

ზაზა ბუთბაია

**ტვინი
და
მაგნეტიზმი**

თბილისი
2008

წიგნში პოპულარულ ფორმით არის გადმოცემული ტვინის ფიზიოლოგიასთან დაკავშირებული კვლევების ისტორია და თანამედროვე პრობლემები, ფსიქიკური დაავადებების ნეიროქირურგიული მეთოდებით მკურნალობის საკითხები. განხილულია გარე და შინაგანი ელექტრომაგნიტური ველების როლი ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციონირებაში და ელექტრომაგნიტური ბიოლოგიის ჰიგიენური, თერაპიული და დიაგნოსტიკური ასპექტები, გაანალიზებულია ცოცხალ ორგანიზმებს შორის ელექტრომაგნიტური ურთიერთობის მოვლენის ბუნება და არსი, ბუნებრივი და ხელოვნური ელექტრომაგნიტური ველების გამოყენების პერსპექტივები თავის ტვინის მოქმედების შესწავლის საქმეში. განხილულია ფსიქიკის ცნობიერი და არაცნობიერი შრეების ფიზიოლოგიური საფუძვლები. წიგნი განკუთვნილია მკითხველთა ფართო წრისათვის.

რედაქტორი: მერაბ ცაგარელი
ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: ა. ნაჭყებია, ი. სტროგანოვა
მხატვარი: ი. ქობალია

ISBN 978-9941-0-0477-3

© ზ. ბუთბაია, თბილისი, 2008

შესავალი

ეს წიგნი დაწერილ იქნა იმ სამეცნიერო თემების საფუძველზე, რომელიც ავტორმა დაამუშავა გასული საუკუნის 90-იან წლებში დამოუკიდებელ სამედიცინო ინსტიტუტ „ვიტა“-ში სწავლის პერიოდში და გაიტანა სტუდენტთა სამეცნიერო კონფერენციებზე. მოხსენება „თავის ტვინის ელექტრული გაღიზიანების მეთოდი“ მომზადდა ინსტიტუტ „ვიტას“ ფიზიოლოგიის კათედრაზე დოცენტ მ. ცაგარელის ხელმძღვანელობით და გატანილ იქნა 1996 წელს ჩატარებულ სტუდენტთა II სამეცნიერო კონფერენციაზე. მოხსენება: „თანამედროვე ფსიქოქირურგიის ძირითადი მიმართულებანი: ლობოტომია, ლეიკოტომია, სტერეოტაქსიკური ოპერაციის მეთოდები, ლიქვოროსორბცია“ მომზადდა ნეიროქირურგიის კათედრაზე დოცენტ გ. ჭაჭიას ხელმძღვანელობით და გატანილ იქნა სამედიცინო ინსტიტუტ „ვიტა“-ში 1997 წელს ჩატარებულ სტუდენტთა III სამეცნიერო კონფერენციაზე. 1999 წელს ჩატარებულ სტუდენტთა V სამეცნიერო კონფერენციაზე ავტორის მიერ მოხსენებულ იქნა ორი თემა: „დისტანტური ურთიერთქმედებები ბიოლოგიურ სისტემებში“, რომელიც მომზადებულ იქნა რადიობიოლოგიის ინსტიტუტში ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორ გ. ორმოცაძის ხელმძღვანელობით და „ნუკლეინურმჟავების ანომალური მაგნიტური თვისებები“ – მომზადდა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინის ს/კ ინსტიტუტის ეპრ სპექტროსკოპიის ჯგუფის ხელმძღვანელ ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორ თ. სანიკიძის კურატორობით.

თემა „არაცნობიერი ფსიქიკის“ შესახებ მომზადდა სამედიცინო ინსტიტუტ „ვიტა“-ს ფსიქიატრიის კათედრაზე და მოხსენიებულ იქნა 2000 წელს სტუდენტთა VI სამეცნიერო კონფერენციაზე, თემის ხელმძღვანელი დოც. ლ. მენთეშაშვილი.

ამ კონფერენციებზე სხდომებს მუდმივად ხელმძღვანელობდა პროფესორი არჩილ ასათიანი, რომელიც მაშინ დიდად დაეხმარა ავტორს თემების შერჩევასა და დამუშავებაში.

საკითხები, რომლებიც ამ წიგნშია განხილული, ნაკლებად იყო გაშუქებული ქართულ სამეცნიერო-პოპულარულ ლიტერატურაში. თუ წიგნი მკითხველს ალუძრავს ამ საკითხებისადმი ინტერესს, ავტორი თავის მოვალეობას მოხდილად ჩათვლის.

თავის ტვინის ელექტრული გაღიზიანების მეთოდი

§1. საკითხის ისტორია: ტვინში ელექტროდების ჩანერგვა

XIX საუკუნიდან დაწყებული მრავალმა მეცნიერმა გამოიკვლია თავდაპირველად ცხოველების, უფრო ახლო დროიდან კი ავადმყოფი ადამიანების ტვინი დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის მიზნით. ამ დროს კეთდებოდა თავის ქალას ტრეპანაცია, ანესთეზია. ნარკოზი ხსნიდა ტკივილებს, მაგრამ იმავდროულად თრგუნავდა ნერვული სისტემის რიგ მნიშვნელოვან ფუნქციებს. ემოციები, ცნობიერება და სპონტანური ქცევითი მოქმედება ღრმა ნარკოზის პირობებში ქრებოდა, ამიტომ მრავალი წელი სპეციალისტები სწავლობდნენ მძინარე პაციენტებს, ხოლო ფიზიკური ტვინის მოქმედება გამოუკვლეველი რჩებოდა. ტვინის ფიზიოლოგიის სახელმძღვანელოებში აღწერილია გამტარი გზები, სინაპსები, რეფლექსები, პოზები და მოძრაობები. ითვლებოდა, რომ ფსიქიკური ფუნქციის და ქცევის შესწავლა ფიზიოლოგიას არ ეხებოდა.

თვისობრივი ნახტომი მეთოდოლოგიაში, რომელმაც საშუალება მოგვცა ცხოველთა ტვინის შესწავლისა ნორმალური აქტივობის მდგომარეობაში, მოხდა XX საუკუნის 30-იან წლებში, როცა ვ. პესმა შეიმუშავა ნარკოზის ქვეშ მყოფი კატის ტვინში ძალიან წვრილი მაგთულის ელექტროდების ჩანერგვის მეთოდიკა. მას შემდეგ, რაც ნარკოზის მოქმედება მთავრდება, შესაძლებელია ამ ჯანმრთელი თავისუფლად მოსიარულე ცხოველების ტვინის გაღიზიანება. 50-იანი წლების დასაწყისში იმპლანტაციის ტექნიკა უფრო სრულყოფილი გახდა. შემცირდა ელექტროდების ზომა. გაიზარდა ელექტროდის ტვინთან კონტაქტების რიცხვი, გაუმჯობესდა ასეპტიკა ჩანერგვის დროს. მიკრომანიპულატორებისა და სრულყოფილი ანატომიური კოორდინატების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ზუსტად ჩანერგილიყო ელექტროდები სხვადასხვა საცდელი ცხოველის ტვინის წინასწარ არჩეულ უბნებში. ბიოლოგიურად ინერტული მასალების – ოქროს, პლატინის ან უფანგველი ფოლადის გამოყენება ტეფლონის იზოლაციით საშუალებას იძლევა დატოვებულ იქნას ელექტროდები ტვინში განუსაზღვრელი დროის განმავლობაში. მსოფლიოს მრავალ ლაბორატორიაში ჩატარებულ იქნა ათასობით ცხოველის ტვინის ელექტრული გაღიზიანება და უკვე დაგროვდა დიდი გამოცდილება, რომელმაც აჩვენა ამ მეთოდიკის ეფექტურობა, სიზუსტე და უსაფრთხოება. ამრიგად, სკეპტიკოსების წინასწარმეტყველება იმის შესა-

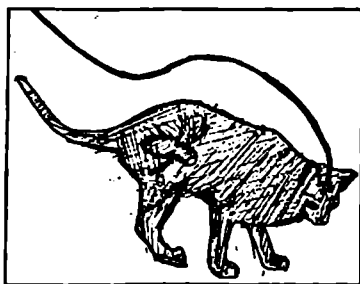
ხეზ, რომ მეტალის ტვინში შეყვანა იქნება ტექნიკურად ძნელი, საშიში მანიპულაცია საცდელი ცხოველისათვის და მკვეთრად დაარღვევს ტვინის ნორმალურ ფუნქციას, არ გამართლდა. ელექტროდები ჩანერგილ იქნა როგორც ჩვეულებრივი ლაბორატორიული ცხოველების – ვირთაგვების, კატების, ძაღლების, მაიმუნების ტვინში – ისე ნაკლები სისშირით შესწავლილი სახეობების – მამლების, დელფინების, ხარების ტვინში.

ორგანიზმის უმაღლესი მართვა ძირითადად თავმოყრილია თავის ტვინში და ელექტროდების ჩანერგვის მეთოდი გვაძლევს ორგანიზმის ფუნქციათა უმრავლესობის რეგულირების საშუალებას. ტვინი არის აგრეთვე ფსიქიკური ფუნქციების მატერიალური სუბსტრატი და ნეირონების შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ექსპერიმენტალურად გამოკვლეულ იქნას ცნობიერებისა და ტვინის ურთიერთკავშირის ზოგიერთი კლასიკური პრობლემა. ელექტროდების ჩანერგვამ დასვა ახალი შეკითხვები: შესაძლებელია თუ არა ცხოველებსა და ადამიანებში მოძრაობათა აქტივობის გამოწვევა ტვინის ელექტროსტიმულაციით? შეიძლება თუ არა ელექტრონიკის მეშვეობით ხელოვნურად ვმართოთ ემოციები, აზრები, მისწრაფებანი? შესაძლებელია თუ არა ზემოქმედება ადამიანის პიროვნებაზე და მისი ცნობიერების მართვა?

სამეცნიერო ლიტერატურაში თავმოყრილია მრავალი მონაცემი, რომელიც გვიჩვენებს საკვირველ ფეხტებს, რასაც ტეგ-ი (ტვინის ელექტრული გალიზიანება) იწვევს. მაგალითად, ტვინის ჰიპოთალამური უბნების ელექტრული გალიზიანებით შესაძლებელია გულის მუშაობის გაჩერება, მისი რიტმის აჩქარება და შენელება, ქერქისა და ქერქვეშა კვანძების გარკვეული უბნების გალიზიანებით სუნთქვის სისშირისა და აპლიტუდის შეცვლა, კუჭის პერიტალტიკისა და სეკრეტორული ფუნქციის ცვლილება, თვალის გუგის დიამეტრის რეგულირება. ტეგ-ით შეიძლება ზემოქმედება უმრავლეს ვეგეტატიურ ფუნქციებზე, აგრეთვე სენსორულ აღქმაზე, მოძრაობით აქტივობასა და ფსიქიკურ ფუნქციებზე.

მოძრაობითი რეაქციები: ის ფაქტი, რომ ტვინის ელექტრულ გალიზიანებას შეუძლია მარტივი მოძრაობების გამოწვევა, აღმოჩენილ იქნა ჯერ კიდევ XIX საუკუნეში. დღესდღეობით ცნობილია, რომ მოძრაობის ცენტრი ლოკალიზებულია ძირითადად თავის ტვინის ქერქის თხემის წილში. ამ უბნის ელექტრული გალიზიანება იწვევს მოძრაობას საპირისპირო მხარეს, მისი დაშლა-დამბლას. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ მოძრაობითი რეაქციები, რომელიც ქერქის ამ უბნის გალიზიანებით გამოიწვევა, პრიმიტიულია და რთული მიზანსწრაფული მოძრაობების ორგანიზებაში გადამწყვეტ როლს ტვინის სხვა ღრმა სტრუქტურები ასრულებს.

კატის თავის ტვინის მარჯვენა ნახევარსფეროს ქერქის მოტორული ზონის გალიზიანება იწვევს მარცხენა უკანა თათის მოხრას, რომლის ამპლიტუდა დენის ძალის პროპორციულია.

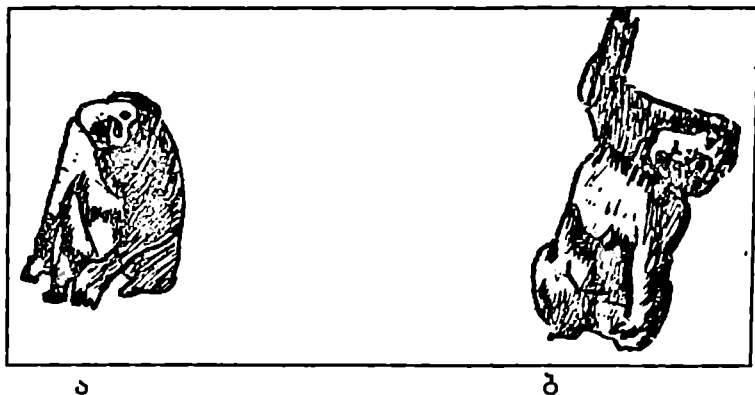


სურ. 1

ტვინის სხვადასხვა უბნების გალიზიანებით შესაძლებელია გამონეულ იქნას სხვადასხვა მარტივი მოძრაობა: ცხოველი შუბლს იჭმუხნის, ახელს და ხუჭავს თვალებს, აღებს და ხურავს პირს, ენას ამოძრავებს, ასრულებს ლეჭვით მოძრაობებს და სხვადასხვა გრიმასებს ლებულობს, ხრის და შლის ტანს, ამოძრავებს კიდურებს, თათებს. რაც შეეხება რთულ მოძრაობებს, ისინი შედგება სხვადასხვა მოძრაობების თანმიმდევრული ჯაჭვისაგან, რომლებიც კარგად არიან კოორდინირებული დროსა და სივრცეში.

ესპანელი ნეიროფიზიოლოგის ხ. დელგადის მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტში მაიმუნი იმყოფებოდა გალიაში სხვა მაიმუნებთან და საკვებს ლებულობდა. მას ტვინში ჩანერგილი ჰქონდა ელექტროდები, რომლებიც მანძილზე იმართებოდა რადიოთი. დაწყებულ იქნა მაიმუნის ტვინის მხედველობითი ბორცვის სტიმულაცია. ცხოველი ნელა ადგა, დაიწყო სიარული გალიაში ოთხ თათზე 1 მეტრ წმ-ში სიჩქარით. არ ეჯახებოდა გალიის კედლებს და სხვა ცხოველებს, მოძრაობდა ნორმალურად, შიშის, აფორიაქების ნიშნების გარეშე. 5-10 წამის შემდეგ ცხოველი მშვიდად დაჯდა და ჭამა განაგრძო. განმეორებითი გალიზიანებისას მაიმუნმა გააგრძელა სიარული გალიაში. ცდა განმეორდა 60-ჯერ ერთი საათის განმავლობაში.

კატებისა და მაიმუნების ლიმბური და ექსტრაპირამიდული სისტემების გალიზიანება ხშირად იწვევს მოძრაობას წრიულად. რეაქცია იწვება თავის ნელი მობრუნებით, შემდეგ ტანის მობრუნებით, ცხოველი დგება და იწყებს მოძრაობას გალიაში.



სურ. 2.

ა. თავის ბრუნვა საათის ისრის მიმართულებით გამონვეულია ტეგმენტუმის უბნის რადიოსტიმულაციით. ბ. ხანგრძლივი გალიზიანებისას ეფექტი ძლიერდება და ტანიც აგრეთვე ბრუნდება საათის ისრის მიმართულებით.

სხვა ცდებში ტვინის სახურავის გალიზიანება იწვევს მაიმუნის სირბილს გალიაში 1,4მ წმ-ში სიჩქარით. იგი ახდენს კოორდინაციისა და ორიენტაციის შესანიშნავ უნარს, გვერდს უვლის დაბრკოლებას და სხვა ცხოველებს. ამ ექსპერიმენტში მაიმუნი სწავლობს გალიაში მოწყობილ ბერკეტზე ფეხის დაჭერას, რაც იწვევს საცდელი ცხოველის ტვინის გალიზიანებას რადიოს საშუალებით მართული ელექტროდებით. გალიზიანების მრავალჯერადი გამეორების შემდეგ ამ მაიმუნს გამოუმუშავდა პირობითი რეფლექსი.

მრავალრიცხოვან გამოკვლევებში, რომელიც ეძღვნებოდა ტეგ-ის გავლენას ცხოველის ქცევაზე, ნაჩვენებია, რომ ტვინის გარკვეული ზონების სტიმულაცია წყვეტს ქცევის ადრინდელ ფორმას, ცვლის შიგასახეობრივ და შიგაპოპულაციურ ურთიერთობებს ცხოველებში და აიძულებს მათ გადალახონ სხვადასხვა დაბრკოლება გალიზიანების ადგილისაკენ მიმავალ გზაზე. ამ დროს არჩევენ ცხოველების პოზიტიურ, ნეგატიურ და ინდიფერენტულ დამოკიდებულებას სტიმულაციისადმი. ოლდისა და მილნერის მიერ შემუშავებული თვითგალიზიანების მეთოდი საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს ცხოველის დამოკიდებულება სტიმულაციისადმი, რაც გამოიხატება ბერკეტზე დაჭერის სიხშირითა და რიცხვით. ამ ცდებში ტვინის სტიმულაცია არის განმტკიცება ბერკეტზე დაჭერის რეაქციისათვის. შემდგომში რიგი მეცნიერების მიერ ჩატარებულ იქნა ტვინის ლიმბუ-

რი სტრუქტურების სტიმულაცია სხვადასხვა ცხოველების და კერძოდ, ძაღლის ემოციურ მოტივაციური ქცევის აღდგენის მიზნით.

§2. ტვინის ლიმბური სტრუქტურების სტიმულაცია

1976 წელს ლენინგრადის ექსპერიმენტული მედიცინის ინსტიტუტში ე. პეტროვმა და მ. ხანანაშვილმა ჩაატარეს ცდები, რომლებშიც გამოკვლეულ იქნა ემოციური რეაქციების ცენტრალური ორგანიზაცია ლოკომოტორული თვითსტიმულაციის მეთოდის გამოყენებით. ცხოველის თავისუფალი ქცევის პირობებში რიგი სტრუქტურების თვითგალიზიანების გზით იდენტიფიცირდებოდა ტვინის სისტემები, რომელთაც ჰქონდათ მიმართება დადებით ან უარყოფით ემოციურ მდგომარეობასთან. ტარდებოდა ამ სისტემების შიგნით თითოეული სტრუქტურის გალიზიანების ემოციური მნიშვნელობის შედარებითი შეფასება. განისაზღვრებოდა თავის ტვინის გარკვეული ზონის გალიზიანებისას მიღებული ემოციური რეაქციის ნიშნის დამოკიდებულება სტრუქტურების აქტივაციის თანმიმდევრობისაგან.

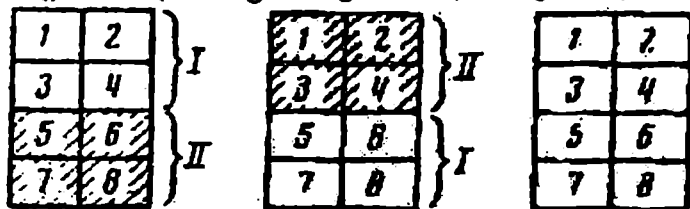
კვლევისათვის არჩეული იქნა ტვინის ლიმბური სისტემის სხვადასხვა წარმონაქმნები, რადგან ლიმბური სისტემა მნიშვნელოვანი ცენტრალური რგოლია ემოციური მდგომარეობის ფორმირებაში და მასში თავმოყრილია „დასჯისა“ და „ნაზღლისების“ ზონების უმრავლესობა.

ცდები ტარდებოდა რვა ზრდასრულ ძუ ძაღლზე, რომელთაც უნერგავდნენ ქრონიკულ ელექტროდებს ტვინის გამჭვირვალე ტიხრის, ჰიპოთალამუსის, ენტორინალური ქერქის, ნუშისებრი კომარლექსის და დორსალური ჰიპოკამპის უბანში. ცხოველებს იყვანდნენ ცდებისათვის ოპერაციის გაკეთებიდან ორი კვირის შემდეგ. ტვინს აღიზიანებდნენ დენის იმპულსებით, რომლის პარამეტრებს ცვლიდნენ შემდეგ დიაპაზონში: ამპლიტუდას 0,5-დან 3,5 ვოლტამდე, სიხშირეს 10-დან 100 ჰერცამდე, იმპულსის ხანგრძლივობა 1-10 მწმ. იმპულსების მოწოდება ხდებოდა წვრილი მათულების კონის საშუალებით, რაც ხელს არ უშლიდა ცხოველების მოძრაობას. ლიმბური ტვინის ცალკეული სტრუქტურების ელექტროგალიზიანების ემოციური მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა ლოკომოტორული თვითსტიმულაციის მეთოდიკა, რომელიც დამყარებული იყო ცხოველის მიერ ექსპერიმენტალურ დანესებულებაში იატაკის უბნების არჩევისა ან დატოვებაში. თავისუფალი გადაადგილების პირობებში ცხოველი იატაკის ამა თუ იმ უბანში მოხვედრისას ავტომატურად ღთავს ტვინის განსაზღვრული სტრუქტურის სტიმულაციას, თუ გალიზიანებად სტრუქტურებს ჰქონდათ მიმართება დადებითი ემო-

ციის ორგანიზაციისაკენ, ცხოველი ყოვნდებოდა იატაკის შესაბამის უბანზე, ხოლო უარყოფითი ემოციების ზონების აქტივაციის შემთხვევაში გაურბოდა მას.

ცდების დასაწყისში საზღვრავდნენ სამოძრაო და ქცევითი რეაქციების ზღვარს ყოველი ამ სტრუქტურის მონოლატერალური გალიზიანებისას. შემდგომ სწავლობდნენ გალიზიანების ემოციურ მნიშვნელობას. ამისათვის ყოველ ექსპერიმენტს ყოფდნენ 9-12 წუთიან 3 პერიოდად.

1 პერიოდი მე-2 პერიოდი მე-3 პერიოდი



სურ. 3. ცალკეული სტრუქტურების გალიზიანების ემოციური მნიშვნელობის განსაზღვრის ექსპერიმენტის სქემა.

I – ნეიტრალური ზონა

II – გალიზიანების ზონა

ზონაში ყოფნის დრო 10 წუთი.

პირველ პერიოდში ექსპერიმენტალური ოთახის იატაკს პირობითად ორ ნაწილად ყოფდნენ, როცა ცხოველი იმყოფებოდა ერთ-ერთ მათგანში (კვადრატი 5-8) სტიმულირდებოდა ტვინის შესაბამისი ნარმონაქმნები. იატაკის სხვა ნაწილი (კვადრატი 1-4) რჩებოდა ნეიტრალური, ანუ არ იყო დაკავშირებული ტვინის ელექტრულ გალიზიანებასთან. ცდის მეორე პერიოდში საპირისპიროდ იცვლებოდა იატაკის ზონების გამლიზიანებელი ფუნქცია, ადრე აქტიური ზონა ხდებოდა ნეიტრალური და პირიქით. მესამე პერიოდში ექსპერიმენტალური დანესებულების მთელი იატაკი ნეიტრალური ზონა იყო. ზოგიერთ შემთხვევაში ცხოველის გალიზიანებისადმი მიმართების უფრო ზუსტი დიფერენცირებისათვის აქტიური ზონის როლს მხოლოდ ერთი კვადრატი ასრულებდა, ამასთან მისი სივრცული ლოკალიზაცია იცვლებოდა ყოველ პერიოდში.

შემდგომ გამოკვლეულ იქნა ერთი ან ერთდროულად რამდენიმე ლიბბური სტრუქტურის გალიზიანების გავლენა ემოციური დაძაბუ-

ლობის ნიშანზე და ხარისხზე, რომელიც ლიბერული სისტემის რომელიმე სხვა წერტილის გაღიზიანებით იყო განპირობებული.

ექსპერიმენტების შედეგად მიღებულ მონაცემებში გამოყოფილ იქნა რეაქციების ხუთი ტიპი, რომლებშიც დემონსტრირდებოდა ცხოველების გაღიზიანებისადმი მიმართება.

1. გამოხატული თვითსტიმულაცია (გთს). დროის უმეტესი ნაწილი ცხოველი იმყოფება გაღიზიანების ზონაში, მისი ლოკალიზაციისაგან დამოუკიდებლად ცდების მესამე პერიოდში (ოთახის მთელი იატაკი - ნეიტრალური ზონა) ვლინდება მოუსვენრობა და აქტიური ძებნა.

2. სუსტად გამოხატული სტიმულაცია (სგმ). დროის დიდი ნაწილი ცხოველი იმყოფება გაღიზიანების ზონაში, მცირე ხნით ტოვებს მას და ისევ ბრუნდება, როგორც წესი, გაღიზიანების ზონაში ყოფნისას, ცხოველი ავლენს გამოკვლევით ქცევას.

3. სუსტად გამოხატული თავის არიდება (სგთა). რამდენიმეჯერ (10-ჯერ და მეტად) მცირე ხნით შედის გაღიზიანების ზონაში, მაგრამ მალე ტოვებს მას. პერიოდის ბოლოს (მე-6-მ წუთზე) წყვეტს გაღიზიანების ზონაში შესვლას, ხოლო საბოლოოდ თავს არიდებს მას. გაღიზიანების ზონაში ძალღის შეტყუება შეიძლება საკვებით.

4. გამოხატული თავის არიდება (გთა). ერთი-ორჯერ გაღიზიანების ზონაში შესვლის შემდეგ მეტჯერ აღარ შედის. ყურადღებას არ აქცევს აქტიურ ზონაში მოთავსებულ კვებით გამღიზიანებელს.

5. გულგრილობა. გადაადგილდება ოთახში აქტიური ზონის ლოკალიზაციის მიუხედავად. არცერთ ზონას არ ანიჭებს უპირატესობას.

ლიბერული ტვინის სხვადასხვა უბნის ელექტრული დენით გაღიზიანებისადმი ცხოველის მიმართება გამოხატულია ცხრილში, რომელიც შეადგინეს ე. პეტროვმა და მ. ხანანაშვილმა ზემოხსენებული ცდების საფუძველზე.

ცხრილი №1

ძალეუბი	ტვინის სტრუქტურა	ცხოველის რეაქცია ზღვრულ გაღიზიანებაზე	გაღიზიანებისადმი მიმართება	გაღიზიანების პარამეტრები		
				ვ	პც	მწმ
№1	ნუშისებრი სხეულის მარჯვენამხრივი ბაზოლატერალური უბნები	დათრგუნულობა, ღრენა, სალივაცია	გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,0	50	1
	ნუშისებური სხეულის მარცვენამხრივი ბაზოლატერალური უბნები	ღრენა, სალივაცია	სუსტად გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,5	50	1
	დორსალური პიპოკამპის უკანა უბნები	დაყნოსვა, ორიენტირებითი რეაქცია	გულგრილობა	2,0	10	1
	წინა პიპოტალამუსის მარჯვენამხრივი ლატერალური უბნები	ინტენსიური ძებნა, აგრესიის ელემენტები	გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,0	10	1
	გამჭვირვალე ტიხრის მარჯვენამხრივი უბნები	მანუჟური მოძრაობები	გულგრილობა	2,5	50	1
	მარჯვენამხრივი ენტორინალური ქერქი	ორიენტირებადი რეაქცია, მოუსვენრობა				
№2	დორსალური პიპოკამპის უკანა უბნები	დაყნოსვა, ორიენტირებითი რეაქცია	გულგრილობა	0,5	50	1
	დორსალური პიპოკამპის წინა უბნები	კიდურების ცახცახი	»	2,5	10	1

	ნუშისებრი სხეულების მარჯვენა მხრივი ბაზო-ლატერალური უბნები	ღრენა, სალი-ვაცია	»	0,5	50	1
	შუა პიპოთალა-მუსის მარჯვენა მხრივი ლატერალური უბნები	აღზნება, ყეფა	სუსტად გამოხატული თვისტი-მულაცია	2,0	50	1
	წინა პიპოთალა-მუსის ლატერალური უბნები	ღრენა, სალი-ვაცია	გამოხატული თვისტი-მულაცია	2,5	10	1
	კუდიანი ბირთვის თავის მარცხენა მხრივი უბანი	მოუსვენრობა, მანევური მოძრაობები	გამოხატული თავის არიდება	2,5	50	1
№3	დორსალური პიპოკამპი მარჯვენა მხრივი უკანა უბნები	დაცნოვა, ორიენტირებადი რეაქცია, მოუსვენრობა	»	3,5	50	1
	დორსალური პიპოკამპი მარცხენა მხრივი უკანა უბნები	ორიენტირებადი რეაქცია. ღრენა	»	1,5	50	1
	მარცხენა მხრივი პიპოთალამუსის პრეოპტური უბანი	ხახის ნაძალადევი გაღება	გულგრილობა	1,0	10	1
	წინა პიპოთალამუსის მარჯვენა მხრივი მედიალური უბნები	პასიურ თავდაცვითი რეაქცია, დეფეკაცია	გამოხატული თავის არიდება	1,0	50	1
	მარცხენა მხრივი ენტონირალური ქერქი	იფხანს დრუნჩს წინა თათებით	»	1,5	50	1

	მარჯვენამხრივი ენტორინალური ქერქი	ინტენსიური დაყნოსვა	სუსტად გამოხა- ტული თა- ვის არი- დება	1,0	50	1
№4	დორსალური პი- პოკამპის მარ- ჯვენამხრივი უკანა უბნები	დაყნოსვა, ლრენა, ელემენ- ტები	გამოხა- ტული თა- ვის არი- დება	0,5	10	1
	დორსალური პი- პოკამპის წინა უბნები	ჩაძინება	გულგრი- ლობა	1,5	50	1
	ნუშისებრი სხეუ- ლის მარცხენამ- ხრივი ბაზოლა- ტერალური უბ- ნები	ლრენა	»	1,5	50	1
	ნუშისებრი სხეუ- ლის მარჯვენამ- ხრივი ბაზოლა- ტერალური უბ- ნები	ლრენა, პასიუ- რი თავდაცვი- თი რეაქცია	გამოხა- ტული თა- ვის არი- დება	2,0	50	1
	წინა პიპოთალა- მუსის მარჯვე- ნამხრივი ლატე- რალური უბნები	ორიენტირება- დი რეაქცია	»	2,5	10	1
	წინა პიპოთალა- მუსის მარცხენამ- ხრივი მედიალუ- რი უბნები	ლებინებითი რეაქცია	»	1,0	10	1
	მარჯვენამხრივი გამჭვირვალე ტიხრის უბანი	ზედა ტუჩის კანკალი	»	3,0	50	1
	მარცხენამხრივი გამჭვირვალე ტიხრის უბნები	ლრენა, სალი- ვაცია	სუსტად გამოხა- ტული თა- ვის არი- დება	2,0	50	1
	მარჯვენამხრივი ენტორინალური ქერქი	ლებინებითი რეაქცია	გამოხა- ტული თა- ვის არი- დება	0,5	50	1

	მარცხენამხრივი ენტორინალური ქერქი	იფხანს დრუნწს წინა თათებით	სუსტად გამოსა- ტული თა- ვის არი- დება გულგრი- ლობა	2,0	50	1
№5	მარჯვენამხრივი დორსალური პი- პოკამპის წინა უბნები	ჩაძინება	გულგრი- ლობა	1,5	50	1
	დავითის ლირის უბანი მარცხნივ	მოძრაობითი რეაქციები	»	2,5	50	1
	ნუშისებრი სხეუ- ლის მარჯვენამ- ხრივი ბაზოლა- ტერალური უბ- ნები	ღრენა	»	1,5	50	1
	ნუშისებრი სხეუ- ლის მარცხენამ- ხრივი ბაზოლა- ტერალური უბ- ნები	იგივე	»	1,0	50	1
	წინა პიპოთალა- მუსის მარცხენამ- ხრივი ლატერა- ტერალური უბ- ნები	ორიენტირება- დი რეაქცია, მოუსვენრობა	გამოსა- ტული თა- ვის არი- დება	1,5	50	1
	მარცხენამხრივი ენტორინალური ქერქი	ორიენტირება- დი რეაქცია	»	1,0	50	1
№6	ნუშისებრი სხეუ- ლის მარცხენამ- ხრივი ბაზოლა- ტერალური უბ- ნები	ორიენტირება- დი რეაქცია, ღრენა				
	წინა პიპოთალა-	ორიენტირება-	იგივე			

	მუსის მარცხენამხრივი ლატერალური უბნები	დი რეაქცია		1,0	50	1
	მარცხენამხრივი ენტორინალური რეაქცია	იგივე	გულგრილობა	1,5	50	1
№7	დორსალური პიპოკამპის მარჯვენამხრივი წინა უბნები	ორიენტირებადი რეაქცია, დაყნოსვა	სუსტად გამოხატული თვითსტიმულაცია	1,5	50	1
	ნუშისებრი სხეულის მარჯვენამხრივი ბაზოლალატერალური უბნები	ორიენტირებადი რეაქცია	გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,0	10	1
	გამჭვირვალე ტიხრის მარჯვენა უბანი	ღრენა	გულგრილობა	1,0	50	1
	წინა პიპოტალამუსის მარჯვენამხრივი მედიალური უბნები	ორიენტირებადი რეაქცია	გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,0	50	1
	მარცხენა პიპოტალამუსის პრეოპტური უბანი	იგივე	სუსტად გამოხატული თვითსტიმულაცია	2,0	50	1
	ენტორინალური ქერქის მარცხენა უბანი	»	გულგრილობა	1,5	50	1
№8	დორსალური პიპოკამპის მარცხენამხრივი წინა უბანი	»	სუსტად გამოხატული თვითსტიმულაცია	3,0	50	1

	წინა პიპოთალა- მუსის მარცხენამ- ხრივი ლატერა- ტერალური უბა- ნი	იატაკის ინტენ- სიური დაყ- ნოსვა	გამოსა- ტული თვითსტი- მულაცია	1,5	10	1
	წინა პიპოთალა- მუსის მარცხენამ- ხრივი დორსომე- დიალური უბნე- ბი	შეერთობა		1,5	50	1

ცდების შედეგებმა აჩვენა, რომ პირველი სტიმულაციისას მიღებული ემოციური მდგომარეობის ნიშანი ნარჩუნდებოდა შემდგომში მთელი ექსპერიმენტული ციკლის მანძილზე სხვა სტრუქტურების გალიზიანების დროსაც. ლიმბიკის სტრუქტურის სტიმულაციისას ძაღლების უმეტესი ნაწილის (რვიდან ექვსს) გამოუვლინდა მხოლოდ გულგრილობის და ნეგატიური ზონები. ამავე დროს რიგ შემთხვევებში სხვადასხვა ცხოველში შეინიშნებოდა პოზიტიური და ნეგატიური ემოციური რეაქციები ელექტროდების პრაქტიკულად იდენტური ლოკალიზაციისას, ხოლო ორ ცხოველს გამოუვლინდა როგორც პოზიტიური, ისე ნეგატიური ემოციური წარმონაქმნები.

