. 5.2.).

თხუნელასებრი ვირთაგვები ცხოვრობენ საზოგადოებებში, რომლებიც საოცრად ჰგვანან ეუსოციალური კრაზანებისა და ფუტკრების საზოგადოებებს. კოლონია, რომელშიც 300 ინდივიდია, იმართება უფლებამოსილი დედოფლის მიერ. ძუძუმწოვართა უამრავი ჯგუფისაგან განსხვავებით, რომლებშიც ბევრი მდედრი მრავლდება, შიშველ თხუნელასებრ ვირთაგვებში დედოფალი ერთადერთი სექსუალურად აქტიური მდედრია.

შიშველი თხუნელასებრი ვირთაგვების საზოგადოებაში სხვა წევრების როლები სავსებით გარკვეულია. დამლაგებლები – ყველაზე პატარა და ახალგაზრდა მამრები და მდედრები – იცავენ კოლონიის ხვრელებს, ისინი ასწორებენ კედლებს თავიანთი რბილი უთმო ტანის ხახუნით. დამლაგებლები ჭამენ ფესვებს, რომ-

ლებიც ეშვებიან ჭერიდან და ექსკრემენტებს ინახავენ გაფართოებულ ჩიხში – კომუნალურ სააბაზანოში.

ყველაზე დიდი შიშველი თხუნელასებრი ვირთაგვები მსახურობენ დარაჯებად, დაუპატიჟებელი სტუმრის გამოსაცნობად მათი შეგრძნებები გამძაფრებულია. დარაჯი შეიგრძნობს ჰაერის ნაკადს ბრმა თვალის კაკლებით. ცვლილება ნაკადში მიუთითებს მტაცებელზე. დარაჯი შეიგრძნობს ნაბიჯების დაბალ სიხშირულ ბგერებს მიწის ზევით და არჩევს სხვადასხვა სუნს. თუ ეს ნიშნები მიუთითებს, რომ გველმა თავი შეყო ხვრელში, დარაჯები როგორღაც აგზავნიან შეტყობინებას, რითაც აფრთხილებენ დანარჩენებს ჩავიდნენ უფრო ღრმა ხვრელებში.



სურ.5.2. *შიშველი თხუნელასებრი ვირთაგვა ერთადერთი ხერხემლიანი ცხოველია, რომლის სოციალური ქცევები ძალიან წააგავს საზოგადოებრივი მწერების ქცევებს. ე. მატივეტის (Mativet, 1993) მიხედვით.*

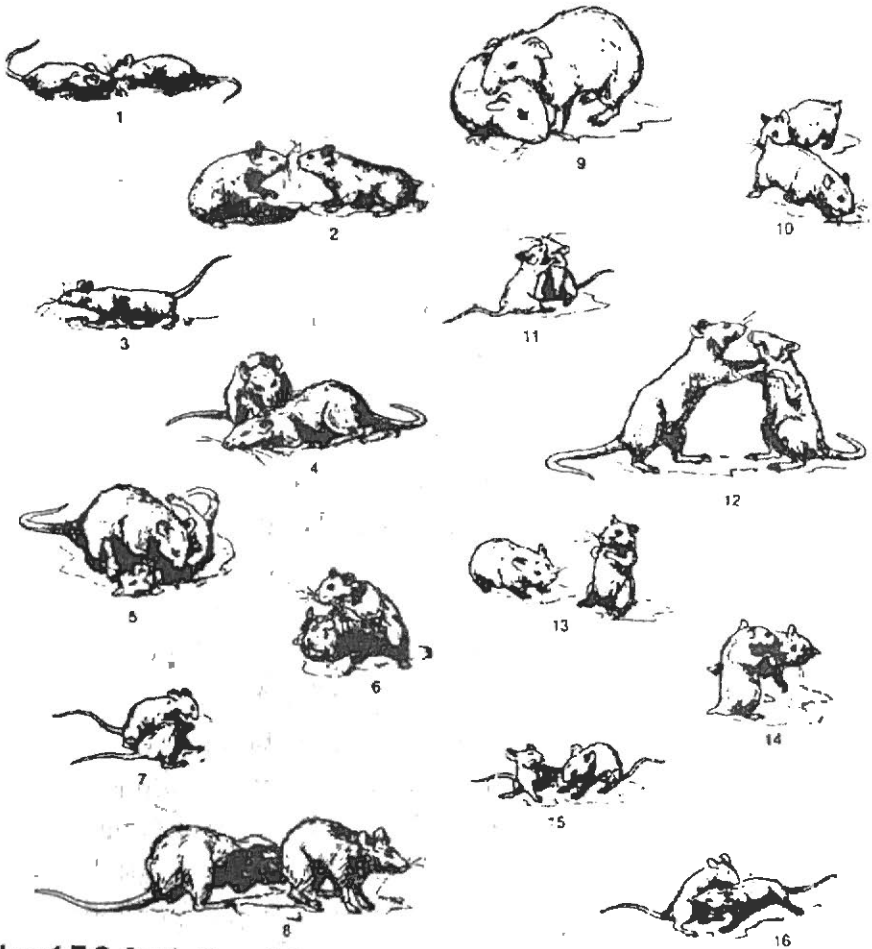
დილაადრიანად და ნაშუადღევს ახალი ხვრელი გათხრილია. ნაგვის გამტანები ქმნიან ჯგუფს მთავარი „მთხრელით" სათავეში და გვერდზე „გადამგდებით", რათა მოიშორონ ნაგავი. საჭმლის მომტანები იყენებენ თავიანთ გრძელ და მჭრელ წინა კბილებს იმისათვის, რომ პატარა ნაჭრებად დაამტვრიონ ფესვები.

ჯგუფში დაბრუნებამდე მათ ხშირად უხდებად გველებისაგან გაქცევა.

დედოფალი მართლაც ძალიან მზრუნველია, საათში რამდენჯერმე ათვალიერებს ხვრელებს. ყოველ სამ თვეში ბადებს დაახლოებით 27 ნაშიერს, რომლებსაც უვლის ერთი თვის განმავლობაში და ამ დროის განმავლობაში სამ მუშა მამრს მოაქვს მისთვის საკვები. შემდეგი ორი თვის განმავლობაში ეს მუშები უვლიან პატარებს, რომლებიც მესამე თვის ბოლოს იღებენ მუშის სტატუსს. როგორც ჩანს, დედოფლად ყოფნა აუცილებელია სოციალური კოლონიის ინტერესებისათვის. ლაბორატორიაში, როდესაც კოლონიას მოაშორეს დედოფალი, წარმოიქმნა ქაოსი, შეწყდა მუშაობა და ყოველი ინდივიდი ცხოვრობდა თავისთვის.

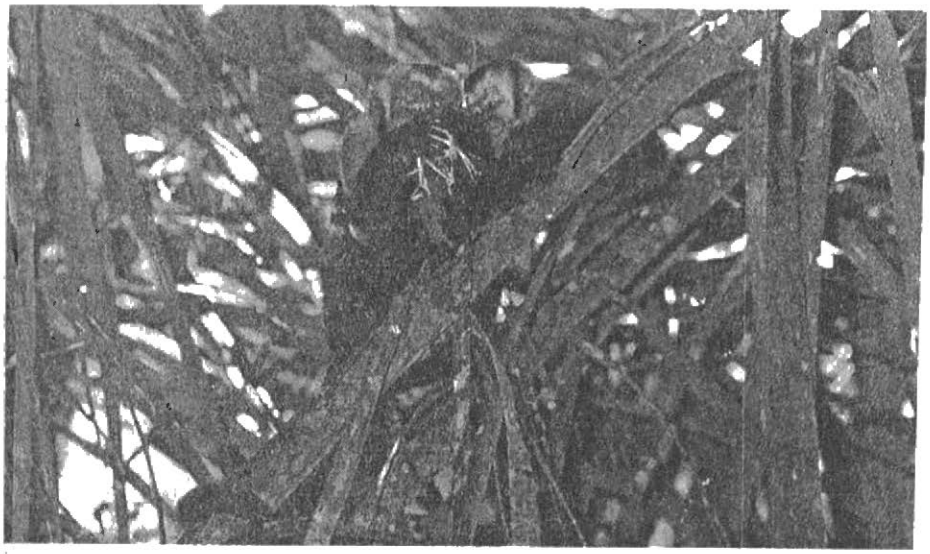
დიდი განსხვავება შეიმჩნევა ცხოველების სოციალურ ქცევებში (სურ.5.3.). მაგალითად, მაიმუნების ორ ნათესაურ ჯგუფს შორის: ყავისფერ და თეთრმკერდა კაპუცინებში, რომლებიც ცხოვრობენ პერუს ტყეებში ხეებზე (სურ.5.4.). ყავისფერი კაპუცინები არიან უფრო დიდი და ძლიერი. ისინი ცხოვრობენ ჯგუფურად და უძღვებათ დომინანტი მამრი. ერთი მდედრიც დომინანტია და ახლო ურთიერთობაშია ამ მამრთან. როდესაც იგი ესტრუსის მდგომარეობაშია, დომინანტი მდედრი და სამი სხვა მდედრი უფრო მორჩილები არიან. სხვა მამრები ემორჩილებიან დომინანტ მამრს და მდედრები ცდილობენ შეჯვარებას მხოლოდ დომინანტ მამრთან.

როდესაც საკვები უხვადაა, მაგალითად ლეღვი, ყავისფერი კაპუცინები ცხოვრობენ მშვიდობიანად. თუ საკვები ცოტაა, დომინანტი მამრი ძალიან განსხვავებულად ექცევა ჯგუფის წევრებს: საშინლად ყვირის თუ საკვებს მიუახლოვდებიან სხვა მამრი ან არადომინანტი მდედრები. როდესაც ახლოსაა გაძლომასთან, უფლებას აძლევს დომინანტ მდედრს და ახალგაზრდებს ჭამონ საკვები. შემდეგ მოდიან არამთავარი მდედრები; როდესაც მთავარი მამრი გაძღება და ტოვებს საკვების ადგილს, დამორჩილებულ მამრებს მხოლოდ მაშინ შეუძლიათ საკვებთან უსაფრთხოდ მიახლოება. თუკი ვინმე ემუქრება მოზარდებს, დომინანტი მამრი ულმობელი ხდება.

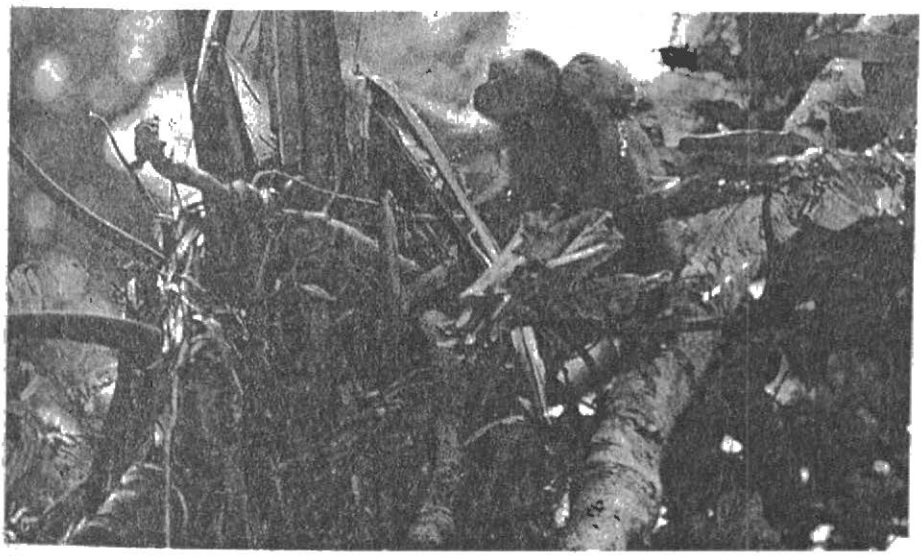


სურ.5.3. მღრღნელების სოციალური პოზები:

1. – დაყნოსვა თაგვებში. 2. – დაყნოსვა ზაზუნებში. 3 – ყურადღების პოზა თაგვებში. 4. – აგრესიული წმენდა ვირთაგვებში – მარცხნივ, ჩაკუზვა – მარჯვნივ. 5. – აგრესიული პოზა ვირთაგვებში – მარცხნივ, დამორჩილებისა – მარჯვნივ. 6. – აგრესიულობა ზაზუნებში – მარცხნივ, დამორჩილების პოზა – მარჯვნივ. 7. – თავდასხმა თაგვებში. 8. – დაყნოსვა ვირთაგვებში – მარცხნივ, ჩაკუზვა – მარჯვნივ. 9. – თავის დადება ზღვის გოჭებში. 10. – დაყნოსვა ზაზუნებში – მარცხნივ, კუდის აწევა – მარჯვნივ. 11. – თავდასხმა თაგვებში – მარცხნივ, თავდაცვა – მარჯვნივ. 12. – თავდასხმა ვირთაგვებში – მარცხნივ, თავდაცვა – მარჯვნივ. 13. – თავდაცვითი პოზა ზაზუნებში – მარჯვნივ. 14. – თავდასხმითი დგომა ზაზუნებში – მარცხნივ, თავდაცვითი გვერდითი დგომა – მარჯვნივ. 15. – თავდაცვითი პოზა თაგვებში – მარცხნივ, თავდასხმითი გვერდითი პოზა– მარჯვნივ. 16. – თავდასხმითი დგომა თაგვებში – მარცხნივ, თავდაცვითი გვერდითი პოზა – მარჯვნივ. გრანტის და მაკინტშის (Grant, Makintsh, 1963) მიხედვით.



a.



b.

სურ.5.4. *ა –ყავისფერი კაპუცინის დომინანტი მამრი უფლებას აძლევს პატარას მიუახლოვდეს მის საკვებს - შეიძლება იმიტომაც, რომ იცის, ის პირმშოს მამაა. ბ –თეთრმკერდა ახალგაზრდა კაპუცინები ეჭიდებიან ერთმანეთს. ზრდასრული მამრები მცირედ ან საერთოდ არ ინტერესდებიან პატარებითა და ახალგაზრდებით. შეიძლება იმიტომ, რომ თითოეულმა მათგანმა არ იცის, რომელია მისი შთამომავალი. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

თერთმკერდა კაპუცინების ცხოვრება შედარებით უფრო წყნარია. მათი სოციალური ჯგუფი შედარებით უფრო ფართოა, შეიცავს დაახლოებით 20 ინდივიდს და შესდგება 3 დომინანტი მამრის, შემატებული მდედრებისა და შთამომავლებისაგან. ზრდასრულებს შუძლიათ ერთმანეთთან შეჯვარება, თუმცა უფროსებს შორის ვლინდება მცირე აგრესია. დომინანტი მამრები ან იგნორირებას უკეთებენ ამ აგრესიას, ან ეჯვარებიან ახალგაზრდებს, რომლებიც მათ ემორჩილებიან. თეთრმკერდა კაპუცინები იკვებებიან ტყის თაღის ქვეშ, მაშინ როდესაც მათი ყავისფერი ბიძაშვილები იკვებებიან ხეების კენწეროებზე, სადაც უხვადაა რბილი და წვნიანი ხილი. საკვების რაოდენობისა და დაწყვილების წესის მიხედვით ამ ორი გვარის აგრესიული ქცევები განსხვავებულია. ლაქებიანი საკვების მარაგი ხელს უწყობს აგრესიას ყავისფერ კაპუცინებს შორის. დომინანტი მამრი იცავს თავის შთამომავლობას იმიტომ, რომ ისაა მათი მშობელი. ადვილად საშოვნელი საკვების სიმრავლის გამო თეთრმკერდა კაპუცინებში აგრესია უფრო იშვიათია. მამრები არ ზრუნავენ ახალგაზრდებზე. შესაძლოა ეს ხდება იმიტომ, რომ თითოეულმა უფროსმა არ იცის, რომელია მისი შთამომავალი.

ჯგუფური ცხოვრების უპირატესობა

ცხოველების ჯგუფები, ლომების ოჯახით დაწყებული ათასობით მწერების რთული საზოგადოებებით დამთავრებული, იკვებებიან, მფარველობენ და ზრუნავენ ახალგაზრდებზე უფრო ადვილად, ვიდრე მარტოხელა ინდივიდები. კოოპერირებული ცხოველები წარმატებულები არიან როგორც ინდივიდუალურ, ასევე სახეობრივ გადარჩენაში.

ორგანიზმებს დაჯგუფებით შეუძლიათ შეინარჩუნონ ტემპერატურა ან აქტიურად შეცვალონ გარემო. ინდივიდებს შეუძლიათ გაერთიანდნენ მტაცებლებისაგან თავის დასაცავად ან საკვების მოსაპოვებლად. ორგანიზმებს უადვილდებათ დაწყვილება თაობის წარმოსაქმნელად. რეპროდუქციის სინქრონიზებას შეუძლია მინიმუმამდე დაიყვანოს მტაცებლის მიერ გატაცებული ახალგაზრდების რაოდენობა. დასწავლილი ადაპტაციური ქცევები გადაეცემა ჯგუფის წევრებს. გვარის სოციალური სტრუქტურა განპირობებულია ცხოველთა ფიზიოლოგიით და გარემოს ფიზიკური თვისებებით.