წ3. ვეგეტატიური ფუნქციები

ცნობილია, რომ დადებით და უარყოფით ემოციურ რეაქციებს აქვთ სხვადასხვა ბიოლოგიური მნიშვნელობა და ხასიათდებიან მათთვის დამახასიათებელი სომატოვეგეტატიური გამოვლინებების კომპლექსით. კერძოდ, სხვადასხვა ბიოლოგიური ხარისხის ემოციური რეაქციები ახდენენ გავლენას გულსისხლძარღვთა სისტემის ფუნქციის რეგულაციაზე. რიგ გამოკვლევებში ნაჩვენებია გულსისხლძარღვთა ფუნქციის ცვლილებები სხვადასხვა ემოციურ-ქცევითი რეაქციებისას, რომლებიც გამონეწეული იყო ტვინის ემოციოგენური ზონების სტიმულაციისას. განსაკუთრებით აქტუალურია ვეგეტატიური ფუნქციების გამოკვლევები სხვადასხვა ბიოლოგიური ხარისხის ემოციური რეაქციებისას. ცნობილია, რომ ხანგრძლივი უარყოფითი ემოციური მდგომარეობა შეიძლება გახდეს არტერიული ჰიპერტენზიისა და სხვა გულსისხლძარღვოვანი დარღვევების მიზეზი. დადებითი ემოციური რეაქციები, როგორც წესი არ ხასიათდება გულსისხლძარღვთა ფუნქციების ასეთი დარღვევებით. ამასთან დაკავშირე-

ბით გაჩნდა აუცილებლობა მომხდარიყო ცხოველთა თავისუფალი ქცევის პირობებში ჩატარებული გულსისხლძარღვოვანი ფუნქციების დადებითი და უარყოფითი ემოციური რეაქციების კვლევების შედეგები. ემოციური რეაქციები გამოიწვეოდა ვირთაგვებში ჰიპოთალამუსის ემოციოგენური სტრუქტურების სტიმულაციისას. უარყოფითი ემოციები – ვენტრომედიალური ჰიპოთალამუსის სტიმულაციისას (კონტროლირდებოდა თავის არიდების ქცევითი რეაქციით), დადებითი ემოციები – ჰიპოთალამუსის ლატერალური ზონის თვითსტიმულაციისას. ექსპერიმენტი ჩატარდა მოსკოვის ნორმალური ფიზიოლოგიის ინსტიტუტში (ე. იუმატოვი, ე. კიატკინი). ცდები ჩატარდა 16 ვირთაგვაზე წონით 250 გ. ბიპოლარული ელექტროდები, დამზადებული იზოლირებული ნიქრომული მავთულისაგან, სისქით 0,55 მმ, შეყვანილ იქნა ეთერის ნარკოზის ქვეშ ჰორსლეი-კლარკის კოორდინატების თანახმად ჰიპოთალამუსის სხვადასხვა ზონაში.

სხვადასხვა ემოციური რეაქციების დროს გულსისხლძარღვთა ფუნქციის ანალიზი კეთდებოდა არტერიული წნევისა და გულის შეკუმშვის სისხირის დინამიკის გამოკვლევით ვირთაგვებში თავისუფალი ქცევის პირობებში ქრონიკული ექსპერიმენტების დროს.

ვირთაგვების ვენტრომედიალური ჰიპოთალამუსის სტიმულაცია იწვევდა უარყოფით ემოციურ რეაქციებს, რომელიც ხასიათდებოდა მოძრაობითი აქტივობის ამაღლებით, სუნთქვის გახშირებით და გაღრმავებით, ცახცახით, კბილების კანკანით, ხმოვანი რეაქციით, აგრეთვე ალგზნების არასფეციფიკური ნიშნებით – დეფეკაციით, ურინაციით. ვირთაგვების უმეტესობას ჰიპოთალამუსის ასეთი სტიმულაციის შემდეგ უდაბლდებოდა მოძრაობითი აქტიურობა, ცხოველი იჭმუხნებოდა, შეინიშნებოდა პილოერექცია. საწყისი ქცევითი მდგომარეობის აღდგენა ხდებოდა 2-10 წთ-ის განმავლობაში და დამოკიდებული იყო ელექტროდების ლოკალიზაციასთან და გამლიზიანებული დენის პარამეტრებთან. აგრესიულ-თავდაცვითი მდგომარეობის დროს (ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური წილის სტიმულაციით გამოწვეული) შეინიშნებოდა ბერკეტზე კიდურის შემთხვევით დაჭერის რიცხვის შემცირება მათ მთლიანად შეწყვეტამდე. შესაძლებელი იყო ვირთაგვისათვის შეესწავლათ ყოველივე გალიის ერთ ადგილას და მას თავი აერიდებინა მეორე ადგილისათვის, სადაც ცხოველი ლეზულობდა გალიზიანებას უარყოფითი ემოციური შეფერილობით. ვენტრომედიალური ჰიპოთალამუსის ელექტრული სტიმულაციის ექსპერიმენტებში აღმოჩენილი იყო, რომ დენის ძალის გაზრდასთან ერთად პირველად ჩნდებოდა თავის არიდების რეაქცია, შემდგომ მნიშვნელოვანი ცვლილებები გულსისხლძარღვთა რეაქციებში თვითსტიმულაციის რეაქციას ვირთაგვები სწავლობდნენ 1-5 დღე ჰიპოთალამუსის ლატერალური ბირთვების გალიზიანებით და ეს რეაქცია მათ-

ში ნარჩუნდებოდა, როგორც წესი 7-10 დღე. შეინიშნებოდა თვისტიმულაციის გაძლიერება მე-5-7 დღეს. თვითსტიმულაციას მეტ შემთხვევაში ჰქონდა შემდეგნაირი ხასიათი: თანმიმდევრულ დაჭერას (4-დან 120-მდე) მოჰყვებოდა დროის სუფთა მონაკვეთი. თვითსტიმულაციის სიხშირე სხვადასხვა ვირთაგვებში რჩებოდა ფართო საზღვრებში: 40-დან 4000 დაჭერამდე 1 სთ-ში, საშუალოდ 500-1500 დაჭერა 1 სთ-ში. თვითსტიმულაციის რეაქცია უმეტეს შემთხვევაში ზრდიდა ძლიერ გაღიზიანებას, შეინიშნებოდა ურინაცია და დეფეკაცია, ძლიერდებოდა და ღრმავდებოდა სუნთქვითი მოძრაობები, რიგ შემთხვევებში კბილების კანკანი და ეაკულაცია. ზოგ შემთხვევაში ვირთაგვები აქტიური თვითსტიმულაციისას ცდილობდნენ მის გაგრძელებას მაქსიმალური სიხშირით და სწავლობდნენ ბერკეტზე კიდურის დაჭერას არამართო წინა თათებით, არამედ თავით, ტანით, კბილებით, უკანა თათებით. რეაქციის ჩაქრობის სიჩქარის მიხედვით ცხოველები იყოფოდა 2 ჯგუფად: ტვინის სტიმულაციის დროს დენის გამორთვისას ცხოველების ერთ ჯგუფში ხდებოდა რეაქციის სწრაფი (2-4 დაჭერა დენით განმტკიცების გარეშე) ჩაქრობა. მეორე ჯგუფში რეაქციის ჩაქრობა დენის გამოთიშვის მერე ხდებოდა უფრო ნელა. ვირთაგვები აგრძელებდნენ ბერკეტზე დაჭერას 40-80 ჯერ და მეტ-ჯერ 5-20 წუთის განმავლობაში ეს ცხოველი თვითსტიმულაციის დროს გალიის სხვა ნაწილში ძალით გადაადგილებისას ცდილობდა ბერკეტთან დაბრუნებას და გადალახავდა ბარიერს გზაზე.

ცდების შედეგად დადასტურდა, რომ უარყოფითი ემოციური ზონების ხანგრძლივი მრავალჯერადი სტიმულაცია იწვევს მკვეთრი არტერიული ჰიპერტენზიის განვითარებას.

ექსპერიმენტების პირველ სერიაში მოკლე ერთეული ტესტირებადი სტიმულების გამოყენებისას, რომლებიც უარყოფით ემოციურ რეაქციას იწვევდა, აღმოჩენილ იქნა ჰემოდინამიკური პასუხების ორი მახასიათებელი ტიპი (8 ვირთაგვა, 272 ჰემოდინამიკური პასუხი ტესტირებად სტიმულზე). პირველი ტიპი ხასიათდებოდა 5-50 მმ. ამპლიტუდით, ან ჰიპერტენზიური რეაქციით. ეს რეაქცია შეინიშნებოდა ვირთაგვებში 77%-ში. მეორე ტიპის რეაქციებში 23% შემთხვევაში სტიმულაციის შემდგომ ვლინდებოდა არტერიული წნევის ამაღლება 5-40 მმ-ით, შემდგომი ჰიპოტენზიური ტალღით ამპლიტუდით 10-30 მმ.

ამრიგად აგრესიულ თავდაცვითი რეაქციების დროს, რომელიც წარმოიშვება ცენტრომედიალური ჰიპოთალამუსის სტიმულაციისას, ჰიპერტენზიული რეაქციები მნიშვნელოვნად სჭარბობდა ორფაზიან, ჰიპერ-ჰიპოტენზიური რყევების მქონე არტერიულ წნევას.

ექსპერიმენტების მეორე სერიაში, დადებითი ემოციური ზონების თვითგაღიზიანების რეაქციისას მნიშვნელოვნად სჭარბობდა ორფაზიანი ჰემოდინამიკური პასუხი, რომელიც იწყება ჰიპერტენზიური

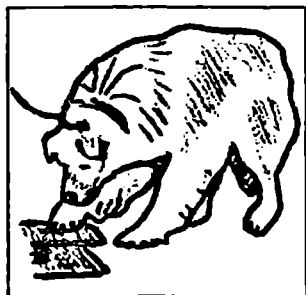
რეაქციით და მთავრდება ჰიპოტენზიური ტალღით. არტერიული წნევის ანევის შემდგომ ჰიპოტენზიური ტალღის გამოჩენა დადებითი ემოციური მდგომარეობის დროს ამცირებდა ცალკეული ჰიპერტენზიური რეაქციების რემისიის და მტკიცე არტერიული ჰიპერტენზიის განვითარების შესაძლებლობას.

არტერიული წნევის დინამიკის სხვადასხვა ვარიანტი ერთჯერადი თვითსტიმულაციისას აღმოჩენილ იქნა ლ. ენჯიანის და ს. რევის ცდებში კატებზე. ავტორები ხაზს უსვამენ თვითსტიმულაციისა და ჰემოდინამიკური რეაქციების წარმოქმნისათვის საჭირო სტიმულირებადი დენის ზღვრული სიდიდეების განსხვავებასა და მიუთითებენ, რომ კატებს მაქსიმალური სიხშირით თვითსტიმულაციის დროს გამოიზიანებელი დენის ოპტიმალური პარამეტრებისას, არტერიული წნევა უნარჩუნდებოდა შედარებით მუდმივ დონეზე. ჰემოდინამიკური პასუხები იყო მიღებული დენის ისეთი სიდიდისას, რომელიც აჭარბებდა თვითსტიმულაციისათვის ოპტიმალურ პარამეტრებს. ამიტომ ამ ცდებში ერთჯერად თვითსტიმულაციაზე ჰემოდინამიკური პასუხების შესწავლა ავტორების მიერ წარმოებდა დენის იმ პარამეტრებისას, რომელიც ადაბლებდა თვითსტიმულაციის რეაქციას.

მთლიანობაში, ჰემოდინამიკური რეაქციების ანალიზმა აჩვენა, რომ უარყოფითი ემოციური მდგომარეობისას, რომელსაც თან ახლავს გამოხატული ჰიპერტენზიული გავლენა ტვინის ემოციოგენური ზონებიდან, ჩნდება საუკეთესო პირობები პრესორული რეაქციების განვითარებისათვის.

ამრიგად, ჰიპოთალამუსის სტიმულაციით გამოწვეული დადებითი და უარყოფითი ემოციური მდგომარეობები ვლინდება სხვადასხვა ხასიათის ჰემოდინამიკური რეაქციებით.

მოსკოვში სეჩენოვის სახელობის I სამედიცინო ინსტიტუტში ი. მაკარენკოს ხელმძღვანელობით ჩატარდა ცდა 6 ძაღლზე. მათ ჩაუნერგეს ელექტროდები ჰიპოთალამუსის სხვადასხვა ნერტილში.



სურ. 4

გალიზიანება წარმოებდა სინუსოიდალური ფორმის დენით (სიხ- შირე 50-100-200 ჰც, ძაბვა 2-4 ვ). ძირითადი ვეგეტატიური კომპონენტების სახით რეგისტრირდებოდა ელექტროკარდიოგრამა და სუნთქვა. სტიმულატორი ირთებოდა ცხოველის თათის მსუბუქი მოძრაობით. ტვინის დადებითემოციური ზონებზე ზემოქმედება იწვევდა ვეგეტატიური რეაქციების საკმაოდ ჭრელ სურათს, რომელთა შორის ჭარბობდა პარასიმპათიკური ეფექტები. დადებითემოციური ზონის თვითგალიზიანების 6 შემთხვევიდან 4-ის დროს ვლინდებოდა გულისცემის 10-20%-ით შენელება, ამასთან შეინიშნებოდა სხვა პარასიმპათიკური ეფექტები: უწყვეტი და უხვი ნერწყვის გამოყოფა, გალიზიანების გაძლიერებისას ურინაცია და დეფეკაცია. ერთ-ერთ ძალღს აღენიშნებოდა კუჭის მოტორიკის გაძლიერება თვითგალიზიანებიდან 15 წთ-ში. დადებითი ზონები ლოკალიზებულია ჰიპოთალამუსის ლატერალურ ბირთვებში და დორსალურ ჰიპოთალამუსში.

უარყოფით ემოციური ზონების გალიზიანებისას ვეგეტატიური გამოვლინებები იყო იმის საპირისპირო, რაც დაფიქსირდა თვითგალიზიანებისას. გულის რიტმი ჩქარდებოდა 20-30%-ით. ნერწყვის გამოყოფა, ურინაცია, დეფერაცია არასოდეს არ აღინიშნებოდა. გარეგნულად ცხოველებში გამოიყურებოდნენ აფორიაქებულნი, შეშინებულნი. ისინი ნკმუტუნებდნენ, ცდილობდნენ გალიიდან გაქცევას.

მიღებული შედეგები შეიძლება ინტერპრეტირებული იქნას იქიდან გამომდინარე, რომ ვეგეტატიური პროცესების ხასიათი და ინტენსიურობა დამოკიდებულია მოტივაციის ბიოლოგიურ ხარისხსა და დონეზე, ე.ი. რომელიმე შინაგანი ფაქტორის გადახრაზე საჭირო სიდიდიდან. ელექტროკარდიოგრამას და სხვა ვეგეტატიურ პროცესებს ტვინის დადებითი და უარყოფითი ზონების გალიზიანებისას აქვს სხვადასხვა ხასიათი. მაშინ, როცა დადებითემოციური გალიზიანება ტვინში იწვევს ძირითადად პარასიმპათიკურ ეფექტებს, უარყოფითემოციური ზონების გალიზიანება იწვევს სიმპათიკურ ეფექტებს.

ელექტროკარდიოგრამა და სხვა ვეგეტატიური მაჩვენებლები გამოხატავენ მოტივაციის ბიოლოგიურ ხარისხსა და დონეს, თვითგალიზიანებისას ვეგეტატიური გამოვლინებების ხასიათი გვიჩვენებს, რომ ტვინის დადებით ზონებზე ზემოქმედება ბუნებრივი რეფლექსების ცალკეული ფრაგმენტების იმიტაციას ახდენს.

§4. ცხოველთა ქცევის მართვა

აგრესიული ქმედებებისათვის პასუხისმგებელი ტვინის სტრუქტურების ექსპერიმენტალური შესწავლა საჭიროა სოციოლოგიური კვლევების გასაფართოებლადაც, რაც უნდა გაიაზრონ როგორც სო-

ციოლოგებმა, ისე ბიოლოგებმა. ვალტერ ჰესმა პირველმა გვიჩვენა, რომ ცხოველთა აგრესიულობის გამოწვევა შეიძლება ტეგ-ის საშუალებით და ეს იყო შემდგომში დამტკიცებული მრავალი მკვლევარის მიერ. ჰიპოთალამუსის გარკვეული უბნების გალიზიანებისას კატები იქცეოდნენ ისე, თითქოს მათ ეშუქებოდათ ძალი, ისინი აჩენდნენ ბრჭყალებს, აყენებდნენ გარშემომყოფთ ზუსტ დარტყმებს, აფრქვევდნენ ნერწყვს, კრუტუნებდნენ ან ჩხაოდნენ. ამასთან ბენვი ზურგზე ყალყზე უდგებოდათ, კუდი მაგრდებოდა, გუგები ფართოვდებოდა ზოგჯერ მაქსიმალურად, ყური მიკრული იყო თავზე ან მოძრაობდა წინ და უკან, რათა შეეშინებინათ არარსებული მტერი, ცხადი გახდა, რომ როგორც ცრუ, ისე ნამდვილი მრისხანების გამოწვევა შესაძლებელი იყო ტეგ-ის დახმარებით და დამოკიდებული იყო იმაზე, თუ სად ხდებოდა გალიზიანება. ჰიპოთალამუსის წინა ბირთვების გალიზიანებისას კატა იწყებს განრისხებას, ჩხავის, მაგრამ ეს რეაქცია არის ცრუ მრისხანება, იმიტომ, რომ ის არ არის სხვა ცხოველებზე მიმართული. როცა სხვა კატები ახდენდნენ რეაგირებას ამაზე, თავს ესხმოდნენ საცდელ კატას, ის თავს არ იცავდა და არ ცდილობდა გაქცევას, არამედ თავს ხრიდა და ყურებს ჩამოყრიდა. გარდა ამისა ტვინის ამ უბნის გალიზიანება ვერ დაუკავშირეს პირობითრეფლექსურად რაიმე სიგნალს.

სხვა ექსპერიმენტებში დემონსტრირებული იქნა ნამდვილი მრისხანება. ჰიპოთალამუსის გვერდითი უბნების გალიზიანებამ საცდელ კატაში გამოიწვია აგრესიული ქცევა, რომელიც მკვეთრად იყო მიმართული საკონტროლო ცხოველებისადმი. საცდელი ცხოველი იწყებდა მოძრაობას გალიაში, რათა თავს დასხმოდა უფრო სუსტ ცხოველებს, მაგრამ თავს არიდებდა ჯგუფში ძლიერ კატასთან შეხვედრას. ნათელი იყო, რომ ტვინის გალიზიანება იწვევდა ძლიერ აგრესიულობას, მაგრამ კატა გონივრულად წარმართავდა თავის აგრესიულობას, არჩევდა მტერს და მომენტს თავდასხმისათვის, ცვლიდა ტაქტიკას და უთანხმებდა თავის ქმედებას მონინალმდეგის სამოძრაო რეაქციას.

მაიმუნები უფრო საინტერესო ობიექტებია კატებთან შედარებით შიგასახეობრივ ურთიერთობათა შესასწავლად, რადგან მათი სპონტანური ქცევა გამოირჩევა დიდი მრავალფეროვნებით და სირთულით. კარგად ცნობილია, რომ მაიმუნების კოლონია ჰგავს იერარქიულ საზოგადოებას, სადაც ერთი ცხოველი ბელადია და იმორჩილებს დანარჩენებს, იპყრობს გალიის ტერიტორიის დიდ ნაწილს და პირველად ლეზულობს საკვებს. სხვა მაიმუნები თავს არიდებენ ბელადთან შეტაკებას და გამოსატყვევ თავის მორჩილებას იმით, რომ ლეზულობენ გრიმასებს, ელაქუცებიან და ცდილობენ დააყენონ ეროტიკულ განწყობაზე.

ხ. დელგადოს მიერ რამდენიმე კოლონიაში ჩატარებულ ცდებში ჩანდა, რომ თავის ტვინის მხედველობის ბორცვის ზოგიერთი უბნის, ან ცენტრალური რუხი ნივთიერების გაღიზიანება რადიოთი აძლიერებდა ბელადის აგრესიულობას და აიძულებდა მოეწყო ზუსტად დამიზნებული თავდასხმები სხვა ცხოველებზე, რომელთაც იგი კენჭად და დევნიდა. კარგად ჩანდა, რომ მისი მტრული განწყობილება მიზანმიმართული იყო წინანდელ გამოცდილების გათვალისწინებით, რადგან იგი თავს ესხმოდა სხვა ხეადს, რომელშიც მოწინააღმდეგეს ხედავდა და არასოდეს არაფერს უშავებდა ძუს, თავის საყვარელ მეგობარს.

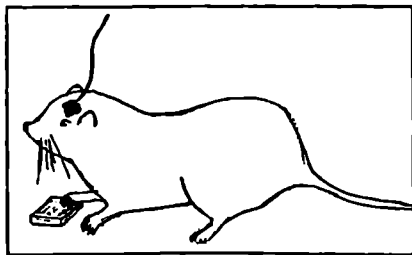
შესაძლებელია თუ არა ბელადს დამორჩილებული ცხოველების ტვინის გაღიზიანებით ვაიძულოთ ისინი წინააღმდეგობა გაუწიონ ბელადს, თუ მათი ჩვევა მორჩილი მდგომარეობისადმი დაძლევს ელექტრული დენით გამოწვეულ აგრესიულობას? ეს პრობლემები გამოკვლეულ იქნა მაიმუნების კოლონიაში მისი შემადგენლობის ცვლილებით იმისათვის, რომ თანდათანობით ამაღლებულიყო ერთი მაიმუნის, სახელად ლინას მდგომარეობა, რომელსაც I ჯგუფში ეკავა ყველაზე დაბალი ადგილი, II ჯგუფში – მესამე, III ჯგუფში მეორე ადგილი. ცხოველის მდგომარეობა ჯგუფში ფასდებოდა ხანგრძლივი საკონტროლო პერიოდის განმავლობაში შემდეგი კრიტერიუმებით: სპონტანურად გამოწვეული შეტაკებებისა და სქესობრივი ურთიერთობის სიხშირით. ყოველ ჯგუფში ორ დღის განმავლობაში წარმოებდა ლინას მხედველობის ბორცვის უკანა გვერდითი ბირთვების გაღიზიანება რადიოთი მართული ელექტროდებით 5 წამი ყოველ წუთში, სულ ერთი საათის განმავლობაში. ყველა შემთხვევაში ტვინის ელექტრული გაღიზიანება აიძულებდა ლინას ემოძრავა გალიაში, ასულიყო ჭერზე, აეტეხა ყვირილი, ლოკვა და მოცემულ ჯგუფში მის მდგომარეობაზე დამოკიდებულებით თავს დასხმოდა სხვა ცხოველებს. I ჯგუფში, სადაც ლინას ეკავა ბოლო ადგილი, იგი მხოლოდ ერთხელ შეეცადა თავს დასხმოდა სხვა მაიმუნს, როცა მას თვითონ ემუქრებოდნენ 24-ჯერ. II ჯგუფში იგი გახდა უფრო აგრესიული (25 თავდასხმა), მას დაესხნენ მხოლოდ სამჯერ. III ჯგუფში ლინა თავს დაესხა სხვა მაიმუნებს 79-ჯერ. მას არ დამუქრებია არც ერთხელ. არცერთ ჯგუფში არ ყოფილა არავითარი ცვლილება ცხოველთა შორის შეტაკებების სიხშირეში არც მცდელობამდე და არც მათ შემდეგ. ეს აჩვენებს, რომ ლინას აგრესიულობა იყო გამოწვეული ტვინის ელექტრული გაღიზიანებით.

როგორც ცნობილია, ქცევა მოტივირდება გაღიზიანებით, რომლის დასუსტებასაც ცდილობს ორგანიზმი (ტკივილი) ან გაღიზიანებით, რომლის გაძლიერებასაც ცდილობს ორგანიზმი (სიამოვნება). მიჩნეულია, რომ ტვინში არის სხვადასხვა სისტემები ამ ორი ტიპის

ინფორმაციის აღსაქმელად და განცხრომის ფსიქოლოგიური მდგომარეობა ან დაჯილდოება შეიძლება წარმოიშვას არა მარტო ტკივილის შეწყვეტის დროს, არამედ როგორც დამოუკიდებელი შეგრძნება. ტვინში ორი ანატომიურად განკერძოებული მექანიზმის აღმოჩენა, ერთი დაჯილდოების, მეორე დასჯის, ქმნის ფიზიოლოგიურ საფუძველს ქცევის დუალისტური მოტივირებისათვის. ჯეიმს ოლდსი თვლის, რომ ვირთაგვის ტვინი შედგება სამი ტიპის უჯრედებისაგან: 1) უჯრედები, რომელთა გალიზიანებას ორგანიზმი ესწრაფვის, 2) უჯრედები, რომელთა გალიზიანებას ორგანიზმი გაურბის, 3) უჯრედები, რომელთა გალიზიანებას ორგანიზმი არც ესწრაფვის, მაგრამ არც გაურბის.

ქნ. ცხოველი სწავლობს თვისტიმულაციას

III ტიპის უჯრედები ყველაზე გავრცელებულია და შეადგენს ვირთაგვის ტვინის 60%-ს. ისინი მოტივაციურ-ნეიტრალურნი არიან. პოზიტიურ-განმამტკიცებელი ტვინის უჯრედები 35% შეადგენს. უარყოფით უკუკავშირის უზრუნველყოფს უჯრედების 5%. ჯ. ოლდსის ცდაში (1960) ვირთაგვა აჭერს ბერკეტზე და ახდენს საკუთარი ტვინის გალიზიანებას. გალიზიანება წყდება ჩართვიდან ნახევარი წამის შემდეგ, თუნდაც ვირთაგვამ განაგრძოს ბერკეტზე დაჭერა, ამიტომ ხელმეორე გალიზიანების მისაღებად ვირთაგვამ უნდა გაუშვას ბერკეტი და ისევ დააჭიროს მას. განმტკიცების სახით იგი ღებულობს მხოლოდ ტვინის გალიზიანებას, და ეს გალიზიანება ხდება მხოლოდ მაშინ, როცა ცხოველი თვითონ ინვევს მას პედალზე დაჭერით. როცა ვირთაგვას მაქსიმალური თვითგალიზიანების ზონაში ჩანერგილი ელექტროდებით პირველად მოათავსებენ კამერაში, იგი პირველივე ელექტრული გალიზიანებისთანავე ინყებს შეუპოვარ ძებნას. მისი რეაქცია პირველ გალიზიანებაზე მდგომარეობს კამერის ყველა კუთხის მოყნოსვასა და სწრაფ მოძრაობებში იჭამდე, სანამ შემთხვევით არ დააბიჯებს ფეხს ბერკეტს მეორეჯერ. მეორე და მესამე ფეხის დაჭერის შემდეგ ცხოველი წყვეტს ძებნას და ინყებს სისტემატურ დაჭერას ბერკეტზე 1-2 ჯერ წამში.



სურ. 5. თვისტიმულაციის ცდის პირობები.

ამ ცხოველის განვრთნა გრძელდება 1-2 წუთი. სად უნდა ჩაინეგროს ელექტროდი, რომ ვაიძულოთ ვირთაგვა მოახდინოს რეაგირება ტვინის გალიზიანებაზე? ესაა საყნოსავი ტვინის ნაწილები, ჰიპოთალამუსი და მასთან დაკავშირებული სტრუქტურები. ჩვენ ვლებულობთ რეფლექსების განმტკიცებას ამ სტრუქტურების თითქმის ნებისმიერი უბნის გალიზიანების დროს. მხოლოდ შუა ტვინის, რეტიკულური ფორმაციის, თალამუსისა და ჰიპოთალამუსის ზოგიერთი უბნის გალიზიანებისას შეიძლება ცხოველთა მიერ ელექტრული გალიზიანებისათვის თავის არიდების რეაქციის მიღება. ამრიგად, ვირთაგვების ტვინში უბანი, რომლის გალიზიანებას ცხოველი თავს არიდებს მცირეა იმ ფართო უბანთან შედარებით, რომლის ელექტრულ გალიზიანებას ცხოველი ესწრაფვის.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ამ ფართო განმამტკიცებელი სისტემის შიგნით თვითგალიზიანების ეფექტი, რომელიც იზომება რეაქციის სიხშირით, მცირდება გამლიზიანებული ელექტროდების ქერქთან მიახლოებისთანავე. სახურავის ბირთვის ელექტრული გალიზიანებისას თვითგალიზიანების სიხშირე აღწევს 7000 სთ-ში. ჰიპოთალამუსის უკანა უბნის გალიზიანებისას (არა მამილარული სხეულების) – 5000 სთ-ში. ქერქვეშა კვანძების გალიზიანებისას 200-300 სთ-ში და საყნოსავი ტვინის ქერქის გალიზიანებისას 200 სთ-ში.

ოლდისის ცდებმა დაამტკიცა კვებითი რეფლექსების მკაცრი ლოკალიზაცია ჰიპოთალამუსში და ძალიან მჭიდრო კავშირი მასა და ლტოლვის სხვა ცენტრებს შორის – კავშირი იმდენად მჭიდრო, რომ გამლიზიანებული დენის სხვადასხვა ძალისას აღიძვრება სხვადასხვა ეფექტი, თუმცა რეფლექსური სისტემის შიგნით სრულიად გარკვეულად არსებობს კვებითი და სქესობრივი ლტოლვების დიფერენციაცია.

ერთ-ერთ ცდაში ხდებოდა ცხოველთა კასტრირება მას შემდეგ, რაც მათ ასწავლიდნენ ბერკეტზე ფეხის დაჭერას ტვინის ელექტრული თვითგალიზიანებისათვის. კასტრაციის შემდეგ 14 დღე, როცა ეცემოდა ანდროგენების შემადგენლობა, ცხოველს უზომავდნენ თვითგალიზიანების სიხშირეს. ამას გარდა, ჩატარებულ იქნა ცდების სერია ტესტოსტერონის შეყვანით, რათა მომზადარიყო დაკვირვება, როგორ შენარჩუნდებოდა თვითგალიზიანების სიხშირე ასეთი ანდროგენულ-ჩამანაცვლებელი თერაპიისას. უპირველეს ყოვლისა, ელექტროდების ლოკალიზაციისას კუდიანი ბირთვის დორსომედიალურ უბანში შეიმჩნეოდა დამოკიდებულება თვითგალიზიანების სიხშირესა და ტესტოსტერონის შემცველობას შორის ტიპით ყველაფერი ან არაფერი. ცხოველს ყოველდღიურად აღიზიანებდნენ 15-55 მიკროამპერი დენით. ანდროგენების მაღალი შემცველობისას აღინიშნებოდა მტკიცე ეფექტი 15 მიკროამპერი დენით გალიზიანებისას, ხოლო ანდროგენების დაბალი

შემცველობისას ცხოველი საერთოდ არ რეაგირებდა 55 მა დენით გალიზიანებაზეც კი. ოლდსი აკვირდებოდა რეაქციის ასეთ არარსებობას 6 დღე, შემდგომ შეჰყავდათ ცხოველში დიდი დოზა ტესტოსტერონი და უკვე მეორე დღეს ისევ იწყებდა თვითგალიზიანებას 15მა დენზე. ამ ცხოველს ეს ცდები ჩაუტარდა რამდენიმეჯერ. ანდროგენების მაღალი შემცველობისას იგი ყოველთვის ახდენდა ელექტრულ თვითგალიზიანებას, დაბალი შემცველობისას – არა. ცდის ბოლოს ცხოველი თვითგალიზიანებით პასუხობდა ანდროგენების ძალიან მაღალ შემცველობაზე და როგორც გაკვეთამ აჩვენა, მისი სათესლე ბუშტუკები იყო უფრო დიდი, ვიდრე არაკასტრირებული ცხოველების. ეს ექსპერიმენტი ამტკიცებს კორელაციის არსებობას მამაკაცური ჰორმონის შემცველობის ცვლილებებსა და ელექტროსტიმულაციის სიხშირეს შორის.

§6. შეკავებითი პროცესები: მატადორი ელექტრული იარაღით

ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში შეკავების პროცესების არსებობა ნაჩვენები იყო XIX საუკუნეში ი. სეჩენოვის, ი. პავლოვის და რუსული ფიზიოლოგიური სკოლის სხვა ფუძემდებლების მიერ. მათი თეორიის მიხედვით რეტიკულური ფორმაცია ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში სპეციალურადაა მოწყობილი იმისათვის, რომ შეცვალოს ან დაამუხრუჭოს სენსორული იმპულსების მიღება, ხოლო ტვინის ზოგიერთი სხვა უბნები, მათ შორის თალამუსს, სეპტუმს და კუდიან ბირთვს, აგრეთვე შეუძლია შექმნას შეკავება, რომლის აქტივირება შესაძლებელია ტეგ-ის საშუალებით. ელექტრული გალიზიანებით შეიძლება 3 ტიპის შეკავებითი პროცესის გამოწვევა:

1. ძილი, რომელიც ჩვეულებრივად თანდათანობით ვითარდება და რომელიც ადვილად წყდება რომელიმე სენსორული გალიზიანებით.

2. გენერალიზებული შეკავება, რომელიც მოიცავს მთელ ორგანიზმს, იწყება ელექტრული გალიზიანებისთანავე და გრძელდება სენსორული გალიზიანების მიუხედავად.

3. შერჩევითი შეკავება, რომელიც წარმოიშობა მოულოდნელად და ეხება მხოლოდ ქვევითი მოქმედების გარკვეულ სახეობას, მაგალითად აგრესიულობას ან საკვების მიღებას.

ერთ-ერთ ცდაში 30 წამის შემდეგ, რაც მაიმუნს ჩაუტარდა სეპტალური უბნის ელექტროგალიზიანება, ცხოველს თვალები ეხუჭება, თავი ილუნება, სხეული მოეშვება და იგი იძინებს. ხმაურის ან შეხების საპასუხოდ, მაიმუნი სწრაფად აღებს თვალს, ჩლუნგად იცქირება ირგვლივ რამდენიმე წამის განმავლობაში და ისევ იძინებს.

მეორე ცდაში თავის ტვინის გარკვეული უბნის გაღიზიანება იწვევს მოძრაობის შეწყვეტას. საცდელი ცხოველი მოულოდნელად ხდება სრულიად უძრავი, წყვეტს შუაში რომელიმე მოქმედებას. რძის მლოკავი კატა ქვავდება გამოშვებული ენით. კატა, რომელიც ადის კიბეზე ჩერდება ორ საფეხურს შორის.

სხვა ცდებში შეკავება შერჩევით თრგუნავს კვებით ინსტიქტებს, აგრესიულობას და ა.შ. მაგალითად, კუდიანი ბირთვის გაღიზიანების შემდეგ ცხოველი, რომელიც მანამდე ავლენდა ამაღლებულ ინტერესს ბანანის მიმართ და ცდილობდა ხელთ ეგდო ის მოულოდნელად კარგავს მადას. ამასთან მაიმუნი ერთგვარი ინტერესით ათვალიერებს ბანანს, მაგრამ არ ცდილობს მის მოტაცებას და შეიძლება შებრუნდეს კიდეც და გამოხატოს თავისი უარი.

ტვინის იმ უბნების გვერდით, რომელთა გაღიზიანება თრგუნავს შიმშილს, განლაგებულია სტრუქტურები, რომლებიც მონაწილეობას ღებულობენ აგრესიული მოქმედების დათრგუნვაში. კუდიანი ბირთვის ამ უბნის გაღიზიანებისას აგრესიულად განწყობილი მაკაკა--რეზუსი მშვიდი ხდება. იმის მაგივრად, რომ კანროს, კბინოს ყოველი მოახლოებული ობიექტი, ის წყნარად ზის და ექსპერიმენტატორს შიშის გარეშე შეუძლია შეეხოს ცხოველის პირს და მიუაღეროს მას. ამ დროს ცხოველი მთლიანად ეცნობიერებს ყველაფერს, რაც ირგვლივ ხდება, მაგრამ უბრალოდ კარგავს თავის ჩვეულებრივ გაღიზიანებადობას. ტვინის იმ უბნების გამოვლენა, რომელიც აგრესიულობაზეა პასუხისმგებელი, შესაძლებელს ხდის მათ ბლოკირებას და ამცირებს არასასურველ რეაქციებს ისე, რომ არ იწვევს სხვა ქცევით რეაქციებს.

თანდაყოლილი აგრესიულობის შესუსტების დემონსტრირება მოხდა ტოროს ხარებზე – ცხოველებზე, რომელთა მტრულ რეაქციას სპეციალურად აძლიერებდნენ მრავალი თაობის მანძილზე გადარჩევის საშუალებით. ზოგიერთი ხარის ჯიშს არჩევენ თანდაყოლილი აგრესიულობის გამო, სხვებს ზრდიან სასოფლო-სამეურნეო მიზნებისათვის. ადამიანის დანახვა, რომელიც არ იწვევს უბრალო ხარის ყურადღებას, იწვევს სასიკვდილო შეტევას ტოროს მხრიდან. საჭირო იყო ამ ორი ჯიშის ტვინის შორის ფუნქციონალური სხვაობის გამოკვლევა და ამით აგრესიულობის ცერებრალური მექანიზმების საიდუმლოს ამოხსნა. ამისათვის რამდენიმე ხარის ტვინში ჩანერგეს ელექტროდები. ოპერაციის შემდგომ, როცა ცხოველი თავისუფლად დასეირნობდა მინდორში, მისი ტვინის ზოგიერთი სტრუქტურა გამოკვლეულ იქნა რადიოთი გაღიზიანების მეთოდით. ამ დროს გამოწვეულ იქნა მოძრაობითი რეაქციები: თავის მობრუნება, ფეხის აწევა, წრიული მოძრაობა. ხშირად გამოიწვეოდა ბლავილი. ასე მაგალითად: ერთი ექსპერიმენტისას შედეგების სისწორის შესამოწმებლად



სურ. 6. ხ. დელგადო
ატარებს ცდებს ხარზე.

ტვინის გარკვეული უბანი გაალიზიანეს 100-ჯერ და 100-ჯერვე საპასუხოდ გაისმა ხარის ბლავილი, გარდა ამისა, შესაძლებელი გახდა დემონსტრაცია იმისა, რომ ხარის ტვინის გალიზიანება თრგუნავს მის აგრესიულობას და შესაძლებელია მისი მოულოდნელი შეჩერება შეტევის პერიოდში. ეს ეფექტი ალბათ იქმნება სამოძრაო სფეროზე ზემოქმედების შედეგად, ის აიძულებს ხარს შეჩერდეს და შებრუნდეს ელექტრო გალიზიანების მრავალჯერადი განმეორებისას ეს ცხოველები ხდებიან ნაკლებ საშიშნი, ვიდრე არიან ჩვეულებრივ, და იტანენ ახლოს რამდენიმე წუთი ადამიანების ყოფნას, არ მიაქვთ მათზე შეტევა.

როცა ადამიანი ამაღლდა ცხოველთა სამყაროზე, გაიზარდა მისი ტვინის სიდიდე და სირთულე. ამან დააჯილდოვა ის უმაღლეს გონებასთან ერთად ძლიერი ემოციებით, ღრმა სევდით და უფრო ნატიფი მგრძნობელობით, ვიდრე ნებისმიერი სხვა ცოცხალი არსება. თუ ჩვენ გვინდა გამოვიკვლიოთ ტვინის უმაღლესი ფსიქიკური ფუნქციები, მათ შორის მეტყველება, ვერაფერი ვერ შეცვლის ადამიანს.

§7. ადამიანის ტვინის სტრუქტურა

ადამიანის თავის ტვინი მთლიანად ავსებს ქალას ღრუს და იმეორებს მის კონფიგურაციას. თავის ტვინის ზედა გვერდითი ზედაპირი, რომელიც ქალასარქველის ქვეშ მდებარეობს, მის მსგავსად თანაბარი ოვალის ფორმისაა, ხოლო ქვედა ზედაპირი, ანუ ფუძე, ქალას ფუძის შესაბამისად უსწორმასწორო რელიეფისაა და მის სამ ფოსოს (წინა, შუა, უკანა) თავის ტვინის მკვეთრად გამოხატული ნაწილები შეესაბამება (შუბლის წილი, საფეთქლის წილი და ნათხემი). თავის ტვინი, როგორც მორფოლოგიური, ისე ფუნქციური ნიშნის მიხედვით იყოფა სამ ძირითად ნაწილად: დიდი ტვინი, ანუ ჰემისფეროები, ტვინის ღერო და პატარა ტვინი, ანუ ნათხემი. ჰემისფეროები ზევიდან მთლიანად ფარავს თავის ტვინის დანარჩენ ნაწილებს. ჰემისფეროები შუა

ხაზზე საგიტალურ სიბრტყეებში გაყოფილია დიდი ტვინის გასწვრივი ნაპრალით, მარჯვენა და მარცხენა ნახევარსფეროებად. მათ შორის კავშირი იქმნება ტვინოვანი ნივთიერების მცირე ნაწილით – ტვინის შესართავებით. მთავარ ასეთ შესართავს ქმნის ენ. კორძიანი სხეული, რომელიც ამავე დროს ტვინის გასწვრივი ნაპრალის ქვედა საზღვარია. პემისფეროების მთელი ზედაპირი დაფარულია კარგად შესამჩნევი შემალლებებით ანუ დიდი ტვინის ხვეულებით და მათ შორის ჩაღრმავებებით, ანუ დიდი ტვინის ღარებით.

ადამიანის ნერვული სისტემა ტოპოგრაფიულად იყოფა ცენტრალურ და პერიფერიულ ნაწილებად. ცენტრალური ნერვული სისტემა შედგება თავისა და ზურგის ტვინისაგან. პერიფერიული ნერვული სისტემა – თავისა და ზურგის ტვინის ნერვებისაგან, ზურგის ტვინთან დაკავშირებულია 31 წყვილი ნერვი, ხოლო თავის ტვინთან – 12 წყვილი ნერვი. გარდა ამისა არსებობს ვეგეტატიური (ავტონომიური) ნერვული სისტემა, რომელიც შედგება სიმპათიკური და პარასიმპათიკური ნაწილებისაგან.

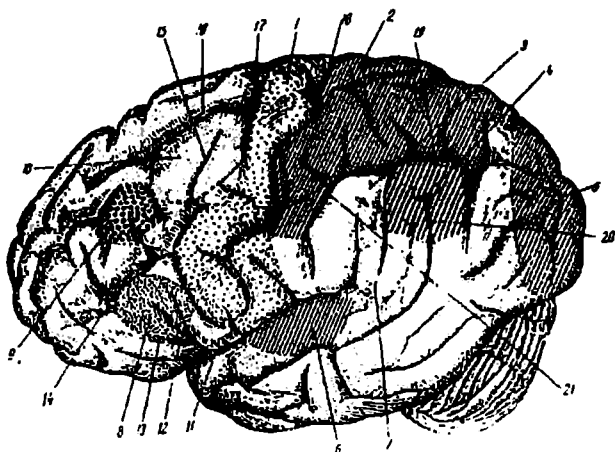
ტვინის ქვედა ზედაპირზე პემისფეროებისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული ტვინის ღერო და ნათხემი გამოირჩევა. ტვინის ღერო ძირითადად კენტი ორგანოებით იქმნება. მის რთულ რელიეფზე, კარგად გამოირჩევა გამსხვილებული წარმონაქმნის სახით ხიდი, რომელიც თავისი ზედაუკანა ნაწილით თითქმის ნათხემშია შეჭრილი, ხოლო უკან და ქვევით მოგრძო ტვინში გრძელდება, თუმცა მისგან კარგად გამოხატული ღარითაა გამოყოფილი. ტვინის ღეროს მთელ სიგრძეზე შეიმჩნევა მისგან გამომავალი თავის ტვინის ნერვების სანყისი ფესვები. ტვინის ქვედა ზედაპირზე ჩანს ნათხემის მხოლოდ ქვედა მხარე და მისი კავშირი ხიდთან და მოგრძო ტვინთან. თავის ტვინის დაყოფა მის შემადგენელ კიდევ უფრო პატარა ნაწილებად ეყრდნობა ემბრიონალური განვითარების პრინციპებს, ვინაიდან თითოეული წარმოდგება სანყისი ბუშტუკისაგან. უკანა ბუშტუკის წინა კედლიდან ვითარდება ხიდი, ხოლო დორსალური კედლიდან – ნათხემი. ხიდში თავმყოფილია თავის ტვინის V-VIII წყვილი ნერვების ბირთვები და რეტიკულური ფორმაციის მრავლობითი უჯრედი, რომლებიც მოგრძო ტვინის ანალოგიური უჯრედების გაგრძელებაა. ნათხემი პირდაპირ კავშირშია ორგანიზმის მოძრაობისა, კოორდინაციისა და გრავიტაციული ზემოქმედების დაძლევის ფუნქციის განვითარებასთან. თავის ტვინის შუა ბუშტუკის წარმონაქმნია შუა ტვინი, რომელიც ტვინის ღეროში ხიდის წინ მდებარეობს მასში, როგორც ტოპოგრაფიულად, ისე ფუნქციურად გამოყოფენ ორ ნაწილს: ტვინის ფესვებს, რომლებიც ძირითადად ზურგისა და თავის ტვინის დამაკავშირებელ (გამტარ) ნერვულ ბოჭკოებს შეიცავენ და შუა ტვინის სა-

ხურავს, რომელშიც მხედველობისა და სმენის ქერქქეშა ბირთვებია განლაგებული.

თავის ტვინის წინა ბუშტუკის უკანა ნაწილიდან ვითარდება შუამდებარე ტვინი, ხოლო წინა ნაწილიდან დასასრული (დიდი) ტვინი. ამავე დროს შუამდებარე ტვინი ტვინის ღეროს საბოლოო მონაკვეთია, როგორც ფუნქციურად, ასევე განვითარების თანმიმდევრობის მიხედვით იყოფა შედარებით ძველ ნაწილად – მხედველობის ბორცვქეშა მიდამოდ – პიპოთალამუსად, რომელიც განაგებს და არეგულირებს ორგანიზმში ვეგეტაციურ ცხოველმყოფელობას და შედარებით ახალ ნაწილად – მხედველობის ტვინად – თალამენცეფალონად, რომელიც აღმავალი, მგრძნობელობითი იმპულსების მიმღები ცენტრია.

პიპოთალამუსი შუამდებარე ტვინის ქვევით და წინ წაზრდილი ნაწილია. ზევით იგი ესაზღვრება მხედველობის ტვინს (მხედველობის ბორცვს), რომლისგანაც მხედველობის ბორცვქეშა ღარით არის გამოყოფილი. უკნიდან მას ესაზღვრება ტვინის ფეხები და უკანა დაცხრილული სუბსტანცია. მხედველობის ტვინი ტოფოგრაფიული და ფუნქციური ნიშნის მიხედვით 3 უბნად იყოფა: I ცენტრალური ნაწილი, ანუ მხედველობის ბორცვი (თალამუსი), II მხედველობის ბორცვუკანა მიდამო (მეტათალამუსი), III მხედველობის ბორცვზედა მიდამო (ეპითალამუსი).

ჰემისფეროების ზედაპირი სხვადასხვა სიღრმის ღარებით დაყოფილია განსხვავებული ფორმის და ოდენობის ტვინის ხვეულებად. ტვინის ღარები (შესაბამისი ხვეულები) მათი ფილოგენეზისა და ონტოგენეზში ჩამოყალიბების შესაბამისად იყოფა პირველად, მეორად და მესამე რიგის ღარებად. პირველადი ღარების საშუალებით ჰემისფეროები იყოფა ხუთს ძირითად მონაკვეთად, ანუ წილად: შუბლის წილი, თხემის წილი, საფეთქლის წილი, კეფის წილი და კუნძულის წილი. ჰემისფეროების წილებად გამყოფი პირველადი ღარებია, მის ზემოგვერდით ზედაპირზე გვერდითი ღარი (სილვიას ღარი) გამოყოფს საფეთქლის წილს შუბლისა და თხემის წილებისაგან. ცენტრალური ღარი (როლანდის ღარი) გამოყოფს შუბლის წილს, თხემის წილს, კეფის განივი ღარი – ნაწილობრივ გამოყოფს კეფის წილს თხემის წილისაგან. ჰემისფეროების მედიალურ ზედაპირზე მნიშვნელოვანია სარტყლის ღარი, რომელიც თხემისა და შუბლის წილებს გამოყოფს სარტყლის ხვეულისაგან და თხემკეფის ღარი, რომელიც თხემის წილს კეფის წილისაგან გამოყოფს.



სურ. 7. ძირითადი ფუნქციური (ანალიზატორული) ბირთვების განლაგება პემისფეროების ხვეულების ქერქში. 1. ჩონჩხის კუნთების მოტორული ცენტრო, 2. კანის მგრძნობელობის ცენტრო, 3. შექენილი ჩვეული მოძრაობების (პრაქსისის) მოტორული ცენტრო, 4. მეტყველების მხედველობითი ცენტრო, 5. მხედველობის ანალიზატორის ცენტრო, 6. სმენითი ანალიზატორის ცენტრო, 7. მეტყველების სმენითი ანალიზატორის ცენტრო, 8. მეტყველების მოტორული ცენტრო, 9. თავისა და თვალების შერწყმული (კოორდინირებული) მოძრაობის ცენტრო, 10. წერითი მეტყველების მოტორული ცენტრო, 11, 12, 13. ტვინის გვერდითი ღარები (11. ლატერალური ღარი, 12. მისი ასწვრივი ტოტი, 13. წინა ტოტი), 14. შუბლის ქვედა ღარი, 15. წინა ცენტრალური ქვედა ღარი, 16. მუცლის ზედა ღარი, 17. წინა ცენტრალური ღარი, 18. ცენტრალური ღარი, 19. თხემთაშუა ღარი, 20. საფეთქლის ზემო ღარი, 21. უკანა ცენტრალური ღარი (ზ. კაციტაძე „ადამიანის ანატომია“).

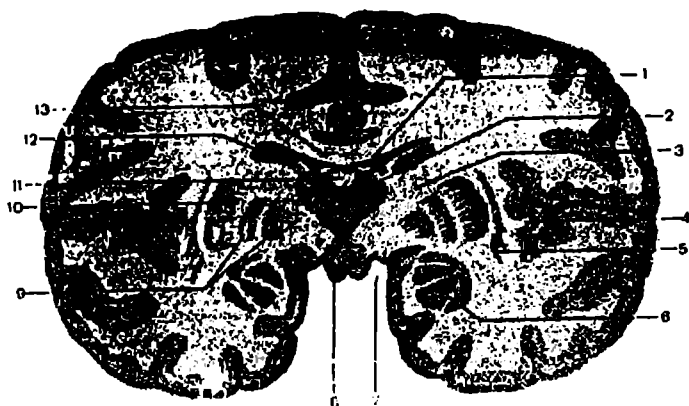
ფუნქციები ქერქში შემდგანიარადაა ლოკალიზებული: წინა ცენტრალურ ხვეულში განლაგებულია მოტორული, ანუ მამოძრავებელი ზონა(1). უკანა ცენტრალურ ხვეულში(2) – კანის მგრძნობელობის ცენტროები (ტემპერატურული, ტკივილის, შეხების, კუნთ-სახსრის მგრძნობელობა, გემოვნება). როგორც მოტორული, ისე სენსორული ცენტროები პროექციულად შებრუნებულად არიან განლაგებული ისე, რომ სხეულის ქვედა ნაწილის ცენტროები ხვეულის ზედა ბოლოშია მოქცეული, ხოლო თავისა და ზედა კიდურებისა – ხვეულის ქვედა ბოლოში.

საფეთქლის ზედა ხვეულში პროეცირდება სმენის ანალიზატორი(6). კეფის წილში – მხედველობის ანალიზატორი(5). შუბლის ქვედა ხვეულის უკანა ნაწილში მეტყველების მოტორული ცენტრო(8),

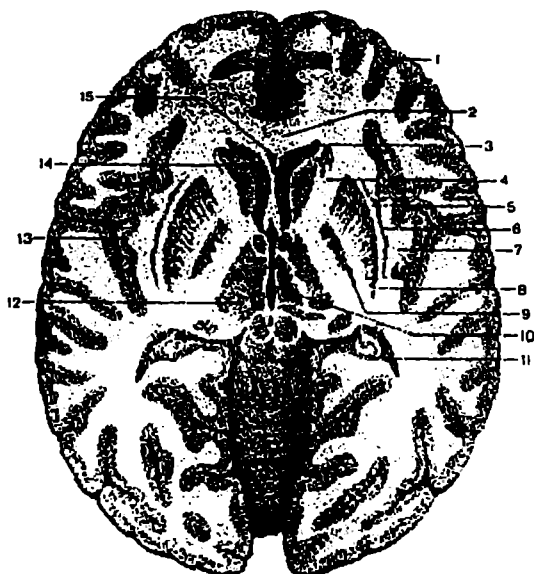
რომელიც კოორდინირებას უწევს სიტყვების გამოთქმას, მისი მოშლა იწვევს მოტორულ აფაზიას – გამოთქმის უნარის დაკარგვას. საფეთქლის ზედა ხვეულის უკანა ნაწილში მდებარეობს მეტყველების სმენითი ანალიზატორი(7), რომლის საშუალებებით ხდება მოსმენილი სიტყვების სწორად აღქმა. მისი მოშლა იწვევს სმენით აფაზიას. შუბლის შუა ხვეულის უკანა ნაწილში მოთავსებულია მეტყველების წერიტი მოტორული ანალიზატორი(10), რომელიც კოორდინაციას უწევს სიტყვებისა და წინადადებების წერით გადმოცემის უნარს. თხემის ქვედა წილაკში მოთავსებულია მეტყველების მხედველობითი ანალიზატორის ცენტრი(4), რომლის საშუალებით შესაძლებელია წაკითხული სიტყვებისა და წინადადებების სწორად აღქმა, მისი მოშლა იწვევს ალექსიას. თხემის ქვედა წილაკში მდებარეობს შეძენილი ჩვეული მოძრაობების (პრაქსისის) მოტორული ცენტრი(3).

ჰემისფეროების ღარის ქვეშ მდებარეობს თავის ტვინის ქერქქვეშა, ანუ ბაზალური ბირთვები, რომელთაც ტვინის ჰორიზონტალურ განაკვეთზე თეთრი ნივთიერების საერთო ფონზე რუხი ფერის განცალკავებული კუნძულების შესახედაობა აქვთ. ბაზალური ბირთვები სამი წყვილია: ზოლიანი სხეული, ნუშისებრი სხეული და ზღუდე.

მნიშვნელოვანი წარმონაქმნია ლიმბური სისტემა, რომელიც აკავშირებს ერთმანეთთან დასასრულ, შუამდებარე და შუა ტვინის ელემენტებს და მათი ერთიანობის საფუძველზე მონაწილეობს სხვადასხვა ვეგეტატიური ფუნქციის რეგულაციაში. განსაკუთრებით დიდია მისი როლი ორგანიზმის შინაგანი გარემოს ერთგვაროვანი დონის შენარჩუნებაში (ჰომეოსტაზი). ლიმბური სისტემა მონაწილეობს ემოციური განწყობისა და ადეკვატური ქცევითი რეაქციების შერჩევასა და განხორციელებაში. ლიმბური სისტემის შემადგენლობაში გაერთიანებულია ჰემისფეროების საყნოსავი ტვინის ელემენტები (სარტყლის ხვეული, ჰიპოკამპი, თალი, სასაზღვრო ზოლი, გამჭვირვალე ძგიდე) და ქერქქვეშა ბირთვები (ნუშისებრი სხეული). ასევე შუამდებარე ტვინის მნიშვნელოვანი ნაწილი (მხედველობის ბორცვები, ჰიპოთალამური არე, დვრილისებრი სხეულები), დვრილმხედველობის ბორცვის კონა. ლიმბური სისტემის ელემენტები გარს ერტყმის მხედველობის ბორცვებს და დაკავშირებულია მათთან გამტარი ბოჭკოებით.



სურ. 8. იგივე ბირთვები პემისფეროების ფრონტალურ განაკვეთზე.
 1. გვერდითი პარაკუჭების სისტემარეგულირებელი ნაწილი, 2. მხედველობის ბორცვი, 3. შიგნითა კაფსულა, 4. კუნძულის ქერქი, 5. ზღუდე, 6. ნუშისებრი სხეული, 7. მხედველობის ტრაქტი, 8. დვრილისებრი სხეული, 9. მკრთალი ბირთვი, 10. ჩენჩო, 11. თალი, 12. კუდიანი ბირთვი, 13. კორპიანი სხეული (ზ. კაციტაძე „ადამიანის ანატომია“).



სურ. 9. თავის ტვინის პორიზონტალური განიკვეთი, ბაზალური ბირთვები.
 1. თავის ტვინის ქერქი, 2. კორპიანი სხეულის მუხლი, 3. გვერდითი პარაკუჭის

ნინა რქა, 4. შიგნითა კაფსულა, 5. გარეთა კაფსულა, 6. ზღუდე, 7. განაპირა კაფსულა, 8. ჩენჩო, 9. მკრთალი ბირთვი, 10. მესამე პარკუჭი, 11. გვერდითი პარკუჭის უკანა რქა, 12. თალამუსი, 13. კუნძულის ქერქი, 14. კუდიანი ბირთვის თავი, 15. გამჭირვალე ძგიდის ღერო (ზ. კაციტაძე „ადამიანის ანატომია“).

ნერვული სისტემა იყოფა ფუნქციურად განსხვავებულ ორ ნაწილად: ანიმალურ და ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემად. ანიმალური ნერვული სისტემა უზრუნველყოფს ჩონჩხის კუნთების მოძრაობით რეაქციას და გარემოდან გაღიზიანების აღქმას, ხოლო ვეგეტატიური ნაწილი აკონტროლებს და არეგულირებს შინაგანი ორგანოების, მათ შორის ჯირკვლებისა და სისხლძარღვების მოქმედებას, ახორციელებს ადაპტაციურ-ტროფიკულ ზემოქმედებას ორგანიზმის ყველა უბანზე.

ვეგეტატიური ცენტროები განლაგებულია თავისა და ზურგის ტვინში, გამოყოფენ ენ. ზესეგმენტურ (უმაღლეს) და სეგმენტურ (დაბალ) ვეგეტატიურ ცენტროებს. ზესეგმენტური ცენტროები განლაგებულია თავის ტვინის პემისფეროების ქერქში, ქერქქვეშა რუხ ნივთიერებაში, დიენცეფალურ (შუამდებარე) ტვინში. ნათხემში, ლიმბური სისტემის ელემენტებსა (ნუშისებრი სხეული) და თავის ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაციის ბირთვებში (დაახლოებით 100-მდე ბირთვი). თავის ტვინის ქერქქვეშა ბირთვებში (ზოლიანი სხეული) განლაგებულია თეორმორეგულაციის, ნერწყვისა და ცრემლის გამოყოფის ცენტროები, ნათხემში კანის ტროფიკის, თმის ამწევი კუნთების, გუგის რეფლექსების ცენტროები. ვეგეტატიურ უმაღლეს ცენტროებს შეიცავს აგრეთვე ლიმბური სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ვეგეტატიური, სომატური და ემოციური რეაქციების ინტეგრირებას. ვეგეტატიური ზესეგმენტური ცენტროები, რომლებიც განლაგებულია ტვინის ღეროს რეტიკულურ ფორმაციაში, მონაწილეობენ სისხლძარღვების ტონუსის, სუნთქვის, გულის მუშაობის, ყლაპვის, ნივთიერებათა ცვლის, ლებინების და სხვა ვეგეტატიურ ფუნქციათა განხორციელებაში.

შუამდებარე (დიენცეფალურ) ტვინში არსებული ვეგეტატიური უმაღლესი ცენტროები არეგულირებს ენდოკრინული სისტემის ორგანოების მოქმედებას.

სეგმენტური ვეგეტატიური ცენტროები განლაგებულია ზურგის ტვინისა და თავის ტვინის ღეროს ნაწილში. ისინი იყოფა მოქმედების ხასიათის მიხედვით – სიმპათიკურ და პარასიმპათიკურ ნაწილებად. დადგენილია, რომ ვეგეტატიურ-რეფლექსური რკალის შეკვრა ხდება არა მარტო ცენტრალურ ნაწილში, არამედ პერიფერიაზეც, სადაც განლაგებულია სიმპათიკური და პარასიმპათიკური ვეგეტატიური კვანძები.

§8. ადამიანის ტვინის მოტორული ცენტრები

მოტორული ფუნქცია. ადამიანის ტვინი, როგორც სხეულის სხვა ნაწილი ზიანდება ტრავმირებულ, სიმსივნეებისაგან და სხვა დაავადებებისაგან, და ხშირად საჭირო ხდება დაზიანებული უბნის გამოკველევა, რათა განისაზღვროს, რომელი სტრუქტურებია ჩართული პროცესში, რა ხასიათისაა პათოლოგიური ცვლილებები, შესწავლილი უნდა იქნას ალგზნებადობა და ტვინში მნიშვნელოვანი ფუნქციების ლოკალიზაცია, რომელთა დაზოგვაა საჭირო ქირურგიული ჩარევისას. ასეთი ხასიათის კვლევებისათვის ახდენენ თავის ქალის ტრეპანაციას ადგილობრივი ანესთეზიის ქვეშ, რაც ქმნიდა ტეგ-ით გამოწვეული ქცევითი და ფსიქიკური რეაქციების შესწავლის შესაძლებლობას. ყველაზე მნიშვნელოვანი შრომები ამ მიმართულებით შესრულებულ იქნა მონრეალში პენფილდისა და მისი თანამშრომლების და აგრეთვე სხვა ნეიროქირურგების მიერ.

მაგრამ გაშიშვლებული ტვინის კვლევას აქვს რიგი არსებითი ნაკლოვანებები. იგი შეზღუდულია ქირურგიული ზემოქმედების ხანგრძლივობის დროით. ელექტროდებს იჭერენ ხელით ისე, რომ ზეწოლა ტვინზე მუდმივად იცვლება. გაშიშვლებული ტვინი განიცდის თერმულ, მექანიკურ და ქიმიურ ტრავმას. ქერქული ცენტრების განლაგება განისაზღვრებოდა მხოლოდ ვიზუალურად, ხოლო ფიზიკური და ფსიქიკური დაძაბულობა, რომელსაც ავადმყოფი განიცდიდა, მხედველობაში არ მიიღებოდა. ჩანერგილი ელექტროდების მეთოდი საშუალებას იძლევა თავიდან აცილებულ იქნას ამ გართულებათა უმრავლესობა. ჩვეულებრივ, რამდენიმე წვრილ ელექტროდს ნერგავენ ტვინის ზედაპირულ ან ღრმა სტრუქტურებში, ხოლო მათი ბოლოები გამოჰყავთ თავის კანზე მცირე სახვევქვეშ. ზოგიერთ ავადმყოფს ელექტროდები ტვინში ჰქონდა ორი წელი და არ იწვევდა არავითარ გვერდით ეფექტს. ელექტროდების ჩანერგვა ხანგრძლივი დროით საშუალებას იძლევა განხორციელდეს დანვრილებითი, დროში შეუზღუდავი დიაგნოსტიკა, და აგრეთვე მრავალჯერადი ელექტრული გაღიზიანების, ან მკაცრად რეგულირებადი ელექტროკოაგულაციის წარმოება დაავადების ხასიათიდან გამომდინარე. გარდა ამისა ამ დროს შესაძლებელია მოვიპოვოთ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია ფსიქიკური და ნეიროფიზიოლოგიური პროცესების ურთიერთქმედებაზე, რაც გვაძლევს წარმოდგენას ადამიანის ქცევის ცერებრალურ მექანიზმებზე.

ტვინის ქერქის შუბლის ნილის წინა ცენტრალური ხეულის ელექტრული გაღიზიანება იწვევს მოძრაობებს სხეულის საპირისპირო მხარეზე. ხელი, ფეხი და სახის ნახევარი სხეულის საპირისპირო მხარეს წარმოდგენილია ცენტრებით, რომლებიც განლაგებულია

ზოგიერთი ორგანო, რომელიც განლაგებულია სხეულის შუა ხაზზე, არ იძლევა მოძრაობას მხოლოდ ერთ საპირისპირო მხარეზე. მათ მიეკუთვნება ყბები, ენა, სახა, სანერწყვე ჯირკვლები. ლეჭვის ცენტრი განლაგებულია ყველაზე დაბლა. ლეჭვა, რომელსაც მიეკუთვნება ნოვითი, საკუთრივ ლეჭვითი და ყლაპვითი მოძრაობები, არის რთული აქტი და იშვიათად შეიძლება მისი გამოწვევა ქერქის როლანდის უბნის გაღიზიანებით. მაგრამ შეიძლება გამოწვევა ქერქის გაღიზიანებით საფეთქლის წილის გვერდით ან სილვიას ღარის სიღრმეში.

ფონაცია წარმოადგენს ავადმყოფის მიერ წარმოებულ ბგერებს, რომელიც გამოიწვევა პირის, სახის, ხორხისა და სუნთქვი კუნთების სიმეტრიული შეკუმშვით. თავდაპირველად პენფილდსა და მის თანამშრომლებს შეექმნათ შთაბეჭდილება, რომ ფონაციის ცენტრს აქვს მუდმივი ლოკალიზაცია ქუთუთოებისა და ტუჩების მოძრაობის ცენტრებს შორის. მაგრამ შემდგომმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ თუმცა რეაქცია ყოველ ცალკეულ ავადმყოფში გამოიწვევა ჩვეულებრივ მცირე ზონიდან, ეს ზონა შეიძლება განლაგებული იყოს ხან ზემოთ, ხან ქვემოთ ტუჩების ცენტრის და ენის ცენტრის ქვემოთაც კი.

სუნთქვის რეგულაცია არ არის ჩართული სენზომოტორული უბნის მოტორული რეაქციების თანმიმდევრულ რიგში, მაგრამ მიუხედავად ამისა ზოგჯერ შეიძლება სუნთქვის სრული შეჩერების გამოწვევა ამ უბნის ქვედა განყოფილების გაღიზიანებით. ეს მოსალოდნელი იყო, რადგან სუნთქვა ყლაპვის დროს მუხრუჭდება, და აგრეთვე იმიტომაც, რომ სუნთქვითი აპარატი გამოიყენება ფონაციისათვის.

ფიგურაზე (II) ნაჩვენებია მოტორული რეაქციების თანაფარდობა, რომლებიც წარმოიშობა წინა და უკანა ცენტრალური ხვეულების გაღიზიანებისას.