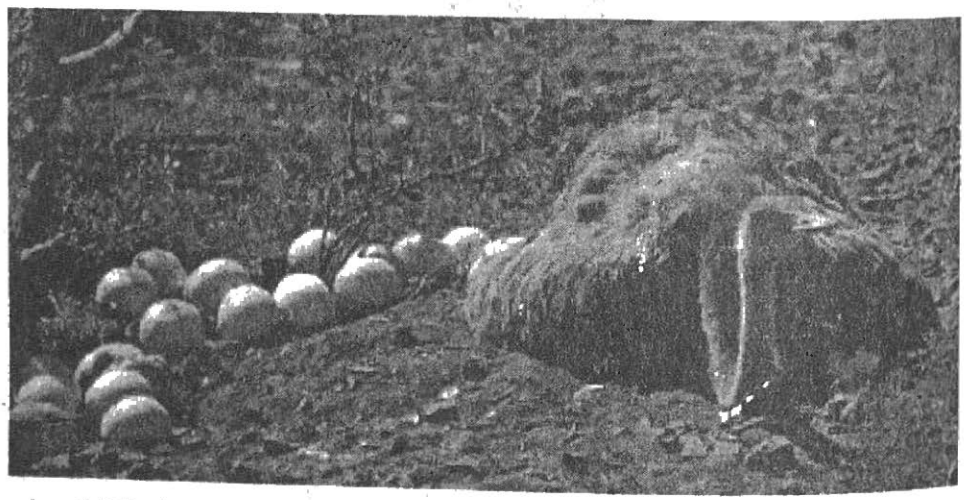
ჯგუფის შექმნით ცხოველებს შეუძლიათ შეცვალონ გარემო თავის სასარგებლოდ. ყველაზე მარტივი სახის ფიზიოლოგიური ეფექტი, რომელიც შეიმჩნევა დაჯგუფებულ ცხოველებში, არის სინესტის და სითბოს კონსერვაცია. ზამთრის განმავლობაში ღორებს სძინავთ (სურ. 5.5.) გროვებად, მუდმივად მოძრაობენ, ჭყივიან და თან ეძებენ ერთმანეთს გროვაში. დაჯგუფებას შეუძლია ფიზიკურად შეცვალოს გარემო. წყლის რწყილები ვერ ძლებენ ტუტე წყალში, მაგრამ როდესაც ერთიანდება მათი დიდი რაოდენობა, სუნთქვის შედეგად გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, რომელიც ამცირებს წყლის ტუტიანობას მისაღებ დონემდე. ხილის ბუზები ცუდად გრძნობენ თავს, როდესაც კვერცხების მცირე რაოდენობაა დადებული. ასეთ შემთხვევაში მატლების რაოდენობა საკმარისი არ არის ვაშლის გულის დასაშლელად, რათა ის საკვებად გამოდგეს. პრერიის ძაღლების ბუნაგის შენარჩუნება დამოკიდებულია იმ ცხოველების რაოდენობაზე, რომლებიც ღეჭავენ მცენარეებს. მათი რაოდენობის შემცირების შემთხვევაში ბუნაგები ადვილად დაიფარება მცენარეებით.



სურ.5.5. *ღორების გროვა ინარჩუნებს სითბოს. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

თავდაცვის გაუმჯობესება ჯგუფური ცხოვრებისას

გადარჩენის ალბათობა რაოდენობაშია. მტაცებელს შეუძლია უფრო ადვილად დაესხას მარტოხელა მსხვერპლს, ვიდრე გამოარჩიოს ჯგუფიდან, რომლის თითოეული ინდივიდის მცირედი განგაშიც აფრთხილებს დანარჩენებს. ფრინველები აფრთხილებენ ყვირილით. სამხრეთაფრიკული მაიმუნები, როდესაც ხედავენ არწივს, ლეოპარდს ან შხამიან გველს სხვადასხვანაირი ძახილით აფრთხობენ დანარჩენებს. ეს განსხვავებული სიგნალები ადაპტირებულია, რადგანაც მტრისაგან გაქცევა დამოკიდებულია იმაზე, თუ საიდან – ციდან თუ დედამიწიდან უტევს მტაცებელი. ჯგუფური თავდაცვა შეიძლება იყოს პასიური. მაგალითად, რამდენიმე პატარა თევზი მიცურავს გარკვეულ მანძილზე და გარკვეული კუთხით ერთმანეთის მიმართ, რითაც ქმნიან გუნდს. როდესაც მტაცებელი შეხვდება ამ გუნდს, ის იბნევა და ვერ წყვეტს, რომელ თევზს დაესხას. უფრო სწრაფად მცურავი მტრის შემთხვევაში გუნდი იყენებს შადრევანის ეფექტს, რისთვისაც გაიყოფა ორ-ორად და ჯგუფდება დაბნეული მტაცებლის უკან.



სურ.5.6. *სირაქლემები იცავენ თავიანთ კვერცხებს. მთავარი სირაქლემა მოთმინებით დაჯდება საკუთარ და სხვის კვერცხებსაც. საკუთარ კვერცხებს ის განალაგებს თავისი ტანის ქვეშ, ხოლო სხვების კვერცხებს – მტაცებლისათვის უფრო მისაწვდომ ადგილას. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

სირაქლემები პასიური დაჯგუფებისას თავისი ახალგაზრდების დასაცავად იყენებენ განზავების ეფექტს. მათი საზოგადოებები შედგება ერთმანეთთან დაკავშირებული წყვილებისაგან: მამალი და მთავარი დედალი სირაქლემისაგან, ასევე მეორეხარისხოვანი სირაქლემებისაგან, რომლებიც ბევრ მამალთან ამყარებენ ურთიერთობას. მეორეხარისხოვანმა სირაქლემებმა უნდა მოათავსონ თავიანთი კვერცხები მთავარი წყვილის ბუდეში, სადაც ამ წყვილის კვერცხებიცაა და ამ კვერცხებზე 6 კვირის განმავლობაში ზის მთავარი სირაქლემა (სურ. 5.6.). ამით იზრდება იმის ალბათობა, რომ მტაცებლის მიერ გატაცებული კვერცხი ამ წყვილისა არ იქნება. ასეთი განზავება ხდება ანტილოპა გნუებშიც, რომლებიც გარს შემოერტყმიან ახალგაზრდებს ფართო ჯოგად.

ზოგჯერ საუკეთესო დაცვას წარმოადგენს თავდასხმა. მრავალი სახეობის ინდივიდები შეიკვრებიან ხროვად, სადაც უფროსები უსწორდებიან მტაცებელს, რომელიც ხშირად უფრო დიდია, ვიდრე ამ ჯგუფის ნებისმიერი წევრი. შავი შაშვები ბუს უტევენ დარტყმით და გაურბიან განმგმირავი ყვირილით. ბაბუინები და შიმპანზეები იყენებენ ანალოგიურ სტრატეგიას ლეოპარდების წინააღმდეგ. განმგმირავი ყვირილით ისინი უტევენ მტერს და უკან იხევენ, ზოგჯერ ჯოხებსაც ესვრიან. წრის შექმნა ტანის ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაწილით და წინააღმდეგობის ამგვარი გაწევა ჩვეულებრივი დამცავი სტრატეგიაა. როდესაც ახალგაზრდა ლოქოებს ანუხებენ, ისინი გროვდებიან ერთად და ფართო მკერდის ფარფლებით იცავენ თავს ყველა მიმართულებით კაკტუსის ეკლების მსგავსად. ზრდასრული ვერძები ქმნიან წრეს ისე, რომ თავები მიმართულია შემტევზე. მაშინ როდესაც უფროსი ცხოველები თავებით იმუქრებიან, ახალგაზრდები გარშემორტყმული არიან მათი ტანებით.

წარმატებული გამრავლება ჯგუფური ცხოვრებისას

გამრავლების წარუმატებლობა არის ევოლუციური თვითმკვლელობა. ცხოველების რაოდენობის ზრდა ფართობზე არა მარტო ზრდის წყვილის პოვნის შანსს, არამედ ხელს უწყობს ფიზიოლოგიურ ცვლილებებს ინდივიდებში, რაც აუცილებელია წარმატებული გამრავლებისათვის. მაგალითად, თაგვის კვერცხუ-

ჯრედი შეიძლება განაყოფიერდეს, მაგრამ თუ გასამრავლებლად მზად არ არის სხვა წყვილები, ნაყოფი შეიძლება გაიწოვოს მდედრის სხეულის მიერ. ღორის კვერცხუჯრედი შეიძლება არ განაყოფიერდეს ნორმალურად, თუ ცხოველს არა აქვს შესაძლებლობა ესმოდეს და გრძნობდეს ტახის ხმას და სუნს. მოარშიყე ინდივიდების იერი, ხმა და სუნი აძლიერებს და სინქრონულს ხდის ამ განაყოფიერებას.

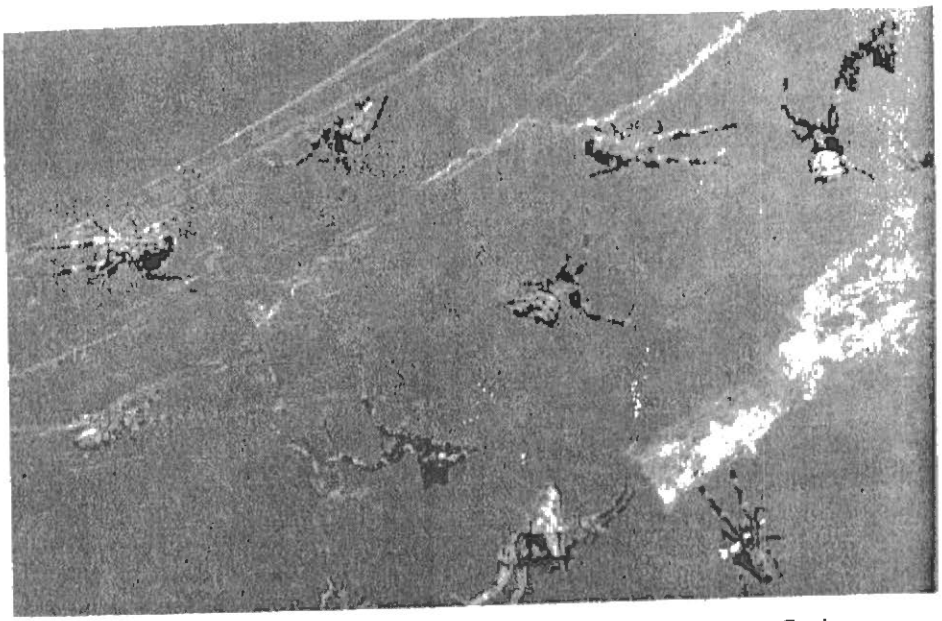
ლაქებიანი სალამანდრები წარმოადგენენ თანადროული ჯგუფური დაწყვილების შესანიშნავ მაგალითს. ყოველ გაზაფხულზე, რამოდენიმე ღამის განმავლობაში, ორიდან შვიდ საათამდე, სალამანდრები ასრულებენ საარშიყო ცეკვებს ტბის ფსკერზე. მამრები ახვავებენ სპერმას და აიძულებენ მდედრებს მიიღონ ისინი. სხვა დროს ეს ცხოველები სოციალურად საერთოდ არ ურთიერთობენ.

მარტო მცხოვრებ აფთრებში დედა დაუხმარებლად კვებავს ნაშიერებს, რომელთაგან გადარჩება მხოლოდ 5-10%. ის აფთრები, რომლებიც კოლექტიურად ცხოვრობენ და სოციალიზაცია კარგადა აქვთ ჩამოყალიბებული, ეხმარებიან დედებს ნაშიერთა გამოკვებაში – ამ შემთხვევაში გადარჩენის ალბათობა 35%-მდე იზრდება.

ერთდროულ შობადობას პოპულაციაში შეიძლება ჰქონდეს დამატებითი სარგებლობაც. ხელმისაწვდომი საკვებით მოკლე დროში ეფექტურად დაკმაყოფილდება პოპულაციის გარკვეული, დიდი ჯგუფი. სინქრონიზებული შობადობა მოსახერხებელი იქნება, თუ ის დაემთხვევა სეზონური საკვების სიმრავლეს. იგი ხელსაყრელია მიგრაციების დროსაც.

საკვების შენახვის ეფექტურობა ჯგუფური ცხოვრებისას

თუ საკვები უხვადაა რომელიმე ადგილას და ცოტაა სხვაგან, ეს აიძულებს ჯგუფის წევრებს მოიძიონ საკვებით მდიდარი ადგილები. მაგალითად, როდესაც შოშიების გუნდის ერთი წევრი პოულობს საკვების წყაროს, სხვა ჩიტები სწრაფად იცვლიან თავიანთი მოძიების სტრატეგიას და კონცენტრირებას ახდენენ როგორც ზოგადად გარემოზე, ისე საკვების მოძიების ხერხზე. ზოგიერთი ფრინველები, რომლებიც ცხოვრობენ ჯგუფებად, ქმნიან საჭმლის სათავსოებს, რითაც სარგებლობს ჯგუფის ყველა წევრი საკვების სიმცირის პერიოდში.



სურ.5.7. *მსხვერპლი ადვილად ეხვევა ობობების კოლონიის გაერთიანებულ წებოვან ბადეში. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

საკვების დასაცავად ჯგუფური ცხოვრების უპირატესობის ნათელი ილუსტრაციაა ობობას ქსელი. **Stegodyphus**-ის სახეობების ერთობა, რომელიც ცხოვრობს სამხრეთ და აღმოსავლეთ აფრიკაში, აშენებს უზარმაზარ აბრეშუმის იმპერიას, 4 მეტრის ოთკუთხედს, რომელშიც ცხოვრობს ასობით ობობა. ღამღამობით, ადრეული შემოდგომის ნოტიო სეზონში, ობობები სწრაფად აღადგენენ, დღის განმავლობაში წვიმისაგან, ქარისაგან და მომხვდურებისაგან დაზიანებულ ქსელს. ბადის დაცვა ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგანაც ეს ნაგებობა ეფექტურად იჭერს ობობების საკვებს – კოღოებს, ტერმიტებს, ჭიანჭველებს, ბაღლინჯოებს, უზარმაზარ ხოჭოებს და კალიებსაც კი (სურ. 5.7). ერთიანდებიან რა იმისათვის, რომ მოიპოვონ საკვების ეს სახე, ობობები ტკბებიან უხვი და მრავალფეროვანი საკვებით, მაშინ როდესაც მარტოსულ ინდივიდს უჭირს თავისთვის საკვების მოძიება. დამატებითი სარგებელია ქსელში გაბმული მტაცებელი.

ჯგუფური ცხოვრების უარყოფითი მხარეები

ჯგუფურად ცხოვრებისას ინდივიდებს ნაკლები საფრთხე ემუქრება, თუმცა იგი გარკვეულ უხერხულობასაც ქმნის. სირაქლემასათვის, რომელსაც მოსტაცეს კვერცხები, ამ ნახირის უკან მებრძოლი და მტაცებლის დაჭერილი ახალგაზრდა გნუსათვის სახეობის სოციალურ ქცევას ნამდვილად არ მოაქვს სარგებლობა. ჯგუფური ცხოვრება ხდება მოუხერხებელი, როდესაც ჯგუფის წევრებს უხდებათ კონკურენცია მწირი რესურსებისათვის.

კოლონიური ცხოვრება აგრეთვე აადვილებს ინფექციების გავრცელებას. მაგ; თაფლის ფუტკრები, რომელთა რაოდენობა მცირდება ტკიპების გავრცელების შედეგად. ფუტკრების სასუნთქ მილებში შეგროვებული მიკროსკოპული ტრაქეის ტკიპები კლავენ ფუტკარს დახრჩობით ან ლიმფის გამონოვით. კვერცხის დასადებად გამზადებული მდედრი ტკიპები მიცოცავენ სასუნთქი მილიდან და ხვდებიან ფუტკრის თმების წვერზე, საიდანაც ძალიან ადვილად გადადიან სხვა ფუტკრებზე. ტრაქეალური ტკიპებით გავსებული სკა ზამთრის ბოლოს სასაკლაოს ემსგავსება.

კომუნიკაციის როლი სოციალურ ურთიერთობაში

კომუნიკაციით ხორციელდება ისეთი ქცევები, რომლებიც ინდივიდებს ერთმანეთთან აკავშირებენ. ამიტომ კომუნიკაცია უაღრესად მნიშვნელოვანია სოციალური ქცევებისათვის. კომუნიკაციის ტიპი დამოკიდებულია გარემოზე. ინფორმაცია შეიძლება გაიგზავნოს: გემოთი, სუნით, ხმით, შეხებით და მხედველობით.