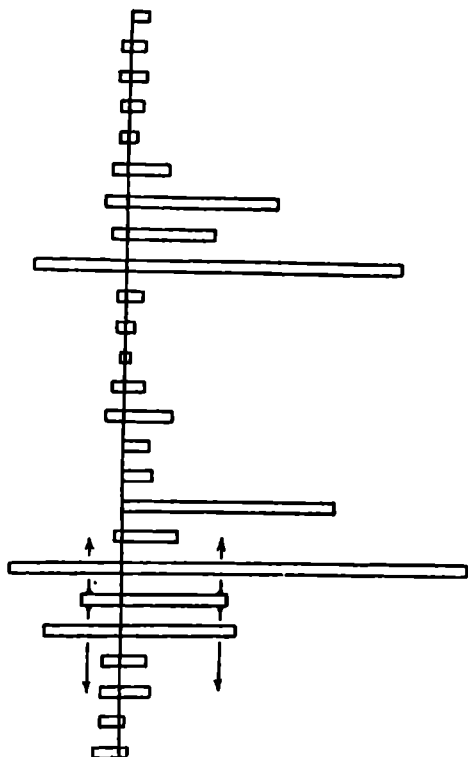
განივი ზოლები გვიჩვენებს რეაქციების რიცხვს და ქერქის უბნის სიგრძეს, რომლიდანაც შეიძლება მივიღოთ გარკვეული სახსრის ან კიდურის მოძრაობა. ასე, მაგალითად იდაყვის სახსრის მოძრაობა მიიღება წინა ცენტრალური ხვეულის გაღიზიანებისას 7-ჯერ უფრო ხშირად, ვიდრე უკანა გაღიზიანებისას. მტევნის მოძრაობა, რომლის ცენტრი როლანდის უბნის დიდ უბანს იკავებს, გამოიწვევა წინა ცენტრალური ხვეულის გაღიზიანებისას 3-ჯერ უფრო ხშირად, ვიდრე უკანას გაღიზიანებისას. კისრის, შუბლის, ქუთუთოების და უბების მოძრაობა საერთოდ არ წარმოიშობა უკანა ცენტრალური ხვეულის გაღიზიანებისას. ენას და სახას აქვს თანაბარი მოტორული წარმომადგენლობა როგორც წინა, ისე უკანა ცენტრალურ ხვეულში. მეორე მხრივ, ნერწყვის დენა უფრო ხშირად გამოიწვევა უკანა ცენტრალური ხვეულის გაღიზიანებისას.

უკანა ცენტრალური
ხვეული

როლანდის ღარი

წინა ცენტრალური
ხვეული

ფეხის თითები
წვივი
მუხლი
ბარძაყი
ზურგი
მხარი
იდაყვი
მაჯა
მტევანი
ნეკა თითი
უსახელო თითი
შუა თითი
საჩვენებელი თითი
დიდი თითი
კისერი
წარბები
ქუთუთოები
სახე
ტუჩები
ფონაცია
ყბა
ენა
ნერწყვის გამოყოფა
ღეჭვა



სურ. 11. მარჯვენა ნახევარში მოტორული წარმომადგენლობის თანმიმდევ-
რობის სქემა (პენფილდი და რასმუსენი 1950). მართკუთხედის სიგრძე გვიჩვე-
ნებს მოტორული რეაქციების ზოგად და შეფარდებითი რეაქციების რიცხვს
სხეულის ყოველი ნაწილისათვის ქერქის გაღიზიანებისას როლანდის ღარს
წინიდან და უკნიდან.

თუკი განვიხილავთ ყველა მოტორულ რეაქციას, მათი 80% შეიმ-
ჩნევა წინა ცენტრალური ხვეულის გაღიზიანებისას, ხოლო 20% –
უკანას გაღიზიანებისას. რეაქციების ჩვეულებრივი თანმიმდევრობა
დამოუკიდებელია იმისაგან, აღიზიანებენ თუ არა წინა ცენტრალური
ხვეულის კიდეს გიგანტური პირამიდული უჯრედების უბანში, ან მის
წინ წინა ცენტრალური ხვეულის ზედაპირს, ან უკან – უკანა ცენტრა-

ლური ხვეულის ზედაპირს. პენფილდი ალიზიანებდა წინა ცენტრალური ხვეულის გარე ზედაპირს და კიდეს უკანა ხვეულის რეზექციისას და პირიქით, ალიზიანებდა უკანა ხვეულს, წინას რეზექციისას მოძრაობითი საპასუხო რეაქციების ხასიათი იყო ყოველთვის ერთნაირი, სადაც არ უნდა ყოფილიყო გალიზიანება ქერქის როლანდის უბნის საზღვრებში. ამიტომ ცხადია, რომ მოტორული ერთეულები განლაგებულია ჰორიზონტალურ სიბრტყეებად, რომლებიც გადაკვეთენ როლანდის ღარს და ვრცელდებიან თითოეულ ცენტრალურ ხვეულზე.

მაგრამ თითოეული წარმომადგენლობა არამკვეთრადაა გამოყოფილი მეზობლისაგან. ნერტილის გალიზიანება პატარა ელექტროდით ხშირად იწვევს მიმდებარე ცენტრის აქტიურობას. მაგალითად ფეხის თითები და მუხლი, წინა მხარი და მტევანი ან ქუთუთოები და პირი. ძალიან იშვიათად შეინიშნება ხელისა და ფეხის, ან სახის და ხელის მოძრაობა ერთდროულად. ეს ზონები, რომლებიც პასუხს აგებენ ხელის, ფეხის და სახის მოძრაობაზე, ერთმანეთისაგან დაშორებულია უფრო მეტად, ვიდრე ხელის, ფეხის და სახის ამა თუ იმ მოძრაობის ცენტრები, ცალცალკე წარმოდგენილი თითოეული ზონის შიგნით.

წინა ცენტრალურ ხვეულში ხელის ცენტრის ამოკვეთის შემდეგ ერთ-ერთ ავადმყოფს სრული მონოპლევია განუვითარდა, რომელიც ექვს თვეს გაგრძელდა. ამ დროის განმავლობაში აღდგა მხრის, იდაყვის, სახსარის და მტევნის მოძრაობა, მაგრამ არა თითების ზუსტი მოძრაობა. მეორე ოპერაციისას უკანა ცენტრალური ხვეულის გალიზიანებისას მიიღებოდა უხეში მოძრაობები. ეს ფაქტები პარადოქსალური ჩანს. მოძრაობები, რომლებიც წარმოდგენილია წინა ცენტრალურ ხვეულში, რადგან ისინი გამოიწვევა მისი გალიზიანებით, არ ქრება ხვეულის ამოკვეთის შემდეგ. მეორე მხრივ, საპირისპირო მხარის კიდურების შეძენილი ზუსტი მოძრაობები, რომლებიც ალბათ საერთოდ არაა ხვეულში წარმოდგენილი, ქრება მისი ამოკვეთისას სამუდამოდ.

ამის წინააღმდეგობის ახსნა შესაძლებელია სიტყვა „წარმომადგენლობის“ განსაზღვრისას. ჩვეულებრივი ნებელობითი აქტის დროს წინა ცენტრალურ ხვეულზე ზემოქმედებს დროში და სივრცეში კარგად კოორდინირებული ნერვული იმპულსები ნეირონული ინტეგრაციის უფრო მაღალი დონიდან. ნებელობითი მოქმედება და მოძრაობა არ არის წინა ცენტრალურ ხვეულში არსებული ნეირონული კომპლექსის აქტივაციის შედეგი. შეიძლება ითქვას, რომ მოქმედების ფორმა განისაზღვრება იმპულსების სერიით, რომელიც მიდის ხვეულში სხვა უბნებიდან. როცა ცენტრალური ხვეულის რომელიმე ნერტილს დაადებენ ელექტროდს, მიიღება მოძრაობა, მაგალითად საპირისპირო მხარის ხელის მოძრაობა. მაგრამ ამ ამოძრაობის არსე-

ბოზა მიუთითებს იმაზე, რომ ხვეულის ნაწილი მიერთებულია ბულობო-სპინალურ ნეირონულ მექანიზმთან, რომელიც მეტწილად არეგულირებს ხელის და არა სხვა ორგანოს მოძარობას.

შესაბამისად ხელის ნებელობითი მოძარობისას იმპულსები მოდის წინა ცენტრალური ხვეულის შესაბამის უბანში ტვინის ღეროს წინა განყოფილების ცენტრენცეფალური სისტემიდან და აქ გადაერთება დაღმავალ გზებზე. წინა ცენტრალური ხვეული არის სადგური, რომელსაც მრავალი გზა გაივლის.

ყოველი ნახევარსფეროს შიგა ზედაპირზე განლაგებულია დამატებითი მოტორული ზონა. იგი იფარგლება ქვემოდან სარტყლისებრი ღარიტ, უკნიდან გამოყოფილია როლანდის მოტორული ზონიდან ვინრო ზოლიტ, რომელიც უკავია ვერტიკალურ ხვეულს.

დამატებითი მოტორული უბნის გაღიზიანება ინვეეს სხეულის მოძრაობას, რომელიც შეიძლება აღინეროს, როგორც პოზის მიღება. ხშირად ეს არის პოზა, რომლის დროსაც საპირისპირო მხარეს ხელი აწეულია, თავი მიბრუნებულია ხელისაკენ. გარდა ამისა შეინიშნება რთული ან რიტმული მოძარობა, რომელიც აგრეთვე არ იზღუდება საპირისპირო მხარის კიდურებით, და ერთი კიდურის იზოლირებული მოძრაობა შეიძლება იყოს უფრო ზოგადი მოძრაობის ნაწილი.

გაღიზიანება ინვეეს ფონაციას. წარმოქმნილი ხმიანობა ჰგავს როლანდის უბნის გაღიზიანებით გამოწვეულ ხმიანობას, მაგრამ ხშირად არის რიტმული და წყვეტილი. ის არის უფრო რთული და ხანდახან გვაგონებს სიტყვებს, მაგ.: „კატა, კატა, უატა, უატა“. ან ავადმყოფი აგრძელებს სიტყვის გამეორებას, რომელიც წარმოთქვა გაღიზიანების დროს.

გაღიზიანებას შეუძლია გამოინვიოს ნებელობითი მოძრაობის ან მეტყველების შეწელება ან სრული შეწყვეტა აშკარა აქტიური მოტორული ეფექტის გარეშე.

გაღიზიანებას შეუძლია გამოინვიოს შეგრძნებები მთელ სხეულში. ის, ეტყობა დაკავშირებული ვეგეტატიური ნერვული სისტემის რომელიღაც მოქმედებასთან. მაგალიტად ავადმყოფი გრძნობს სისხლის მოწოლას, გულისცემას ან დისკომფორტს მუცელში.

და ბოლოს, გაღიზიანებამ გამოინვია გუგის სიდიდის ცვლილება და ერთ შემთხვევაში გულის რიტმის აჩქარება.

§9. ადამიანის ტვინის სენსორული ცენტრები

უკანა ცენტრალური ხვეული თამაშობს არსებით როლს ცალკეული ელემენტების სომატური მგრძნობელობის აღქმაში. სტერეოგნოზია წარმოადგენს დისკრიმინატიულ მგრძნობელობას, რომელსაც

აქვს წარმომადგენლობა თავის ტვინის ქერქში, მაშინ როცა ტკივილის და ტემპერატურის ალქმა შემოიფარგლება გზებით, რომლებიც ბოლოვდება მხედველობის ბორცვში ქერქის არსებითი მონაწილეობის გარეშე. უბრალო შეხების შეგრძნებაც არ არის დამოკიდებული მხოლოდ სენსომოტორულ ქერქზე. ქერქში არსებობს, მგრძნობელობის ისეთი ელემენტების წარმომადგენლობა, რომლებიც აუცილებელია ზუსტი მოძრაობებისათვის – ნერტილის ლოკალიზაციის შეგრძნება, ორი ნერტილის განსხვავების (სივრცული) შეგრძნება, მდებარეობისა და მოძრაობის შეგრძნება (კუნთოვან-სახსროვანი გრძნობა). ეს ელემენტები აუცილებელია სტერეოგნოზისათვის, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს როგორც საგნის ფორმისა და ბუნების აღქმის საშუალება ტაქტილური შეგრძნების დახმარებით. უკანა ცენტრალური ხვეულის უბნის ამოკვეთა, რომელიც ხელის წარმომადგენლობას შეესაბამება, იწვევს ხელში ასტერეოგნოზს. ავადმყოფს უკვე აღარ შეუძლია გამოიცნოს საგნების ფორმა ან ზედაპირის ხასიათი ხელის საშუალებით.

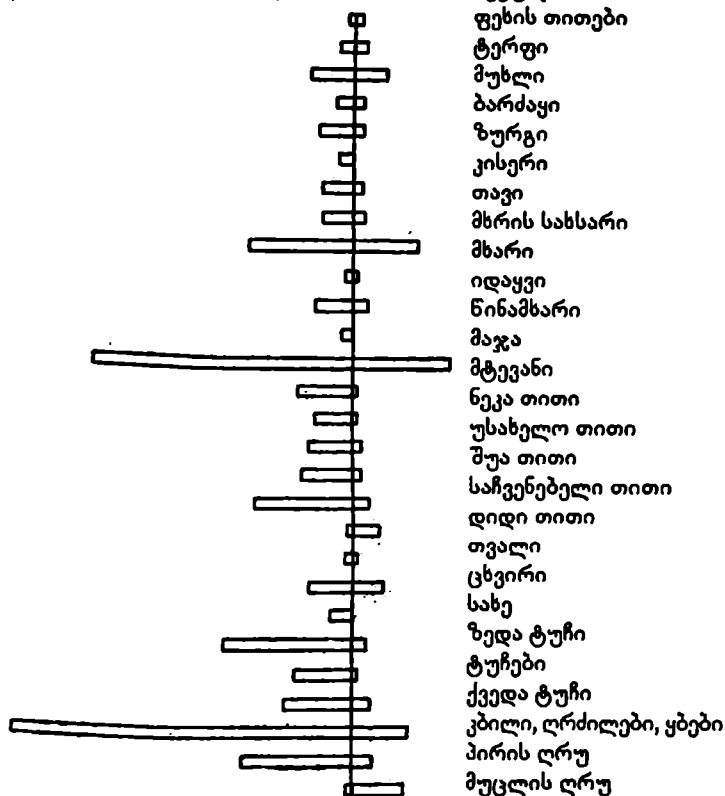
მოცემულ ფიგურაზე შეიძლება ვნახოთ სენსორული წარმომადგენლობის თანმიმდევრობა ჭერზე ზევიდან ქვემოთ. იგი შეესაბამება მოტორული წარმომადგენლობის თანმიმდევრობას.

სენსორული წარმომადგენლობა განლაგებულია შემდგომი თანმიმდევრობით – ტანის, კისრის, თავის ქალას რბილი ქსოვილების. შემდგომ ზედა კიდურების, შუბლის, სახის, ტუჩებისა და ყბების. ტუჩების წარმომადგენლობის შემდგომ მოდის პირის და სახის. ადამიანის თავის ტვინის ქერქში არის აგრეთვე სომატური სენზორული წარმომადგენლობის მეორადი უბანი. იგი განლაგებულია სილვიას ღარის ზემოთ. ამ უბნის ელექტრული დაზიანებისას წარმოქმნილი შეგრძნებები ავადმყოფების მიერ აღინერება, როგორც გაშეშება, ჟრუანტელი, „მოძრაობის გრძნობა“. ავადმყოფს უჩნდება სურვილი გააკეთოს მოძრაობა, მაგრამ ამაში ხელს უშლის ამ კიდურის ნებელობითი რეგულაციის შეკავება. მაგ. ავადმყოფები მიუთითებდნენ: „გამიჩნდა ადგომის სურვილი“, ფეხს „უნდა გაიმართოს“, მაგრამ მოულოდნელად ჩნდება შეგრძნება, რომ „არ არის ძალა კიდურში“, ან ავადმყოფი ამბობს, რომ მან „დაკარგა“ ფეხი, „ფეხი გაქრა“.

უკანა ცენტრალური
ხვეული

როლანდის
ლარი

წინა ცენტრალური
ხვეული



სურ. 12. მარჯვენა ნახევარსფეროში სენზორული წარმომადგენლობის სქემა (პენზილდი რასმუსენი 1950); მართკუთხელის სიგრძე გვიჩვენებს ქერქის როლანდის ღარის წინ და უკან გაღიზიანების ზოგადი და შეფარდებითი რეაქციების რიცხვს.

ქერქსა და ქერქქვეშა სისტემებს შორის კავშირის არსებობა ნაჩვენებია მრავალრიცხოვან ანატომიურ და ფიზიოლოგიურ გამოკვლევებში, რომლებიც ჩატარდა ძირითადად ძუძუმწოვრებზე და ცალკეულ შემთხვევებში ადამიანებზე. მხედველობის ბორცვის ბირთვებში, რომლებშიც მთავრდება სომატური აფერენტული გზები,

არსებობს მკაცრად განსაზღვრული ტოპოგრაფიული შეფარდებები უკანა ცენტრალურ ხვეულში კარგად ლოკალიზებული პროექციების საფუძველზე. მეორად სომატურ სენსორულ უბანს, რომელიც განლაგებულია როლანდის ღარის ქვეშ და ვრცელდება სილვიას ღარის ზედა კიდედმდე, აქვს წარმომადგენლობა მხედველობის ბორცვის ქვედა ბირთვულ კომპლექსში. სენსორული შეგრძნებები, რომლებიც გამოიწვევა ტვინის ღრმა წარმონაქმნების ელექტრული გაღიზიანებით, შეიძლება კლასიფიცირდეს როგორც მათი მოდალობით (მხედველობითი, სმენითი, სომატოსენსორული, ვისცეროსენსორული), ისე სირთულის ხარისხის მიხედვით: ელემენტარული, ფოსფენის ტიპის, აუდენები, პარასთეზიები ან რთული ილუზიებისა და პალუცინაციების სახით.

გამოყოფენ ენ. არტიფიციალურ შეგრძნებებს, რომელთაც ავადმყოფები განსაზღვრავენ როგორც რალაც უცხოვს, ადრე არ განცდილს. მაგ: ფოსფენები, პარასთეზიები და შეგრძნებები, რომლებიც ჰგავდა ნამდვილს, ცნობილს ავადმყოფისათვის წინა გამოცდილებით: ტკივილი, სიცივე, სითბო, ზენოლა, გაჭიმვა. გარდა ამისა, შეიძლება წარმოიქმნას გაურკვეველი შეგრძნებები, რომლებიც ავადმყოფს უჭირს სიტყვებით გადმოსცეს. საფეთქლის მედიობაზალური განყოფილების ელექტრული გაღიზიანებით გამოწვეული მხედველობითი შეგრძნებები შეიძლება აიხსნას არა ელექტრული გაღიზიანების გავრცელებით მხედველობის ტრაქტზე ან ოპტიკურ რადიაციებზე, არამედ მასტიმულირებელი სტრუქტურების უშუალო მონანილობით მხედველობითი ინფორმაციის გადამუშავებაში და მის გამოტანაში ხანგრძლივი მესხიერებიდან.

ელექტრული გაღიზიანებით გამოწვეული მხედველობითი შეგრძნებები შეიძლება დაიყოს 4 ჯგუფად: 1) მხედველობითი პალუცინაციები, 2) გაურკვეველი ხასიათის შეგრძნებები გარე სამყაროში ზუსტი პროექციის გარეშე, 3) ფოსფენები, რომლებიც პროეცირდება მხედველობის ველის გარკვეულ უბანში და 4) მხედველობის ველის უბნის გამოვარდნა. ეფექტების პირველი ორი ჯგუფი ვითარდება საფეთქლის მედიობაზალური სტრუქტურების ელექტრული გაღიზიანებისას, ბოლო ორი ოპტიკური რადიაციის ელექტრული გაღიზიანებით.

აღწერილია „სხეულის სქემის“ დარღვევის რამდენიმე სახეობა. ელექტრული გაღიზიანების კონტრალატერალურ მხარეზე კიდურების ცალკეული ნაწილების აღქმის დარღვევა აღინიშნებოდა თალამუსის უკანა ვენტრალურ ბირთვზე ზემოქმედებისას, მაშინ, როცა შუამდებარე ცენტრის, თალამუსის ვენტროლატერალური ბირთვის, ნუშისებრი სხეულისა და ჰიპოკამპის ელექტრული გაღიზიანება იწვევდა უწონადობის, ან სიმძიმის, ან სხეულის ზომის შეცვლის შეგ-

რძნებას. უკანა ვენტრალური, ვენტროლატერალური თალამური ბირთვების, მკრთალი ბირთვისა და შინაგანი კაფსულის მიმდებარე უბნების სტიმულაციისას ირლვეოდა მარჯვენა-მარცხენა ორიენტირება, რასაც ხშირად თან ერთვოდა თითების აგნოზიისა და აფაზიის ელემენტები.

ტვინის ღრმა სტრუქტურების ელექტრული გაღიზიანებისას წარმოქმნილი მეტყველების დეფექტები ძირითადად შეისწავლებოდა ჰიპერკინეზით დაავადებულებში, რომელთაც მოძრაობითი დარღვევების სინდრომებში ჩართული აქვს დიზართრიისა და დისფაზიის სხვადასხვა ელემენტები: მეტყველების ტემპის შენელება, მისი აბნეულობა, ხმის მოყრუება სრულ გაქრობამდე, სკანდირება. საკმაოდ ხშირად აღწერენ მეტყველების შეწყვეტას, ე.წ. მიმდინარე მეტყველებითი მოქმედების მოულოდნელ შესვენებას ელექტრული დენის ჩართვის შემდეგ, რაც შეიძლება სხვადასხვა მიზეზთან იყოს დაკავშირებული. უმეტეს შემთხვევაში მეტყველებითი პროდუქციის შეწყვეტა არის მეორადი მეტყველების ცენტრალურ მექანიზმთან მიმართებაში. ეს შეიძლება იყოს მოტორული ეფექტის შედეგი, რომელიც ითრევს ორალურ კუნთებს და აძნელებს მეტყველებას შინაგანი კაფსულის პირამიდული გზების და ქერქქეშა კვანძების პარაკაფსულარული უბნების ელექტრული გაღიზიანებისას. სხვა შემთხვევებში მეტყველების შეწყვეტის მიზეზი არის უკანა ვენტრალური ბირთვის, თალამუსის შუამდებარე ცენტრისა და სხვა სტრუქტურების ელექტრული გაღიზიანებისას წარმოქმნილი სენსორული ან ვისცეროსენსორული რეაქციები, რომლებზედაც ერთვება პაციენტის ყურადღება, მაგრამ არის მეტყველებითი მოქმედების შეწყვეტის ცალკეული შემთხვევები, რომელთა წარმოშობის მექანიზმი შეიძლება ჩაითვალოს პირველადად. მაგალითად კუდიანი ბირთვის ელექტრულმა გაღიზიანებამ შეიძლება გააძლიეროს მისი შეკავებითი ფუნქცია, ხოლო თალამუსის ვენტროლატერალური ბირთვის, შუამდებარე ცენტრისა და ლეროს მეზენცეფალური უბნების ელექტრულმა გაღიზიანებამ მოახდინოს მოტორულ და პრეფონტალურ ქერქზე მათი მოდულირებადი გავლენის დეზინტეგრაცია. შედეგად, ნათელი ცნობიერების შენარჩუნების პირობებში აუადმყოფს არ შეუძლია განძრევა და სიტყვის წარმოთქმა სტიმულაციის დროს და მის შემდეგ გარკვეული პერიოდი.

ვეგეტატიური რეაქციები. ვეგეტატიური ნერვული სისტემის წარმომადგენლობა ლოკალიზებულია III პარკუჭის უბანში, ძირითადად ჰიპოთალამუსში და თავის ტვინის ქერქში, მაგ: ნერწყვის გამოყოფა არის ვეგეტატიური და უნებლიე აქტი, რომელსაც არ მიეკუთვნება სომატურ მოძრაობებს, როგორიცაა ენის და ხახის მოძრაობა, მაგრამ მათი ლოკალიზაციის ადგილი ერთია – სილვიას ღარი. გემოს აქვს წარმომადგენლობა სილვიას ღარის ზედა კიდის კუნძულთან შეერ-

თების ადგილას. გემოვნების წარმომადგენლობაზე ქერქში არის მრავალი ვარაუდი კლინიცისტების მხრიდან. ბერნშტეინი (1940) თვლის, რომ გემოვნების წარმომადგენლობა ლოკალიზებულია უკანა ცენტრალური ხვეულის სახურავში და არა პიპოკამპში. პატონმა, რაჩმა და უოლკერმა (1944) ექსპერიმენტულად დაამტკიცეს, რომ გემოვნების ნერვული ბოჭკოები ანასტომოზირებენ მხედველობის ბორცვში (უკანა ქვედა ბირთვებში) ბოჭკოებთან, რომლებშიც მოდის სომატოსენზორული იმპულსები სახიდან, პირიდან, ენიდან.

შესაბამისი უბნების ელექტრული გალიზიანებისას, ავადმყოფები აღნიშნავენ, რომ გრძნობენ ცუდ, უსიამოვნო, მწარე ან გაურკვეველ გემოს. ერთ-ერთმა ავადმყოფმა აღნიშნა: „ისეთი შეგრძნება მაქვს, რომ პირში ქინაქინია, ეს მწარე გემოა“. მეზობელი ნერტილის გალიზიანებამ ნერწყვის გამოყოფა გამოიწვია. ავადმყოფმა თქვა, რომ მან გადაყლაპა, რათა თავიდან მოეშორებინა ნერწყვი. ეს ამტკიცებს, რომ გემოვნების ცენტრი ლოკალიზებულია ნერწყვის გამოყოფის ცენტრის გვერდით. კუნძულზე არის ალბათ კუჭ-ნაწლავის წარმომადგენლობა, რადგან ამ უბნის გალიზიანება იწვევს სხვადასხვა ხასიათის შეგრძნებებს მუცლის არეში. მაგ: ლებინებას, ჭიპის ირგვლივ შეგრძნებას, ყურყურს, ბოცინს, დეფეკაციის სურვილს.

ჰიპოთალამუსის რუხ ნივთიერებაში ლოკალიზებულია ნერწყვის დენის, ცრემლდენის, გუგების ცვლილების, გულის რიტმის გაზიარების, სუნთქვის ვაზომოტორული ცვლილების, არტერიული წნევისა და კანკალის ინტენსიური რეგულაციის ცენტრები.

ჰემისფეროების ქვედა (ფუძის) ზედაპირი შედარებით რთული ფორმისაა, მისი წინა ნაწილის ხვეულებს შორის დამატებითი წარმონაქმნების სახით გამოირჩევა საყნოსავი ტრაქტი, რომელიც წინიდან გამსხვილებული საყნოსავი ბოლქვით იწყება. საყნოსავი ბოლქვის ელექტრული გალიზიანება იწვევს ცნობიერებაში მყოფ ადამიანში რალაც სურნელის შეგრძნებას. სუნი მუდამ არასასიამოვნოა. მისი შედარება შეიძლება დამწვარი რეზინის სურნელთან. ერთ ახალგაზრდა ქალს, რომელიც სოფლიდან ჩამოვიდა, უღიზიანებდნენ საყნოსავ ბოლქვს და ჰკითხეს, რას გრძნობდა. მან უპასუხა: „ჰგავს ლობის ძირს დაყრილი ნაკელის სუნს“.

სმენითი შეგრძნებები ჩნდება საფეთქლის ზედა ხვეულის ვინრო ზონაში, რომელიც სილივას ღარის უკანა მესამედის კიდეზეა. მიღებული სმენითი რეაქციების სისტემატიზაციისას აღმოჩნდა, რომ ავადმყოფების მიერ აღწერილობა ძალიან მრავალფეროვანია: რეკვა, წკრიალი, შიშინი, ბზუილი, კაკუნი, გრუხუნი, კივილი. ხშიანობა ჰგავდა კალიის ჭრიჭინს, ქარის ხმაურს ხეებში, ორთქმავლის კივილს, კარის ჯახუნს და ა.შ. ზოგჯერ ავადმყოფი აღნიშნავდა, რომ

მას ცუდად ესმის ან ჩვეულებრივი ხმიანობა ელექტრული გაღიზიანებისას იცვლება.

ვერ დადგინდა მაღალი და დაბალი ტონების განსაკუთრებული ლოკალიზაცია, თუმცა ცხოველებზე ცდები უჩვენებენ, რომ ასეთი ლოკალიზაცია არსებობს.

ავადმყოფები მიაკუთვნებენ ხმიანობას უფრო ხშირად საპირისპირო მხარის ყურს. ზოგჯერ ისინი ამბობენ, რომ ხმაური ისმის ორივე ყურში. ხანდახან გაღიზიანება ხმაურის ნაცვლად დაყრუებას იწვევს.

სმენითი უბნის გაღიზიანებისას რეაქციები ელემენტარულია. ავადმყოფს არასოდეს არ ესმის სიტყვები ან ხმები. მას ესმის მუდმივი ან განმეორებადი ხმაური, მაღალი ან დაბალი.

ილუზორული ალქმა, მაგალითად ისეთი, რომლის დროსაც იქმნება შთაბეჭდილება, რომ შეიცვალა მანძილი ხმიანობის წყარომდე ან ტონის სიმაღლე, ასევე წარმოიშობა საფეთქლის წილის გაღიზიანებისას, მაგრამ გამოიწვევა ქერქის სხვა უბნებიდანაც. ეს მოვლენა წარმოადგენს ალქმის ილუზიას და ისინი მიეკუთვნება ფსიქიკური მოვლენების ჯგუფს და არა შეგრძნებების ჯგუფს.

§10. ფსიქიკური პროცესების მართვა

მეხსიერება. ნერვულ სისტემაში ფსიქიკური პროცესები, ისევე როგორც ფიზიკური, შეიძლება იყოს მხოლოდ მოტორული და სენზორული ნერვების რთული კომბინაციების ფუნქცია. მეხსიერება გამოიხატება ადამიანის უნარში გაიხსენოს წინანდელი გამოცდილება, წინა აზრები და მოახდინოს განზოგადება. ქერქს, რომელიც ფარავს ადამიანის თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების საფეთქლის წილს, აქვს ბევრად უფრო დიდი მოცულობა, ვიდრე ცხოველისას. ნეირონული კომპლექსები, რომლებიც მეხსიერების საფუძველს შეადგენენ, განლაგებულნი არიან საფეთქლის წილის ზედა, გვერდითა და ქვედა ზედაპირზე.

საფეთქლის წილის ქერქის ელექტრული გაღიზიანება იწვევს ავადმყოფში რალაც მოგონებებს, მაგალითად, სიმღერას, რომელიც ავადმყოფს მოუხმენია. სიმღერას ავადმყოფი ისმენს თავიდან ბოლომდე. შეგრძნება ავადმყოფს ეჩვენება უფრო სიზმრად, ვიდრე მოგონებად. მაგრამ ეს არის სიზმარი, სადაც ავადმყოფი ხედავს ნაცნობ ადგილებს და ესაუბრება კარგად ნაცნობ ადამიანებს. ასეთი ჰალუცინაციები, მოგონებები ან სიზმრები მიმდინარეობს მანამ, სანამ გრძელდება გაღიზიანება. როგორც კი ელექტროდს მოაშორებენ, ისინი მაშინათვე მთავრდება.

ავადმყოფებში აღინიშნებოდა შემდგომი მოვლენები: 1) ილუზიები (მხედველობითი, სმენითი, ვესტიბულარული, ცნობის ილუზიები, დეჟავიუ, არარეალობის და დაშორების შეგრძნება). 2) ემოციები (მართობის გრძნობა, შიში, წუხილი). 3) პალუცინაციები (ნათელი მოგონებები ან სიზმრები, ისეთივე რთული, როგორც რეალური შეგრძნებები). 4) აკვიატებული იდეები (სტერეოტიპური აზრები). მოვლენების პირველი სამი ჯგუფი წარმოიშობა ტვინის სხვადასხვა ღრმა სტრუქტურების ელექტრული გაღიზიანებისას. ყველაზე ხშირად წარმოიშობა ცნობის ილუზია, ან დეჟავიუ, რომლისთვისაც დამახასიათებელია გაკვირვების რეაქცია, ლაპარაკის შეწყვეტა და მოულოდნელი სპონტანური განცხადება, რომ ახლა მოხდა რაღაც არაჩვეულებრივი რამ. ერთ-ერთმა ავადმყოფმა ელექტრული გაღიზიანების შემდეგ განაცხადა, რომ: „მე მეჩვენება, რომ ვიღაცამ უკვე მითხრა ერთხელ იგივე“. მეორე ავადმყოფი, რომელიც შუბლის წილის ქვედა ზედაპირის გაღიზიანების შემდეგ პასუხობდა ექიმის შეკითხვას, მოულოდნელად დადუმდა, შემდეგ კი თქვა: „მე ვფიქრობ ვიღაცა უკვე მეკითხებოდა ადრე ამის შესახებ“. ყველა შემთხვევაში ავადმყოფებს ჰქონდათ შეგრძნება, სიტყვები, აზრები ან სიტუაცია აგონებდათ ადრე განცდილს. ახალი აღქმები არ წარმოიშობოდა, უბრალოდ ახალი ინფორმაცია ინტერპრეტირდებოდა, როგორც ნაცნობი. ამ ილუზიების გაჩენისას ავადმყოფი არ გრძნობდა შიშს. ეს იყო დაინტერესებული გაკვირვების რეაქცია, საკმაოდ სასიამოვნო და გასართობი ხასიათის, ავადმყოფი ხალისდებოდა და ხდებოდა უფრო კომუნიკაბელური. მას ერთი სული ჰქონდა ეცნობებინა, რომ ამის მსგავსი წინათაც გადახდენია, და სიტყვას „წინათ“ ხმარობდნენ ყველა ავადმყოფები, როცა აღწერდნენ თავის შეგრძნებებს.

უნდა იქნას ხაზგასმული ერთ განსხვავებაზე გახსენებასა და მეტყველების მექანიზმს შორის. მეხსიერება სიტყვებზე, სავარაუდოდ დამოკიდებულია მექანიზმზე, რომელიც რთავს მეტყველების ქერქულ ცენტრებს დომინირებად ნახევარსფეროში. მეტყველების ფუნქციის სირთულის გამო მის განხორციელებაში მონაწილეობს ქერქის არა ვიწროდ ლოკალიზებული რომელიმე ცენტრი, არამედ ქერქის საკმაოდ ვრცელი მონაკვეთი. ამავდროს ხელმარჯვენებს ეს უბნები ლოკალიზებული აქვთ მარცხენა პემისფეროში, ცაციებს – მარჯვენაში. მეტყველების შუბლის ან საფეთქლის ცენტრის გამორთვისას ავადმყოფს უვითარდება აფაზია. მას არ შეუძლია დაასახელოს ესა თუ ის საგანი. მაგალითად, მას ნათლად ახსოვს რა არის ავტოკალამი და სად დატოვა ის, მაგრამ ის ვერ წარმოთქვამს და ვერც წერს ამ საგნის დასახელებას. აფაზიით ავადმყოფმა ხშირად იცის რისი თქმა უნდა. ის იხსენებს, მაგრამ თქმა არ შეუძლია.