შეტყობინება შეხებით

სოციალური ჯგუფები გამყარებულია ფიზიკური კონტაქტით. შეხებას შეუძლია შეამციროს დაძაბულობა. საზოგადოდ, სოციალურ ცხოველებში მისალმების ცერემონიები ხშირად მოიცავს შეხებას და ზოგჯერ გულში ჩაკვრას. მგლების ხროვის წევრებს შეუძლიათ შემოეხვიონ დომინანტ მამრს, აულოკონ სახე და ატაკონ პირში დინგი. ეს ცერემონია მიმდინარეობს იმ დროს, როდესაც აუცილებელია სოციალური კავშირების განმტკიცება, მაგალითად გაღვიძებისას, განმარტოების შემდეგ და ნადირობის

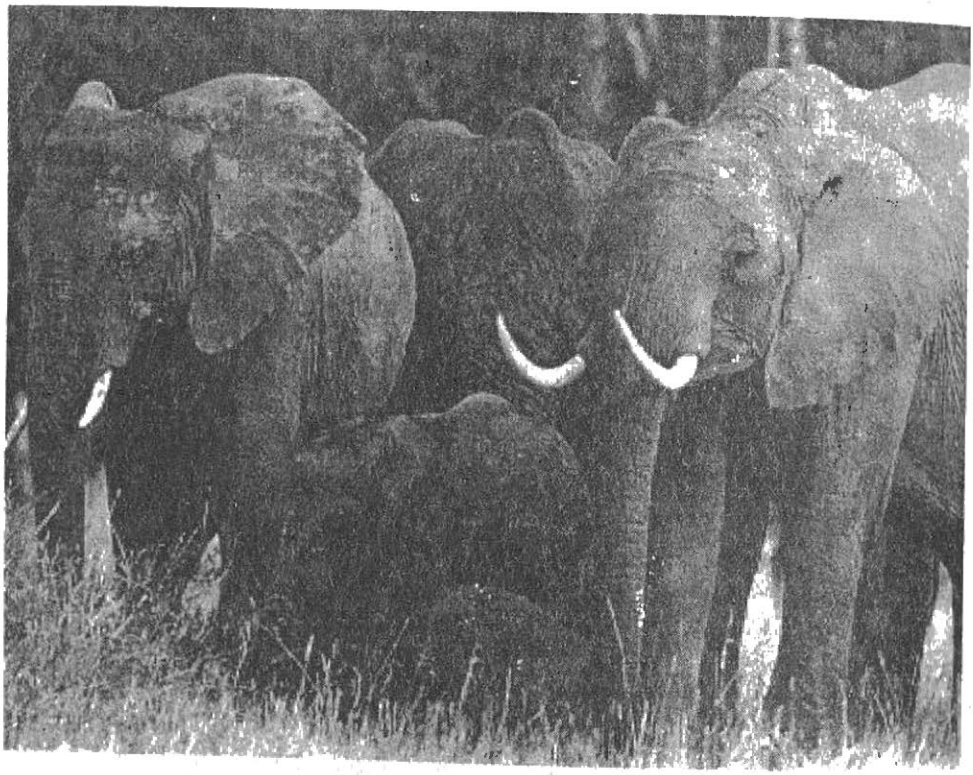
წინ. შეხება ჩვეულებრივი მოვლენაა მაიმუნებს შორის. ეს ცხოველები უსუფთავებენ ერთმანეთის ბეწვს კიდურებით, კბილებით და ენით, რაც იცავს მათ ინფექციებისაგან და პარაზიტი მწერებისაგან, აგრეთვე იწვევს სოციალური მადლიერების გრძნობას. (სურ. 5.8).



სურ.5.8. *მამრი მაიმუნი თავს უსუფთავებს მდედრ შვილიან მაიმუნს. ე. მატივეტის (Mativet, 1993) მიხედვით.*

ბგერითი შეტყობინება

ბგერითი კომუნიკაციის ოსტატები არიან სპილოები. ეს ჩუმი გიგანტები ცხოვრობენ მატრიარქატულ ოჯახურ ჯოგში, რომელიც აერთიანებს დებს, ბიძაშვილებს და მათ შთამომავლობას (სურ. 5.9.). მამრები მოგზაურობენ მარტო ან სხვა ჯგუფებთან ერთად. ნათესავი ოჯახები ესალმებიან ერთმანეთს კაკაფონიური ხმაურით, ღრიალით და კივილით. როდესაც მდედრი უახლოვდება მამრს დასაწყვილებლად, ამ დროს ის ბღავის. მისი ნათესავები თვალყურს ადევნებენ და ისინიც ხმამაღლა ღრიალებენ.



სურ.5.9. *სპილოებს აქვთ მძლავრი მატრიარქატული ოჯახი. ნათესავი ოჯახები ესალმებიან ერთმანეთს კაკაფონიური ხმაურით. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

საუსალიტოში, კალიფორნიაში, ნავში მყოფი ჯგუფის წევრები განცვიფრებული და შეწუხებული იყვნენ ღამით, ერთი საათის ხანგრძლივობის გუგუნით ერთ ნოტზე. ისინი ვარაუდობდნენ, რომ ეს იყო რაღაც საიდუმლო სამხედრო ექსპერიმენტი, სანამ კორნელის უნივერსიტეტის ბიოაკუსტიკის სპეციალისტმა ენდრიუ ბასმა სპეციალური კამერითა და კომპიუტერით არ დააფიქსირა ბგერების წყარო. გაირკვა, რომ ეს იყო უქერცლო, ბრტყელშუბლა, გამობურცულთვალებიანი თევზი, რომელიც საუსალიტოს წყლებში ცნობილია, როგორც „მოგუგუნე თევზგომბეშო", ხოლო ეთოლოგებისათვის როგორც უბრალო ფარფლებიანი ფორიხტისი ანუ Porichtys notatus. გამაღიზიანებელი, სირენისმაგვარი ხმა იყო მამრი ფორიხტისის სასიყვარულო სიმღერა, რომელიც ცდილობდა დაეყოლიებინა მდედრები, დაედოთ კვერცხები მის ბუდეში. სიმღერა წარმოიშვებოდა ჩანთის (რომელსაც საცურაო კამერას უწოდებენ) გასწვრივ განლაგებუ-

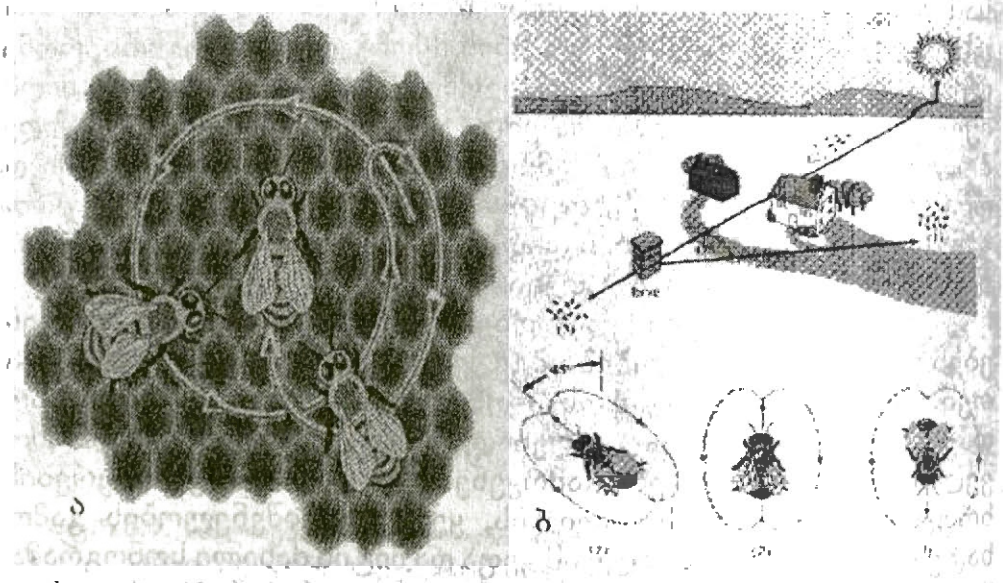
ლი კუნთების შეკუმშვის შედეგად. ეს კამერა იბერება და იფუშება იმის მიხედვით, თევზი ამოდის თუ ჩადის წყლის სიღრმეში. ფორიხტისი არის ერთადერთი ცხოველი, რომლის მიერ გამოცემული ბგერები გაშიფრულია ეთოლოგების მიერ, როგორც სასიყვარულო სიმღერა. მეორე მკვლევარი, კატრინ რეინი კორნელის უნივერსიტეტიდან, ისმენდა კუზიანი ვეშაპის კომპლექსურ სიმღერებს. იგი ცნობილია აგრეთვე იმითაც, რომ ზოოპარკში სამ ახალდაბადებულ სპილოზე დაკვირვებისას შეამჩნია, რომ ცხოველები გამოსცემდნენ აზრის მქონე დაბალ გუგუნს, რომელიც ადამიანის ყურის მიერ აღქმული ბგერის ზღვარს მიღმა იყო. ეს აღმოჩენა დაეხმარა ეთოლოგებს, რომლებიც აკვირდებოდნენ სპილოებს კენიის ამბოსელის ნაციონალურ პარკში და რომლებიც იკვლევდნენ, თუ როგორ იგებდა სპილოების ერთი ჯოგი მეორის მიახლოებას დიდი მანძილიდან. გაირკვა, რომ დაბალი გუგუნი არის ამის პასუხი.

ბიოაკუსტიკოსები ცდილობენ გაარკვიონ, თუ როგორ იყენებენ სხვადასხვა სახეობები ბგერებს შესატყობინებლად, ამისათვის იყენებენ სონოგრაფს, რომელიც ბგერით ტალღებს გარდაქმნის ელექტრულ სიგნალებად, რითაც უზრუნველყოფს ცხოველთა სამყაროს მიერ გამოყენებული სხვადასხვა ბგერების: ხრუტუნის, ზუზუნის, კივილის, ყეფის მნიშვნელობის გამოხატვას. მაგალითად, ძაღლის ყეფა და ჩიტის ძახილი სონოგრამაზე წარმოშობს მუქი ზოლების ანალოგიურ ნიმუშებს, რაც აჩვენებს, რომ ორივე გზავნის ერთნაირ შეტყობინებას – გაფრთხილებას. საზოგადოდ გამაფრთხილებელი ბგერები დაბალი და საშიშროების მომასწავებელია, ხოლო მორჩილების გამომხატველი ხმები მაღალი და შემაცოდებელია. დიდ მანძილზე ვრცელდება ვეშაპების სიმღერა.

ვიზუალური შეტყობინება

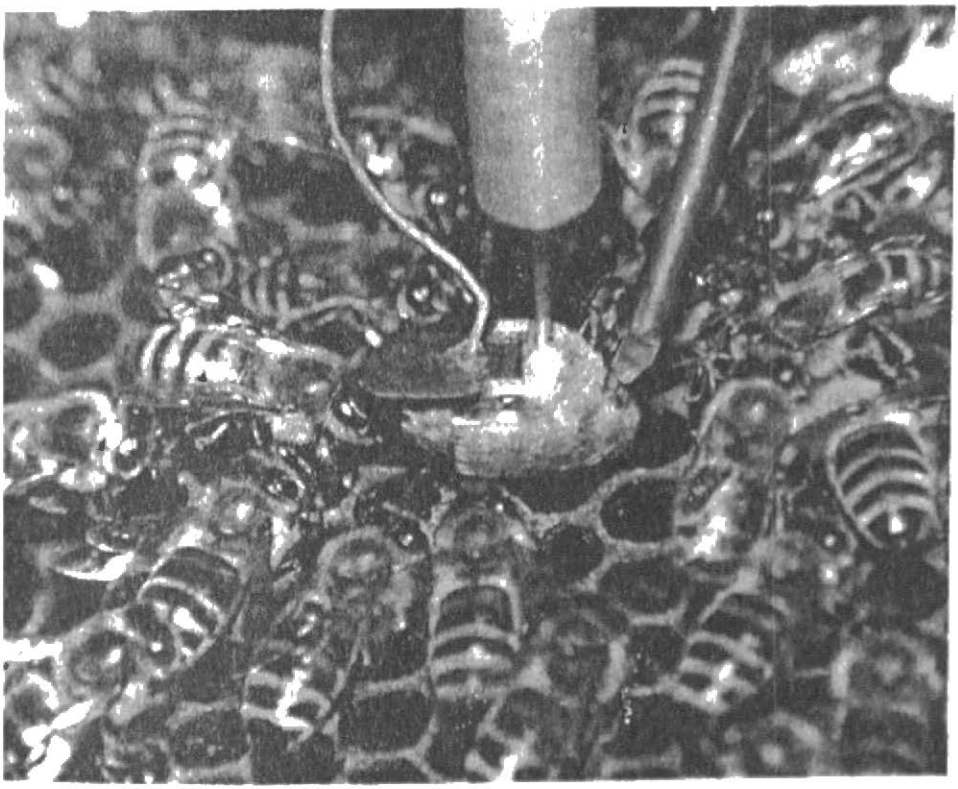
ფუტკრების მიერ საკვების შეგროვების ქცევაში მხედველობის მნიშვნელობა აღწერა ეთოლოგმა კარლ ვან ფრიშმა. ის დაინტერესდა, რატომ არის ყვავილები ასე კაშკაშად შეფერილი, ხომ არ ხდება ამით ფუტკრების მიზიდვა დამტვერვისათვის. რათა ეჩვენებინა, რომ ფუტკრებს გააჩნიათ ფერადი მხედველობა, ვან ფრიშმა მოათავსა შაქრიანი წყალი ლურჯი მუყაოს დისკზე სკასთან ახლოს. ფუტკრებმა დალიეს წყალი. შემდეგ მან მოათავსა ლურჯი და წითელი დისკები სკასთან ახლოს. ფუტკრები მიფ-

რინდნენ მხოლოდ ლურჯ დისკთან. ანალოგიურმა ცდებმა სხვადასხვა ფერებისა და მათი ტონალობების გამოყენებით გვიჩვენა, რომ ფუტკრები არა მარტო ხედავენ და არჩევენ ფერებს (წითლის გარდა), არამედ შეუძლიათ გაარჩიონ ულტრაიისფერი და პოლარიზებული სინათლე, რომელსაც ადამიანის თვალი ვერ აღიქვამს. ბოლოს ვან ფრიშმა გაშიფრა „ცეკვები“, რომლებსაც იყენებენ ფუტკრები საკვების წყაროს ადგილმდებარეობის შესახებ



სურ.5.10. *ა) ცეკვა წრეზე ნიშნავს, რომ საკვები ახლოა, მაგრამ არ მიუთითებს მისი მდებარეობის მიმართულებას. ბ) ცეკვა რხევით ატყობინებს მანძილს და მიმართულებას საკვების წყარომდე. მოცეკვავე აკეთებს მარყუჟს მარჯვნივ. არხევს მუცელს სწორი გზის გასწვრივ და შემდეგ აკეთებს მარყუჟს მარცხნივ. მანძილს აჩვენებს რხევების რაოდენობა, ბზუილის ხანგრძლივობა რხევითი გარბენის განმავლობაში და ცეკვის სისწრაფე. მიმართულებას აჩვენებს კუთხე რხევით გარბენასა და გრავიტაციის მიმართულებას შორის. მზესთან ამ კუთხით უნდა გაფრინდეს მუშა ფუტკარი საკვების წყაროსაკენ. თუ მზესა და საკვებ წყაროს შორის კუთხე შეადგენს 45°, რხევითი განარბენის კუთხე შეადგენს 45° ვერტიკალთან (1). თუ მუშამ უნდა იფრინოს პირდაპირ მზისკენ, ცეკვა მიმართულია პირდაპირ და საწინააღმდეგოდ (2), ხოლო თუ მუშამ უნდა იფრინოს საკვები წყაროსაკენ მზის საწინააღმდეგოდ, რხევითი გარბენა მიმართულია ვერტიკალურად უკან (3). რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

ინფორმაციის გადასაცემად. როდესაც მზვერავი ან შემგროვებელი (სურ. 5.10) ფუტკრები ცეკვავენ, სხვა ფუტკრები შეიგრძნობენ მოძრაობებს ულვაშებით. თუ საკვები ახლოსაა სკასთან, შიკრიკი ცეკვავს პატარა, ახლო-ახლო წრეებით ფიჭის თავზე. წრიული ცეკვები მოუწოდებს სხვებს ეძებონ საკვები სკის მახლობლად. რაც უფრო ხანგრძლივია ცეკვა, მით უფრო ტკბილია საკვები (სურ. 5.10-ა).



სურ.5.11. *რობოტი ფუტკარი გვეხმარება ცეკვის ნაბიჯების გამოცნობაში. ეს არის ხელოვნური ფუტკარი, რომელიც დამაგრებულია კომპიუტერთან მიერთებულ ღეროზე. ფუტკრის ზურგზე ვიბრირებს უსაფრთხო საპარსის პირის ნატეხი, რომელსაც ამოძრავებს კომპიუტერი. ფუტკრების მისაზიდად გამოიყოფა შაქრიანი წყალი. ცოცხალი ფუტკრები უერთდებიან მოდელს და გვიჩვენებენ თავიანთ ცეკვებს. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

ცეკვა რხევით ნიშნავს, რომ საკვები უფრო შორს არის სკისაგან. გზა, რომელიც ფორმით ჰგავს რვიანს, იხაზება თაფლიან ფიჭაზე. შიკრიკი ფუტკარი მოძრაობის სწორ ტრაექტორიაზე ენერგიულად არხევს მუცელს. ცეკვის სისწრაფე, რხევათა რიცხვი სწორ ტრაექტორიაზე, ბზუილის ხანგრძლივობა შესაბამისობაშია საკვების ადგილმდებარეობამდე მანძილთან (სურ. 5. 10ბ). გარბენის სწორი ტრაექტორია გვიჩვენებს საკვების ადგილმდებარეობის მიმართულებას. ცეკვა პირდაპირ ზევით ფიჭის თავზე ატყობინებს ახალგაზრდებს, რომ იფრინონ პირდაპირ მზისაკენ.

ცეკვა ქვევითკენ მიუთითებს, რომ უნდა იფრინონ მზის საწინააღმდეგო მიმართულებით. სხვა მიმართულებების განსასაზღვრავად ცეკვა იცვლის რხევების კუთხეს გრავიტაციის მიმართ და ამით აფიქსირებს კუთხეს მზესა და საკვების წყაროს მიმართულებებს შორის. ფუტკრის ცეკვა იმ ცხოველების ქცევების მშვენიერი კომპლექსია, რომელთა ტვინი შეიცავს მხოლოდ 800000 ნეირონს.