ტვინის ელექტრული გალიზიანებით გამოწვეული ემოციები. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების საფუძველზე, რომლებიც ჩატარდა ნეიროქირურგიული გამოკვლევების დროს, პენფილდმა გამოთქვა შემდეგი აზრი ადამიანის ტვინში აგრესიულობის, სიხარულის, სიამოვნებისა და სქესობრივი ალგზნების წარმომადგენლობის შესახებ: „ჩვენი გამოცდილებით ელექტრულ გალიზიანებას არ შეუძლია ასეთი ემოციების გამოწვევა. ამის საფუძველი ვივარაუდოთ, რომ სპეციფიკური კორტიკალური სტრუქტურები, რომლებიც დაკავშირებულია ამ ემოციებთან, საერთოდ არ არსებობს“. ეს მტკიცებულება სამართლიანია თავის ტვინის ქერქთან მიმართებაში, მაგრამ გამოკვლევებმა, რომელიც ჩაატარა ხოსე დელგადომ ჩანერგილი ელექტროდების საშუალებით, აჩვენა, რომ ტვინის ღრმა სტრუქტურების ელექტრულ გალიზიანებას შეუძლია გამოიწვიოს სიამოვნების ან უსიამოვნების გრძნობა, რასაც ადასტურებს თავად ავადმყოფების სიტყვები, მათი სახის გამომეტყველება, მათი ქცევა.

არსებობს მრავალრიცხოვანი დასაბუთება, რომ შიშისა და სასოწარკვეთილების გამოწვევა შეიძლება ტვინის პირდაპირი ელექტრული გალიზიანებით. თალამუსის მედიალური ბირთვის დაშლა ეფექტურად ხსნის ტკივილს მგრძნობელობის მინიმალური გამოვარდნით, ამიტომ ამ უბანს ხშირად სწავლობდნენ ელექტრული გალიზიანების მეთოდით კიბოთი დაავადებულებში. ზოგიერთ შემთხვევაში კვლევა იწვევდა შიშის მწვავე შეტევას, რომელიც ერთ-ერთმა ავადმყოფმა ხატოვნად აღწერა შემდეგი სახით: „ისეთი შეგრძნება მაქვს, თითქმის ძლივს გადავურჩი ავტოავარიას, უკან დავიხიე ტროტუარზე და წავედი. ბრ-რ-რ!“ ის გრძნობდა მკერდის ძვლის ქვეშ რაღაც ძალიან უსიამოვნოს, არაჩვეულებრივს და მას არ უნდოდა ისევ განეცადა ეს შეგრძნება. საკვირველი იყო ის, რომ შიშის დამთრგუნველი გრძნობა წარმოიშობოდა სხეულის ერთ მხარეში, გალიზიანების საპირისპირო მხარეს.

თალამუსის მონანილეობა შიშის გრძნობის ფორმირებაში დასტურდება აგრეთვე ერთი ავადმყოფის გამოკვლევით, რომელსაც სასოწარკვეთილების დაუჯერებელი ძალის პარალიზებადი შეტევები აიძულებდა რამდენჯერმე ჩაედინა თვითმკვლელობის მცდელობა და ჩავარდა ქრონიკული დეპრესიისა და შინაგანი დაძაბულობის მდგომარეობაში, რომელიც არ ემორჩილება მედიკამენტოზურ და ფსიქოთერაპიულ მკურნალობას. თალამუსის უკანა გვერდითი ბირთვის ელექტრული გალიზიანება იწვევს ზუსტად ასეთივე შეტევას, თან მისი სიმძიმე იყო გალიზიანების ძალის მკაცრად პროპორციული. შეიძლებოდა დენის ზღვრული სიდიდის მონახვა, რომელიც იწვევდა მსუბუქ მოუსვენრობას, ან ამ გრძნობის მიყვანა უაღრესად მაღალ ხარისხამდე. შეიძლებოდა ავადმყოფის სასოწარკვეთილების რეგულირება სტიმულატორის სახელურის დატრიალებით.

ზოგიერთი ავადმყოფი ავლენდა მოუსვენრობას და მოუთმენლობას მკრთალი ბირთვის გაღიზიანებისას სისშირით წამში მ რხევა და მეტი. ისინი გრძნობდნენ აგრეთვე სიმძიმეს და წვას მკერდში. რამდენიმე ავადმყოფი გრძნობდა მძიმე სევდას მკერდის მარცხენა ნახევარში და განმეორებითი გაღიზიანებისას კვნესოდა. ნუშისებრი ბირთვების გაღიზიანება იწვევს ძლიერ ემოციურ რეაქციებს, მაგრამ ისინი არ ატარებდნენ მუდმივ ხასიათს მოცემულ ავადმყოფში გაღიზიანების ერთნაირი პარამეტრების დროს. ერთ-ერთი ავადმყოფი ასე აღწერდა თავის შეგრძნებებს: „არ ვიცი, რა დამემართა. მომეჩვენა, რომ ცხოველად ვიქეცი“.

შიშის გრძნობა თანმდევი ტკივილის შეგრძნების გარეშე წარმოიშობა საფეთქლის წილის ელექტრული გაღიზიანების დროს, ეს შეგრძნება შეიძლება კლასიფიცირდეს, როგორც „შიშის ილუზია“, რადგან არაერთარი ობიექტური მიზეზი არ არსებობს ნერვიულობისთვის. შიშის ემოციური შეფერილობა დამოკიდებულია გარკვეული სტრუქტურების აქტივაციისაგან, რომლებიც განლაგებულია თალამუსში, ნუშისებრ ბირთვებში და ზოგიერთ სხვა, ტვინის ჯერ დაუდგენელ უბანში. ეს აქტივაცია ჩვეულებრივად დამოკიდებულია ტვინის მიერ დაშიფრული სენსორული ინფორმაციის სიმბოლურ შეფასებაში, მაგრამ სტრუქტურების გაღიზიანებადობის ზღვარი შეიძლება შევცვალოთ ტვინის ელექტრული დენით პირდაპირი გაღიზიანებით. შიშის და სასოწარკვეთის ინტრაკერებრალური მექანიზმების ცოდნა საშუალებას მოგვცემს შემივუშაოთ მრავალი ავადმყოფის ფარმაკოლოგიური და ფსიქოთერაპიული მკურნალობის უფრო რაციონალური მეთოდი და რაც აგრეთვე დაგვხმარება გავერკვეთ თანამედროვე სიცოცხლის სულ უფრო მეტად ზრდად დაძაბულობაში და შევამციროთ ის.

კვლევებში, რომლებიც ჩატარდა შიზოფრენიით დაავადებულ 23 ავადმყოფზე, შუბლის წილის სიღრმეში განლაგებული სემტალური უბნის ელექტრული გაღიზიანება აძლიერებდა ავადმყოფის ხალისიან განწყობილებას, რომელსაც ზოგჯერ თან ახლდა ლაყბობა, ეიფორია და სიამოვნების გრძნობა.

ავადმყოფების სხვა ჯგუფის უფრო დეტალური გამოკვლევისას მიღებულ იქნა იმის დამამტკიცებელი საბუთები, რომ სემტალური უბნის გაღიზიანება იწვევს სიამოვნების გრძნობას. ერთ-ერთი ავადმყოფი. რომელიც ნარკოლეპსიით იყო დაავადებული, აღჭურვეს ტვინის თვითგაღიზიანებისათვის პორტატული სტიმულატორით. მონყაილობაში იყო ჩამონტაჟებული მთვლელი, რომელიც არეგისტრირებდა ტვინის არჩეული რამდენიმე ნერტილის გაღიზიანების რიცხს, რომელსაც ავადმყოფი ახდენდა 10 კვირის განმავლობაში. გამოიღვამ აჩვენა, ის ყველაზე ხშირად აღიზიანებდა ერთ-ერთ ნერ-

ტილს სექტალურ უბანში და აცხადებდა, რომ სწორედ ამ ლილაკის დაჭერისას ხდებოდა „კარგად“, თითქოს უახლოვდებოდა ორგაზმს, თუმცა პუნქტის მიღწევა არ შეეძლო და ხშირად განიცდიდა გაღიზიანების და მოუსვენრობის გრძნობას. ამ „სექტალური ლილაკის“ ხანგრძლივი გამოყენების შედეგად ამ ავადმყოფის მდგომარეობა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა. მეორე ავადმყოფი, რომელიც ფსიქომოტორული ეპილექსიით იყო დაავადებული, ასევე გრძნობდა სიამოვნებას სექტალური უბნის თვითგაღიზიანებისას, რომელსაც ის აღიზიანებდა მაქსიმალური რაოდენობით. ამასთან ხშირად ჩნდებოდა ეროტიკული განცდები. ორ ავადმყოფში, რომლებიც ეპილექსიით იყვნენ დაავადებული, სექტალური უბნების აქტივაცია აცეტილქოლინის პირდაპირი ინექციით იწვევდა ელექტრული პოტენციალების ადგილობრივ ცვლილებებს და დათრგუნული განწყობილებიდან სიამოვნებისა და ეიფორიის განცდისაკენ გადასვლას.

ერთ-ერთი ავადმყოფი, სასიამოვნო გარეგნობის და ჭკვიანი 30 წლის ქალი 11 წლის განმავლობაში იტანჯებოდა ფსიქომოტორული და დიდი ეპილექსიური შეტევებისაგან, რომელიც არ ემორჩილებოდა მედიკამენტოზურ თერაპიას. მარჯვენა საფეთქლის წილში მას ჩაუნერგეს ელექტროდი. ნუშისებრი ბირთვის ერთ-ერთი ნერტილის გაღიზიანებამ ავადმყოფში გამოიწვია სასიამოვნო მოთენთილობის განცდა. ამასთან იგი გახდა ძალიან მოსაუბრე, თან ლაპარაკობდა ძირითადად ინტიმურ თემებზე. ავადმყოფმა ღიად განაცხადა, რომ გრძნობს სინაზეს ექიმისადმი (რომელსაც პირველად ხედავდა), კოცნიდა მის ხელებს და გამოხატავდა თავის მადლიერებას იმ გრძნობებისათვის, რომელთა განცდის შესაძლებლობა მას მიაჩნდეს. ანალოგიური ემოციონალური შეუკავებლობა შეინიშნებოდა ხელმეორე გაღიზიანებისას მეორე დღეს, მაგრამ ტვინის სხვა უბნების გაღიზიანებისას ეს მოვლენები არ წარმოიქმნებოდა. ექიმთან საკონტროლო საუბრისას ავადმყოფი იყო საკმაოდ განონასწორებული და ჩაკეტილი საკუთარ თავში.

ტვინის ელექტრული გაღიზიანებით შესაძლებელია მეგობრული განწყობისა და კომუნიკაბელურობის გაძლიერება. ერთ-ერთ ავადმყოფს ჩაუნერგეს თავის ტვინში 14 ელექტროდი, 7 ელექტროდი – RP ნერტილში, რომელიც მდებარეობდა მარჯვენა საფეთქლის წილის ქვედაგვერდით ზედაპირზე, ხოლო 7 დანარჩენი – საფეთქლის მარჯვენა და მარცხენა წილების ღრმა უბნებში. ავადმყოფთან საუბრისას ექიმი ცდილობდა მხარი დაეჭირა მისი სპონტანური თვითგამოხატვისათვის. იგი ეხუმრებოდა ავადმყოფს, ამხნევებდა და ამშვიდებდა მას, ცდილობდა აეყოლიებინა აქტიურ საუბარში, მაგრამ ავადმყოფი პასუხობდა მოკლედ, ან საერთოდ დუმდა. ასეთი ფონის მიუხედავად 6 შემთხვევაში ავადმყოფის კომუნიკაბელურობა მკვეთრად

ძლიერდებოდა და ის ხდებოდა უფრო გახსნილი ურთიერთობაში. ეს ხდებოდა ყოველთვის RP ნერტილის გაღიზიანებიდან 40 წამის შემდეგ. კომუნიკაბელურობის ასეთი აფეთქება ხდებოდა სწრაფად, მაგრამ იყო ხანმოკლე. ამასთან არ შეინიშნებოდა საუბრის თემატიკის მუდმივობა, რაც ტიპური იყო ამ ავადმყოფისათვის. მისი გამოთქმების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი შეფასება ხდებოდა მაგნიტოფონის ლენტზე გაკეთებული ჩანაწერების ანალიზით. ჩანაწერი დაჰყვეს ორწუთიან პერიოდებად. ამ ორწუთიანი პერიოდების შედარებაში გაღიზიანებამდე და მის შემდეგ ცხადყო მეტყველებითი პროდუქციის გაზრდა 17-დან 88 სიტყვამდე და მეგობრული შენიშვნების გაზრდა 6-დან 53-მდე. ამრიგად, გაკეთდა დასკვნა, რომ მეტყველებითი პროდუქციისა და მეგობრული შენიშვნების გაზრდა ხდებოდა საფეთქლის წილის ქერქის გარკვეული უბნის ელექტრული გაღიზიანების შედეგად.

ტვინის სხვადასხვა უბნების ელექტრული გაღიზიანების ეფექტებზე ამ თავში გადმოცემული საკმაოდ ვრცელი მასალის შეჯამებისას შეიძლება დავასკვნათ, რომ ამ ეფექტების ანალიზს აქვს დიდი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა.

კლინიკური დისციპლინებისათვის, როგორიცაა ნეიროქირურგია, ნევროპათოლოგია და ფსიქიატრია, მოყვანილი მონაცემები უაღრესად მნიშვნელოვანია, რადგან აფართოებს წარმოდგენას ჰიპერკინეზებზე, ინკურაბერულ ტიკვილებზე, ფსიქიკურ დარღვევებზე, იძლევა მათი დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის ოპტიმიზაციის საშუალებას, რომელთა არსებითი ფაქტორი უნდა გახდეს ტვინის სტრუქტურებზე მრავალჯერადი დიაგნოსტიკური და სამკურნალო ელექტრული ზემოქმედება ნერვული სისტემის მდგრადი პათოლოგიური მდგომარეობის დაძლევის მიზნით.

თეორიული თვალსაზრისით ელექტრული გაღიზიანების ეფექტების დეტალური კლინიკური და ფსიქოლოგიური ანალიზი მდგომარეობს ტვინის სხვადასხვა უბნების ფუნქციონალური მახასიათებლის დაზუსტებასა და ტვინის სხვადასხვა ფუნქციის რეალიზაციაში მათი კონკრეტული მონაწილეობის გარკვევაში. ეს ფუნქციებია მოძრაობითი, სენსორული, ფსიქიკური. თავის მხრის ამ ახალმა ინფორმაციამ შეიძლება ხელი შეუწყოს თავის ტვინის დაზიანებისას ტვინის მოქმედებას სხვადასხვა გამოვლინებების დარღვევის მექანიზმებში ქერქისა და ქერქქვეშა სტრუქტურების როლის უფრო ღრმა შეცნობას.

თავი II ფსიქოპირუბი

§ 1. ლობოტომიის გავრცელება

ფსიქიკური დაავადებების მკურნალობის მიზნით წარმოებულ ქირურგიულ ზემოქმედებას ადამიანის ტვინზე ეწოდება ფსიქოქირურგია. მას მიმართავენ მკურნალობის სხვა მეთოდების უშედეგობისას. ფსიქოქირურგიული ოპერაციის ძირითადი მიზანია ადამიანის ემოციებისა და ქცევის მართვა. ოპერაციის დროს გამოიყენება ელექტროდების ჩანეგრვა, ულტრაბგერა, ლაზერის სხივი და სხვ.

ფსიქოქირურგიას ჩვეულებრივ თვლიან ლობოტომიის უფრო რთულ ვარიანტად, რომელიც დაკავშირებულია შუბლის ნილის გაკვეთასთან. ტვინის სწორედ ამ უბანში ემოციური და ინტელექტუალური პროცესები გარდაიქმნება მაღალორგანიზებულ აზროვნებად და გადაწყვეტილების მიღების მექანიზმად.

პირველად ადამიანზე ლობოტომიის ოპერაცია გაკეთდა 1935 წელს, მას მერე, რაც გაჩნდა ცნობა, რომ შუბლის ნილზე ექსპერიმენტალური ოპერაციის შედეგად ნევროტული მოშლილობით დაავადებული შიმპანზე სრულიად განიკურნა და მშვიდი და მორჩილი გახდა. პორტუგალიელი ნეიროფსიქიატრი ეგას მონისი განაცვიფრა ამ ინფორმაციამ. მან გადაწყვიტა ეს მეთოდი გამოეყენებინა თავის პაციენტებზე – განსაკუთრებით აგრესიულ ფსიქიკურად დაავადებულებზე. პირველივე შედეგები დადებითი აღმოჩნდა და თითქმის მეორე დღესვე მონისს ეწვია მსოფლიო დიდება ადამიანისა, რომელმაც გაიმარჯვა შიზოფრენიაზე (1949 წლის ნობელის პრემია).

არსებობს ღია და დახურული ლობოტომიის მეთოდები. დახურული ლობოტომიის დროს აკეთებენ თავის ქალაზე მცირე ტრეპანაციულ ხვრელს, კვეთავენ მაგარ გარსს და შუბლის ნილის ნივთიერებაში შეაქვთ სპეციალური ინსტრუმენტი, რომლითაც ახდენენ თეთრი ნივთიერების ფართო ან შეზღუდულ გაკვეთას.

ღია წესი: კეთდება 6X6 სმ დიამეტრის ტრეპანაციული ხვრელი შუბლის ნილის ზედა და შუა ხვეულების უკანა უბანზე. ძვლის ნაფლეთს გადაწვენ, კვეთენ მაგარ გარსს. ქერქისა და შუბლის ნილის თეთრი ნივთიერების გაკვეთა ხდება ფრონტალურ სიბრტყეში გვირგვინოვანი ღარის პარალელურად. განაკვეთის ხაზი ქერქზე წინასწარ მინიშნება ელექტროკოაგულატორით, თუ განაკვეთზე გვხვდება სისხლძარღვები, ვენები და არტერიები, მათი კალიბრის მიხედვით ხდება მათი კოაგულირება ან კლიპირება. ქერქს კვეთენ ელექტროდიათერმული ნემსით, თეთრი ნივთიერების გადაწევა ხდება ფრთხილად, რათა სისხლძარღვები არ დაზიანდეს. სისხლდენის შემთხვევაში ნეირო-

ქირურგიული ტექნიკით გამომუშავებული წესებით ხორციელდება მისი შეჩერება. ზოგ შემთხვევაში თეთრი ნივთიერების გაკვეთისას გვერდით პარკუჭებში შეღწევა ხდება, რაც არ არის სახიფათო ოპერაციის მსვლელობისათვის. პემოსტაზის გულდასმით შემონემების შემდეგ კერავენ მაგარ გარსს, ძვლის ნაფლეთს ადგილზე ამაგრებენ ნაკერებით, კერავენ თავის რბილ ქსოვილებს.

ძალიან მალე ლობოტომიამ მიაღწია ამერიკის შეერთებულ შტატებს. პირველი ექიმები, რომელთაც ეს ოპერაცია იქ ჩაატარეს, იყვნენ უოლტერ ფრიმანი და ჯეიმს უოტსი. მოკლე დროში ისინი გახდნენ ამ მეთოდის წამყვანი სპეციალისტები. ფრიმანმა გამოიყენა აშშ-ის სა-ქეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მიღწევები და სრულყო მონის მეთოდი. მან ეს ოპერაცია იმდენად გაამარტივა, რომ მისი ჩატარება შეიძლებოდა მის მისაღებ ოთახში.

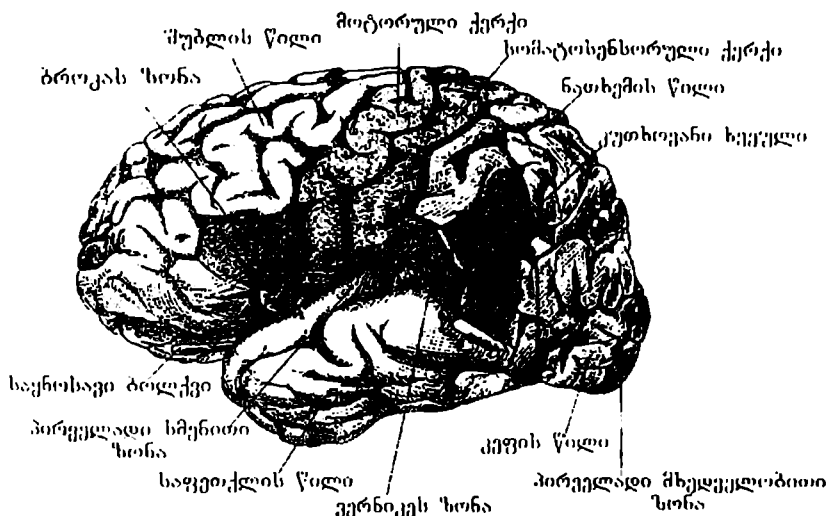
ფრიმანი იყენებდა დახურული ლაბოტომიის მეთოდს, რომელსაც შემდგომში ეწოდა „ყინულის მჭრელი“. მას შეჰყავდა წანვეტილებული ინსტრუმენტი თვალის ზემოთ გაკეთებული ნახვრეტით თავის ტვინის შუბლის წილის ქვედა უბანში. შემდგომ ინსტრუმენტის შესაბამისი გადაადგილებით იგი კვეთდა ან გამოყოფდა ტვინის შუბლის წილების ქვედა უბნებს.

ლაბოტომიის არსი მდგომარეობს შუბლის წილების კავშირის დარღვევაში ტვინის სხვა უბნებთან, და განსაკუთრებით ჰიპოთალამუსთან, რომელიც პათოლოგიის შემთხვევაში არის შუბლის წილებზე ზემოქმედების წყარო, ასტიმულირებს ავადმყოფის ალგზნებას და სხვა დარღვევებს. ოპერაციისას ეს პათოლოგიური გავლენა ისპობა.

40-იანი წლების დასაწყისში ლაბოტომია ფართოდ გავრცელდა. ეს იყო დრო, როცა ათასობით სულიერად მოტეხილი, ომისაგან დაღლილი ჯარისკაცი ბრუნდებოდა მეორე მსოფლიო ომის ფრონტიდან და აესებდა ვეტერანების საქმეთა სამმართველოს პოსპიტლების ფსიქიატრიულ განყოფილებებს. ფსიქოანალიზის ტრადიციული მეთოდები მათ ვერ შეელოდათ, ხოლო სხვადასხვა ტრანკვილიზატორები მაშინ არ იწარმოებოდა. რათა ემკურნალათ ყოფილი ფრონტელები-სათვის, რომლებიც ხშირად კარგავდნენ თავზე კონტროლს, ვეტერანთა საქმეთა სამმართველოს კლინიკებმა სასწრაფოდ დაიწყეს ქირურგიებისათვის ლობოტომიის ტექნიკის დაჩქარებულად შესწავლის კურსების ორგანიზება.

50-იან წლებში ფრიმანმა და უოტსმა ლობოტომია ჩაუტარეს 1000-ზე მეტ ფსიქიკურად ავადმყოფს. მას შემდეგ, რაც გამოვიდა მათი სოლიდური მონოგრაფია (1950), რომელშიც ეს გამოცდილება იყო განზოგადებული, დაიწყო ლობოტომიით გატაცების პერიოდი. შეუძლებელია უარყოფა, რომ ხშირ შემთხვევაში ეს ოპერაცია იძლეოდა უთუო სამკურნალო ეფექტს იმ პერიოდში, როცა ჯერ კიდევ არ

იყო თანამედროვე ფსიქოქირურგია. მიუხედავად ამისა მალე გამოვლინდა მისი არასასურველი გვერდითი მოვლენები. პრეფრონტალური ლობოტომიის დროს ხდება დაახლოებით 150000მმ² ტვინის ქსოვილის დესტრუქცია. ეს ზოგჯერ იწვევდა შეუქცევადი ფსიქოორგანული სინდრომის განვითარებას ინტელექტის დაქვეითებით.



სურ. 13. ადამიანის ტვინის ქერქის რუკა. ნაჩვენებია უბნები, რომელთა ფუნქციონალური სპეციალიზაცია გარკვეულია (ნ. გეშინდი „ტვინი“ 1982)

შემდგომში შემოთავაზებული იქნა პრეფრონტალური ლეიკოტომიის (ლაბოტომიის) მრავალი მოდიფიკაცია. მისი არასასურველი შედეგების შემცირების მიზნით დაიწყო შეზღუდული, ნაწილობრივი ლაბოტომიის ჩატარება: თეთრი ნივთიერების მხოლოდ ქვედა კვადრატების გადაკვეთა, შუა და ქვედა სექტორების კოაგულაცია და გადაჭრა, ცინგულოტომია, ტრანსორბიტალური ლეიკოტომია ორივე მხრიდან. სკარფმა 1948 წელს შეიმუშავა უნილატერალური ფრონტალური ლიბოტომიის მეთოდიკა, რომელიც იწვევს ფსიქიკის ნაკლებ დარღვევებს.

ფრიმანი ხაზს უსვამდა უახლოესი ნათესავების მიერ ავადმყოფისათვის ოპერაციის შემდგომი დახმარების განწვეის აუცილებლობას, აგრეთვე მიუთითებდა ამასთან დაკავშირებულ სიძნელებებზე. „ავად-

მყოფი, რომელსაც ჩატარებული აქვს ექსტენსიური ფსიქოქირურგია, პირველი პერიოდი რეაგირებს გარე სამყაროზე ინფანტილურად, იცვამს დაუდევრად, სჩადის ნაჩქარევ და ზოგჯერ უტაქტო საქციელს. არ იცის ზომიერება ჭამაში, ალკოჰოლის მიღებაში, სასიყვარულო განცხრომაში, გართობაში. ფანტავს ფულს, არ უფიქრდება მოყვასის კეთილდღეობას, კარგავს კრიტიკის აღქმის უნარს, შეიძლება მოულოდნელად განრისხდეს ვილაცაზე, მაგრამ მრისხანება ჩქარა გადის. მისი ახლობლების ამოცანაა – დაეხმარონ მას გადალახოს ეს ინფანტილურობა, რომელიც ქირურგიულმა ჩარევამ გამოიწვია“.

60-იან წლებში ლაბოტომიის გამოყენება მკვეთრად შემცირდა მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში. ძირითადი როლი ითამაშა არამმართველთ ზემოთ ჩამოთვლილმა სერიოზულმა გვერდითმა მოვლენებმა, არამედ თანამედროვე ფსიქოფარმაკოლოგიამ, რომელმაც მოგვცა ფსიქიკური დაავადებების მკურნალობის მრავალი მაღალეფექტური პრეპარატი. თუმცა უნდა ითქვას, რომ ფსიქოფარმაკოლოგიამ ვერ გადაწყვიტა ფსიქიკური დაავადებების მკურნალობის პრობლემა. ამ ფაქტმა გამოიწვია ფსიქოქირურგიის თავისებური „რენესანსი“. ხაზი უნდა გაესვას, რომ თანამედროვე ფსიქოქირურგიას პრაქტიკურად არაფერი აქვს საერთო ლაბოტომიასთან, რომელიც დღევანდელ დღეს ისტორია გახდა.

§ 2. სტერეოტაქსიკური მეთოდი

საზღვარგარეთ 40-იანი წლების ბოლოდან დაიწყო ტვინის სტრუქტურებზე შერჩევითი ზემოქმედების საშუალებების შემუშავება, რომლებიც ინარჩუნებდნენ ლაბოტომიის უპირატესობებს, მაგრამ არ ექნებოდათ მისი ძირითადი ნაკლოვანებები. ინგლისელმა მეცნიერებმა შპიგელმა და ვიცისმა 1949 წელს პირველად გამოიყენეს სტერეოტაქსიკური მეთოდი ფსიქიკურად დაავადებულებში. მათ სამიზნედ აირჩიეს თალამუსის დორსომედიალური ბირთვი – უმთავრესი რგოლი, რომელშიც ინტეგრირდება პრეფრონტალური ქერქისა და ლიმბიკო-ჰიპოთალამუსის ნრის აქტივობა.

სტერეოტაქსიკური მეთოდი, ან შემოკლებით სტერეოტაქსისი (ბერძნ. *stereos* – მოცულობითი, სივრცული და *taxis* – განლაგება) წარმოაგენს მეთოდებისა და გათვლების ერთობლიობას, რომელიც საშუალებას იძლევა რენტგენოლოგიური და ფუნქციონალური კონტროლს სპეციალური ინსტრუმენტებით ელექტროდის თავის ან ზურგის ტვინის ღრმად განლაგებულ სტრუქტურაში შეყვანილ იქნას დიდი იზუსტით. სამკურნალო მიზნით, სტერეოტაქსისის ძირითადი

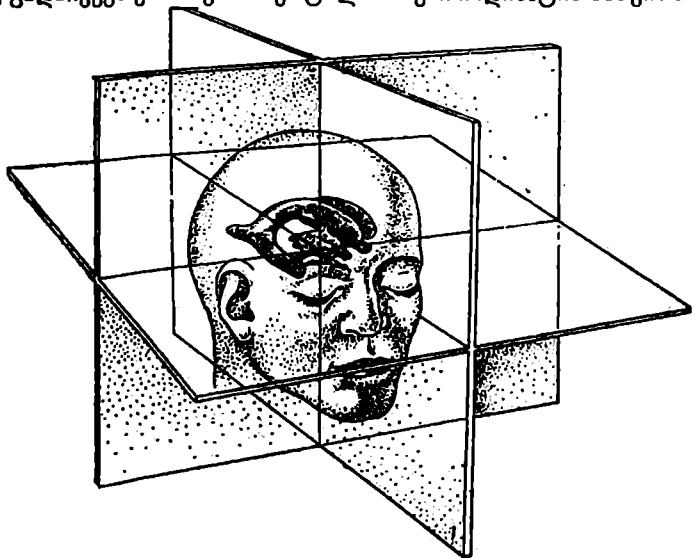
მეთოდური ხერხია ტვინის პირობითი კოორდინატული სისტემის შეთანხმება სტერეოტაქსიკური აპარატის კოორდინატულ სისტემასთან.

კლინიკურ პრაქტიკაში ტვინის სტრუქტურების ელექტროსტიმულაციის მეთოდს წინ უსწრებდა თითქმის ასწლიანი ისტორია ამ მეთოდის გამოყენებისა ცხოველებზე ექსპერიმენტებისას, რომლის მიზანი იყო გარკვევა ტვინის სხვადასხვა ფუნქციის და ცალკეული ქერქვეშა სტრუქტურების კონკრეტული როლისა მათ რეალიზაციაში. პირველად ცხოველთა ტვინის ექსპერიმენტალური შესწავლა „ჩანერგილი ელექტროდების“ საშუალებით განახორციელა 1866 წელს რუსმა მეცნიერმა ლ. სიმონოვმა. ამ მეთოდის შემდგომი გამოყენება მჭიდროდაა დაკავშირებული სტერეოტაქსიკური ტექნიკის გამოგონებასა და სრულყოფასთან, რომელიც საშუალებას იძლევა დიდი სიზუსტით და მინიმალური ტრავმატულობით იქნას შეყვანილი ელექტროდები მოცემულ სტრუქტურა-სამიზნეში. მისი შექმნის პიონერები არიან რუსი მეცნიერები დ. ზერნოვი და გ. როსოლიმო (ზერნოვი 1889, როსოლიმო 1906), და აგრეთვე ინგლისელი მკვლევარები კლარკი და ჰორსლი. შემდგომ წლებში შემუშავდა სხვადასხვა დანიშნულების სტერეოტაქსიკური აპარატის 100-ზე მეტი ვარიანტი. შედგენილია ცხოველისა და ადამიანის ტვინის სტერეოტაქსიკური ატლასები. კლარკისა და ჰორსლის მიერ 1906 წელს ნეიროფიზიოლოგიური ექსპერიმენტებისათვის შექმნილი სტერეოტაქსიკური აპარატის საფუძველში ძვეს მართკუთხა კოორდინატების სისტემა: 3 სიბრტყე, სივრცეში ერთმანეთის მიმართ პერპენდიკულარული, შეეფარდებოდა ცხოველის ქალის გარეგან ძვლოვან ორიენტირებს. ფრონტალური სიბრტყე გადიოდა გარეთ, სასმენი ხვრელის გასწვრივ, პორიზონტალური – ამ ხვრელებისა და თვალის ხვრელის ქვედა კიდის გასწვრივ, საგიტალური – ქალის შუამდებარე სიბრტყის გასწვრივ. როგორც ხშირად მოსდით მეცნიერულ მიღწევებს, რომლებიც მნიშვნელოვნად უსწრებენ თავისი დროის მეცნიერებას, ზერნოვის, როსოლიმოს, ჰორსლისა და კლარკის შრომები პრაქტიკულად შეუმჩნეველი და შეუფასებელი დარჩა. მხოლოდ ორი ათწლეულის შემდეგ სტერეოტაქსიკური მეთოდი მყარად შევიდა ნეიროფიზიოლოგიური ლაბორატორიების პრაქტიკაში და მან დაამტკიცა თავისი მნიშვნელოვანი როლი ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციის შესწავლის საქმეში. შემდგომ საჭირო გახდა კიდევ 20 წელი, რათა ნევროლოგებს შპიგელს და ვიცის ჩაეტარებინათ პირველი თანამედროვე სტერეოტაქსიკური ოპერაცია ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე. ამ ორ მეცნიერს ეკუთვნის უდავო პრიორიტეტი ახალი მეთოდის განვითარებისათვის ყველა ძირითადი წინამძღვრების შექმნის საქმეში – მათ შექმნეს თანამედროვე სტერეოტაქსიკური აპარატი, ადამიანის ტვინის პირველი

სტერეოტაქსიკური ატლასი და პირველად გამოიყენეს მათ მიერ შემუშავებული მეთოდი მრავალი ნერვული დაავადების სამკურნალოდ.

სტერეოტაქსიკური ქირურგიის საფუძველს წარმოადგენს ზუსტი სივრცული შესაბამისობის გამოთვლა ტვინის სიღრმეში რომელიმე მოცემულ სტრუქტურასა და იმ ნერტილ-ორიენტირების რიგს შორის, რომელსაც წარმოადგენს ტვინშიგა და ქალას ანატომიური წარმონაქმნები. ამის შედეგად სტერეოტაქსიკური მეთოდი იძლევა ნებისმიერ სტრუქტურაზე ქირურგიული ზემოქმედების შესაძლებლობას, რომელიც განლაგებულია თავისა და ზურგის ტვინის ნებისმიერ განყოფილებაში, წინასწარ განსაზღვრული კოორდინატების შესაბამისად.