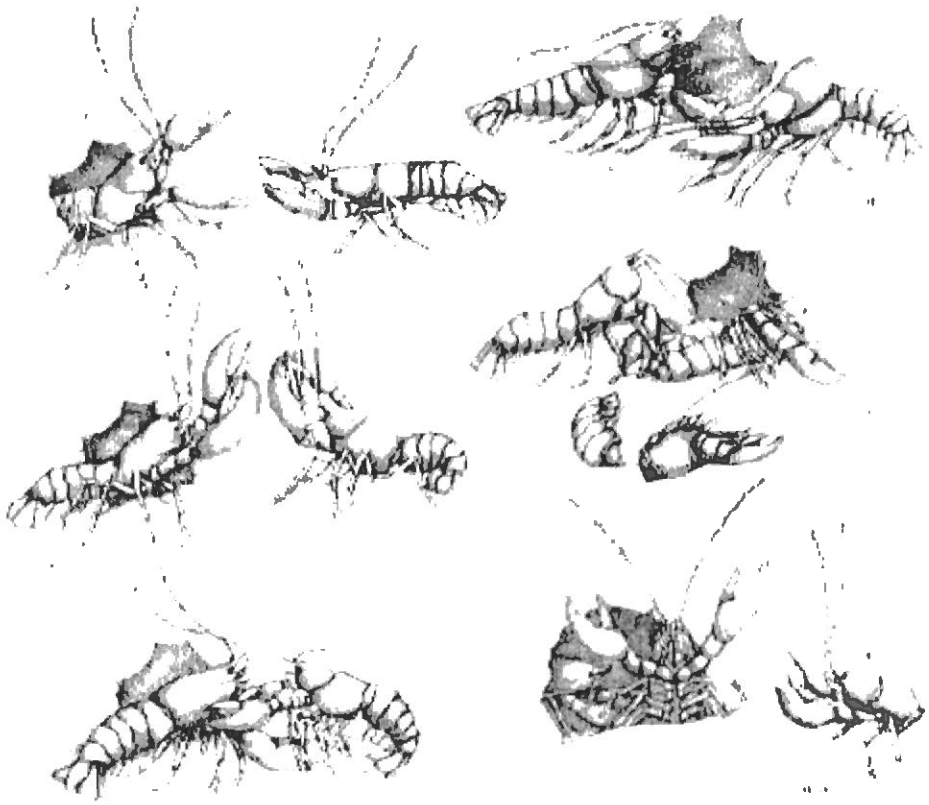
წლების მანძილზე მკვლევრები ცდილობდნენ მოდელების შექმნით გაეშიფრათ ფუტკრების ცეკვების სხვადასხვა ნიუანსები და მიეზიდათ ისინი ცეკვების შესასრულებლად. ბოლო დრომდე ყველა ცდა უშედეგოდ მთავრდებოდა. სკაში შეშვებულმა პირველმა რობოტმა ფუტკარმა გამოავლინა რა აკლდა მის არაწარმატებულ წინამორბედს – ბგერების გამოცემა (სურ. 5.11).

ფუტკრების ცეკვების კომპიუტერიზებული ვიბრაციები და ტკბილი წყლის მიწოდება წინა მხრიდან ითვალისწინებდა მზის მიმართ შექმნილ კუთხეს. დადგინდა, რომ ადამიანებისაგან განსხვავებით, რომლებიც ბგერებს აღიქვამენ როგორც წნევის ცვლილებას, ფუტკარს ესმის ჰაერის ნაწილაკების მოძრაობა.

ქიმიური სიგნალები

კიბორჩხალები პრაქტიკულად ბრმები არიან, მაგრამ მათი ტანი დაფარულია მილიონობით ბუსუსით, რომლებიც ფუნქციონირებენ როგორც ჰემორეცეპტორები და უზრუნველყოფენ სუნის შეგრძნებას (მათი მგრძნობელობა 1000000-ჯერ აღემატება ადამიანის ყნოსვას). კიბორჩხალების დაწყვილება ძლიერადაა დამოკიდებული ქიმიურ მინიშნებებზე. როდესაც მდედრი შედის ხვრელში და შეეჯახება მამრ მობინადრეს, ორივე დგება ერთმანეთის პირისპირ, აქნევენ საცეცებს, რათა შეიგრძნონ მზად არის თუ არა მეორე შეწყვილებისათვის. რამდენიმე სხვადასხვა სტერეოტიპული მოძრაობის შემდეგ მდედრი ფორებიდან აფრქვევს სითხეს,

რომელსაც შარდის მძაფრი სუნი აქვს. ნაკადი ეცემა მამრის საცეცებს და აღაგზნებს მას. შემდეგ მდედრი იკუმშება და იშორებს თავის ჯავშანს. მამრი ნაზად ურტყამს მას, აგდებს ზურგზე და შემდეგ ისინი წყვილდებიან (სურ. 5.12).



სურ.5.12. *ქიმიური მინიშნებები ძალიან მნიშვნელოვანია კიბორჩხალების შეწყვილებისათვის. ა) არშიყობა იწყება, როცა მდედრი უახლოვდება მამრს მის ხვრელში. ბ) ის აღიარებს მის რაინდობას თავისი ბრჭყალების აწევით, რითაც ამცნობს თავისი გეგმების შესახებ. გ) მდედრი იკუმშავს ტანს. დ) მდედრი იშორებს ჯავშანს. ე) მამრი ნაზად გადააბრუნებს მას გვერდზე და ისინი შეწყვილდებიან. ვ) შემდგომი კვირის განმავლობაში მამრი შეიკედლებს მდედრს თავის ხვრელში იქამდე, სანამ გამაგრდება მდედრის ახალი ჯავშანი. არშიყობის გარკვეულ მომენტში მდედრი აფრქვევს შარდოვანით გამდიდრებულ სითხეს, რომელიც აღაგზნებს მამრს და შესაძლოა სხვებსაც. რ. ლევის (Lewis, 1992) მიხედვით.*

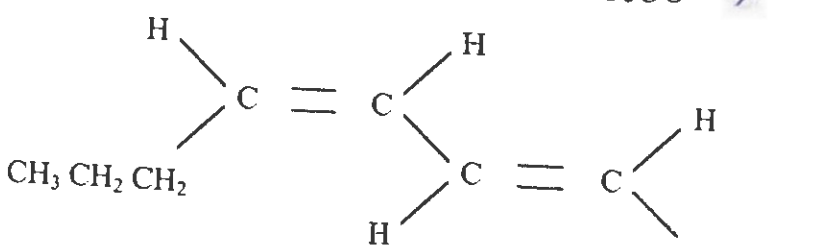
ფერომონები

ცხოველები ინფორმაციის გადასაცემად იყენებენ სხვადასხვა შედგენილობის დაბალმოლეკულურ ნაერთებს, რომლებსაც ფერომონები ეწოდებათ. დასახელება „ფერომონი" შემოტანილია 1959 წელს პ. კარლსონისა და მ. ლუშერის მიერ. ტერმინი შექმნილია ორი ბერძნული ფუძის გაერთიანებით და ქართულად გადატანას და აგზნებას ნიშნავს. ტერმინის კეთილხმოვნებისათვის მეორე ასო „რ" ინგლისურ ენაში ამოგდებულ იქნა ხმარებიდან. მიუხედავად ეტიმოლოგიური პრინციპის დარღვევისა და ზოგიერთი მკვლევარის წინააღმდეგობისა, ტერმინი „ფერომონი"მეცნიერებაში ფართოდ გავრცელდა და დამკვიდრდა.

ტერმინის ავტორთა განმარტებით, ფერომონი არის ნივთიერება, რომელიც გამომუშავდება და გამოიყოფა გარემოში ცხოველების სპეციალურ ჯირკვლების ან უჯრედების მეშვეობით და გავლენას ახდენს იმავე სახეობის სხვა ინდივიდების ქცევასა და ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე. ფერომონები ვრცელდება საკმაოდ დიდ მანძილზე, იწვევს ცხოველთა სპეციფიკურ ქცევებს და გავლენას ახდენს ზრდა-განვითარებაზე. ამიტომ ფერომონები გვხვდება ჰაერში, წყალში და ნიადაგში. ფერომონებს გამოყოფს მრავალი ცხოველი, მაგრამ მათი მოქმედება ყველაზე კარგად შესწავლილია მწერებში.

მოსაზრება შიდასახეობრივ და სახეობათა შორის ჰემორეცეპტორული კავშირის შესახებ არსებობდა მანამდე, სანამ დადგენილი იქნებოდა ფერომონთა არსებობა. XIX საუკუნეში, 1837 წ. ინგლისელმა ჯონ სიბოლდმა აღწერა საინტერესო ფაქტი. მდედრი მწერები გარემოში გამოყოფენ რალაც ნივთიერებებს, რომლებზეც რეაგირებენ მხოლოდ სქესობრივად მომწიფებული მამრები მხოლოდ საკმარისი საკვების არსებობისას.

აღწერილი ფაქტით ასი წლის შემდეგ დაინტერესდა ა. ბუტენანდი, რომელმაც ოცი წლის მუშაობის შემდეგ, XX საუკუნის ორმოცდაათიანი წლების ბოლოს, თუთის აბრეშუმხვევიადან მიიღო პირველი ფერომონი სუფთა სახით. მიღებულ ფერომონს უწოდეს ბომბიკოლი და დადგინდა მისი ქიმიური სტრუქტურა.



პირველი ფერომონის მისაღებად ერთი მილიონი ჭიის პარკიდან გამოყვანილ იქნა 300000 დედალი აბრეშუმხვევია, რომლებიდანაც მიიღეს სამი მილიგრამი ბომბიკოლი. მეორედ შეირჩა 500000 ეგზემპლარი, თითოეული მათგანის მუცლის გაკვეთით ამოჰქონდათ ის ჯირკვალი, რომელიც გამოყოფდა ბომბიკოლს. ამ გზით მიღებულ იქნა 12 მგ ნივთიერება.

ფერომონის სუფთა სახით მიღება შემდეგნაირად ხდება. ორგანული გამხსნელებით ექსტრაგირდება მთლიანად მწერი ან ის ჯირკვალი, რომელიც გამოიმუშავებს ფერომონს. ამ გზით ვღებულობთ ფერომონის იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა მწერის სიკვდილის მომენტში. ფერომონის დიდი რაოდენობის მისაღებად გამოყენებულ იქნა „კონსერვაციის“ მეთოდიკა. სპეციალურ კამერაში გამოჰყავთ და ინახავენ გაუნაყოფიერებელ მდედრ მწერებს, კამერაში ატარებენ ჰაერის ნაკადს. აქროლად ნივთიერებებს აგროვებენ დამჭერებში, სადაც 60°C ტემპერატურაზე ხდება მათი კონდენსირება. ვინაიდან მიღებული ფერომონი ცოტაა, მის შესასწავლად საჭიროა ზუსტი და ნატიფი ქიმიური ანალიზი. იყენებენ გაზურთხევად ქრომატოგრაფიას, მასსპექტროსკოპიასთან ერთდროულად, ბირთვულ მაგნიტურ რეზონანსულ სპექტროსკოპიას ფურიეს გარდაქმნებით, ფუნქციონალურ სუბმიკროანალიზს და ა.შ.

ბომბიკოლის მიღების შემდეგ სხვადასხვა ქვეყნებში გაგრძელდა ინტენსიური მუშაობა ფერომონების მისაღებად. 1983 წლისათვის მწერებიდან მიღებული და იდენტიფიცირებულ იქნა 600-ზე მეტი დასახელების ფერომონი. მცირე რაოდენობის ფერომონების შესწავლა ძვირადღირებულია, ვინაიდან მოითხოვს თანამედროვე მეცნიერების უზუსტესი მეთოდების გამოყენებას, როგორებიცაა: ექსტრაქცია, ქიმიური გასუფთავება და ფიზიკურ-ქიმიური სტრუქტურული ანალიზი. კომპლექსური მეთოდიკის გამოყენებამ შედეგი გამოიღო და დადგენილია ბევრი ფერომონის სტრუქტურა. პრაქტიკულად ყველა მათგანი უკვე სინთეზირებულია.

ფერომონების სტურქტურის შენებაში მონაწილეობს უჯერი ალიფატური სპირტი, აცეტატი და ალდეჰიდი. ზოგადი ფორმულა ასეთია

$$CH_3(CH_2)_mCH = CH(CH_2)_nR,$$

სადაც R= -OH, $-OCOCH_3$ ან -CHO განსხვავდებიან ნახშირწყალბადების ჯაჭვის სიგრძით (ძირითად C_{12}–C_{16}) , მდგომარეობით და

ორმაგი კავშირებით, აგრეთვე ორმაგი კავშირების კონფიგურაციით (Z-ან E-იზომერია). ბოლო ხანებში აღმოჩენილ იქნა ფერომონთა ჯგუფი, რომელთა მოლეკულაში მონაწილეობს ერთი ან რამდენიმე ქილარული ცენტრი. არსებობს ფერომონები, რომლებიც აზოტს შეიცავენ. ფერომონთა ქილარული კავშირის ბიოსინთეზი მიმდინარეობს ზოგადად ლიპიდური გზით. ფერომონის მოლეკულური მასა არის 100-300. ფერომონთა ქიმიურ სტრუქტურაზე ინფორმაცია მოცემულია ნ. ალექსიძის (ალექსიძე, 1999) წიგნში.

პირველი სერიოზული დასაბუთება მწერებში ფერომონთა არსებობის შესახებ ეკუთვნის გამოჩენილ ფრანგ ენტომოლოგს ა. ფაბრს (1823-1915). მან აღმოაჩინა, რომ ღამის პეპლებში – Saturnia puri – მდედრი ინდივიდები გამოყოფენ სუნიან ნივთიერებას და საკმაოდ შორი მანძილიდან იზიდავენ მამრებს გასანაყოფიერებლად. გამოყოფილი ნივთიერება თუ მოხვდება ტოტზე ან საცობზე, ისინი ისევე იზიდავენ მამრებს, როგორც მდედრი პეპლები. ფაბრი იმასაც ამტკიცებდა, რომ მამრები მდედრის მიერ გამოყოფილ სუნს აღიქვამენ ულვაშებით-ანტენებით. ულვაშების მოკვეთის შემდეგ მამრები მდედრებს ვერ პოულობდნენ.

ფილოგენეზის ხანგრძლივ პროცესში მწერებს გამოუმუშავდათ სუნის აღქმის სრულყოფილი მექანიზმი. ანტენა-ულვაშების ბოლოებზე მწერებს მოთავსებული აქვთ სპეციალური ორგანოსენსილები. ისინი მოთავსებული არიან სხეულის სხვა ნაწილებშიც, მაგრამ ყველაზე დიდი რაოდენობით ულვაშებზე. სენსილიბილიზატორებში მრავალი უჯრედია, რომლებიც სპეციფიკურად რეაგირებენ ამა თუ იმ ქიმიურ ნაერთზე და ცვლიან სხეულის ორიენტაციას. უჯრედები დაკავშირებულია ნერვულ ბოჭკოებთან. აღსანიშნავია, რომ მწერებს სუნის აღქმა უფრო ძლიერად აქვთ განვითარებული, ვიდრე გემოსი. ჰემორეცეფციის მექანიზმი ბოლომდე გაშიფრული არ არის, მაგრამ ის კი ცნობილია, რომ ქიმიური ნაერთის სიგნალი სენსილებში ტრანსფორმირდება ელექტრულ ნერვულ იმპულსად და ხვდება თავის ტვინში, რის შემდეგ მწერი ასრულებს საპასუხო ქცევას.

თეორიული გამოთვლების შემდეგ ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ საკმარისია ფერომონის ერთი მოლეკულა მოხვდეს მწერის რეცეპტორულ აპარატზე, რომ იგი ასრულებს სიგნალის როლს. თუ ფერომონში დასველებულ შუშის წკირს მოვათავსებთ მამრი აბრეშუმხვევიას ულვაშიდან ერთი სანტიმეტრის დაშორე-

ბით, მინიმალური კონცენტრაცია, რომელმაც გამოიწვია საპასუხო რეაქცია, ექსპერიმენტული ცხოველების 50%-ში იქნება 10^{-12} მკგ/მლ (დაახლოებით ბომბიკოლის 2500 მოლეკულა 1 მლ). ამავე მწერების წინ რამოდენიმე წამის განმავლობაში თუ გავატარებთ 60 სმ/წმ სიჩქარით ჰაერს, რომლის 1 მლ იქნება ფერომონის 10000 მოლეკულა, ცხოველი მას აღიქვამს. მწერებიდან ყველაზე მგრძნობიარენი ფერომონებისადმი ტარაკანებია, ისინი რეაგირებენ ისეთ დაბალ კონცენტრაციაზე, როგორიცაა 10^{-14} მკგ/მლ, ე.ი. ფერომონის 25 მოლეკულა 1 მლ.

ფერომონის სეკრეცია ხდება სხვადასხვა ტიპის უჯრედებში ან სპეციალიზებულ ჯირკვლებში. გამოყოფის აქტივობა დამოკიდებულია მდედრის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე. ახალშობილი მწერები ფერომონებს არ გამოყოფენ. ფერომონების გამოყოფა იწყება მომწიფების შემდეგ. განაყოფიერების პერიოდისათვის მდედრი მწერის მუცლიდან გამოდის ჯირკვალი, რომელიც განაყოფიერების შემდეგ უბრუნდება საწყის მდგომარეობას. ფერომონთა გამოყოფის აქტივობა დამოკიდებულია ცირკადიულ რიტმზე და ატმოსფერულ მდგომარეობაზე. სასქესო ფერომონთა გამოყოფის დინამიკისა და რაოდენობის დადგენა ხდება შემდეგნაირად: ანტენებში ან ტვინში ნერგავენ მიკროელექტროდებს და არეგისტრირებენ ნერვულ აქტივობას.

ფერომონები დაყოფილია ორ ფუნქციონალურ ჯგუფად: რელიზერებად და პრაიმერებად. ფერომენ-რელიზერები მოქმედებს რეციპიენტ ცხოველთა ნერვულ სისტემაზე და იწვევს სწრაფ ქცევით აქტივობას. მწერებში ისინი წარმოადგენენ ატრაკტანებს (პარტნიორების მიმზიდველს სქესობრივი აქტისათვის) და იწვევენ ცვლილებებს მოძრაობით ორიენტაციაში. ატყობინებენ მომავალ საფრთხეს. მათი მოქმედებით ხდება გარკვეულ ტერიტორიაზე პოპულაციის ინდივიდთა თავმოყრა, პოპულაციის სიმჭიდროვის გაზრდის შემთხვევაში ინდივიდების გადანაწილება. ფერომონი-პრაიმერები რეციპიენტ მწერებში იწვევს ხელ რეაქციებს რელიზერებთან შედარებით. მოქმედებს ენდოკრინულ და რეპროდუქციულ სისტემაზე, იწვევს ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ცვლილებას. აკავებენ ან აგზნებს სათანადო რეაქციებს. მაგალითად, მამრი გადამფრენი კალია გამოყოფს ფერომონს, რომელიც აძლიერებს ახალშობილთა ზრდას და იწვევს მათ სინქრონულ მომწიფებას, აყალიბებს ჯგუფებს გადაფრენისათვის. ფერომონები ახორციელებენ შემდეგ ფუნქციებს:

1. სასქესო ფერომონები დიდი რაოდენობითაა ბუნებაში, მათი დანიშნულებაა სექსუალური გააქტივება. ისინი სინთეზირდებიან როგორც მდედრ, ასევე მამრ ინდივიდებში. გარემოში სასქესო ფერომონებს, როგორც წესი, გამოყოფენ მდედრები. გამონაკლისს მწერებიდან წარმოადგენენ ხოჭოების ზოგიერთი სახეობები, რომელთა ორივე სქესის წარმომადგენლები ფერომონებს გამოყოფენ იმ მცენარეებზე, რომლებზეც ხდება განაყოფიერება.
2. ფერომონები, რომლებიც განაპირობებენ მწერთა დაგროვებას გარკვეულ ადგილას, რაც იწვევს საკვების კოლექტიურ მოპოვებას, დაწყვილებას ან გამოზამთრებას. საზოგადოებრივი მწერების დაგროვება ხდება დროებით, არარეგულარულად.
3. გამაფრთხილებელი და შეშფოთების გამომწვევი ფერომონები. ასეთი ფერომონების გავლენით გამოწვეული ქცევები მრავალფეროვანია: თავდაცვა, საფრთხიდან გაქცევა, ზოგადი აგზნება, მობილიზაცია, დაგროვება. ასეთი ფერომონების გამოყოფა კარგად არის განვითარებული საზოგადოებრივ მწერებში. აგრესიული მწერები შემაშფოთებელი ფერომონების გავლენით იკრიბებიან ერთად და ებრძვიან საერთო მტერს, უმეტეს შემთხვევაში სხვა სახეობის მწერს, რომელიც ხვდება მათ საბინადრო გარემოში და ცდილობენ მტერი გააგდონ კოლონიიდან. ხოლო მშვიდობიანი მწერები გარბიან ბუდიდან და თან მიაქვთ ჭუპრები.
4. ფერომონები, რომლებიც ხელს უწყობენ მწერთა სივრცით განსახლებას. იმ შემთხვევაში, როცა ერთ ადგილზე ხდება მწერთა დიდი რაოდენობით დაგროვება (სიმჭიდროვე იზრდება), ფერომონების გავლენით ხდება მწერთა სივრცითი გადანაწილება.
5. აგრესიულობის ფერომონები. ასეთი ფერომონები ჭიანჭველებში ხელს უწყობს სხვა ჭიანჭველების ბუდეზე თავდასხმას.
6. ფერომონები, რომელთა მეშვეობით მწერები ახდენენ იდენტიფიკაციას, დაწყვილებისათვის პოულობენ მათივე სახეობის პარტნიორებს.
7. ფერომონები, რომელთა მოქმედებით მწერები ინარჩუნებენ კასტურ ინდივიდუალობას. მდედრები გამოყოფენ ფერომონებს, რომლებიც აკავებენ სხვა კასტაში სათესლეების მომწიფებას.

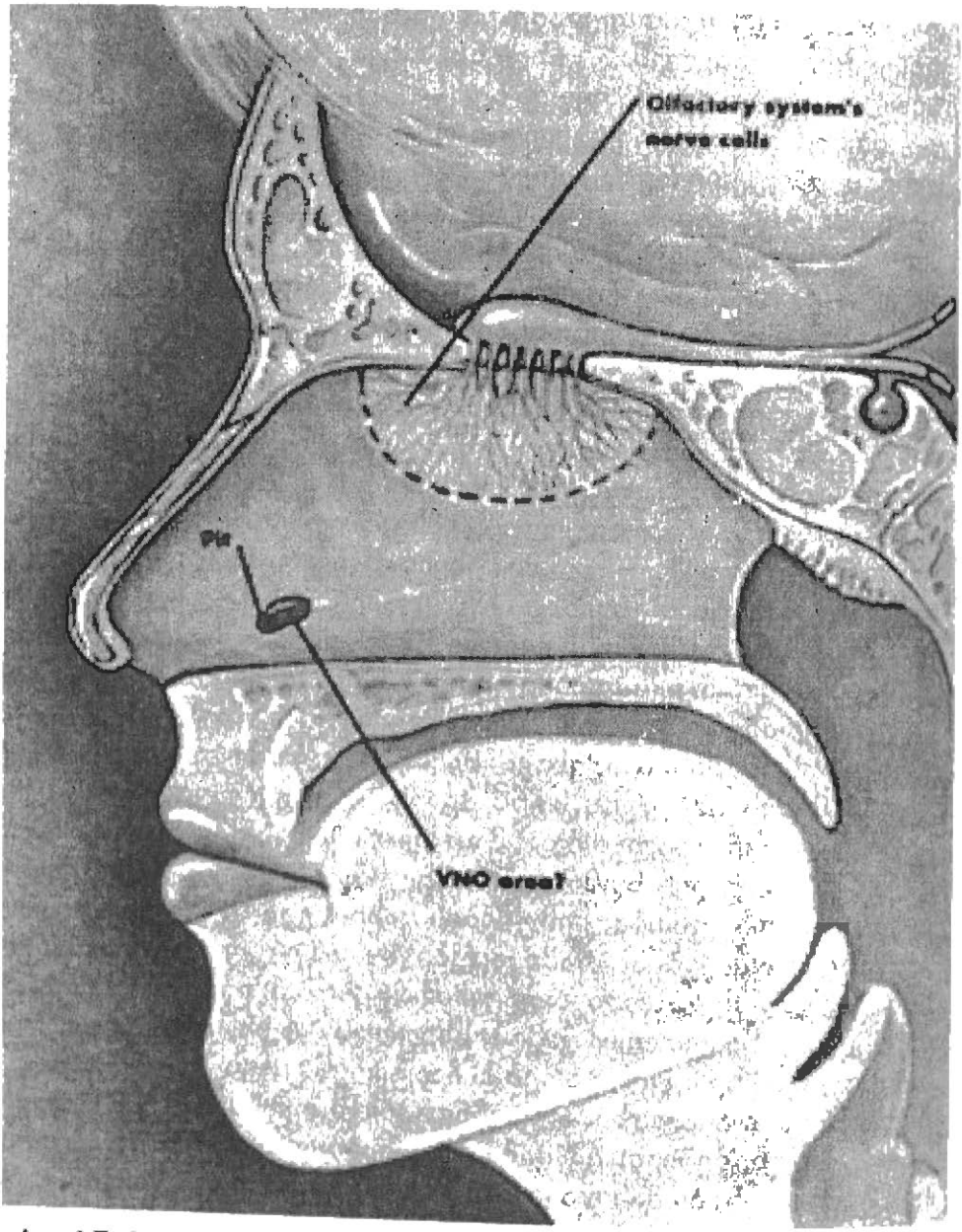
ფიქრობდნენ, რომ ფერომონებს გააჩნიათ სახეობრივი სპეციფიკურობა, რაც არ დადგინდა. სტატისტიკურად დადასტურ-

და, რომ ბევრ შემთხვევაში ერთი სახეობის მიერ გამოყოფილი ფერომონი გავლენას ახდენს სხვა სახეობის მწერის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე.

ძუძუმწოვარა ცხოველები ფერომონების დახმარებით პოულობენ პარტნიორებს. ირემი ათეული კილომეტრით დაშორებულ პარტნიორს სუნით არჩევს, ცხვარი შარდის სუნის მცირე ცვლილებით არკვევს, რამდენად არის მზად პარტნიორი სქესობრივი აქტისათვის. მდედრ მაიმუნს მამრის ფერომონის სუნზე ეუფლება ვნება. ფერომონების როლი კარგად არის შესწავლილი ტახებშიც.

ამ საკითხით დაინტერესებულმა ნეიროგენეტიკოსებმა გამოიკვლიეს ადამიანთა ათასობით შეყვარებული წყვილი და აღმოაჩინეს გენი, რომელიც ფერომონის მოლეკულის სინთეზს აკოდირებს. ადამიანები, ცხოველების მსგავსად, ყნოსვით ვირჩევთ პარტნიორს, ჰიპოთეზა – „ერთი ნახვით შეყვარება“ განპირობებულია ფერომონის სუნით (სურ. 5. 13.). ექსპერიმენტულად დამტკიცდა, რომ ადამიანი ფერომონს ქვეცნობიერად გამოყოფს.

საისტორიო ექსპერიმენტი ჩატარდა ჩიკაგოს უნივერსიტეტში. ექსპერიმენტის შედეგმა გამოავლინა, რომ ქალის დაპყრობის უფრო დიდი შანსი აქვს იმ მამაკაცს, რომლის სხეულის სუნი ქალის მამის სხეულის სუნს ჰგავს. გამოკვლევაში 49 გაუთხოვარი ქალი მონაწილეობდა. მათ შესთავაზეს შეეფასებინათ მამაკაცების სხეულის სუნი და რომელიმე მათგანისათვის მიენიჭებინათ უპირატესობა. ნიმუშების სახით გამოყენებული იყო მაისურები, რომლებსაც მამაკაცები ზედიზედ ორი დღე ატარებდნენ. ქალები ქვეცნობიერად უპირატესობას ანიჭებდნენ იმ სუნს, რომელიც საკუთარი მამის სხეულის სუნს აგონებდათ. მომდევნო ეტაპზე მკვლევარებმა ჩაატარეს ცდის პირთა გენოტიპის ბიოქიმიური ანალიზი. აღმოჩნდა, რომ თურმე ქალებს უპირატესობა მიუნიჭებიათ იმ მამაკაცებისათვის, რომელთა იმუნური სისტემის გენები მამისა და საკუთრივ მათი ზოგიერთი გენის ანალოგიური ყოფილა. ფერომონთა სინთეზის კოდირებაში მონაწილეობს იმუნური სისტემის გენების ჯგუფი. ვ. გუმილიოვამ ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით დაადგინა, რომ ადამიანის ცხვირის ღრუში არსებობს პატარა ღრმული, რომელიც აღიქვამს მხოლოდ სექსუალურ სურნელს. მამაკაცი გამოყოფს, ფერომონ ანდროსტერონს, რომელიც კანსა და თმაშია. ქალის ფერომონი კოპულინი ოფლთან ერთად გამოიყოფა.



სურ.5.13. *ფერომონების აღქმის შესაძლო მექანიზმი. ადამიანის ცხვრის ნესტოში (Pit) არსებული წყვილი ჩაღრმავება, რომელიც შესაძლოა წარმოადგენდეს ვომერონაზალური ორგანოს შესავალს. VNO – ცხოველებში არსებული, ადამიანში კი საეარაუდო ვომერონაზალური ორგანო, რომელიც მონაწილეობს ფერომონების რეცეფციაში. საყნოსავი სისტემის ნერვული უჯრედები (Olfactory system's nerve cells).*

ფერომონთა ნაკლებობამ შესაძლოა გამოიწვიოს სექსუალური სისუსტე. ჰომოსექსუალიზმისა და ტრანსსექსუალიზმის მიზეზად ფერომონები მიაჩნიათ. სექსოლოგების აზრით, კოპულინს უფრო მეტი რაოდენობით ქერა და წითური ქალები გამოყოფენ. ექსპერიმენტულად დამტკიცებულია, რომ ქალები უკეთესად იმახსოვრებენ პარტნიორის ფერომონის სუნს, ვიდრე მამაკაცები.

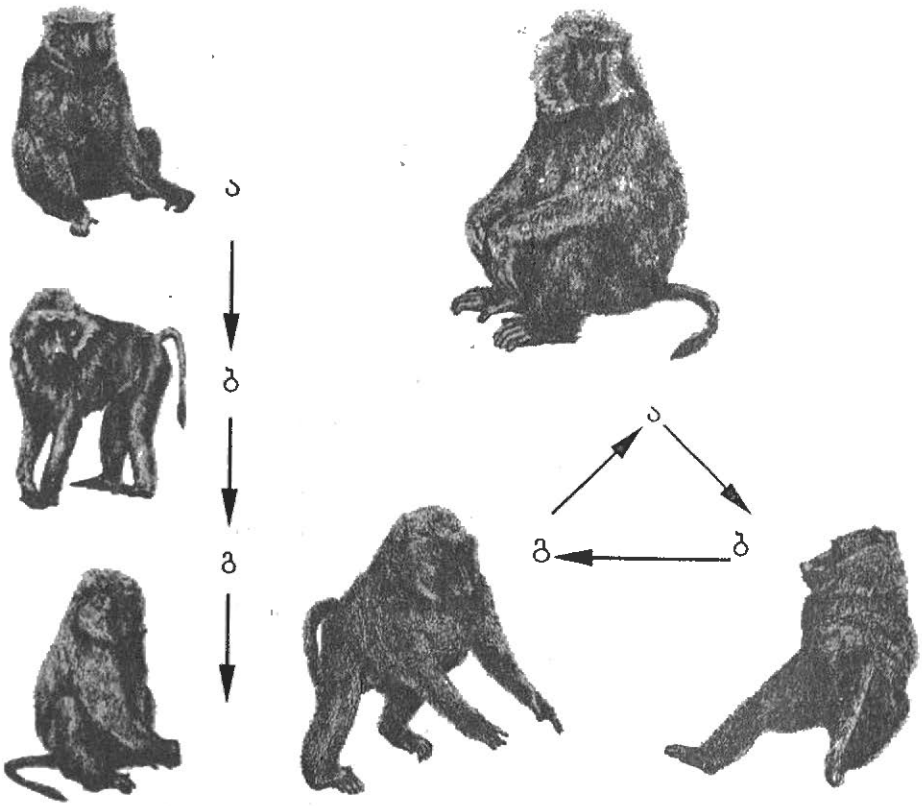
ცხოველთა იერარქიული სტრუქტურა

იერარქია ბერძნული სიტყვაა და ქართულად ნიშნავს თანამდებობათა, წოდებულებათა თანმიმდევრობას უმდაბლესიდან უმაღლესისაკენ დაქვემდებარების წესით. სხვანაირად, იერარქია კიბის საფეხურების მსგავსი განაწილებაა.

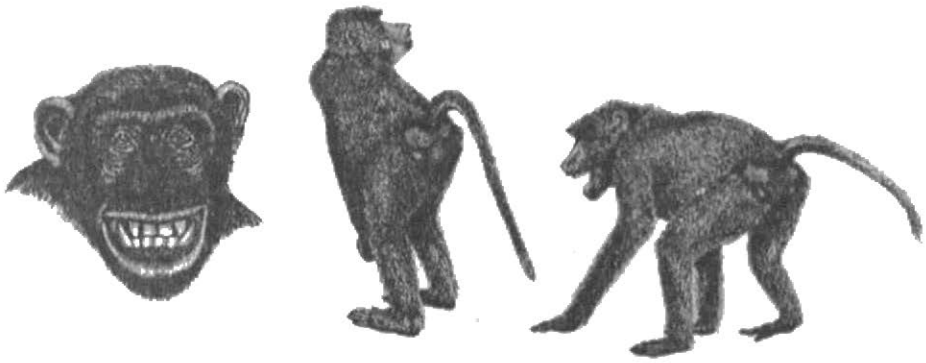
ტერიტორიული ქცევა ასახავს ორი ინდივიდის ან ორი ჯგუფის ცხოველების ურთიერთობას, ხოლო იერარქიული სტრუქტურა გამოხატავს ურთიერთობას ერთ ტერიტორიაზე მცხოვრებ ცხოველებში. იერარქიული სტრუქტურა ყალიბდება კომპლექსურად, დომინირებულ და დაქვემდებარებულ ინდივიდებს შორის. არსებობს იერარქიული სტრუქტურის სხვადასხვა ფორმა: პირველი – როდესაც ერთი დომინირებს ყველა დანარჩენ ცხოველზე, რომელთა შორის არავითარი რანგობრივი განსხვავება არ არსებობს. მეორე – იერარქია შეიძლება იყოს ხაზობრივი – ერთი დომინირებს ყველაზე, მომდევნო ემორჩილება დომინირებულს, მაგრამ თვითონ ბატონობს სხვებზე და ა.შ. შეიძლება იყოს უფრო რთული იერარქიული სტრუქტურა, რომელიც გამოხატულია სამკუთხედის ფორმით (სურ. 5.14). მოპოვებულ სოციალურ რანგს შენარჩუნება სჭირდება, რაც გამოსახულია სურათზე 5.15.