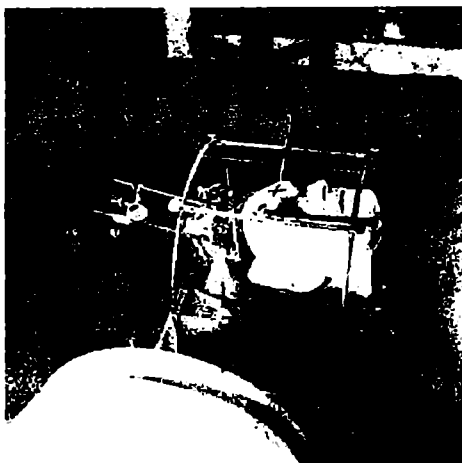
თეორიული თვალსაზრისით მოცემული სტრუქტურის ცენტრის პოვნა ტვინის სიღრმეში წარმოადგენს ნერტილის მდებარეობის განსაზღვრას სივრცეში. როგორც ცნობილია ანალიტიკური გეომეტრიიდან, ნერტილის მდებარეობა შეიძლება განისაზღვროს დეკარტის კოორდინატთა სისტემის ან ურთიერთპერპენდიკულარული სიბრტყეების დახმარებით. ეს სიბრტყეები შესაბამისად დაკავშირებულია 3 ღერძით – აბსცისათი, ორდინატით და აპლიკატით, რომლებიც გადაიკვეთებიან ერთ ნერტილში – კოორდინატის საწყისში.



სურ. 14. ტვინის სიღრმეში სივრცის სამ სიბრტყეში ნერტილის ლოკალიზაციის სქემატური წარმოსახვა.

მოცემული წერტილის კოორდინატები სისტემის შიგნით განისაზღვრება მისი დაშორებით ყოველი სამი კოორდინატული სიბრტყიდან, ანუ ამ წერტილიდან მითითებულ სიბრტყეებზე დაშვებული პერპენდიკულარების სიბრტყით. ცნობილია აგრეთვე, რომ ნებისმიერი წერტილის განსაზღვრისათვის სივრცეში საკმარისია მისი ორი კოორდინაციის პოვნა და ამ შემთხვევაში მესამე სიბრტყის გამოყენება საჭირო აღარ არის.

იმ ორიენტირების ნახვა, რომელთა მიხედვით შეიძლება წერტილის გამოთვლა, შეიძლება მხოლოდ რენტგენის სურათზე. რადგან საჭიროა მოცემული წერტილის ორი კოორდინატის პოვნა, საჭიროა ორი სურათი გვერდითი და წინაუკანა პროექციაში, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს საპოვნი წერტილის კოორდინატები მივიღოთ საგიტალურ და ფრონტალურ სიბრტყეში, მესამე კოორდინატი (პოზიზონტალურ სიბრტყეში) შეიძლება გამოვთვალოთ მოცემული ორით.



სურ. 15. ავადმყოფის თავი მახვილი საყრდენების დახმარებით ფიქსირებულია სპეციალურ მოწყობილობაში. ფრეზულ ხვრელში მოთავსებულია სტერეოტაქსიკური აპარატი.

ელექტროსტიმულაცია არის ნერვული სისტემის ყველა „დონეზე“ ფუნქციონალური ოპერაციის ძალიან მნიშვნელოვანი კომპონენტი: ოპერაციებისა ქერქზე, ქერქვეშა სტრუქტურებზე, ქალას ნერვებზე,

ნათხეზზე, ზურგის ტვინზე და მის ფესვებზე. სტერეოტაქსიკურმა ქირურგიამ მკვლევარებს მისცა უნიკალური შესაძლებლობა ენარმოე-ბინათ ტვინის ღრმა სტრუქტურების ელექტროსტიმულაცია, როგორც მეცნიერულ ისე სამკურნალო მიზნით.

სტერეოტაქსიკურ ნეიროქირურგიაში ჩამოყალიბდა ორი მიმართულება: ერთმომენტიანი სტერეოტაქსიკური ჩარევა ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე და ხანგრძლივადიანი მრავლობითი ჩანერგილი ელექტროდები ტვინში. მეორე მეთოდის გამოყენება ნეიროქირურგიაში დაიწყო კლინიკებში ორმოციანი წლების ბოლოს. სტერეოტაქსიკური ნეიროქირურგიის თითოეულ ამ მიმართულებას აქვს თავისი უპირატესობები და ნაკლოვანებები. ერთმომენტიანი სტერეოტაქსიკური ოპერაციის დროს ხდება ტვინის ღრმა სტრუქტურების გარკვეული უბნების დესტრუქცია ელექტროლიზით, თერმო- ან კრიოკოაგულაციით (შეყვანილი ელექტროდით ან კანიულათი), რომელთაც აქვთ კავშირი პათოლოგიური სინდრომის მექანიზმებთან. შესაძლებელია მათი სწრაფი ლიკვიდაცია, მაგრამ ამ მეთოდს აქვს ნაკლოვანებებიც. ასე, დროის დეფიციტის გამო სტერეოტაქსიკური ოპერაციის მსვლელობისას და სტრესული სიტუაციის გამო შეუძლებელია გამოყენება მრავალი ფუნქციონალური ტესტის, რომელიც საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს შეყვანილი ელექტროდის ლოკალიზაცია და პროგნოზირდეს მკურნალობის წარმატების ხარისხი. გარდა ამისა მთლიანად გამოირიცხება ტვინის ნივთიერების დამატებითი დესტრუქციები იმ შემთხვევაში, როცა მათი აუცილებლობა ცხადი ხდება ოპერაციიდან რამდენიმე დღის შემდეგ.

ამისთანა და ზოგიერთ სხვა ნაკლოვანებებს მოკლებულია ხანგრძლივადიანი ტვინშიგა მრავლობითი ელექტროდების მეთოდი, რომლის არსი მდგომარეობს არჩეულ სტრუქტურა სამიზნეში ელექტროდული კონის სტერეოტაქსიკურ შეყვანაში. ამ პერიოდის განმავლობაში ინარმოება ყველა აუცილებელი დიაგნოსტიკური და სამკურნალო ღონისძიება ავადმყოფის ჩვეულებრივი ფსიქიკური და ფიზიკური მდგომარეობის ფონზე და მისთვის ჩვეულ გარემოში, თან შესაძლებელია მრავალფეროვანი ფუნქციონალური სინჯების გამოყენება, რომელთა საშუალებით უფრო სრულად შევიცნობთ ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურების მნიშვნელობას ორგანიზმის სხვადასხვა ნორმალური და პათოლოგიური რეაქციების რეალიზაციაში. ელექტროდებს ერთდროული მდებარეობა ტვინის მრავალ ზონაში და მასთან ჯგუფო კონტაქტის უზრუნველყოფა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იძლევა შესაძლებლობას დანერგილებით გაანალიზდეს ტვინის ცხოველმყოფელობის სხვადასხვა პროცესები ერთდროულად მრავალ სტრუქტურაში, როგორც ჩვეულებრივ მდგომარეობაში, ისე მპართული დიაგნოსტიკური ზემოქმედების დროს, ელექ-

ტროსტიმულაციის ჩათვლით, და განხორციელდეს სამკურნალო პროცედურები ერთ ან რამდენიმე სტრუქტურა-სამიზნეში ერთდროულად ან თანმიმდევრულად მკურნალობის მთელი კურსის მანძილზე. ამასთან ზოგიერთი მეცნიერი მიუთითებს ხანგრძლივადიანი ელექტროდების მეთოდის ფართო კლინიკური დანერგვის გარკვეულ შეზღუდვებზე მკურნალობის ხანგრძლივ დროსთან და სხვადასხვა პროფილის სპეციალისტების კოლექტივის მონაწილეობის აუცილებლობასთან დაკავშირებით.

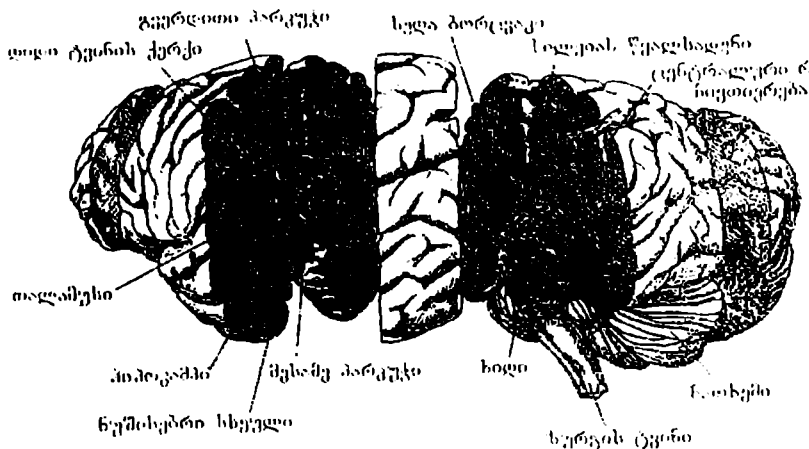
ტვინის ღრმა სტრუქტურების განმეორებითმა ელექტროსტიმულაციამ დიაგნოსტიკური მიზნით აჩვენა, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში ეს ზემოქმედება ხასიათდება საკმაოდ ხანგრძლივი სამკურნალო ეფექტით. პირველად ეს ეფექტი შენიშნულ იქნა 1952 წელს პიზის და მის თანამშრომლების მიერ. პიზი იყენებდა ხანგრძლივადიანი ტვინ-შიგა ელექტროდების მეთოდს, ახდენდა მათ იმპლანტაციას თაღში და ლიმბურ-ჰიპოთალამური წრის სხვა უბნებში შიზოფრენიით დაავადებულებში, და ახორციელებდა ტვინის ქსოვილის მრავალჯერად ხანგრძლივ (ნახევარ საათამდე) განუწყვეტლივ ელექტრულ გალიზიანებას. იგი მივიდა დასკვნამდე, რომ ფსიქიკური დარღვევების კორექცია შესაძლებელია ტვინის ქსოვილის დაშლის გარეშე, მხოლოდ ელექტროსტიმულაციით. ამ ავტორისა და მისი თანამშრომლების მიერ დაფიქსირდა ავადმყოფების ფსიქიკური მდგომარეობისა და განწყობის გაუმჯობესება სამკურნალო ელექტროზემოქმედების დროს. პიზი თავის 1954 წელს დაწერილ წიგნში ვარაუდობს, რომ სტიმულაციის ეფექტები შეიძლება იყოს იმდენად ხანგრძლივი, რომ შექმნიან ოპტიმალურ ფონს კომპლექსური სამკურნალო ღონისძიებების (მათ შორის ფსიქოთერაპიულის) ჩატარებისათვის.

შემდგომში ფსიქოზების დროს სტერეოტაქსიკური ზემოქმედება ხორციელდებოდა ტვინის თითქმის ყველა ღრმა სტრუქტურაზე, რომლებიც ექსპერიმენტალური მონაცემების მიხედვით მონაწილეობენ ქცევისა და ემოციის რეგულაციაში (ნუშისებრი ბირთვები, თალი, უკანა ჰიპოთალამუსი და სხვ.) მაგალითად, იაპონიაში სტერეოტაქსიკური ნეიროქირურგიისა და ფსიქოქირურგიის ინიციატორმა ნარაბაიაშიმ 50-იან წლებში დაიწყო სტერეოტაქსიკური ამიგდალატომიის გამოყენება ჯერ ეპილეფსიით დაავადებულებს შორის, რომელთაც აღენიშნებოდათ თან გამოსატული ქცევითი დარღვევები (გალიზიანებადობა, აგრესიულობა და ა.შ.), შემდეგ ავადმყოფებში სხვადასხვა ხარისხის ჭკუასუსტობით, ძირითადად იმბეცილებსა და იდიოტებში.

ტენიკის უახლეს მიღწევებზე დაყრდნობით, ნევროლოგებმა სწრაფად გადალახეს ეჭვები, რომელიც ლობოტომიის ცუდმა გამოცდილებამ გამოიწვია. დღეს ფსიქოქირურგების უმრავლესობამ უკვე

უარყო ლობოტომიის ძირითადი პრინციპი, რომელიც ითვალისწინებდა თავის ტვინის შუბლის წილის ნერვულ ქსოვილის გადაკვეთას უბნებში, რომლებიც, როგორც ვარაუდობენ აკონტროლებენ ადამიანის ქცევას, დაკავშირებულს გადანწყვეტილების მიღებასთან და აღქმასთან. მათი ყურადღება ამჟამად მიპყრობილია ლიმბურ სისტემაზე, რომელიც განლაგებულია თავის ტვინის გაცილებით უფრო ღრმა ნაწილში.

ლიმბური სისტემა შედგება ცინგულუმის, ჰიპოკამპის, ჰიპოთალამუსისა და ნუშისებრი სხეულისაგან. ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ლიმბური სისტემის ნებისმიერი ამ კომპონენტის დაზიანება იწვევს ქცევის რადიკალურ შეცვლას როგორც ცხოველებში, ისე ადამიანში.



სურ. 16. ადამიანის ტვინი გაჭრილია ხუთ ნაწილად და გაშლილია როგორც ნიგინი, რაც წარმოდგენას გვაძლევს მისი გარეთა და შიგა სტრუქტურების კავშირზე (უ. ნაუტა, მ. ფეირტაგი „ტვინი“ 1982).

ცინგულუმის (სარტყლისებრი ხვეული) დაზიანება, რომელიც არის თავის ტვინის სხვადასხვა უბნების (განსაკუთრებით შუბლის წილში) ინფორმაციის თავისებური დისპერჟირი, იწვევს ხასიათის რადიკალურ ცვლილებებს. მაიმუნები დაზიანებული ცინგულუმით ხასიათდებიან ე.წ. „სოციალური ცნობიერების“ დაკარგვის ტენდენციით. ისინი ვერ ამჩნევენ სხვა მაიმუნებს, რომლებიც გვერდით არიან, თავს ესხმიან მათ, ართმევენ საკვებს, არ ითვალისწინებენ მათი მხრიდან წინააღმდეგობის გაწევის შესაძლებლობას, თითქოს ეს სხვა მაიმუნები უსულო საგნებია.

ჰიპოკამპი და ჰიპოთალამუსი ნუშისებრ სხეულებთან ერთად ქმნის ურთიერთდაკავშირებულ კომპლექსს, რომელიც არეგულირებს რიგ სასიცოცხლო ფუნქციებს. ადამიანის ჰიპოკამპი მჭიდროდ არის დაკავშირებული მეხსიერებასთან. როცა იგი ზიანდება თავის ტვინის ორივე მხრიდან, ადამიანის მეხსიერება (განსაკუთრებით უახლოეს მოვლენებზე) ძლიერ ზიანდება.

ჰიპოთალამუსი – ეს არის თავისებური გენერალური შტაბი, რომელიც მართავს ისეთ ფიზიოლოგიურ ფუნქციებს, როგორიცაა ოფლის გამოყოფა, შიმშილი, ძილი, წყურვილი, აგრეთვე სექსუალური ლტოლვა. ჰიპოთალამუსში, ისევე როგორც ნუშისებრ სხეულში, არის ნერტილები, რომელთა სტიმულაციას შეუძლია მეგობრულად განწყობილი ცხოველი აგრესიულ და მრისხანე პიროვნებად გადაქცევა. როცა დენი ითიშება ცხოველი ისევ მშვიდ მდგომარეობას უბრუნდება.

მაგრამ ბოლო ათწლეულების განმავლობაში მეცნიერთა მთელი ყურადღება მიპყრობილია ნუშისებრ სხეულზე – რუხი ნივთიერების მასაზე. თავის ტვინის სწორედ ეს უბანი ასოცირდება ყველაზე ხშირად მრისხანებასთან, აგრესიულ ქცევასთან. ზოგიერთი მეცნიერი თვლის, რომ ტვინის ამ უბანზე ზემოქმედებისას ავადმყოფების უმეტესობა (თუმცა ყველა არა) პასუხობს მთელი რიგი არამეგობრული ან აშკარად მტრული რეაქციით.

ყველაზე ეფექტური ქცევის გაუმჯობესების თვალსაზრისით აღმოჩნდა ნუშისებრი სხეულის ლატერალურ და მედიალურ განყოფილებებს შორის მცირე უბნების დესტრუქცია (10 მმ დიამეტრის). ნუშისებრ სხეულში ელექტროდის მოხვედრის სიზუსტე კონტროლირდება როგორც რენტგენოლოგიურად, ისე ელექტროგრაფიკულად (ბიოელექტრული აქტივობის მიხედვით).

ფსიქოქირურგიის განვითარებამ ბოლო 10-15 წლის მანძილზე საშუალება მოგვცა შეგვეჯამებინა ზოგიერთი შედეგი. მრავალრიცხოვანი გამოქვეყნებული მასალის ანალიზის საფუძველზე ვაკეთებთ დასკვნას, რომ ტვინის სხვადასხვა სტრუქტურის დესტრუქცია ყველაზე ეფექტურია დეპრესიისა და შიშის მდგომარეობის დროს: კერძოდ მაშინ, როცა ეს მდგომარეობა დომინირებს შიზოფრენიის კლინიკურ სურათში. თანამედროვე ფსიქოქირურგიის თერაპიული შესაძლებლობების განხილვა ცხადყოფს, რომ ავადმყოფების 75%-ში შეიძლება დეპრესიის, ნერვიულობისა და აკვიატებული აზრების მნიშვნელოვანი შემცირება ცინგულატომიის შემდეგ. ავადმყოფების 50%-ში აგრესიულობის სინდრომით და „მრისხანების შეტევებით“ მნიშვნელოვანი სამკურნალო ეფექტი აღინიშნება ამიგდალატომიისა და ჰიპოთალატომიის შემდეგ.

§ 3. ფსიქოქირურგიული ოპერაციების სახეები

ერთ-ერთი ძირითადი ფსიქოქირურგიული ოპერაციაა ცინგულოტომია – სარტყლისებრი ხვეულის დესტრუქცია, რომელიც ლიმბურ სისტემის მნიშვნელოვანი რგოლია. ეს ოპერაცია ძირითადად გამოიყენება ტკივილის სინდრომის დროს.

სტერეოტაქსიკური ცინგულოტომიის ჩვენება არის რამდენიმე ფსიქიკური დაავადება – შიზოფრენია, მძიმე ნევროზი, ნარკომანია. ლაიტინენი და თანაავტორები (1971) იტყობინებიან ცინგულოტომიის შედეგებზე 46 ავადმყოფში სხვადასხვა ფსიქიკური დაავადებით და აუტანელი ტკივილებით ნარკომანიასთან ერთად. გაკეთდა ოპერაციები სარტყლისებური ხვეულის როსტრალურ განყოფილებაზე. დაავადების საშუალო ხანგრძლივობა ოპერაციამდე იყო 10 წელი. დომინირებადი სიმპტომი იყო ალგზნებადობა. დეპრესიები, სომატური ჩივილები და ფობიები ჰქონდა ავადმყოფების ნახევარს. ავადმყოფობის სიმძიმეს ამტკიცებს ის, რომ 22 ავადმყოფს ადრე ჰქონდა სუიციდალური მცდელობა. ყველა ავადმყოფი არაერთხელ იყო ჰოსპიტალიზებული ფსიქიატრიულ კლინიკაში.

42 ავადმყოფს ოპერაცია ჩატარდა ადგილობრივი ანესთეზიის ქვეშ. წარმოებულ იქნა სტერეოტაქსიკური მიზნის – შუბლ-მედიალური სტრუქტურების ელექტროსტიმულაცია 1მმ სისქის ელექტროდებით, სტიმულირებადი იმპულსები იყო 6 და 60 ჰც სიხშირის, ხანგრძლივობა 1 ნაწი, 6-დან 45ვ. ავადმყოფებს აფრთხილებდნენ მოსალოდნელი სტიმულაციის შესახებ, არ მიუთითებდნენ მისი დანყების ზუსტ დროს და სთხოვდნენ დაკვირვებოდნენ სუბიექტურ შეგრძნებებს და მშვიდად ესუნთქათ ამ შეგრძნებებისაგან დამოუკიდებლად. 42 ავადმყოფიდან 14-მა აღნიშნა სუბიექტური ემოციონალური მოვლენა 60ჰც დენით სტიმულაციის საპასუხოდ, 8 მათგანმა იგრძნო ზოგადი დაძაბულობის ზრდა, 2-ს გაუქრა ალგზნება, ხოლო დანარჩენი 4 ავადმყოფი აღნიშნავდა ალგზნების გაზრდას *deja vue* ტიპის შეგრძნებასთან ერთად, სასიამოვნო შეგრძნებებს სხეულში, ბედნიერების განცდას, სიხარულს, 9 ავადმყოფი – დენით გაღიზიანების შეგრძნება ცხვირის არეში. რიგი ავადმყოფები აღნიშნავდნენ ლებინებას, თავბრუსხვევას, ცახცახს სხეულში, მწვავე ტკივილის შეგრძნებას, „ტკინში ნემსების არსებობას“. 14 ავადმყოფს სტიმულაციის საპასუხოდ არ აღენიშნებოდა არავითარი სუბიექტური შეგრძნება.

ცინგულოტომიის ყველაზე მნიშვნელოვანი სამკურნალო ეფექტი გამოიხატებოდა ავადმყოფებში პათოლოგიური ალგზნებადობის შემცირებაში, ხოლო ოპერაციის გავლენა დაძაბულობაზე და დეპრესიაზე ნაკლები იყო.

ცინგულოტომიის შორეული შედეგები (დაკვირვების საშუალო ვადა 1½ წელი) საკმაოდ დამაიმედებელი იყო. ავადმყოფების ნახევარი მთლიანად ან თითქმის მთლიანად განიკურნა, ისინი დაუბრუნდნენ შრომას და აღარ ხმარობდნენ პრეპარატებს. ავადმყოფების 26%-ს აღენიშნებოდა მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება, თუმცა მათ მაინც სჭირდებოდათ ფსიქიატრის დახმარება. დანარჩენ 24% ავადმყოფებს ოპერაციამ ვერ მიანიჭა შესამჩნევი ეფექტი.

ცინგულოტომიის შემდეგ არ ყოფილა სერიოზული გართულებები, მათ შორის ეპილეფსიური შეტევების წარმოქმნა. ელექტროენცეფალოგრამის მონაცემები, რომლებიც ზედაპირული ელექტროდებიდან რეგისტრირდებოდა, აშკარად გაუმჯობესდა. ცინგულოტომიამდე და მის შემდეგ ჩატარებულია ფსიქოლოგიურმა ტესტებმა ვერ აღმოაჩინა ოპერაციით განპირობებული ინტელექტის, მეხსიერებისა და ყურადღების დარღვევა. ის ფაქტი, რომ ცინგულოტომიის შემდეგ არ ხდება პიროვნების შეცვლა, ხდის ამ ოპერაციას ბევრად უფრო დამზოგველს და ადეკვატურს, ვიდრე კლასიკური ლეიკოტომია. შიზოფრენიის დროს ცინგულოტომიის კლინიკური ეფექტი შედარებით კეთილსაიმედოა, მაშინ როცა ლობოტომიის დროს შედეგები ნაკლებ კეთილსაიმედოა. ლობოტომია შედეგს იძლევა მხოლოდ შიზოფრენიის ფსევდონევროტულ ქვეჯგუფში. შიზოფრენიული წარმოშობის მკვეთრი ალგზნება იკურნება ცინგულოტომიით. ასევე მცირდება ამ ოპერაციის შედეგად სუიციდალური ტენდენციები და კატატონური სიმპტომები. ოპერაცია უშუალოდ არ მოქმედებს პალუცინატორულ სინდრომზე, მაგრამ, რადგან უმჯობესდება ავადმყოფის ემოციონალური მდგომარეობა, შიზოფრენიის მიმდინარეობა ცინგულოტომიის შემდეგ ხდება უფრო რბილი.

ცინგულოტომია ზოგჯერ კარგად მოქმედებს ფსიქონევროლოგიურ ალგზნებადობაზე და შიშზე, მაგრამ ძალიან მცირედ უწყობს ხელს დაძაბულობის მოხსნას. ამ უკანასკნელმა გამოიწვია ის, რომ ნევროზიანი ავადმყოფების მხოლოდ 1/3 გათავისუფლდა დაავადების სიმპტომისაგან ოპერაციის შედეგად. უფრო გვიანმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ ზოლიანი სხეულის მუხლზე ზემოქმედება (მეზოლოვიოტომია) ისევე ეფექტურია დაძაბულობის დროს, როგორც ალგზნებისას. აქედან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ალგზნებადობა და დაძაბულობა არის ორი სხვადასხვა სიმპტომი, რომელთა „ანატომიური სუბსტრატი“ გაყოფილია სარტყლოვანი ხეულის დონეზე, მაგრამ გაერთიანებულია ზოლიანი სხეულის დონეზე. ლაიტინენი ხაზს უსვამს, რომ ზოლიანი სხეულის მუხლის მაღალი სისშირის სტიმულაცია ოპერაციის პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია მისი შედეგების პროგნოზისათვის. კარგი ეფექტის მიღება შეიძლება მხოლოდ მაშინ, როცა სტიმულაციისას ავადმყოფს წარმოექმნება რელაქსაციისა

და სიამოვნების შეგრძნება. მეზოლოვიოტომია ძალიან ეფექტურია შიზოფრენიის დროს, რადგან იგი სპობს აფორიაქებას, დაძაბულობას და კატატონიას. ლაიტინენის მიერ ჩატარებულმა 55 ასეთი ოპერაციის გამოცდილებამ აჩვენა ხანგრძლივი კარგი შედეგები. მაგრამ დეპრესიის, ფობიების, აკვიატებული ნევროზებისას აღნიშნული ოპერაცია არაეფექტურია.

ცინგულოტომიის გაფართოებული ვარიანტია ფსიქოქირურგიული ოპერაცია, რომელსაც ეწოდა სტერეოტაქსიკური ლიმბიკური ლეიკოტომია. ამ ოპერაციისას ახდენენ შუბლის ორივე წილის ბაზალურ-მედიალურ კვადრატებში და სარტყლისებრი ხვეულის წინა ნაწილში რამდენიმე კერის დესტრუქციას. ვარაუდობენ, რომ პირველ შემთხვევაში ხდება შუბლ-თალამური და პიპოთალამური გზების განწყვეტა, მეორე შემთხვევაში – ძირითადი ლიმბური „papez-ის წრის“ გადაჭრა. ნეიროქირურგმა პეგსმა თანაავტორებთან ერთად ჩაატარა 66 ასეთი ოპერაცია ავადმყოფებთან, რომელთაც აღენიშნებოდათ სხვადასხვა ფსიქიკური დაავადებები – შიზოფრენია, დეპრესია, ნევროზები და სხვ.), აღიარებულნი იყვნენ განუკურნებელ პაციენტებად, ხანგრძლივი წლები იმყოფებოდნენ ფსიქიატრულ სტაციონარებში. აღნიშნული ოპერაციის მნიშვნელოვანი ეფექტი ექვს არ იწვევს. შორეული შედეგების კლინიკურ შეფასებას ავსებდა მრავალი ფსიქომეტრული ტესტი. 1½ წლის შემდეგ მეტ-ნაკლებად გამოხატული გაუმჯობესება ჰქონდა ავადმყოფების 76%-ს.

კიდევ ერთი ოპერაცია ფსიქოქირურგიის არსენალში არის წინა კაფსულოტომია, რომელიც მიეკუთვნება იშვიათ სტერეოტაქსიკურ ოპერაციებს. მისი მიზანი მდგომარეობს თალამუსიდან პრეფრონტალურ ქერქში მიმავალ გამტარი გზების დესტრუქციაში, რომელიც გადის შიგნითა კაფსულის წინა ფეხში. ვარაუდობენ, რომ ამ გზების განწყვეტა ახდენს ზოგიერთი ფსიქიკური დაავადების მქონე ავადმყოფებზე სამკურნალო ზემოქმედებას. შიგნითა კაფსულის წინა ფეხის დესტრუქციას ახდენენ ერთდროულად ორივე მხრიდან. ეს ოპერაცია შედარებით უსაფრთხოა, რადგან ამ დროს ნაკლებსავარაუდოა ფუნქციონალურად მნიშვნელოვანი სტრუქტურების დაზიანება. ეს საშუალებას იძლევა დესტრუქციის კერის მოცულობის თითქმის 20მმ დიამეტრამდე გაზრდას. კაფსულოტომიისას სამიზნე ნერტილის კოორდინატები შემდეგია: გვერდით სურათზე – 17მმ CA-დან LI-ს პირდაპირ გაგრძელებაზე. წინაუკანა სურათზე – შუა სიბრტყიდან 20მმ.

შიგნითა კაფსულის წინა ფეხის სტერეოტაქსიკური დესტრუქცია არის ერთ-ერთი საკმაოდ ეფექტური ფსიქოქირურგიული ოპერაცია. ჯერ კიდევ 1961 წელს Herner-მა გამოაქვეყნა 116 ოპერირებული ავადმყოფის შორეული შედეგები. პაციენტების დაახლოებით 80%-ში

აღინიშნა მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება დეპრესიის, მოუსვენრობის, ფობიების ფონზე. ავადმყოფების 20%-ში საერთოდ გაქრა აკვიატებული ნევროზის მოვლენები და მრავალს ის მნიშვნელოვნად შეუმცირდა. კეთილსაიმედო შედეგები ამ ოპერაციის შემდგომ მიიღო Binley და თანაავტ. (1913) – მძიმე აკვიატებული ნევროზი ლიკვიდირებულ იქნა 17 ავადმყოფიდან 9-ში.

Angy (1970) აღნიშნავს კარგ შედეგებს კიდევ ერთი „მიზნის“ სტერეოტაქსიკური დესტრუქციისას – CM. ამ ოპერაციის უეჭველი ეფექტურობა აღინიშნა 5 ავადმყოფს, რომელთაც ახასიათებდათ „აღგზნება და აგრესიულობა“.

ეპილეფსიით დაავადებულების ფსიქიკურ მდგომარეობაზე სისტემატური დაკვირვება ტვინის ღრმა სტრუქტურების ელექტრული სტიმულაციის წარმოებისას არის მნიშვნელოვანი კომპონენტი ამ ავადმყოფების ხანგრძლივადიანი ინტრაცერებრალური ელექტროდებით მკურნალობის პროცესში მათი კომპლექსური გამოკვლევისა. ასეთი გზით შეიძლება განხორციელდეს უფრო სრული ელექტრული სტიმულაციის პროცესი, რაც ხელს უწყობს სტრუქტურა-სამიზნეების არჩევის ოპტიმიზაციას სამკურნალო ზემოქმედებისათვის, და ამასთან ერთად – ზოგიერთი ფსიქოპათიური სინდრომის შესწავლას და ტვინის ამა თუ იმ ღრმა სტრუქტურის როლის კონკრეტიზაციას ფსიქიკური ცხოველმოქმედების სხვადასხვა ფორმის ორგანიზაციაში. ამ გამოკვლევების მნიშვნელოვანი გამოსავალი შეიძლება იყოს ტვინის სტრუქტურებზე სამკურნალო ელექტრული ზემოქმედების გამოყენების კონკრეტული ტაქტიკის გარკვევა დარღვეული ფსიქიკის ფუნქციის აღსადგენად.

შესაბამისი ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შრომების უმეტეს ნაწილში აღწერილია ანტერო- და რეტროგრადული ამნეზიის ტიპის მეხსიერების დარღვევა ჰიპოკამპისა და ჰიპოკამპური ხვეული ერთ ან ორმხრივი სტიმულაციისას, რომელიც ეპტილეპტოგენური ფოკუსის ვერიფიკაციის მიზნით ტარდება. მეხსიერების დეფექტების წარმოქმნას შეიძლება წინ უსწრებდეს ჰიპოკამპის სტიმულაციის შემდგომი ლოკალური ეპილეპტიკური განმუხტვა, რომელიც ამ წარმონაქმნის დროებითი ფუნქციონალური გათიშვის ნიშანია, რითაც აიხსნება მნესტიკური დარღვევების მსგავსება მისი დესტრუქციისა და სტიმულაციის დროს. ერთეულ შეტყობინებებში აღწერენ ჰიპოკამპის ელექტრული გალიზიანების სხვა მნესტიკურ ეფექტებს. ზემოქმედების წინ მიცემული ვერბალური და არავერბალური ინფორმაციის კვალის დაავადებული აღდგენის გაუარესება, მარცხენა ჰიპოკამპის სტიმულაციის შემდგომ ამნესტიკური აფაზიის წარმოქმნა. წარსულთან დაკავშირებული ვიზუალური ხატების, ბგერების, შეგ-

რძნებებისა და ძალადობრივი მოგონებების წარმოშობა. არსებობს ცალკეული ცნობები ჰიპოკამპის სტიმულაციისას პოზიტიური (სიმსუბუქე, სიხარული, სიამოვნება) და ნეგატიური (მოუსვენრობა, შიშ, დათრგუნულობა) ემოციური რეაქციების წარმოქმნის შესახებ, რომლებიც ცვლიან ერთმანეთს ამ წარმონაქმნის მეზობელი უბნების თანმიმდევრული ელექტრული გაღიზიანებისას.

მაგრამ უფრო ხშირად ემოციური ან ეფექტურ-ვეგეტატიური ძვრების წარმოშობას უკავშირებენ ნუშისებრი სხეულის ან პერიამიგდალარული უბნის სტიმულაციას. ამასთან, არც თუ იშვიათად აღინიშნება ზოგადი ფსიქიკური აქტივობის დონის რყევადობა, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ალგზნება, ყურადღების კონცენტრაციის შეუძლებლობა, დაბნეულობა, ან პირიქით საერთო ფსიქიკური ტონუსის ამაღლება, მეტყველებითი და მოძრაობითი აქტივობის გაძლიერება, ყურადღების მაჩვენებლების გაუმჯობესება. მეტყველების ტემპის აჩქარება საფეთქლის წილის მედიობაზალური უბნების სტიმულაციისას ეპილეფსიით ავადმყოფებში შეიძლება აიხსნას „დროის შკალის ათელის“ ცვლილებით. რიგ შრომებში ნუშისებრი სხეულის ელექტრული სტიმულაციისას აღინერება გარემომცველი სამყაროს არარეალური შეგრძნების წარმოშობა, ზოგჯერ დერეალიზაციის, დეპერსონალიზაციის და ფსიქიკური ავტომატიზმის მოვლენებით, მაშინ როცა მეხსიერების დეფექტები იშვიათია.