იერარქია პირველად დადგინდა შინაური ქათმის წიწილებს შორის, ხოლო შემდეგ შესწავლილ იქნა სხვა ცხოველებში. ყველა ქათამმა იცის, რომელ ქათამს ჩაუნისკარტოს და რომელი ჩაუნისკარტებს თავად მას. იერარქია სხვა სახეობებში ხშირად უფრო რთულია. მაგალითად, ბაბუინების მდედრები რიგში არიან ასაკის მიხედვით და აგრეთვე, თუ დომინანტური წყობა ჯგუფის წევრებს შორის არაა დამყარებული, მოსალოდნელია სერიოზული მუქარა და შემთხვევითი ჩხუბები. როდესაც თითოეული ინდივიდის სტატუსი გარკვეულია, ჯგუფის შიგნით ცხოვრება მშვიდობიანია. ამავე დროს ხშირად შესაძლებელია გაირკვეს თითოეული ინდივიდის დომინანტობის ხარისხი მისი პოზის

ჩვენებით. სუბორდინაციით დაქვემდებარება გამოიხატება თავის დახრით, კუდისა და ყურების ალერსით (სურ. 5.16).

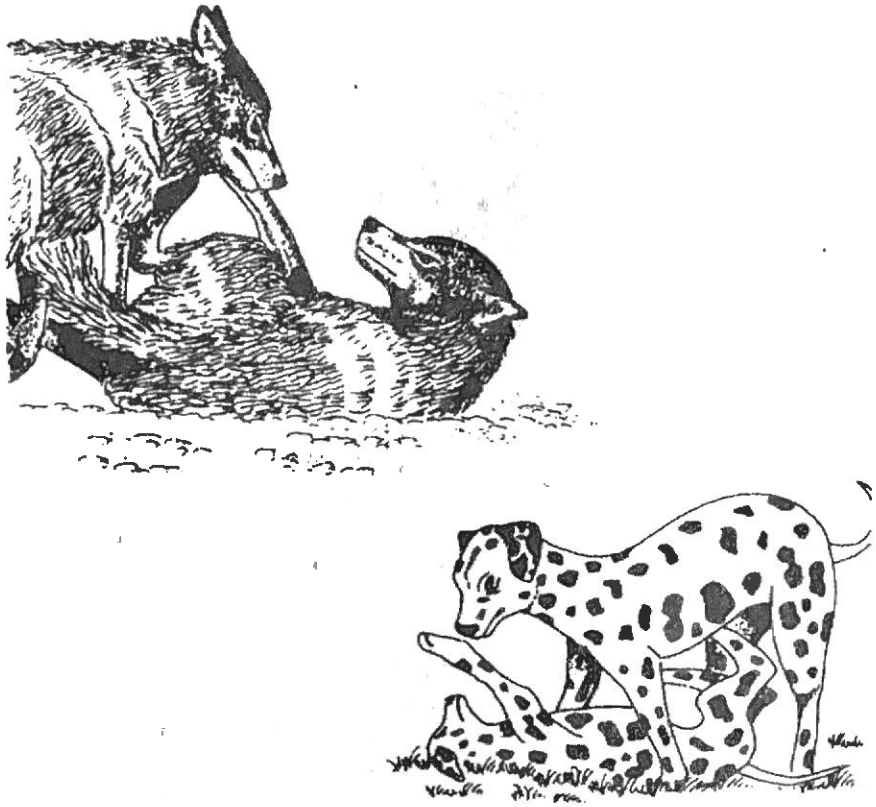


სურ.5.14. *შემთხვევითობის ელემენტი იერარქიაში ტ. ჰელიდეის (Hallidey, 1994) მიხედვით. მკაცრი ხაზოვანი დომინანტური იერარქია, სადაც ბაბუინები დაჯგუფებული არიან ა-ინდივიდიდან გ-ინდივიდამდე, შედარებით იშვიათია. შესაძლოა ეს ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთი, უფრო დიდი და ძლიერი ინდივიდი ხდება დომინანტი. ეს შაბლონი მეორდება ჯგუფის სხვა ინდივიდთა წყვილებისთვისაც. დომინანტობის წესი შემდგომ შეიძლება შეიცვალოს და სამკუთხედის ფორმა მიიღოს. გ-ინდივიდმა შეიძლება გაიმარჯვოს ა-სთან შერკინებისას, მიუხედავად იმისა, რომ ა-ზე პატარაა. ბ თავის მხრივ ზომით ა-სა და გ-ს შორისაა, მაგრამ ა-ს მიერ მარცხდება, თვითონ კი ამარცხებს გ-ს, რაც სავსებით მოსალოდნელია.*



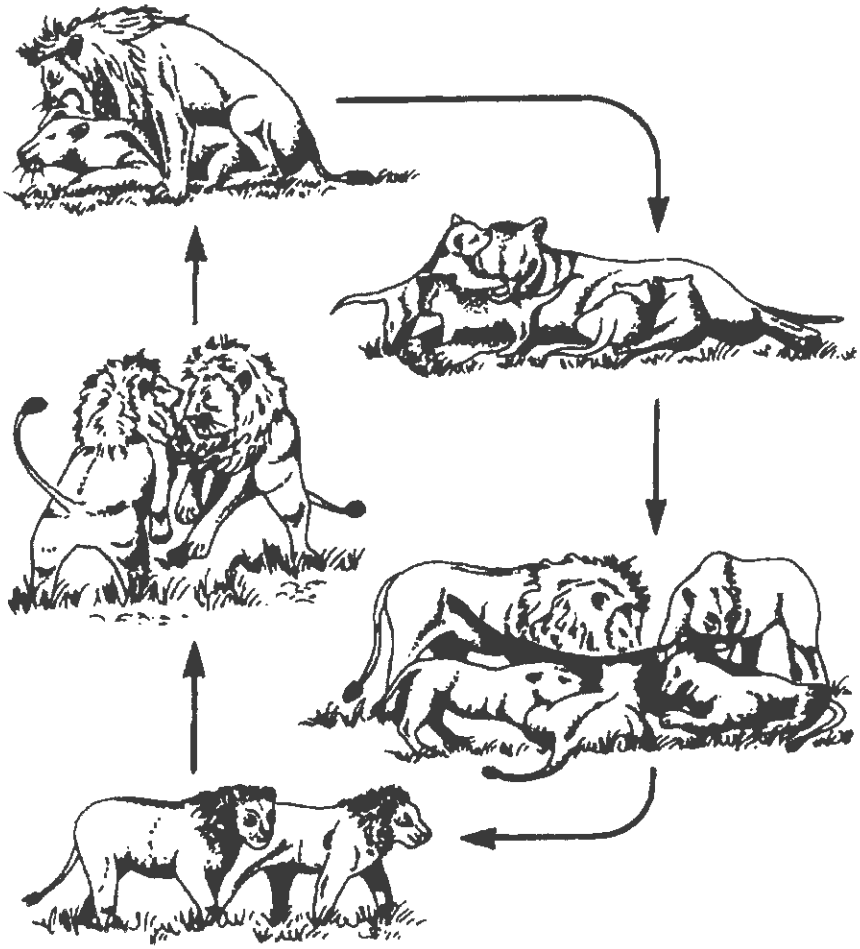
სურ.5.15. დომინანტური რანგის შენარჩუნება ტ.ჰელიდეის *(Halliday, 1994)* მიხედვით. კავშირების შენარჩუნებას ხელს უწყობს აგრესიის დემონსტრირება, რომელიც მიმართულია დომინანტიდან დაქვემდებარებულისაკენ და წარმოადგენს ჩამოყალიბებული ურთიერთდამოკიდებულების „შეხსენებას". ამისათვის დომინანტები დაკრეჭენ სახეს. ასეთი აგრესიის გამოვლინებას იშვითად მოჰყვება შეტაკება. უმთავრესად დაქვემდებარებული ინდივიდები განერიდებიან დომინანტებს, მაგრამ თუკი შეტაკებას მაინც ექნება ადგილი, დაქვემდებარებული ინდივიდები სწრაფად ავლენენ დამშვიდების, დაწყნარების ქცევას, რითაც აღიარებენ სხვა ინდივიდთა დომინირებას. მაიმუნებში, დაქვემდებარებული როგორც მდედრი, ისე მამრი დაქვემდებარებას გამოხატავენ თავიანთი უკანალის მობრუნებით დომინანტისაკენ, ზუსტად ისევე, როგორც იქცევიან მდედრები, რომლებიც მამრთან შეჯვარებისათვის ემზადებიან. ხშირად დომინანტი და დაქვემდებარებული განსხვავდებიან არა მხოლოდ ქცევით, არამედ პოზით, შებუმბვლისა და შეფერილობის ხასიათით, რაც ხშირად კორელირებს დომინანტობის რანგთან.

იერარქია ყალიბდება აგრესიული რეაქციის საფუძველზე, რომელიც ხშირ შემთხვევაში ბრძოლით მთავრდება. იერარქიული სტრუქტურის ჩამოყალიბების შემდეგ ცხოველები შედარებით წყნარდებიან, აგრძელებენ მშვიდ ცხოვრებას, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში ზოგიერთ შეტაკებებს საკვების გამო. იერარქიული რანგი შეიძლება შეიცვალოს. ეს პროცესი უფრო უმტკივნეულოდ მიმდინარეობს საწყის პერიოდში. მას შემდეგ, რაც იერარქიული სტრუქტურა მტკიცედ ჩამოყალიბდება, რანგის შეცვლა დიდ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული და მისთვის ბრძოლა შეიძლება სიკვდილითაც დამთავრდეს.



სურ.5.16. *რიტუალური დაქვემდებარება მსგავსია მგლებში და მათგან წარმოშობილ შინაურ ძაღლებში, რომლებიც ამგვარი ქცევით ახერხებენ სიცოცხლისათვის საშიში უაზრო ბრძოლების თავიდან აცილებას. ბუიკანის (Buican, 1995) მიხედვით.*

ეთოლოგების მიერ საინტერესო ფაქტებია აღწერილი ლამურების, მაკაკების, პავიანების, გორილებისა და შიმპანზეების დომინანტი მამრი ცხოველების ქცევებიდან. როდესაც მამრები მოიპოვებენ დომინანტურ მდგომარეობას, ხშირად კლავენ ყოფილი დომინანტის შვილებს. განსაკუთრებული სისასტიკით გამოირჩევა დომინანტი მამრი ჰამადრილი. ის კლავს საკუთარ შვილს იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც შვილი მიიპყრობს სხვა ცხოველების გადამეტებულ ყურადღებას, რითაც იწვევს დესტაბილიზაციას სოციალურად ჩამოყალიბებულ ჯგუფში. მაიმუნების მსგავსად იქცევა ლომი. როდესაც ლომი დაეპატრონება „ჰარმხანას“, კლავს ყოფილი მეპატრონის შვილებს. ლომთა ქცევის მაგალითი გამოსახულია სურათზე 5.17.



სურ.5.17. *ლომების ცხოვრების სცენები დაწყვილებიდან პატარების მოვლამდე. შემდეგ ნადავლის გადანაწილება. მოზარდი დაქვემდებარებული მამრების გასვლა პრაიდიდან. ბრძოლა სხვა ჯოგის მამრთან მდედრის მოსაპოვებლად. ბუიკანის (Buican, 1995) მიხედვით.*

დაუდგენილია, თუ რა ფაქტორების მეშვეობით მოიპოვებს საშუალოს ინდივიდი დომინირებულ მდგომარეობას. ვარაუდობენ, რომ ასეთი ფაქტორი შეიძლება იყოს სქესი, ვინაიდან უმრავლეს შემთხვევაში მამრი ბატონობს მდედრზე ან ასაკი, უფრო ხშირ შემთხვევაში ხნიერი, დომინირებს ახალგაზრდაზე. ასაკის ფაქტორი გადამწყვეტია ჩლიქოსნებში, ფრინველებსა და თევზებში, ვინაიდან ამ ჯგუფის წარმომადგენლებში, სქესობრივად მომწიფებულ მამრებში გამარჯვებულია ყოველთვის ასაკით

უფროსი. შეიძლება მნიშვნელობა ჰქონდეს ინდივიდის სხეულის ზომას ან აგრესიულობის ხარისხს, დედობას, რაც შეიმჩნევა ზოგიერთ მაიმუნებში. დომინირების მოპოვებაში მკვლევარები არ გამორიცხავენ წარსულში ინდივიდის ისტორიის როლს, მის ბრძოლებში გამარჯვებას და დამარცხებას.

ცხოველთა იერარქიულ სტრუქტურაში დომინირებულ ინდივიდს საშუალება ეძლევა პირველი მივიდეს საკვებთან, ააშენოს ბუდე საუკეთესო ადგილას და ამოირჩიოს პარტნიორი გამრავლებისათვის. ბუნებრივია, ასეთი ცხოველები ნაკლებად ვარდებიან სტრესულ ვითარებაში და დაცული არიან ვეგეტონევროზებისაგან.

ზოგჯერ დომინირება არ მჟღავნდება აბსოლუტურად. ხაინდის (Хайнд, 1975) მიერ აღწერილია ისეთი შემთხვევები, როდესაც ერთ სიტუაციაში დომინირებული ცხოველი სხვა სიტუაციაში მოხვედრისას კარგავს გაბატონებულ მდგომარეობას.

საინტერესო დაკვირვება აქვს აღწერილი პაუელს იზოლირებულ პავიანებში. ჯგუფის იერარქიული სტრუქტურა ძალიან არ იცვლება. დაქვემდებარებული ცხოველები პირნათლად იცავენ ყველა პირობას, ხოლო დომინირებული ინდივიდები უშვებენ შეცდომებს სოციალურ ქცევებში, რის გამოც კარგავენ უმაღლეს რანგს და გადადიან დაქვემდებარებულ მდგომარეობაში.

ცხოველთა ჯგუფებში, გარდა დომინირებული და დაქვემდებარებული ინდივიდებისა, არსებობენ ლიდერებიც. ლიდერი ეწოდება იმ ინდივიდს, რომელსაც შეუძლია იმოქმედოს ჯგუფის წევრების გადაადგილებაზე ერთი ადგილიდან მეორეზე. ლიდერი საზღვრავს დროს, როდის უნდა მოხდეს გადაადგილება, რა მიმართულებით და როგორი სიჩქარით უნდა იმოძრაოს ჯგუფმა. ლიდერი შეიძლება არ იყოს დომინირებული ინდივიდი. ლიდერობა განპირობებულია ინდივიდის გამოცდილებით და არა ფიზიკური მონაცემებით. პრიმატების ბევრ წარმომადგენლებში ლიდერები მდედრი ინდივიდებია.

საინტერესო დაკვირვება აქვს აღწერილი რევაზ ჟორდანიას (Жордания, 1975) მცირე კავკასიონზე, ვარძიისა და ადიგენის რაიონებში, შოშიათა გუნდის ქცევაზე. ფრენისას ფრინველები მიჰყვებიან ლიდერს. გარკვეული დროის შემდეგ გუნდს წინ მიუძღვება დომინანტი, მას მოსდევს ორი ლიდერი, შემდეგ კი გუნდის სხვა დაქვემდებარებული წევრები. შეიძლება მოხდეს ლიდერთა მონაცვლეობაც.

გრუმინგი და გადანაცვლებული ქცევები

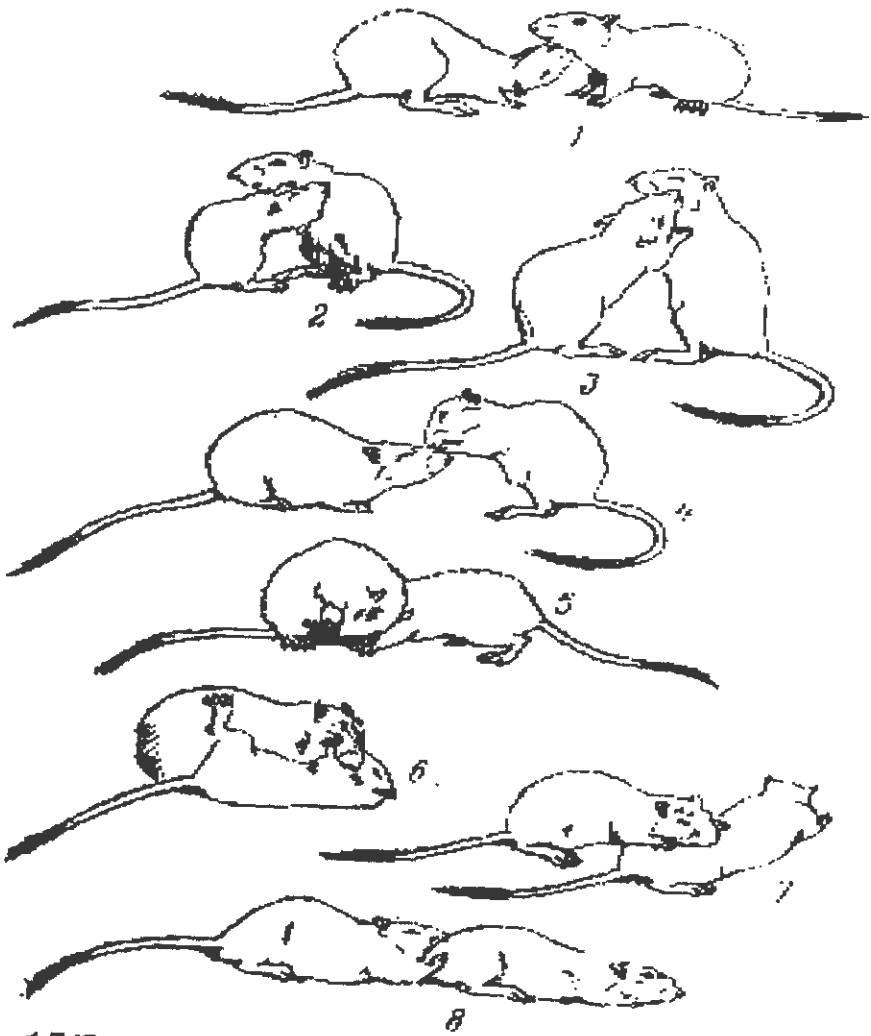
ცხოველთა სხეულის საფარველი მნიშვნელოვნად უზრუნველყოფს შეგუებულობას. ის ძირითადად ასრულებს დამცველობით და საიზოლაციო ფუნქციას. ცხოველებში სხეულის ზედაპირის ცვლილება, შენიღბვის, გარეგნობის გალამაზების ქცევითი რეპერტუარი, როგორიცაა: წმენდა, ფხანა, პარაზიტების მოშორება, რაც სხეულის ზედაპირისადმი მიმართებაში ხორციელდება, გრუმინგად იწოდება. ხშირ შემთხვევაში სხეულის ზედაპირის დასუფთავება ისეთ სიტუაციაში ვლინდება, რომელიც ცხოველის წმენდასთან არ არის დაკავშირებული. ამიტომაც თვლიან, რომ გრუმინგებს სრულიად განსხვავებული ფუნქციური დატვირთვაც შეიძლება გააჩნდეს. არჩევენ ორი სახის გრუმინგს – აუტოგრუმინგს, როდესაც ცხოველი მანიპულირებს საკუთარი სხეულის ზედაპირზე და ალოგრუმინგს, როდესაც ერთი ცხოველი მეორე ცხოველის საფარველს წმენდს ან ფხანს მას.

ალოგრუმინგების სახეები ნაჩვენებია სურათებზე (სურ. 5.18 და სურ. 5.19). მღრღნელების აუტოგრუმინგი წარმოდგენილია სურათზე 5.20.

სხეულის წმენდის ქცევის მეორე შესაძლო ფუნქცია ყურადღების შემცირება უნდა იყოს და ბოლოს, საკუთარი სხეულისადმი მიმართული წმენდითი ქცევა, რომელიც სპეციფიკური სიტუაციის დამახასიათებელი ნიშანია, ინდივიდის მოტივაციური მდგომარეობის პარტნიორისადმი შეთანადების ფაქტორად უნდა გვევლინებოდეს. ამიტომაც, აღნიშნული ქცევა სოციალურ ურთიერთობათა რეგულაციის როლსაც ასრულებს. პრიმატებზე ჩატარებული უახლესი გამოკვლევები ცხადყოფენ ასეთი ქცევის სოციალურ ფუნქციას და საფუძველს უქმნიან შესაბამისი ეთოლოგიური ფაქტორების ახსნას.

გრუმინგების მორფოფიზიოლოგია ფეხსახსრიანების სახეობის სპეციფიკური და ტაქსონომიური იდენტიფიკაციის საშუალებას იძლევა. გრუმინგების ფუნქცია მწერებშიც არ შემოიფარგლება სხეულის გასუფთავებით. გამოვლენილია კორელაცია საცეცების გრუმინგებსა და საკვებში შაქრის კონცენტრაციას შორის, რაც სოციალური სიგნალის ფუნქციას უნდა ასრულებდეს. ალოგრუმინგებს ტერმიტებში არშიყობის როლი აკისრია და მათი ხანგრძლივობა ფეხსახსრიანების ინდივიდუალურობით განისაზღვრება. ფრინველები, განსაკუთრებით წყლის სახეობები, გრუმინგებს საკმაოდ დიდ დროს უთმობენ, რაც მათი საარსებო

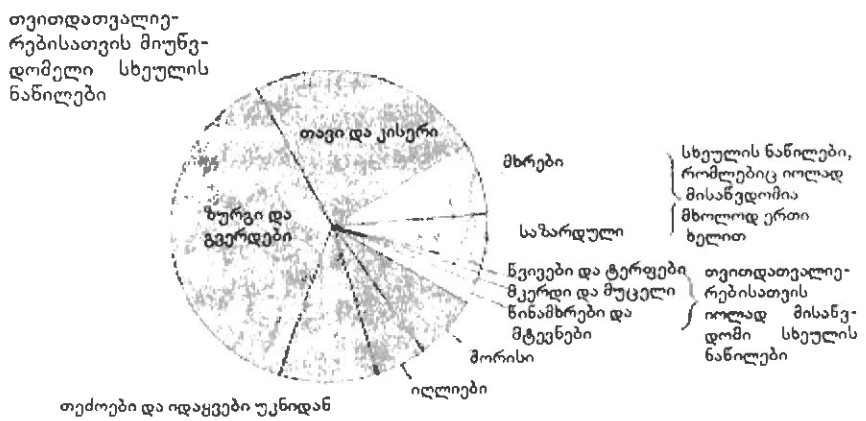
გარემოთი არის განპირობებული. გარდა ამისა, სხეულის დასუფთავება ფრინველებში შეიძლება გადანაცვლებულ აქტივობად, ევოლუციურად ჩამოყალიბებული კომუნიკაციური ფუნქციის მქონე ქცევად მოგვევლინოს. რაც შეეხება ძუძუმწოვრებს, ისინი სხეულის დასუფთავების საკმაოდ მრავალფეროვან ქცევებს ავლენენ, რომლებიც წმენდის გარდა თერმორეგულაციის, ქემოკომუნიკაციის ფუნქციასაც ასრულებს.



სურ.5.18. *დიდ მექვიშიათა (Rhombmys opimus Licht) სხვადასხვა ხასიათის ალოგრუმინგები, რომელებიც ამყარებენ და აძლიერებენ სოციალურ კავშირებს. მ. გოლცმანის (Гольцман и др. 1977) და სხვათა მიხედვით. 1-4 დაქვემდებარებული ცხოველი ასუფთავებს დომინანტს. 5. დომინანტი წმენდს დაქვემდებარებულს. 6. იძულებითი წმენდა. 7-8 აგრესიული წმენდა.*

გრუმინგი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ზოგჯერ ისეთ სიტუაციაში აღმოცენდება, რომელიც ბეწვის წმენდასთან არ არის დაკავშირებული და ხშირად მას გადანაცვლებულ აქტივობად მიიჩნევენ. რამოდენიმე სიტყვით შევეხოთ გადანაცვლებულ აქტივობასაც, რომლის აღმოცენებისთვისაც როუელის (Powell, 1961) აზრით 3 ძირითადი პირობაა აუცილებელი:

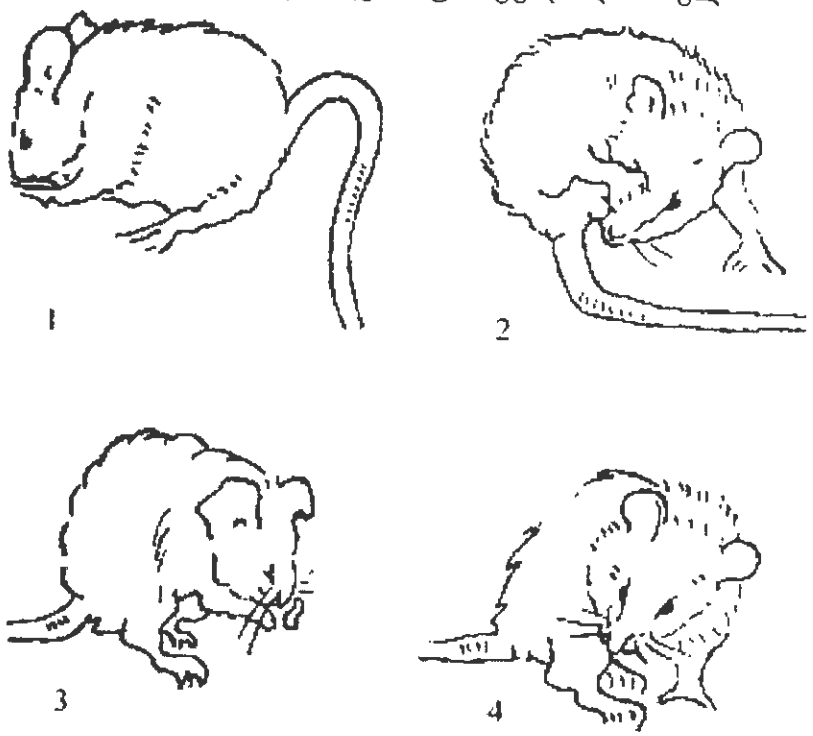
1. უნდა არსებობდეს წონასწორული მდგომარეობა ორ კონკურენტულ სპეციფიკურ მდგომარეობას შორის.
2. ასეთი წონასწორობა უნდა გრძელდებოდეს დიდხანს.
3. აუცილებელია ადექვატური გამღიზიანებლის არსებობა, რომელიც ნორმალურ, არაგადანაცვლებულ ქცევას იწვევს.





სურ. 5.19. *დათვალიერება – ეს სოციალური აქტივობის ერთ-ერთი სახეა, რომელიც, როგორც ჩანს, ასრულებს მნიშვნელოვან ჰიგიენურ ფუნქციას. შიმპანზეები ათვალიერებენ ერთმანეთს პასიური და აქტიური როლების შენაცვლებით. დათვალიერება მოიცავს გულდასმით ვიზუალურ დათვალიერებას და ბალნიდან რწყილების მოცილებას. როგორც სურათიდან ჩანს (სექტორებზე აღნიშნულია ციფრით 3), შიმპანზეს სხეულზე აქვს ნაწილები, რომლებიც თვითდათვალიერებისათვის იოლად მისაწვდომია, ნაწილობრივ შესამჩნევი და ერთი ხელით მისაწვდომი ნაწილები (აღნიშნულია ციფრით 2) და ნაწილები, რომელთაც მაიმუნი ვერ ხედავს (სექტორებზე აღნიშნულია ციფრით 1). ავტორის დაკვირვებით, ურთიერთდათვალიერებისას სწორედ ამ უკანასკნელებზე იხარჯება დიდი დრო. ზოგიერთი მკვლევარი ამტკიცებს, რომ შიმპანზეები დათვალიერებას იყენებენ დაძაბულობის მოსახსნელად, კერძოდ, უფრო მაღალი იერარქიული რანგის პარტნიორის დასამშვიდებლად. მაგრამ ასეთ შემთხვევაში დათვალიერება სხეულის ნებისმიერ ნაწილს უნდა შეხებოდა, თვითდათვალიერებისათვის მიუწვდომელ ნაწილებზე კონცენტრირება კი მიუთითებს, რომ აღნიშნული საქმიანობის ძირითადი ფუნქცია პარაზიტების მოშორებაა, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ცხოველის ჯანმრთელობის შენარჩუნებაში.*

აქტივობის გადანაცვლება ხასიათდება აშკარა შეუსაბამობით ქცევასა და მის სარეალიზაციო სიტუაციას შორის. მარგარეტ ბასტოკის (Васток, 1953) აზრით, გადანაცვლებული აქტივობა შეიძლება აღმოცენდეს არა მარტო კონფლიქტურ სიტუაციაში, არამედ მაშინაც, როდესაც განსაზღვრული მიზეზები ხელს უშლის ცხოველის ნორმალური აქტივობის გამოვლინებას. მისი აზრით ნებისმიერი აქტივობის საწყის სტადიაში ტვინის შესაბამის ცენტრებში აღმოცენდება მოსალოდნელი სტიმულების ასლი, რომელიც თუ არ დადასტურდება, იწვევს ნერვული ენერგიის აკუმულირებას, რაც თავის მხრივ გადანაცვლებულ აქტივობას განაპირობებს. მაკ-ფარლენდის (Мак-Фарленд, 1988) აზრით, ყურადღება ქცევის შედეგებით რეგულირდება. ცხოველი დასწავლისას



სურ.5.20. *მღრღნელთა აუტოგრუმინგი. ა. ვალდმანის და ვ. პოშივალოვის (Вальдман, Пошивалов, 1984) მიხედვით. 1- წმენდა წინა თათებით. 2- წმენდა უკანა თათებით. 3- სახის წმენდა. 4-სხეულის წმენდა.*

გებულობს, თუ რა შედეგი შეიძლება მოჰყვეს არსებულ სიტუაციას და ვარაუდი ასლის სახით შედარდება ქცევის შედეგს. სტაბილურ გარემოში მოლოდინი მართლდება, მაგრამ თუკი გარკვე-

ული მიზეზების გამო მოხდა ქცევის ცვლილება, ცხოველს მოცემულ მომენტში ქცევის მარეგულირებელი სტიმულებიდან ყურადღება გადააქვს სხვა ფაქტორებზე. ქცევის ცვლილებების მიზეზი შეიძლება იყოს როგორც ფიზიკური წინააღმდეგობა მისი რეალიზაციის გზაზე, ისე კონფლიქტი სხვა მოტივაციურ სისტემასთან, ანდა მოლოდინის გაუმართლებლობა. ყველა აღნიშნული სიტუაცია გადანაცვლებულ აქტივობას იწვევს, რაც, მართალია ტიპიურ ქცევას წარმოადგენს, მაგრამ ყოველთვის ხანმოკლეა.

პირველად გადანაცვლებული აქტივობის ცნება შემოტანილ იქნა ედვარდ არმსტრონგის (Armstrong, 1947), ნიკო ტინბერგენისა და იან ვან იერსელის (Tinberger, Jarsel, 1947) მიერ. ტინბერგენი აღნიშნავს, რომ გადანაცვლებული აქტივობა გარეგნული გამოხატულებით ცხოველთა სახეობის სპეციფიკურ ქცევას გვაგონებს, მაგრამ აბსოლუტურად შეუსაბამოა მოსალოდნელ კონტექსტთან. კორტლანდისა (Kortland, 1940) და ტინბერგენის (Tinbergen, 1940) აზრით გადანაცვლებული აქტივობა ალოქტონურ ქცევას წარმოადგენს, რომელიც სხვა ქცევისათვის განკუთვნილ ენერგიას იყენებს. აღნიშნულ კონცეფციას ეწოდება „გადაალების“ (sparking-over) თეორია. ტინბერგენმა შეამჩნია, რომ გადანაცვლებული ქცევა ვლინდება მაშინ, როცა სახეზეა გადაჭარბებული მოტივაცია, რომლის ნორმალური გზით დაკმაყოფილების შესაძლებლობა ბლოკირებულია. ასეთ მაბლოკირებელ ფაქტორად ტინბერგენი ორ მაქსიმალურად გააქტივებულ მოტივაციათა შორის კონფლიქტს თვლიდა. საინტერესოა, რომ გადანაცვლებული აქტივობა ხშირად ვლინდება ისეთ სიტუაციაში, როცა თავდაცვითი რეაქციებისა და განრიდების ქცევათა სპეციფიკური ენერგიები თანადროულადაა გააქტივებული. ასეთ დროს გადანაცვლებული აქტივობა წარმოადგენს ე.წ. გამოსავალს ორ ენერგიას შორის, რადგანაც ისინი ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ვერ განიმუხტებიან მათი შესაბამისი მოტორული კომპლექსების ანტაგონისტურობის გამო. ტინბერგენის თეორია იმის შესახებ, რომ გადანაცვლებული აქტივობა ნერვული ენერგიის გასაცემად მიმართული ქცევაა, ალბათ უფრო ინტუიციურია. ვან იერსელისა და ბოლის აზრით წონასწორობა ორ კონფლიქტურ სპეციფიკურ ენერგიას შორის აქვეითებს მათ შემაკავებელ ზემოქმედებას მესამე ენერგეტიკულ კერაზე. ეს თეორია ცნობილია დეზინჰიბირების თეორიის სახელწოდებით (Sevenster. 1961) და ზემოთ აღნიშნული კლასიკური თეორიისაგან განსხვა-

ვებით (სურ. 5.20.) გადანაცვლებული აქტივობის გამოვლენისათვის მოტივაციის არსებობას აუცილებლად მიიჩნევს. როუელი (Powell, 1961) და სევენსტერი (Sevenster, 1961) გადანაცვლებულ აქტივობას ავტოქტონურ და არა ალოქტონურ ქცევად თვლიან.

გრუმინგები, როგორც გადანაცვლებული აქტივობის ერთერთი ფორმა, აღწერილია მწერებში, ფრინველებსა და ძუძუმწოვრებში. როგორც აღვნიშნეთ, რიგ ავტორთა მოსაზრების შესაბამისად, გადანაცვლებული გრუმინგები არ შეიძლება წარმოადგენდეს მხოლოდ მოჭარბებული აკუმულირებული ენერგიის გამოსავალ ქცევას, რადგანაც მათი აღმოცენება სრულიად განსაზღვრული მიზეზებით ხდება და შესაბამისი ფაქტორებით კონტროლირდება.

გადანაცვლებული გრუმინგების ზედაპირული და დაუსრულებელი ხასიათი ცხოველთა გაურკვევლობისა თუ მოტივაციური გაორების გამოხატულებას წარმოადგენს. ლაურელმა და კოჰენმა (Lawler, Cohen, 1988) აღწერეს გრუმინგები, როგორც ოპერანტული განპირობების დამატებითი ქცევა და ივარაუდეს, რომ ისინი განმტკიცების გეგმის შეწყვეტის გამო გამოწვეული სტრესის შემცირების ფუნქციას ასრულებენ.