აგრესიულობის სინდრომი, როგორც წესი არ არის ფსიქიკური დაავადების ერთადერთი გამოვლინება, მაგრამ ზოგჯერ დომინირებს მის კლინიკაში. ეს სინდრომი საკმაოდ დამახასიათებელია ეპილეფსიისათვის და მასზე ზემოქმედება ამ დაავადების ქირურგიული მკურნალობის ნაწილია.

„პათოლოგიური აგრესიულობის“ მკურნალობისათვის თანამედროვე ფსიქოქირურგიაში ყველაზე ხშირად იყენებენ ორმხრივ უკანა ჰიპოთალამიკის - ჰიპოთალამუსის უკანა ბირთვების სტერეოტაქსიკურ დესტრუქციას. ამ ოპერაციის დადებითი გავლენის მექანიზმი ჯერ საკმაოდ გარკვეული არ არის. შესაძლოა ეს ოპერაცია ახდენს „ერგოტროპული“ და „ტროფოტროპული“ ბალანსის ნორმალიზებას. ეს ინვეეს სამკურნალო ეფექტს აგრესიულ და მოუსვენარ ავადმყოფებში, რომლებიც ამასთან ერთად ხშირად დაავადებულნი არიან ეპილეფსიით. უკანა ჰიპოთალამუსის ძალიან მცირე ზომები ითხოვს დესტრუქციის მცირე კერის შექმნას. მისი ზომები არ უნდა აჭარბებდეს 3-4 მმ-ს (მიახლოებით 30-35 მმ³). ეს ოპერაცია კარგადაა დამუშავებული სანოს მიერ, რომელმაც 50-ზე მეტი ფსიქიკურად დაავადებული ავადმყოფის ოპერირება მოახდინა. თითქმის ყველას აღენიშნა მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება, რომელიც გაგრძელდა რიგი წლების

განმავლობაში. იგი მდგომარეობდა აგრესიულობის, მოუსვენრობის მუდმივი მეთვალყურეობისა და მოვლის აუცილებლობის მოხსნაში.

ერეტიკული ოლიგოფრენია ბავშვებში, რომელსაც ახლავს აგრესიულობა, წარმოიქმნება, როგორც ნესი ტვინის მძიმე ორგანული დაზიანებისას პერინატალურ პერიოდში. ამ ბავშვებს აღენიშნებათ ინტელექტის მკვეთრი დაქვეითება და გამოსატყუი აგრესიულობა თავის თავზე და გარშემომყოფთათვის ზიანის მიყენებისაკენ მუდმივი მისწრაფებით. ზოგჯერ აუცილებელი ხდება ასეთი ბავშვებისათვის ხელ-ფეხის შეკვრა, რათა თავს არ მიაყენონ მძიმე ტრავმა. ასაკთან ერთად ამ ბავშვების აგრესიულობა ძლიერდება. ყველა სახის მედიკამენტოზური და სხვა მკურნალობა ამ დაავადებისას ნაკლებეფექტურია. არჯონამ (1974) მოახდინა 11 ერეტიკული სინდრომით დაავადებული ბავშვის ოპერირება. მათი ასაკი 3-დან 13 წლამდე მერყეობდა. ყველა ავადმყოფს გაუკეთდა ორმხრივი უკანამედიალური ჰიპოთალამოტომია. მათ ოპერაციის შემდეგ აღენიშნათ მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება – გაქრა აგრესიულობა და თვითდაზიანებისაკენ სწრაფვა. მათ მიიღეს სხვა ბავშვებთან ნორმალური კომუნიკაციის შესაძლებლობა. სპეციალურ სკოლებში 11 ბავშვიდან 6-მა დაიწყო სწავლა. ჩატარებული ოპერაციები იყო თერაპიის ერთადერთი საშუალება ამ ავადმყოფებისათვის. ამ ოპერაციის შემდეგ არ ვლინდება ფსიქიკის რომელიმე ახალი ნევროლოგიური სიმპტომი ან დარღვევა.

პ. ნადვორნიკმა და თანაავტ. (1973) ჩაატარეს 46 აგრესიული სინდრომითა და იმბეცილობით დაავადებული ავადმყოფების ოპერირება. მათ გამოიყენეს თალამუსის, ნუშისებრი ბირთვებისა და ჰიპოთალამუსის დესტრუქცია. ავტორები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ყველაზე ეფექტური შედეგები შეიძლება მიღებულ იქნას უკანა ჰიპოთალამუსის დესტრუქციით Sano-ს მეთოდით.

„აგრესიულობის სინდრომზე“ თერაპიული ზემოქმედებისათვის გაკეთდა კიდევ ერთი თალამური სტრუქტურის დესტრუქციის ცდები – შიგა ტვინის ფირფიტის (Lam.medullaris int-Lmi) – თეთრი ნივთიერების ბრტყელი ზოლისა Th-ს ცენტრალურ უბნებში. Lmi-ს გააჩნია მჭიდრო ანატომიურ-ფუნქციონალური კავშირები ლიმბურ სისტემასთან, ორბიტალურ შუბლის ქერქთან და ექსტრაპირამიდულ სისტემასთან ანუ სტრუქტურებთან, რომელთაც აქვთ უშუალო მიმართება ემოციონალურ ინტეგრაციასთან. ამასთან დაკავშირებით ვარაუდობენ, რომ Lmi ახდენს შემამსუბუქებელ ეფექტს აგრესიული სინდრომის მქონე ფსიქიკური დარღვევების განვითარებაზე, ხოლო ამ სტრუქტურის დესტრუქციამ შეიძლება დადებითი გავლენა მოახდინოს ამ სინდრომზე.

Lmi-ს სტერეოტაქსიკური კოორდინატები შემდეგია: Li-სთან მიმართებაში – 7-8 მმ უკან CA-დან, 2-3 მმ ზევით Li-დან და 9-10 მმ ლატერალურად შუა სიბრტყიდან.

Lmi-ს სტერეოტაქსიკური დესტრუქციის შედეგებზე აგრესიული ქცევის ავადმყოფებში იტყობინებიან Poblete და თანაავტ. (1970). ჩვეულებრივი კონსერვატიული მკურნალობა უშედეგო იყო. 25 ოპერირებული ავადმყოფიდან (3½ წელი დაკვირვების ხანგრძლივობით ოპერაციის შემდეგ) 7 ავადმყოფში მიღებულ იქნა კარგი შედეგები და 6-ში – შესამჩნევი გაუმჯობესება. ავადმყოფები დაბრუნდნენ სახლში ფსიქიატრული საავადმყოფოდან, მათ გაუქრათ ფსიქოზური პერიოდები და აგრესიულობა. რიგ შემთხვევაში ავადმყოფები დაუბრუნდნენ შრომას, ყველა ოპერაციამ ჩაიარა გართულების გარეშე, ხოლო ხანგრძლივი დაკვირვებისას არცერთ ავადმყოფს არ ჰქონდა გართულება.

კიდევ ერთი სტერეოტაქსიკური სამიზნე ფსიქოქირურგიული ოპერაციის დროს არის Subst innominata (si)-ს ან სუბკაუდალური უბნის დესტრუქცია. ამ ოპერაციების დიდი გამოცდილება წარმოადგინა Kinght-მა და თანაავტ. (1972) – მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება აგრესიული სინდრომისას ხანგრძლივი ვადით დაკვირვების დროს აღნიშნულია 40 ოპერირებული ავადმყოფის 90%-ში. გარდა ამისა 77%-ს შეუმცირდა ფობიები და 44%-ში მთლიანად ლიკვიდირებულ იქნა მძიმე დეპრესია. მიუხედავად ამ დამამიმდებელი შედეგებისა, si-ს დესტრუქციის ჩვენებები მოითხოვს დაზუსტებას, მათი შედეგების შეფასება – შემდგომ დაკვირვებებს.

სექსუალური დევიაციები. ჰიპოთალამუსის ბირთვების დიდი როლი სექსუალური ფუნქციის რეგულაციაში დიდი ხანია ცნობილია. დადგენილია, რომ ამ სტრუქტურაში არის ორი „ცენტრი“ – ერთი მათგანი არეგულირებს გონადოტროპული ჰორმონის სეკრეციას, მეორე შედის ექსტრაგონადოტროპული სექსუალური ქცევის სისტემაში. პირველი ამ მექანიზმებიდან დაკავშირებულია ჰიპოთალამუსის ვენტრო-მედიალურ ბირთვთან და ტუბერო-მამილარულ კომპლექსთან, მისი დესტრუქცია ექსპერიმენტში იწვევს სასქესო ჯირკვლების ატროფიას. სასქესო ფუნქციების რეგულაციის მეორე მექანიზმი, რომელიც პირველ მექანიზმს აკონტროლებს, ლოკალიზდება წინა ჰიპოთალამუსში და აგრეთვე დაკავშირებულია ლიმბურ სისტემასთან, პირველ რიგში ამიგდალარულ კომპლექსთან. ექსპერიმენტში ამიგდალარული კომპლექსისა და მიმდებარე ქერქის დაზიანება იწვევს ჰიპერსექსუალობას (კლუვერ-ბიუსის სინდრომი). სექსუალური ფუნქციის დარღვევა (სხვა სიმპტომებთან კომპლექსში) შედარებით ხშირია საფეთქლისმიერი ეპილეფსიის დროს. ზემოთ მოყვანილმა შედე-

გებმა ფსიქოქირურგებს მისცა საფუძველი მოეხდინათ სქესობრივ გარყვნილებაზე ზემოქმედება სტერეოტაქსიკური დესტრუქციის საშუალებით.

პირველი სტერეოტაქსიკური ოპერაცია პიპოთალამუსზე სექსუალური დევიაციისას (პედოფილია) წარმოებულ იქნა Roeder-ის მიერ (1965), რომელმაც ერთ ავადმყოფს ჩაუტარა პიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის სტერეოტაქსიკური დესტრუქცია. ოპერაციის შემდეგ მიღებულ იქნა მდგრადი სამკურნალო ეფექტი. ოპერაციამ არ გამოიწვია მეტაბოლიზმის, ტემპერატურის, ნახშირწყლოვანი ცვლის რაიმე ცვლილება.

შემდგომში Roeder-მა და თანაავტ. (1972) აღწუსეს პიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვის სტერეოტაქსიკური დესტრუქციის შედეგები 16 ავადმყოფში სექსუალური გადახრებით (პედოფილია, ჰომოსექსუალიზმი და ა.შ.). უმრავლეს შემთხვევაში ოპერაციის შემდეგ მიღებულ იქნა კარგი და მდგრადი თერაპიული ეფექტი, განსაკუთრებით ჰომოსექსუალიზმისა და ჰიპერსექსუალიზმის დროს. ოპერაციის შემდგომი რეციდივი არ ყოფილა. ოპერაციის შემდგომ არ აღინიშნებოდა ინტელექტის ცვლილება, ნარჩუნდებოდა პოტენცია, არ ვითარდებოდა გაცხიბოვნება და უშაქრო დიაბეტი.

Diekmani და Hassleri (1975) იტყობინებიან სექსუალური გადახრის მქონე 6 ავადმყოფის (პედოფილური ჰომოსექსუალიზმი, ჰიპერსექსუალურობა) ქირურგიული მკურნალობის შესახებ. ყველა ეს ავადმყოფი იხდიდა ხანგრძლივადიან სასჯელს სქესობრივი დანაშაულებებისათვის და საკუთარი ნებით მისცეს თანხმობა ოპერაციაზე. პედოფილიისა და ჰომოსექსუალიზმის ზემოთ მოყვანილი სამკურნალო მეთოდის საფუძველზე ჩატარდა პიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბაზალური ნაწილისა და ტუბერომამილარული კომპლექსის სტერეოტაქსიკური დესტრუქცია. ჰიპერსექსუალობით დაავადებულებს უტარებდნენ პრეოპტიკური უბნის დესტრუქციას, ხოლო ერთ მათგანს თალამუსის როსტრალური ინტრალამინარული ბირთვებისა. ყველა ამ სტრუქტურის დესტრუქცია ცალმხრივი იყო. 6-დან 5 ოპერირებულ ავადმყოფს აღენიშნა კარგი შედეგები და ერთს აღენიშნა დამაკმაყოფილებელი შედეგი (დაკვირვების ვადა - რამდენიმე თვიდან 3½ წლამდე). პათოლოგიური სექსუალური ქცევა, რომელიც ოპერაციამდე აღინიშნებოდა, პრაქტიკულად მთლიანად გაქრა. ოპერაციის შემდეგ არ ყოფილა რაიმე ენდოკრინული ან მეტაბოლური დარღვევა.

შემდგომში იგივე ავტორებმა (1977) ისევ ჩაატარეს პიპოთალამუსის სტერეოტაქსიკური დესტრუქცია ჰიპერსექსუალურობის დროს, რომელიც სქესობრივ დანაშაულობებს ინვევდა. მათ ჩაუტარეს ოპე-

რაცია 4 მამაკაცს, რომლებიც იყვნენ დასჯილნი გაუპატიურებებისათვის. ოპერაციები ჩატარდა პატიმრების თხოვნით და სასამართლოს გადანყვებით. ყველა ამ პირს გაუკეთდა ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვისა და ტუბერო-მამილარული კომპლექსის ცალმხრივი დესტრუქცია. ვარაუდობენ, რომ ამ დროს ხდება ჰორმონალური და ქცევითი სექსუალური ცენტრის გათიშვა. ყველა შემთხვევაში მიღებულ იქნა ეფექტი ჰიპერსექსუალურობის გაქრობის სახით.

ფსიქოქირურგიულ ოპერაციებს უდავოდ შეუძლიათ ჰიპერსექსუალურობის დონის დადაბლება, მაგრამ სექსუალური ორიენტაციის შეცვლა საეჭვოდ რჩება.

აკვიატებული ნევროზები. ეს დაავადებაც თანამედროვე ფსიქოქირურგიის ერთ-ერთი ობიექტია. აკვიატებული მდგომარეობის მძიმე სინდრომისას Hassler-მა და Dieckmann-მა (1967) გამოიყენეს თალამუსის მედიალური და ინტრალამინარული ბირთვების დესტრუქცია 5 ავადმყოფში. ამ ბირთვების ცალმხრივი დესტრუქციის შემდეგ მიღებულ იქნა მკაფიო, მაგრამ ხანმოკლე ეფექტი, ხოლო ორმხრივი დესტრუქციის შემდეგ ფსიქიკური ფუნქციები პრაქტიკულად ნორმალურად იქნა აღნიშნავენ, რომ სხვა ფსიქიკური დაავადებებისას ამ ბირთვების დესტრუქცია ნაკლებეფექტურია.

ნარკომანია. მიღებულია ალკოჰოლიზმის ყველაზე მძიმე ფორმების მკურნალობის პირველი შედეგები ჰიპოთალამუსის ვენტრომედიალური ბირთვების ორმხრივი სტერეოტაქსიკური დესტრუქციისას (წინა ჰიპოტალატომია). Sramka-მ და თანაავტ. (1977) აღნიშნეს რომ ასეთი ოპერაციის შემდეგ 11 ავადმყოფში, რომელთათვის თერაპიის ყველა სახეობა უშედეგო აღმოჩნდა, ქირურგიული მკურნალობის ეფექტი შეფასებულ იქნა როგორც დამაკმაყოფილებელი.

Kanaka-მ და Balasubramani-ამ (1978) მოახდინეს სტერეოტაქსიკური წინა ცინგულოტომია 73 ავადმყოფში, რომლებიც დაავადებულნი იყვნენ სხვადასხვა ნარკომანიებით (ალკოჰოლი, მორფინი, ოპიუმი და სხვ.). ყველა ამ შემთხვევაში მრავალწლიანი ფსიქიატრიული მკურნალობა უშედეგო იყო. ავტორები საკმაოდ ოპტიმისტურად აფასებენ მიღებულ შედეგებს – ნარკოტიკებზე მთლიანად უარი თქვეს მორფინისტების 80%-მა და 68% ალკოჰოლიკმა.

ამერიკული ფსიქიატრთა ასოციაციის მონაცემებით, დღესდღეობით აშშ-ში არის 70-ზე მეტი ნეიროქირურგი, რომელიც აკეთებს ფსიქოქირურგიულ ოპერაციებს. მრავალი მათგანი ცდილობს ქირურგიული ჩარევის გზით გამოასწოროს ან „განკურნოს“ ე.წ. ანტისოციალური ქცევა – ძალადობა, ალკოჰოლიზმი, პომოსექსუალიზმი, ნარკომანია და სხვადასხვა ნევროზები და ფსიქოზები.

ლიქვოროსორბცია. დღეისათვის ფსიქოქირურგია უფრო მეტად ავითარებს თავის გავლენის სფეროს ფსიქიკურად დაავადებულ ადამიანთა მკურნალობაში. ამის მაგალითად შესაძლებელია მოვიყვანოთ ის ფაქტი, რომ შიზოფრენიის დროს ბიოქიმიური გამოკვლევის თანახმად სისხლში ადგილი აქვს ლიპიდებისა და ცილების ცვლის დარღვევას. ამ პათოლოგიის დროს ჩვენ საქმე გვაქვს პემატოენცეფალური ბარიერის დარღვევასთან, რის შედეგაც სისხლში იჭრება მაღალანტიგენური ნეიროსპეციფიკური გლობულინები, რაზედაც ორგანიზმი პასუხობს ანტისხეულების გამომუშავებით. შემდგომში ამას მოყვება ანტიგენ-ანტისხეულების კომპლექსის წარმოქმნა, რომლებიც გლიური უჯრედების და ნეირონის ფუნქციას არღვევენ და ეს საბოლოოდ იწვევს ტვინის როგორც ნევროლოგიურ, აგრეთვე ფსიქიკური ფუნქციონირების მოშლას.

ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა ის სამეცნიერო კვლევა-ძიებანი, რომლებიც ეხება კომპლექსის შექმნის პროფილაქტიკას და დეგენერაციული პროცესების შემქმნელი მიზეზების სანაციას.

საქმე ეხება თავის ტვინის სითხის ხელოვნური ცირკულაციის მეთოდის შექმნას და ანტისხეულების გამოყვანას ლიქვოროსორბციის მეშვეობით.

აღნიშნულ პრობლემებზე გრძელდება ექსპერიმენტული მუშაობა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ნეიროქირურგიის კურსის ბაზაზე.

§ 4. აგრესიულობის მკურნალობა ქირურგიული მეთოდით

მარკი და ერვინი – ორი ექიმი, რომელთა სახელს ყველაზე ხშირად უკავშირებენ იდეას, რომლის მიხედვითაც აგრესიულობა იკურნება ქირურგიული საშუალებებით. ვერნონ ხ. მარკი ბოსტონის საქალაქო საავადმყოფოს ნეიროქირურგიული განყოფილების გამგე და ჰარვარდის უნივერსიტეტის სამედიცინო ფაკულტეტის ადიუნქტ-პროფესორია. ფრენკ ერვინი ადრე ჰარვარდში ფსიქიატრიის ადიუნქტ-პროფესორი იყო, შემდგომ ლოს-ანჯელესში კალიფორნიის უნივერსიტეტის ნეიროფსიქიატრიული ინსტიტუტის ფსიქიატრიის ფაკულტეტის თანამშრომელი. თავიანთ წიგნში „ძალადობა და ტვინი“, რომელიც სამედიცინო წრეებში ერთ-ერთი ყველაზე საკამათო ნაშრომი გახდა, მათ წამოაყენეს აგრესიულობის მიზეზის თეორია და შემოგვთავაზეს მისი მკურნალობის პრაქტიკული მეთოდები.

ორივე ექიმი იზიარებს საყოველთაოდ აღიარებულ თეზისს იმაზე, რომ ლიბბური სისტემა ყველა ცხოველს, გარდა მტაცებლებისა, აქვს „თავდაცვისათვის, როგორც რეაქცია გაცნობიერებულ საფრთხეზე...“

რაც სავსებით გამართლებულია თვითგადარჩენის მიზნისათვის. ამ-
რიგად, თავის ტვინის ლიმბური სისტემა არ განიხილება როგორც
მხოლოდ აგრესიული ქცევის წარმომშობი სისტემა“.

„ჰარგად ორგანიზებულ ტვინში, – უმატებენ ისინი, – არის აგრეთ-
ვე მექანიზმები, რომლებიც იწვევს აგრესიულ ქცევას, მაგრამ ისინი
არასოდეს გამოდიან კონტროლიდან“. მაგრამ როცა ასეთი კონტრო-
ლი ირღვევა, ხდება ორიდან ერთი: ან ლიმბური სისტემა გახდა პა-
თოლოგიურად ზეაქტიური რომელიმე დარღვევის ან სტიმულაციის
გამო, ან სოციალურმა და კულტურულმა გარემომ ჯერ კიდევ ადრე-
ულ ბავშვობაში იმოქმედა ტვინზე ისე, რომ იგი „გრძნობს მოახლოე-
ბულ საფრთხეს უფრო მწვავედ ან ხშირად“, ვიდრე ტვინი, რომელიც
ჩვეულებრივ ითვლება ნორმალურად, ორივე შემთხვევაში მას „შე-
მოჰყავს ლიმბური სისტემა აგრესიული თავდასხმისათვის“.

მარკისა და ერვინის აზრით, თუ გარემო ახდენს არასასურველ
ზეგავლენას ტვინზე ადრეულ ასაკში, მაშინ მკურნალობის სხვა მე-
თოდები, გარდა ქირურგიისა არ არსებობს.

ისინი წერენ: თუ ამ მნიშვნელოვან პერიოდში გარემოს პირობები
არახელსაყრელია, მაშინ შეძენილი ან ანატომიური გადახრები უკვე
შეუქცევადია, თუნდაც ეს პირობები მოგვიანებით გაუმჯობესდეს...

აგრესიული ქცევის ის სახეები, რომლებიც დაკავშირებულია თა-
ვის ტვინის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევასთან, შესაძლე-
ბელია დაკავშირებული არიან თავიანთი ფესვებით გარემოსთან, მაგ-
რამ როგორც კი ტვინის გარკვეული უბანი განიცდის შეუქცევად
ცვლილებებს ამ გარემოს ზემოქმედებით, ასეთი ქცევის გამოსწორე-
ბა უკვე აღარ შეიძლება ფსიქოლოგიური ან სოციალური ზემოქმე-
დების საშუალებით. შეუძლებელია შევცვალოთ ასეთი აგრესიული
შეტევების მქონე ადამიანის ქცევა ფსიქოთერაპიით, ან გამოვასწო-
როთ იგი ციხეში გაგზავნით, ან ზრუნვითა და სითბოთი გარემოც-
ვით. ყველა ეს მეთოდი ამ შემთხვევაში უადგილოა და არ იძლევა
არავითარ შედეგს. ბოროტების ფესვი უნდა ვეძიოთ ტვინის დისფუნ-
ქციაში. მხოლოდ ამის აღიარების შემდეგ შეიძლება იმედი ვიქონი-
ოთ, რომ მივალწევთ წარმატებას ადამიანის ქცევის შეცვლის საქმეში.
უნდა ვალიაოთ ის ფაქტი, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში დაზიანებუ-
ლია თავად თავის ტვინის მექანიკა და მხოლოდ მისი სტრუქტურის
შეცვლით შეიძლება იმედი ვიქონიოთ განკურნებაზე ან მდგომარეო-
ბის შემსუბუქებაზე.

მარკისა და ერვინის მიერ შემოთავაზებული გადანყვეტილება გა-
მოირჩევა ორი სხვა თავისებურებით და დადებითად შეფასებულია
მრავალი ადამიანის მიერ. უპირველეს ყოვლისა, ის შეიძლება ჩაითვა-
ლოს ჰუმანურად, რადგან ძალადობისაკენ მიდრეკილების მქონე ადა-
მიანები, რომელთაც ფსიქოქირურგიის საშუალებით გაათავისუფლე-

ბენ აგრესიულობისაგან, მეტი აღარ მოხვდებიან ფსიქიატრიულ სამკურნალოებში და ციხეებში. დათვლილია, რომ ერთი წლის განმავლობაში ერთ პატიმრის ციხეში შენახვასთან დაკავშირებული ხარჯები უტოლდება პარვარდის უნივერსიტეტის ერთი კურსდამთავრებულის სწავლის საფასურსა და მატერიალურ ხარჯს. ფსიქოქირურგი კალიფორნიიდან მ. პანტერ ბრაუნი ამტკიცებს: „ფსიქოქირურგია თავის თავს აინაზღაურებს ასჯერ. ერთი ახალგაზრდა ტუსადის შენახვა ციხეში, რომელსაც სამუდამო პატიმრობა აქვს მისჯილი, ჯდება 250 ათასი დოლარი. ამიტომ მხოლოდ ფინანსური თვლასაზრისით, რომ არაფერი ვთქვათ საკითხის ჰუმანურ მხარეზე, ეს მეთოდი თავის თავს აინაზღაურებს“.

თუკი გავითვალისწინებთ ძალადობისკენ მიდრეკილების მქონე მოქალაქეების რიცხვს, დამნაშავეობის მიერ მიყენებულმა მატერიალურმა ზარალმა შეიძლება მიაღწიოს ასტრონომიულ სიდიდეს. ორივე ექიმი თვლის, რომ ამერიკელების რიცხვი, რომლებიც დაავადებულნი არიან ამა თუ იმ ფსიქიკური დარღვევით, აღწევს მილიონებს. რა თქმა უნდა, თელიან ისინი, ყველა მათგანი აუცილებლად არ გახდება ქურდი ან მკვლეელი, მაგრამ ამ ადამიანების მნიშვნელოვან პროცენტს აქვს მოთმინების იმდენად დაბალი რესურსი, რომ არსებობს მათი მიერ ამა თუ იმ ძალადობის აქტის ჩადენის ალბათობა. ამდენად, თელიან ისინი, იქმნება ფსიქოქირურგიასა და ადამიანის ქცევაზე ზემოქმედების სხვა მეთოდების სფეროში ინტენსიური ცდების ჩატარების აუცილებლობა.

§ 5. ემოციების მართვა

ემოციების შესწავლას ავადმყოფებში ხანგრძლივადიანი ინტრაცერებრალური ელექტროდების მეთოდით მკურნალობის დროს აქვს დიდი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა. უპირველეს ყოვლისა ის ხელს უწყობს რიგი პრაქტიკული ამოცანების გადანყვეტას, რომლებიც ეხება ავადმყოფის სომატური და ფსიქიკური მდგომარეობის ფუნქციონალურ და ზოგად კონტროლს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ემოციური გამოვლინება შეინიშნება ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე ელექტრული ზემოქმედების არა ყველა შემთხვევაში. მათი გამოვლინება დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, კერძოდ, ტვინში ელექტრული ზემოქმედების ადგილზე და ამ ზემოქმედების ხასიათზე (დენის ძალა, სიხშირე, მოქმედების ხანგრძლივობა და ა.შ.). თუმცა გამოკვლეულია ტვინის დაახლოებით 400 ნერტილი, უნდა ითქვას, რომ გამოკვლეული ტვინის ნერტილების უმრავლესობა აღმოჩნდა ემოციურ-ნეიტრალური გამოყენებული ელექტრული

დენის მოქმედების მიმართ. ემოციურ გამოვლინებებთან დაკავშირებულია „ნერტილების“ 10%. ლაპარაკი მიდის უპირველეს ყოვლისა ტვინის უბნებზე მხედველობის ბორცვის ვენტრო-ლატერალურ და უკანა ვენტრალურ ბირთვებში, სუბთალამურ უბანზე, ჰიპოკამპზე, ნუშისებრ კომპლექსზე, სახურავზე და სხვ.

ემოციური რეაქციები, რომელიც ვლინდება ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე ელექტრული ზემოქმედებისას, განიცდება ავადმყოფების მიერ როგორც მოულოდნელად წარმოშობილი ცნობიერების შინა-არსთან დაუკავშირებლად, სიტუაციისგან დამოუკიდებლად, კვლევასთან და მკურნალობის შედეგთან მიმართების გარეშე. ამასთან, ეს ემოციური გამოვლინებები ცნობიერდება სუბიექტის მიერ, როგორც მისი ფსიქიკისათვის დამახასიათებელი მოვლენა, და არა როგორც უცხო ცნობიერებისათვის, რაც დამახასიათებელია ზოგიერთი ფსიქიკური დაავადებების დროს ემოციური გაუცხოების ფენომენისათვის. ყოველი ემოციური გამოვლინება ხასიათდება არა მარტო გარკვეული სუბიექტური მდგომარეობით, არამედ ქცევის ტიპური ცვლილებით შესაბამისი მოძრაობითი და ვეგეტატიური სიმპტომებით.

ვიტალური ემოციები. ვიტალური ემოციები გარკვეული ინსტიქტური ცხოველმოქმედების კომპონენტია, რომელიც მიმართულია ისეთი ორგანული (ვიტალური) მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებაზე, როგორიცაა სქესობრივი, თვითშენახვის, კვების და სხვ. ჩვეულებრივ პირობებში ვიტალური ემოციები გამოიწვევა უპირობო და პირობითი გამლიზიანებლებით. კვლევების დროს ვიტალური ემოციები გამოიწვევა ხელოვნურად – გარკვეულ ქერქქეშა წარმონაქმნებზე ელექტრული დენის ზემოქმედებით, რაც, სავარაუდოდ არის მიზეზი სუბიექტის მიერ მათი უჩვეულო განცდის.

მეცნიერები აკვირდებოდნენ ელემენტარული და რთული ხასიათის სხვადასხვა შეფერილობის, გამოსატყულებისა და დინამიკის ვიტალურ ემოციებს. ელემენტარულ ემოციებს ეკუთვნის სასიამოვნო ან უსიამოვნო განცდები, რომელთაც თან ახლავს რომელიმე შეგრძნება (ტკივილის, ტაქტილური, ტემპერატურული და სხვ.), და რომელნიც ლოკალიზებულია სხეულის რომელიმე ნაწილში ან არა აქვს მკაფიო პროექცია ორგანიზმში.

ილუსტრირებისათვის მოვიყვანოთ ნეიროქირურგ ვ. სმირნოვის მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგებს.

„ავადმყოფი მ. 49 წლის. პოსტენცეფალური პარკინსონიზმი. ელემენტარული ვიტალური ემოციები წარმოიქმნებოდა სტიმულაციისას ელექტროდებით, რომლებიც განლაგებულნი იყვნენ თავის ტვინის მარცხენა ნახევარსფეროს შემდეგ სტრუქტურებში: სახურავი, სუბთალამური უბანი (მხედველობის ბორცვის საზღვართან), მხედველო-

ბითი ბორცვის ვენტრო-ლატერალური ბირთვი, ვენტრო-ლატერალური და უკანა-ვენტრალური ბირთვების საზღვარი, ვენტროლატერალური და შინაგანი კაფსულის საზღვარი. ემოციები ჩნდებოდა მხოლოდ მაღალი სიხშირის სტიმულაციით დადებითი იმპულსებით (25 და 50 იმპ/წმ.) ზღვრული ძალისას 0,2 მა. შესაძლოა, ემოციონალური რეაქციის გამოსანეევად გარკვეული მნიშვნელობა ჰქონდა პოლარიზებად ეფექტს ზემოქმედების უბანში.

ემოციური გამოვლინებანი გამოიხატებოდა უაღრესად სასიამოვნო განცდებში, რომელთაც თან ახლდათ არაჩვეულებრივი სითბოს შეგრძნება სხეულის მარჯვენა ნახევარში, უფრო ხელში. ამ შეგრძნებების ინტენსიურობა მით მეტი იყო, რაც უფრო ძლიერი იყო დენის ძალა. ყველაზე ძლიერნი იყვნენ ისინი 0,5 მა დენის ძალისას. ამ შემთხვევებში შეინიშნებოდა მიმიკური რეაქციები და ვეგეტატიური გამოვლინებები (სახის განთილება, პულსისა და არტერიული წნევის და სხვ.), ხოლო ვენტრო-ლატერალური ბირთვის უბნის სტიმულაციისას ამას ემატებოდა ტრემორის შეჩერება და რიგიდულობის დადაბლება (ტრემორი და რიგიდულობა – პარკინსონის დაავადების სიმპტომები. ზ. ბ.).“

აღწერილი გამოვლინებები წარმოექმნა ამ ავადმყოფს სტიმულაციის დაწყებისას და შეუწყდა მისი დამთავრებისას, მაგრამ შემდგომ ვითარდებოდა თავისებური ლტოლვა ელექტრული გალიზიანების მიღებისაკენ.

„ავადმყოფი გ. 37 წლის. პოსტენცეფალური პარკინსონიზმი. ემოციური გამოვლინებები წარმოიქმნებოდა პოლარიზაციისა და ელექტროლიზის დროს, რომლებიც წარმოებდა მხედველობის ბორცვის ვენტრო-ლატერალურ ბირთვში და ამ ბირთვის შინაგან კაფსულასთან საზღვარში ჩანერგილი ელექტროდების საშუალებით. ამ ზემოქმედების დროს ავადმყოფს წარმოექმნებოდა სქესობრივი ალგზნება უაღრესად სასიამოვნო განცდით, ორგანოში გადასვლით, რომელიც ნყდებოდა მხოლოდ ელექტრული დენის გამოთიშვის შემდეგ. განცხრომის განცდას თან ახლდა დამახასიათებელი მიმიკური და ვეგეტაციური გამოვლინებები. ეს ეფექტები ინვევდნენ თავისებური ლტოლვის გაჩენას ეროტიკული კომპონენტით“.

საშინელების, შიშის, სიხარულისა და სხვა აფექტები, რომლებიც წარმოიშობა ელექტრული ზემოქმედების დროს, ხასიათდება არა მარტო მოულოდნელი და აქტიური გამოვლინებით, არამედ იმითაც, რომ აფექტის განცდის მომენტში მის წარმოშობას სუბიექტი არ უკავშირებს არც გარე ფაქტორებს, არც საკუთარი ცნობიერების შინაარსს. ესაა – „უმიზეზო სიხარული“, „უმიზეზო სევდა“, „უმიზეზო შიში“. ასეთი აფექტები არ გამოხატავენ სუბიექტის მიმართებას რომელიმე მოვლენის მიმართ.