აუტოგრუმინგები აღინიშნება ექსპერიმენტის მსვლელობისას ახალი გამაღიზიანებლის ზემოქმედებისას (Miller, 1936; Carli, 1965; Jolles, 1972), მოლოდინის სტრესის დროს, (Stone, 1978), დიფერენცირების გამომუშავებისას, რთულ ექსტრაპოლაციურ ამოცანათა შესრულებისას (Семехина, Плескова, 1989). ვირთაგვებში აუტოგრუმინგები სხვადასხვა სიტუაციებში წარმოიშვება: სოციალური კონტაქტების დროს, სექსუალური ურთიერთობის შემდეგ (Meyerson, Hoglund, 1981), კვლევითი აქტივობის დასრულებისას (Hoglund, Meurson, 1982) და ხშირად წინ უსწრებს ძილს (Jolles, 1979). ლაბორატორიულ პირობებში ვირთაგვები სიფხიზლის პერიოდის 25-40% გრუმინგებს ანდომებენ. მათი ხვედრითი წილი საერთო ქცევებში მეტწილად ძილის წინა და შემდგომ პერიოდში იზრდება. გრუმინგების მსვლელობისას ვირთაგვების გრანულარული ქერქის ეეგ-ში აღირიცხება ნელტალღოვანი რხევები. სავარაუდოა, რომ გამოღვიძების პერიოდს თანხვედრილი გრუმინგები, მეტწილად სტრესული სიტუაციისადმი ჰაბიტუაციას ან მის დასრულებას ასახავენ, ვიდრე შიშის მომატებას. აუტოგრუმინგები უარყოფითი სტიმულების ზემოქმედებით გამოწვეულ ცვლილებათა საპასუხო რეაქციას წარმოა-

დგენენ და ე.წ. რელაქსაციურ ქცევად გვევლინებიან. ვარაუდობენ, რომ ანქსიოლიტიკური პრეპარატები ახალი სიტუაციის აღმოცენებით გამონეეული გრუმინგების შემცირებას იწვევენ ანქსიოგენური სტიმულრების აღქმის ინტენსივობის დაქვეითების გამო.

ექსტრაპოლაციურ ამოცანათა შესრულებისას აღმოცენებული გრუმინგები ყოველთვის წინ უსწრებენ რეაქციის შესრულებაზე უარს. ისინი სერიულად აღმოცენდებიან დიდი ლატენტური პერიოდითა და ხანგრძლივობით. ლატენტური პერიოდის გაზრდა გრუმინგებისა და გარინდების კონკურენციით უნდა იყოს განპირობებული (Doyle, Jole, 1956; Fentresse, 1973). უნდა აღინიშნოს, რომ გრუმინგების დროში დაგვიანებული აღმოცენება გარინდების რეაქციათა შემცირებისას უფრო მეტად მშიშარა ინდივიდებისათვის არის დამახასიათებელი. რიგ მკვლევართა აზრით (Fentresse, 1973;Cohen, Price, 1979; Gispen, Isaacson, 1981) გრუმინგები წარმოადგენენ საშუალო ძალის გამაღიზიანებელზე საპასუხო რეაქციას, რადგანაც გამაღიზიანებლის მოქმედების გაძლიერებისას გრუმინგები მცირდება და ისინი სხვა ქცევებით იცვლება.

არსებობს კავშირი ღია ველში გრუმინგების ინტენსივობასა და ექსტრაპოლაციურ ამოცანათა შესრულებას შორის. ხშირი უარი ამოცანათა შესრულებისას, „პარადოქსული" ქცევა დამახასიათებელი აღმოჩნდა იმ ვირთაგვებისათვის, რომლებიც ღია ველში ხანგრძლივი გრუმინგებით და მაღალი ვერტიკალურ-ჰორიზონტალური აქტივობით გამოირჩეოდნენ. როგორც ჩანს, მაღალემოციური ცხოველებისთვის მეტად არის დამახასიათებელი თვითრეგულაციური რეაქციები, რომლებიც ინტენსიური გრუმინგებით გამოიხატებიან და გადანაცვლებულ აქტივობას წარმოადგენენ, რაც ჭარბი ეხერგიის გამოთავისუფლებასა და ცენტრალური ნერვული სისტემის გადატვირთვისაგან დაცვას ემსახურება.

თეთრი ვირთაგვების ღია ველში ტესტირების, პასიური და აქტიური განრიდების ფორმირების ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზის საფუძველზე ნინო არჩვაძე (არჩვაძე, 1999) ასკვნის, რომ ხანმოკლე და ხანგრძლივი გრუმინგები განსხვავებულ ფუნქციას ასრულებენ. ხანმოკლე გრუმინგად ითვლება ისეთი გრუმინგები, რომელსაც ცხოველი 10 წამამდე ამთავრებს. ხანგრძლივად ითვლება ისეთი გრუმინგები, რომელსაც ცხოველი 10 წამზე მეტ დროს უთმობს. ხანმოკლე და ხშირი გრუმინგები შიშის ემოციური დაძაბულობის შემცირებისას ვლინდება, მაშინ

როცა ხანგრძლივი გრუმინგები ძლიერად გამოხატული შიშის ემოციურ მდგომარეობას უკავშირდება.

ვირთაგვების გრუმინგების ონტოგენეზის შესახებ არსებული მონაცემები (Лепехина, Воскресенский, 1991) ცხადყოფენ, რომ გრუმინგების პირისბანითი ელემენტები სიცოცხლის მე-4 დღეს ვლინდება, ფხანითი ელემენტები – მე-15 დღეს, დაბერტყვითი ელემენტები – მე-16 დღეს, ლოკვა – მე-12 დღეს, ხოლო ბეწვის კბენა – მე-16-17 დღეს. გრუმინგების ყველა ელემენტი ვირთაგვებში დაბადებიდან 16-17 დღეში ყალიბდება.

კაპიუშონიან ვირთაგვებზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა საცხოვრებელ გალიაში უცნობი მოზარდი ვირთაგვების ჩასმის შემდეგ გამოავლინა სქესზე დამოკიდებული განსხვავება აუტოგრუმინგებში. მოზრდილ მამრ ვირთაგვებს აღენიშნებოდათ უფრო ხშირი აუტოგრუმინგები. მდედრები გალიაში უფრო აქტიურად გადაადგილდებოდნენ.

ალოგრუმინგების სოციალური ფუნქციის შესახებ პირველი მონაცემები ვატსონს (Watson, 1908) ეკუთვნის. მისი აზრით, გრუმინგები სოციალური კავშირების განახლების, განმტკიცებისა და გაძლიერების ფუნქციას ასრულებს. არსებობს უდავო კავშირი გრუმინგების გამოვლინებასა და სოციალური იერარქიების ფორმირებას შორის მთელ რიგ სახეობებში, განსაკუთრებით პრიმატებში, ბაბუინებსა და ლანგურებში. ალოგრუმინგები აღმოცენდება სხვადასხვა სახეობის ინდივიდთა შორისაც. ძლიერი ინტენსივობის გრუმინგები აღირიცხება დედასა და ნაშიერს (Oki, Macda, 1983), მონათესავე ინდივიდებს შორის. მდედრი Bonnet-მაკაკები რეგულარულად ახდენენ როგორც მონათესავე, ისე არამონათესავე ინდივიდების გრუმირებას, მაშინ როცა Pigtail macaque ახდენენ მხოლოდ მონათესავე ჯგუფების მდედრების გრუმირებას. არამონათესავე ცხოველებს შორის გრუმინგები ინტერპრეტირებულია, როგორც რეციპროკული ალტრუიზმი. მიუხედავად იმისა, რომ ალოგრუმინგები ხშირად რეციპროკულია, რეციპროკულობა არასოდეს არ არის სრული. მაგალითად, პრიმატთა მრავალ სახეობაში მაღალი სოციალური რანგის ცხოველები მეტი რაოდენობით იღებენ გრუმინგებს, ვიდრე დაბალი იერარქიის ინდივიდები. გრუმინგების სიხშირისა და პარტნიორის არჩევის სტრატეგია განსხვავებულია მამრებსა და მდედრებში. მამრები გრუმინგებს ძირითადად პოტენციურ სექსუალურ პარტნიორთან ახორციელებენ, მაშინ როცა მდედრები ალოგრუმინგებს მსგავსი სტატუსის მდედრებთან სოცი-

ალური კავშირების განმტკიცებისათვის იყენებენ. პრიმატებში ზრდასრული მდედრები უფრო მეტ ალოგრუმინგს ავლენენ, ვიდრე მამრები და ჯგუფის ახალგაზრდა წევრები, თუმცა მამრი შიმპანზეები ისეთივე ხანგრძლივობით ახორციელებენ გრუმინგებს, როგორც მდედრები (Simpson, 1973). მდედრების გრუმინგი მამრების მხრიდან დამოკიდებულია ჰორმონალურ სტატუსზე. მამრები არამონათესავე მდედრებთან გრუმინგებს ძირითადად ფერტილურ, გამრავლების პერიოდში მიმართავენ. სექსუალური პარტნიორები უფრო ხშირად ახორციელებენ ალოგრუმინგებს. ასეთი სექსუალური დიფერენცირება პუბერტატული ანდროგენებით არის განპირობებული. ზრდასრული თაგვები, რომლებსაც ნეონატალურად ჩაუტარდათ წინა ტვინის ამპუტაცია, ნორმალური თაგვების მსგავსად ახორციელებენ წმენდის ქცევას (გრუმინგს). სამწვერა ნერვის გადაკვეთა არ იწვევს გრუმინგების ცვლილებას ნაცნობ გარემოში მოთავსებულ თაგვებში, რაც გრუმინგების მაკონტროლებელი ცენტრალური მექანიზმების არსებობაზე მიუთითებს. ჩანასახოვანი ტვინის ახალი ქერქის კეფის წილის პატარა ადგილის ამოკვეთა მღრღნელებში არ არღვევს სხეულის წმენდის ქცევის გამოვლინებას, მაგრამ არაადექვატურ სიტუაციებში გრუმინგები ვლინდება, მაგალითად, ლოკომოციისა და ცურვის დროს. გრუმირებისას ცხოველებს აღენიშნებათ კომპენსატორული მოძრაობების დარღვევა სხეულის მდებარეობის ცვლილების დროს, რაც ხელს უშლის ქცევის ეფექტურ განხორციელებას. გრუმინგები შესწავლილ იქნა გენეტიკურად უბეწვო ვისტარის ჯიშის ვირთაგვებში. ასეთ ცხოველებში გრუმინგებმა გადაინაცვლა არანორმალურ კვებით ქცევაში გრუმინგების ფუნქციური დატვირთვის შენარჩუნების გარეშე.

მღრღნელებში გამოვლენილია გრუმინგების ორი ძირითადი ფორმა: სტიმულდამოკიდებული გრუმინგები, რომლებიც სენსორული შესავლით კონტროლირდებიან (control of sensory input) და სტერეოტიპული გრუმინგები, რომლებიც მეტწილად ცენტრალურ კონტროლს ექვემდებარებიან. ასეთი დიფერენცირება მაკონტროლებელ სისტემათა მიხედვით შესაბამის ქცევათა განსხვავებულ ფუნქციურ როლს განაპირობებს.

სტიმულდამოკიდებული გრუმინგების ცვლილებები არ ვლინდება სტერეოტიპული ქცევების განხორციელებისას, რომლებიც სპეციფიური მდგომარეობის – ყოყმანის, გამოღვიძების ანდა სტრესული ზემოქმედების შემდეგ აღინიშნებიან. გრუმინ-

გების დეტალური ანალიზი ცხადყოფს, რომ გრუმინგების მოტივაციური საფუძველი და მათი აღმოცენების სიხშირე განსაზღვრავს გრუმინგების კონტროლის გზებს. განსხვავება გრუმინგების სტერეოტიპულ და სტიმულდამოკიდებულ ფორმებს შორის გამოვლენილია როგორც მღრღნელებში, ისე ფრინველებში. თუმცა ზოგიერთი მონაცემებით დგინდება, რომ გრუმინგების აღმოცენება და სტრუქტურა სრულიად დამოუკიდებელია რაიმე განსაკუთრებული სტიმულებისაგან.

გრუმინგების ინდუქცია არ არის დამოკიდებული ჰიპოთალამუს-ჰიპოფიზურ ადრენალინურ სისტემაზე. ჰიპოფიზრექტომირებული ცხოველები ინტაქტურთა მსგავსად ახორციელებენ გრუმინგებს ახალ, მათთვის უცხო გარემოში. გრუმინგები, რომლებიც გამოწვეული არიან ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონებით, წარმატებით ხორციელდებიან ჰიპოფიზრექტომირებულ, ადრენალინრექტომირებულ და გონადრექტომირებულ ცხოველებში. გრუმინგებს იწვევს სხვადასხვა სახის პეპტიდები: ვაზოპრესინი, ოქსიტოცინი, პროლაქტინი, სუბსტანცია P, სომატოსტატინი, ბომბეზინი. უნდა აღინიშნოს, რომ ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონებით გამოწვეული გრუმინგები უფრო ხანგრძლივია და თვისობრივად ნორმალურ პირობებში გამოწვეულ გრუმინგებს ეთანადება.

დეცერებრირებულ კატებში სპონტანური გრუმინგების აღმოცენება ცხადყოფს, რომ გრუმინგების ნეირონული სუბსტრატი ნერვული სისტემის დაბალ საფეხურზე უნდა იყოს მოთავსებული. თუმცა ასეთი ოპერაციის შემდეგ კატებისა და ვირთაგვების გრუმინგებში ვლინდება შესამჩნევი ცვლილებები – გრუმინგები ფრაგმენტულია და უფრო ღარიბი, იცვლება მათი სერიული ორგანიზაცია. სეპტალური კომპლექსის, წინა ჰოპოთალამუსის პრეოპტიკური უბნის, მამილარული სხეულების, ნუშისებრი სხეულის, უკანა დორსალური და ვენტრალური ჰიპოთალამუსის ელექტროლიტური დაზიანება გავლენას არ ახდენს ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონებით გამოწვეულ გრუმინგებზე. ჰიპოკამპის დიდი ნაწილის ასპირაცია იწვევს მოჭარბებული გრუმინგების ინჰიბირებას. ნაჩვენებია, რომ ჰიპოკამპის დაზიანება იწვევს სიახლით გამოწვეული გრუმინგების დათრგუნვას, მაგრამ გავლენას არ ახდენს წყალში მოხვედრილ ცხოველებში აღმოცენებულ გრუმინგებზე.

გრუმინგების შესწავლის მიზნით ფართოდ გამოიყენება თავის ტვინის ელექტრული სტიმულაცია. ფრინველებში გადა-

ნაცვლებული გრუმინგები გამოიწვევა n. accumbens-ის, მედიალური და ლატერალური ნეოსტრიატუმის, უკანა ჰიპოკამპური კომპლექსის, ვენტრალური ჰიპოთალამუსისა და ბაზალური ბირთვების ელექტროსტიმულაციით. გრუმინგები აღმოცენდება კატებისა და ვირთაგვების პალეოცერებრალური უბნების გაღიზიანებისას. თავის ტვინის სტრუქტურათა სტიმულაციისას გამოვლენილი გრუმინგების კომპლექსურობა და კოორდინირებულობა ცხადყოფს, რომ ქცევის სერიული ორგანიზაცია განპირობებულია გაღიზიანების გავრცელებით პირდაპირი და არაპირდაპირი გზებით დაკავშირებულ უბნებამდე. ბერნსტონის (Bernston et. al, 1988) ვარაუდით, სტიმულაციით გამოწვეული გრუმინგები შესაბამისი მოტორული მექანიზმების პირდაპირი გაღიზიანების შედეგი კი არ არის, არამედ განპირობებულია ქცევითი სისტემების სენსიტიზაციით სენსორულ გამღიზიანებელთა მიმართ, რომლებიც ნორმალურ მდგომარეობაში გრუმინგების მაკონტროლებელ მექანიზმებს ქმნიან.

ამრიგად, გრუმინგები შეიძლება აღმოცენდეს 3 ძირითად, ერთმანეთთან დაკავშირებულ კონტექსტში:

1. გრუმინგები – როგორც პირდაპირი რეაქცია პერიფერიულ სტიმულზე.
2. გრუმინგები – როგორც გადანაცვლებული აქტივობა მოტივაციური კონფლიქტისას.
3. გრუმინგები – როგორც გამოღვიძების, აქტივაციისა და სტრესის თანამდევი ქცევა. ასეთი გრუმინგები შეიძლება გამოვიწვიოთ ჰორმონების, ნეიროპეპტიდებისა და ოპიოიდების (ვაზოპრესინის, ოქსიტოცინის, პროლაქტინის, ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონების) ზემოქმედებით, რომლებიც ნორმალურ მდგომარეობაში სტრესორთა მოქმედებით გამოთავისუფლდებიან.

გრუმინგები წარმოადგენენ იმის ნათელ დადასტურებას, ევოლუციის პროცესში თუ როგორ შეიძლება შეიძინოს განსხვავებული დატვირთვა ჩამოყალიბებულმა ქცევამ. ორგანიზმში მიღებული ინფორმაცია არსებულ მდგომარეობასთან ჯერდება, რაც შესაბამისი მოტორული აქტივობის გამოვლინებას უზრუნველყოფს. გადარჩენის აუცილებელ პირობას ინტრო- და ექსტრორეცეპტორული ინფორმაციის ნაკადს შორის ბალანსი წარმოადგენს. „Dearousal" ჰიპოთეზის თანახმად გრუმინგები ასახ-