„ავადმყოფი ს. 24 წლის. კოჭენიკოვის ეპილეფსია მარცხენა მხრივი მიოკლონური ჰიპერკინეზით. აფექტი ჩნდებოდა მარჯვენა ნახევარსფეროს მხედველობის ბორცვის ვენტრო-ლატერალური და უკანა ვენტრალური ბირთვის უბნების ელექტროლიზისა და პოლარიზაციის დროს. დენის ძალის ტალღისებური ზრდისას ავადმყოფს უჩნდებოდა უმიზეზო შიშის გრძნობა, რომლის ინტენსიობა სწრაფად იზრდებოდა დენის ძალის ზრდასთან ერთად, აღწევდა საშინელების განცდის აფექტს, რომელსაც ახლდა მიმიკო-ვეგეტაციური გამოვლინებები და ხმოვანი რეაქციები. დენის ძალის ტალღისებური დადაბლებისას აფექტის ინტენსიობა მცირდებოდა, დენის გამორთვისას შიში ქრებოდა. ავადმყოფი ამბობდა, რომ არ იცოდა საიდან მოდის შიში“.

ემოციური მდგომარეობა გავლენას ახდენს შეცნობით პროცესებზე და ქცევაზე, ამიტომ ემოციური მდგომარეობის ცვლილება წარმოადგენს რთულ ფსიქიკურ ან ფსიქოპათოლოგიურ მოვლენას, თავისებურ სინდრომს. მკვლევარები აკვირდებოდნენ ფსიქიკური მდგომარეობის ცვლილებას მასიური ელექტრული ზემოქმედებისას – ზოგიერთი ღრმა სტრუქტურის ელექტროლიზისას 8-10 მა დენის ძალით 5-10 წთ-ს განმავლობაში. ემოციური მდგომარეობის მაქსიმალური ცვლილება შეინიშნებოდა ელექტრული დენის გამორთვიდან 3-5 წთ-ს შემდეგ და არ იზლუდებოდა მისი მოქმედების დროით, გრძელდებოდა რამდენიმე საათი, თანდათან სუსტდებოდა სრულ შეწყვეტამდე. ავადმყოფების ცნობიერება ამ დროს რჩებოდა ნათელი, მათთან კონტაქტი არ წყდებოდა, მაგრამ ფსიქოთერაპიულ კორექციას ისინი არ ექვემდებარებოდნენ.

ტვინის ღრმა სტრუქტურების მდგომარეობაზე შეიძლება მსჯელობა ელექტროსუბკორტიკოგრაფიით. ელექტრული ზემოქმედების უბანში შეინიშნება ბიოელექტრული პოტენციალების სრული დათრგუნვა შემდგომი გაჩენით ნელი (ზოგჯერ რიტმული) რხევებისა იგივე უბნებში და მეზობელ უბნებში (ცვლილებების რადიუსია 15-დან 25 მმ-მდე).

ემოციური მდგომარეობის ცვლილებები ვლინდება შემდგომ ფორმებში:

1 – არსებული ემოციური ფონის (განწყობა) გაძლიერება. ამაღლებული განწყობა გადადის ეიფორიაში. არაადეკვატურად მზიარული; უდარდელი განწყობილება ინტელექტუალური სიცხოველის გარეშე, ხოლო დადაბლებული განწყობა – დისფორიაში დაძაბულობით და გაბოროტებით. ამ შემთხვევებში ელექტროლიზისის ზონაში ჩართულია მხედველობის ბორცვის ვენტრო-ლატერალური და წინა უბნები და შესაძლოა მათგან გამომავალი გზები ქერქისაკენ.

II – პათოლოგიური ემოციური მდგომარეობის განვითარება მის წინმსწრებ განწყობასთან კავშირის გარეშე. ასე, მაგალითად მშვიდი განწყობილება გადადის ჰიპომანიაკალურ მდგომარეობაში მხიარული განწყობილებით, ფიქრების დაჩქარებული დინებით, ასოციაციების სწრაფი ცვლით, უყურადღებობით, მოძრაობითი აქტივობით. ასეთი ემოციური სინდრომი შეინიშნება მაშინ, როცა ელექტროლიზისის ზონაში ჩათრეულია ჰიპოკამპი, ნუშისებრი კომპლექსი.

მასიური ელექტრული ზემოქმედების (ელექტროლიზისი) დროს წარმოქმნილი ემოციური მდგომარეობის მექანიზმის ანალიზისას, უნდა იქნას გათვალისწინებული არა მარტო ლოკალური ფაქტორის როლი (ამა თუ იმ ქერქვეშა ბირთვის ნერტილოვანი დესტრუქცია), არამედ მასთან დაკავშირებული თავის ტვინის მეზობელი და დაშორებული უბნების ფუნქციონალური მდგომარეობის ცვლილებები.

რაოდენ რთულიც არ უნდა იყოს ამ ხელოვნურად გამოწვეული ემოციების მექანიზმი, ქერქვეშა სტრუქტურები მასში მთავარ როლს თამაშობენ, თუმცა არა საბოლოოს. უნდა აღინიშნოს, რომ მხოლოდ პირველი გამოჩენისას ფასდება ესა თუ ის ხელოვნურად გამოწვეული ემოციები სუბიექტის მიერ, როგორც ახალი, უჩვეულო მოვლენა მის ფსიქიკურ ცხოვრებაში. შემდგომში ისინი აღიქმება სუბიექტის მიერ როგორც ნაცნობი მქონე თვისებების, რომლებიც განასხვავებს ამ სახეობის ფსიქიკურ მოვლენებს სხვებისაგან, ფსიქოგენური ემოციური რეაქციებისა და სხვა წარმოშობის სენსორული ეფექტებისაგან. ფსიქოლოგიური გადამუშავების შედეგად, რომელიც განპირობებულია პიროვნების ინდივიდუალურ-ფსიქოლოგიური თავისებურებებით, ვითარდება ხელოვნურად გამოწვეული ემოციური გამოვლინების მიმართ ცნობიერი მიმართება. სუბიექტის სწორედ ეს ცნობიერი, გააზრებული მიმართულება მისი ემოციური ცხოვრების ახალ ფაქტებთან ახდენს გადამწყვეტ გავლენას ლტოლვის განვითარების ხასიათზე, რომელიც შემდგომმოქმედების ეფექტის გამოვლინებაა.

ყოველთვის უნდა გვახსოვდეს, რომ ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე ელექტრული ზემოქმედებისას ავადმყოფებს წარმოექმნებათ არა მარტო ხელოვნურად გამოწვეული ემოციები, არამედ ფსიქოგენური ემოციური რეაქციები, რომელთაც აქვთ სხვა ფსიქოლოგიური სტრუქტურა ვიდრე ხელოვნურ ემოციებს. ლაპარაკი მიდის ფსიქიკურ რეაქციებზე, რომლებიც დამახასიათებელია მოცემული პიროვნებისათვის ანალოგიურ ცხოვრებისეულ სიტუაციაში და გამოხატავს პიროვნების მიმართებას ამ სიტუაციასთან. ეს არის ემოციური დაძაბულობის მდგომარეობა ელექტრული ზემოქმედების მოლოდინში. შიშის რეაქცია, აფორიაქება, სიხარულის რეაქცია სასურველი სამ-

კურნალო ეფექტის მიღებისას და გულგატეხილობა გართულების წარმოქმნისას და სხვ.

ფსიქოგენური ემოციური რეაქციების წარმოქმნის შესაძლებლობა მით მეტია, რაც უფრო ცუდადაა ავადმყოფი მომზადებული ელექტრული ზემოქმედებისათვის ფსიქოთერაპიული თვალსაზრისით. ავადმყოფისათვის უცნობი პროცედურები იწვევს მასში არასწორ წარმოდგენებს მოსალოდნელ შედეგებზე. მას ეწყება შიში და აფორიაქება. კვლევის დროს ფსიქოტრავმირებადი ფაქტორი შეიძლება გახდეს დეონტოლოგიის წესების დარღვევა და ზოგიერთი ძნელად გასათვალისწინებელი მომენტი, მაგალითად, მოწყობილობების ადგილმდებარეობის შეცვლა ლაბორატორიაში, ახალი აპარატების გამოჩენა და ა.შ.

ფსიქოგენური ემოციური რეაქციების წარმოშობას ხელს უწყობს პიროვნების ისეთი თავისებურებები, როგორიცაა ექვიანობა, უნდობლობა, გაძლიერებული შთაგონება და თვითშეგნება, გამოხატული ემოციური არამდგრადობა. ეს თვისებები მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ემოციური რეაქციის ფსიქოლოგიურ სტრუქტურას: დომინირებად ემოციურ ფონს, დინამიას, გამოხატულებას, მიმართულებას და ა.შ. აფორიაქებისა და შიშის რეაქციები ჩვეულებრივ გამოხატულია კვლევის პირველ პერიოდში და ქრება მას შემდეგ, რაც ავადმყოფები ეცნობიან სენსორულ და მოძრაობით ეფექტებს საკუთარ გამოცდილებაზე. ამ ეფექტების შემდგომი გამოვლენა უკვე აღარ იწვევს მათში ფსიქოგენურ ემოციურ რეაქციებს: ისინი მათ ეგუებიან და უყვებიან მათზე ექიმს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ფსიქოგენური ემოციური რეაქციები რიგ შემთხვევებში შეიძლება გახდეს სერიოზული დაბრკოლება კვლევისა და მკურნალობისათვის. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს ავადმყოფის სწორად ორგანიზებულ ფსიქოთერაპიულ მომზადებას შესაბამისი დიაგნოსტიკური და სამკურნალო ღონისძიებებისათვის და მდგომარეობის მუდმივი ფსიქოლოგიურ კონტროლს. ფსიქოთერაპიული ზემოქმედების ზომები, როგორც წესი, ძალიან ეფექტურია ფსიქოგენური რეაქციების განვითარების ყველა შემთხვევაში.

ლტოლვა. ზოგიერთი უცხოელი მკვლევარის ყურადღებას არ შეიძლებოდა გამოჰპარვოდა ავადმყოფების ქცევაში ზოგიერთი უჩვეულო ცვლილებები, რომლებიც განვითარდა ტვინის სტრუქტურებზე დიაგნოსტიკური და სამკურნალო ელექტრული ზემოქმედების შემდეგ. ავადმყოფები ითხოვდნენ სტიმულაციის გამეორებას, ზოგიერთ მათგანს ეს სურვილი ძლიერად ჰქონდა გამოხატული და თუ მათ აძლევდნენ საშუალებას მოეხდინათ საკუთარი ტვინის სტიმულაცია, ისინი სიამოვნებით სარგებლობდნენ ამით. ამასთან თვითსტიმულაცია იმდენად იპყრობდა ავადმყოფებს, რომ ძნელი იყო მათი ამ პრო-

ცედურისგან მოწყვეტა რაიმე მეთოდებით, მაგ. გემრიელად მომზადებული კერძით.

გამოხატული იყო თავისებური ლტოლვა ელექტრული გალიზიანების მიღებისაკენ, რომელიც სასიამოვნო ემოციებს იწვევდა. ეს ლტოლვა განუვითარდა ორ ავადმყოფს ელექტრული ზემოქმედების შემდეგ, რომლის დროს წარმოიშობოდა ვიტალური ემოციები ეროტიკული შეფერილობით (ვ. ს. სმირნოვი).

„ავადმყოფ გ.-ს (პოსტენცეფალური პარკინსონიზმი) ლტოლვა გამოუვლინდა პირველ რიგში ქცევის თავისებური შეცვლით, რომელიც სხვა შემთხვევაში არ გამოდიოდა ნორმალური ჩარჩოებიდან. ავადმყოფმა დაიწყო ხშირი მისვლა ელექტროფიზიოლოგიურ ლაბორატორიაში, სადაც აბამდა საუბარს თანამშრომლებთან. იგი აგრეთვე უცდიდა მათ განყოფილების შესასვლელთან ან დერეფანში, საავადმყოფოს ბაღში და ცდილობდა გაეგო მათგან, როდის მოხდებოდა შემდგომი ელექტრული ზემოქმედება, სთხოვდა მათ გაემეორებინათ ეს ზემოქმედება უფრო ხშირად. რჩებოდა უკმაყოფილო, თუ ისინი გადაიდებოდა, და მოუთმენლად ელოდებოდა მათ გამეორებას. განსაკუთრებული ყურადღება ამ ქალბატონმა დაუთმო პირს, რომელზედაც იყო დამოკიდებული ელექტრული გალიზიანების ჩატარება. მის მიმართ ავადმყოფ ქალბატონს განუვითარდა თავისებური სიყვარულის გრძნობა განსაზღვრული სექსუალური შეფერილობით და ყურადღებისა და გაღმერთების ნიშნების გამოვლენით, რომელთაც ნილბავდა მადლიერებით წარმატებული მკურნალობისათვის“.

ამ ავადმყოფი ქალის ლტოლვა, რომელსაც გამოხატული ემოციური შეფერილობა ჰქონდა, თავიდანვე არ გამოდიოდა ცნობიერების კონტროლიდან. ავადმყოფს ესმოდა მასში წარმოქმნილი ლტოლვის არაადეკვატურობა, რცხვენოდა მისი, არ უნდოდა, რომ მასზე სხვებს სცოდნოდათ, მკაცრად ადევნება თვალყურს საკუთარ ქცევას, ნილბავდა ლტოლვის ამა თუ იმ გამოვლენას, ცდილობდა ყურადღება გადაეტანა რაიმე სხვა საქმეზე (ეხმარებოდა მედპერსონალს სხვა ავადმყოფების მოვლაში, კითხულობდა, უსმენდა მუსიკას და სხვ.). ლტოლვის გამოვლინება ყველაზე მკაფიოდ იყო გამოხატული მხედველობით ბორცვზე ელექტრული ზემოქმედებისას. მკურნალობის კურსის წარმატებით დასრულებისა და ტვინიდან ელექტროდების ამოღების შემდეგ ლტოლვის ეროტიკულმა კომპონენტმა უკან დაიხია და მეორე პლანზე გადაინაცვლა, რათა ადგილი დაეთმო მოტივაციის უფრო რთული ფორმებისათვის ადამიანური ემოციური გამოვლინებით (მადლიერება და ა.შ.), რომლებიც, შესაძლოა, მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრებოდა რეალური ცხოვრებისეული სიტუაციის ადეკვატური შეფასებით. რამდენიმე თვის შემდეგ ლტოლვა ჩაქრა. ყურადღებას იპყრობს ის ფაქტი, რომ ამ ლტოლვის განვითარება,

რომელსაც გამოხატული სექსუალური ხასიათი ჰქონდა, დაემთხვა ნორმალური მენტრუალური ციკლის აღდგენას, რაც არ აღენიშნებოდა 8 წელი. ამ რიგად, აქ ლაპარაკი მიდის რთულ სისტემურ რეაქციაზე, რომელშიც ჩართულია ნეირო-ენდოკრინული მექანიზმები.

„რამდენადმე სუსტად ჰქონდა გამოხატული ელექტრული გაღიზიანებისადმი ლტოლვა ავადმყოფ ქალ მ.ს. ამ ლტოლვის ყველაზე მკაფიო გამოხატულება შეინიშნებოდა ელექტრული გაღიზიანების შემდგომ პირველ საათებში, რომელთაც თან ახლდა სასიამოვნო შეგრძნებები. ავადმყოფს წარმოექმნებოდა სასიხარულო, ამალებული განწყობილება. ის იწყებდა ხუმრობას, მამაკაცებთან ფლიტრს, მიმართავდა მათ არაორაზროვანი ხასიათის გამოთქმებით, რომელთაც აშკარად ეროტიკული ხასიათი ჰქონდათ. ამასთან, იგი დაჟინებით მოითხოვდა გაემეორებინათ სტიმულაცია, რადგან სურდა კიდევ გაენეცადა სასიამოვნო გრძნობა. იგი ცდილობდა მიეპყრო ყურადღება, იღებავდა ტუჩებს, წარბებს და ა.შ. თანდათან ეს გამოვლინებები სუსტდებოდა, მაგრამ რამდენიმე დღის განმავლობაში ავადმყოფმა მრავალჯერ მიმართა ექიმებს თხოვნით გაემეორებინათ სტიმულაცია „სასიამოვნო ელექტროდებით“. შემდგომი ელექტრული ზემოქმედება, რომელიც სასიამოვნო განცდებს იწვევდა, ისევ აძლიერებდა ლტოლვას, აცოცხლებდა დამახასიათებელი ქცევის სურათს, რაც უფრო ძლიერია სასიამოვნო გრძნობები ელექტრული ზემოქმედების დროს, მით უფრო ძლიერია – ლტოლვა და მით უფრო ხანგრძლივად გრძელდება ისინი (5-7 დღე)“.

უნდა ითქვას, რომ აღწერილი ქცევის ცვლილებები მკვეთრად განსხვავდება ავადმყოფის თავდაჭერის ჩვეულებრივი, მშვიდი, ღირსეული მანერებისაგან. მაგრამ ლტოლვას, რომელიც ვითარდება თავის ტვინის ღრმა სტრუქტურებზე ელექტრული ზემოქმედების შედეგად, აქვს დროებითი ხასიათი, არ იწვევს უხეშ და მდგრად ცვლილებებს ქცევაში და ამიტომ არ წარმოადგენს მნიშვნელოვან საფრთხეს ავადმყოფებისათვის, რომელთაც აქვს გარკვეული ზნეობრივი თვისებები.

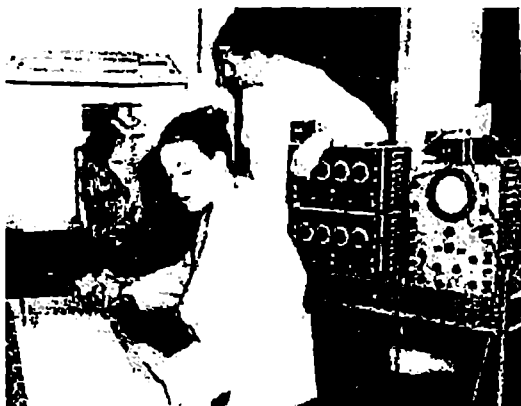
ამ შემთხვევაში სწორი არის Lili-ს (1963) აზრი, რომელიც წერს, რომ შეიძლება ვმართოთ ცხოველი, სტოპ- და სტარტ-ზონების სხვადასხვა კომბინაციებში გაღიზიანების თანმიმდევრული გამოყენებით, მაგრამ ადამიანის თავის ტვინში (უფრო რთულში, ვიდრე მაიმუნის) ტკივილისაგან სწრაფი განთავისუფლება და სწრაფი დაჯილდოება და სიამოვნება წარმოადგენს მხოლოდ დროებით მოვლენას. უფრო რთულად ორგანიზებულ ქერქს, სავარაუდოდ შეუძლია შეასუსტოს ეს გავლენა და შეაკავოს დაჯილდოება.

მაგრამ მაინც, ლტოლვის პირველი ნიშნების გამოჩენის ყველა შემთხვევაში საჭიროა ავადმყოფის ქცევაზე და სომატურ მდგომარეობაზე კონტროლის გაძლიერება.

§ 6. ხოსე დელგადოს ტრიუმფი

ფსიქოქირურგიის ერთ-ერთი ბრწყინვალე წარმომადგენელია ესპანელი პროფესორი ხოსე მანუელ როდრიგეს დელგადო. რამდენიმე ათეული წლის წინათ მან ჩაატარა ექსპერიმენტები, რომლებიც თავისი მნიშვნელობით აღემატებოდა ყველაფერს, რაც კეთდებოდა იმ დროს. მან ჩაუნერგა კატებს, მაიმუნებს, ხარებს და ადამიანებსაც კი რადიომართვადი ელექტროდული მატრიცები და აჩვენა, რომ შეიძლება ფსიქიკისა და სხეულის მართვა ღილაკზე თითის უბრალო დაჭერით.

ხოსე დელგადო დაიბადა 1915 წელს ესპანეთის ქალაქ რონდაში. 30-იან წლებში იგი გაემგზავრა მადრიდში სამედიცინო განათლების მისაღებად. დადიოდა ხმები, თითქოს ის მხარს უჭერდა ფრანსისკო ფრანკოს ფაშისტურ რეჟიმს, სინამდვილეში კი იგი, იმ დროს სტუდენტი, მსახურობდა რესპუბლიკური არმიის სამედიცინო ქვეგანაყოფებში, რომელიც ეწინააღმდეგებოდა ფრანკოს ესპანეთში სამოქალაქო ომის პერიოდში. რესპუბლიკელების დამარცხების შემდეგ დელგადომ ხუთი თვე გაატარა საკონცენტრაციო ბანაკში და მხოლოდ განთავისუფლების შემდეგ დაუბრუნდა სწავლას.



სურ. 17. ხ. დელგადო თავის მეუღლესთან ერთად ატარებს ცდას.

თავდაპირველად მას ოკულისტობა სურდა. მაგრამ იგი გაიტაცა ტვინის მრავალრიცხოვანმა საიდუმლოებებმა, რასაც ხელი შეუწყო ფსიქოლოგიურ ლაბორატორიაში მუშაობამ და დიდი ესპანელი ნეიროპისტოლოგის სანტიაგო რამონ-ი-კახალის შრომების გაცნობამ. განსაკუთრებით იგი დააინტერესა შვეიცარიელი ფიზიოლოგის ვალტერ რუდოლფ ჰესის გამოკვლევებმა. ჯერ კიდევ 30-იან წლებში ჰესმა ჩაატარა ექსპერიმენტები, რომლებშიც მეტალური ელექტროდებით ტვინის სხვადასხვა უბნების სტიმულაციის საშუალებით გამოიწვია კატეპში მრისხანება, შიმშილი, ძილი და სხვა შეგრძნებები.

1946 წელს დელგადომ მიიღო წლიური სტიპენდია აშშ-ში იელის უნივერსიტეტში. 1950 წელს მან დაიკავა თანამდებობა ფიზიოლოგიის კათედრაზე, რომელსაც მაშინ ხელმძღვანელობდა ჯონ ფულტონი. ამ მეცნიერმა საკვანძო როლი ითამაშა ფსიქიატრიის განვითარებაში. ლონდონში 1935 წელს წაკითხულ ლექციაზე, ფულტონი მოჰყვა, რომ აგრესიული და ნევროტული შიმპანზე გახდა მშვიდი მას შემდეგ, რაც მას დაუშალეს ტვინის პრეფრონტალური ზონები. დარბაზში იმყოფებოდა პორტუგალიელი ფსიქიატრი ანტონიუ ეგაშ მონისი, რომელმაც დაიწყო ლობოტომიის ჩატარება ფსიქოზით დაავადებულ პაციენტებში და მიიღო შესანიშნავი შედეგები. როცა 1949 წელს მონისს მიანიჭეს ნობელის პრემია, ლობოტომია ფსიქიკური დაავადების მკურნალობის პოპულარული მეთოდი გახდა.

ფულტონი თავდაპირველად შეშფოთებული იყო იმით, რომ შიმპანზეს მოთვინიერების მისეული მეთოდი ადამიანზე გამოიყენეს, მაგრამ მოგვიანებით ფსიქოქირურგიის ფრთხილი მომხრე გახდა. დელგადო კი არ ეთანხმებოდა თავისი მასწავლებლის აზრს. „მე ვფიქრობდი, რომ ფულტონისა და მონიშის იდეა ტვინის დაშლის შესახებ საშინელი იყო“, – იგონებს მეცნიერი. იგი თვლიდა, რომ ფსიქიკური დაავადებების მკურნალობის უფრო დამზოგველი მეთოდი იყო ჰესის მიერ შემოთავაზებული ელექტრული სტიმულაცია (ჰესმა გაიყო ნობელის პრემია მონიშთან 1949 წელს.) „ჩემი ჩანაფიქრი იმაში მდგომარეობდა, რომ უარი მეთქვა ლობოტომიისათვის და შემეცნავლა იგი ტვინში ელექტროდების ჩანერგვით“, – ამბობს მეცნიერი.

დელგადოს სამეცნიერო წარმატების ერთ-ერთი მიზეზი მისი გამოგონებლის ნიჭია. კოლეგა იელის უნივერსიტეტიდან მას უწოდებდა ტექნიკურ გენიოსს. პირველ მოწყობილობებში, რომელსაც ის იყენებდა, მავთულები გამოდიოდნენ თავის ქალაში იმპლანტირებული ელექტროდებიდან და უერთდებოდნენ მასიურ ელექტრონულ მოწყობილობებს, რომლებიც არეგისტრირებდნენ მონაცემებს და იძლეოდნენ ელექტრონულ იმპულსებს. ასეთი კონსტრუქცია ართმევდა საექსპერიმენტო ობიექტს თავისუფლად გადაადგილების საშუალებას და ხელს უწყობდა ინფექციის განვითარებას. მაშინ მეცნიერმა

შეიმუშავა რადიოფიცირებული სტიმოსივერი, რომლის ზომა 50 ცენტრიან მონეტას არ აღემატება. მან უნდა მას სტიმოსივერი, რადგან ამ აპარატს შეუძლია ტვინის გარკვეული სტრუქტურების სტიმულირება შესაბამისი რადიოსიგნალების მიღებისას (სახელწოდება შედგენილია სიტყვა stimulator-ის (სტიმულატორი) დასაწყისიდან და სიტყვა reciever-ის (მიმღები) დაბოლოებიდან).

დელგადო ამბობს, რომ თავის ქალას შიგნით ჩაყენებული და ტვინის ლიმბურ სისტემასთან პანანინა ელექტროდებით შეერთებული სტიმოსივერი მოქმედებაში მოვა რადიოსიგნალების დახმარებით. დღესდღეობით მონყობილობას აქვს 4 არხი და შესაბამისად შეუძლია ტვინის 4 უბნის სტიმულირება. „შესაძლებელია, უახლოეს მომავალში, – თქვა მან, – ამ მონყობილობას ჰქონდეს 20 არხი“. საბოლოო ჯამში „ასეთი მონყობილობა ადამიანის ქალაში იქნება მუდმივად, თუ საჭიროა – მთელი სიცოცხლე“. მონყობილობის მოქმედებაში მოსაყვანი ენერგია შემოვა რადიოსიგნალების სახით გარეთა წყაროებიდან, ამიტომ ბატარეების საჭიროება არ არსებობს.

რა მიზანი აქვს ყოველივეს ამას? დელგადო თვლის, რომ ეს გამოგონება იძლევა ფსიქიკური დაავადებების, ეპილეფსიის მკურნალობისა და აგრეთვე ტკივილების მოხსნის ახალ შესაძლებლობებს. პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ ტვინის ერთი უბნის მეშვეობით მოხდეს მეორე უბნის ცხოველმოქმედების ნეიტრალიზაცია. „ცნობილია, რომ ალქმას, გადანყვებილების მიღებას, შემეცნებით და ტვინის ცხოველმოქმედების სხვა სახეობებს თან სდევს ელექტრული პროცესები, რომელთა აღმოჩენა შესაძლებელია, – წერს იგი. ცნობილია აგრეთვე, რომ ტვინის ელექტროსტიმულაციის საშუალებით შეიძლება მთელი რიგი ვეგეტატიური, სომატური და ფსიქიკური პროცესების გამოწვევა ან შეცვლა“. მაშინ რატომ არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას ეს ცოდნა ტვინის მოქმედების მიზანმიმართული მართვისათვის? მაგალითისათვის დელგადოს მოჰყავს შემდგომი სიტუაცია. ეპილეპტიკს ეს ეს არის უნდა დაეწყოს შეტევა. ნათხემის ნუშის ბირთვის ფუნქციონირების დარღვევა, რომელიც როგორც ვარაუდობენ არის ეპილეფსიის შეტევების წარმოშობის მიზეზი, აძლიერებს ბიოდენებს. ტვინის ეს ელექტროსიგნალები ფიქსირდება ჩანერგილი ელექტროდების მიერ და მიეწოდება სტიმოსივერს, რომელიც თავის მხრივ აგზენის სიგნალს სპეციალურად დაპროგრამირებულ კომპიუტერში. კომპიუტერი უბრძანებს სტიმოსივერს მოახდინოს ნათხემის წინა წილის სტიმულირება, რომელსაც შეუძლია დათრგუნოს ასეთი შეტევები და ყველაფერი ეს ხდება წამებში.

თუკი ვალიარებთ ქცევის პროგრამირებას ტექნიკურად შესაძლებლად, მაშინ კომპიუტერის გამოყენება შეიძლება ისეთი ქცევის დასათრგუნავად, რომელიც შეუთავსებელია კანონმდებლებისა და

სამართალდამცველი ორგანოების მიერ დადგენილ ნორმებთან. როგორც დელგადო ამბობს ერთ-ერთ სტატიაში: „ტვინის შესაბამისი უბნების სტიმულირების მეთოდის გამოყენება მათი ხანგრძლივი და მრავალჯერადი ალგზნების გზით საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას აუცილებელი ვეგეტატიური, სომატური და ქცევითი რეაქციები... და აგრეთვე შეკავების პროცესები“.

1952 წელს დელგადომ გამოაქვეყნა თანაავტორთან ერთად სამეცნიერო სტატია, რომელშიც აღწერილია ადამიანებში ელექტროდების ხანგრძლივადიანი ჩანეგრვა, რითაც ოდნავ დაასწრო რობერტ ჰიზის მოხსენებას. შემდგომი ორი ათეული წლის მანძილზე ამჟამად უკვე არარსებულ ფსიქიატრიულ საავადმყოფოში როდ-აილენდის შტატში დელგადომ ჩაუწერა ელექტროდები 25 უიმედო ავადმყოფს ეპილეფსიით და შიზოფრენიის მძიმე ფორმით. ადამიანების ოპერირებისას ის ხელმძღვანელობდა ცხოველებზე ექსპერიმენტების პროცესში მიღებული ცოდნით, აგრეთვე დაზიანებული ტვინის მქონე ავადმყოფების კვლევისა და კანადელი ნეიროქირურგის უაილდერ პენფილდის შრომების შედეგებით (პენფილდი 30 წლებში ახდენდა ეპილეპტიკების ტვინის სტიმულირებას, რათა ზუსტად განესაზღვრა უბანი, რომელიც საოპერაციო იყო).

დელგადომ დაამტკიცა, რომ მოტორული ქერქის სტიმულაციამ უნდა გამოიწვიოს დამახასიათებელი ფიზიკური გამოვლინებანი, მაგ. კიდურების მოძრაობა ერთ-ერთ პაციენტს ტვინზე ზემოქმედებისას ხელი უნებლიეთ ეკუმშებოდა მუშტად, თუნდაც ამისათვის მას წინააღმდეგობა გაენია. „მე მგონია, ექიმო, რომ თქვენი ელექტრობა ჩემს სურვილზე ძლიერია“, – აღიარა პაციენტმა. მეორე ავადმყოფი სტიმულაციის საპასუხოდ აბრუნებდა თავს ერთი გვერდიდან მეორე გვერდზე. იგი ამტკიცებდა, რომ ამას თვითონ აკეთებდა: „მე მხოლოდ ვეძებ ჩემს სანდლებს“.

დელგადო აღიზიანებდა ლიმბური სისტემის სხვადასხვა უბნებს, რომლებიც არეგულირებენ ემოციებს და ინვევდა შიშს, მრისხანებას, ლტოლვას, სიხარულს, ეიფორიასა და სხვა რეაქციებს, რომლებიც ზოგჯერ აღწევდნენ სახიფათო ინტენსიობას. ერთ-ერთი ექსპერიმენტისას დელგადომ და პარვარდის უნივერსიტეტის ორმა თანამშრომელმა დაიწყეს ეპილეფსიით დაავადებული ახალგაზრდა ქალის ტვინის საფეთქლის წილის სტიმულაცია, მაშინ, როცა იგი მშვიდად უკრავდა გიტარაზე. შედეგად იგი შეიპყრო მრისხანებამ და მიამტვრია გიტარა კედელს.

კვლევის პროცესში დელგადომ გააკეთა კიდევ ერთი მრავლისმომცემი აღმოჩენა, რომ ლიმბურ სისტემაზე, კონკრეტულად მის ტიხარზე ზემოქმედება ინვევს ეიფორიას, თან რიც შემთხვევაში იმდენად ძლიერს, რომ იგი ძლევს დეპრესიას და ფიზიკურ ტკივილსაც

კი. დელგადო თანამშრომლებთან ერთად აღნიშნავს ტიხრისა და კუდიანი ბირთვის თავის შეთანხმებული ელექტროსტიმულაციის გამაუტკივარებელ ეფექტს 30 წლის პაციენტში მარცხენა ხელის პოსტტრავმული დამბლით და აუტანელი ტკივილებით მასში, რაც არ ექვემდებარებოდა კონსერვატიულ მკურნალობას. ავადმყოფს ჩაუტარდა ზემოხსენებული სტრუქტურების ელექტროდებით რადიოსტიმულაცია 4 თვის განმავლობაში. შედეგად მკვეთრად შეუმცირდა ტკივილები და დისკომფორტი საერთო აღზნების ფონზე.

დელგადოს შრომებს აფინანსებდა არა მარტო სამოქალაქო დაწესებულებები, არამედ სამხედროები, მათ შორის აშშ-ს სამხედრო-საზღვაო კვლევების სამმართველოც, მაგრამ არასდროს, ამბობს მეცნიერი, იგი არ ღებულობდა ფულს ცენტრალური სადაზვერვო სამმართველოდან, რაშიც მას არაერთხელ დასდეს ბრალი. ის თავის თავს პაციენტს უწოდებს და ამბობს, რომ სპონსორები პენტაგონიდან განიხილავდნენ მის შრომებს, როგორც ფუნდამენტურ კვლევებს და არასოდეს უბიძგებდნენ მას ფსიქოტრონული იარაღის შექმნისაკენ. დელგადოს მონინალმდეგეები ეჭვობდნენ, რომ მის იმპლანტატებს თითქოს შეეძლოთ გადაეციათ ჯარისკაცი კიბორგ-მკვლელად, რომელიც უშუალოდ ტვინზე მოქმედი სიგნალის მიხედვით მოქმედებს, ისევე როგორც წიგნ „მანჯურიელი კანდიდატის“ და იმავე სახელწოდების ფილმის გმირი, რომელსაც ტვინში ელექტრონული ჩიპი აქვს ჩანერგილი. მკვლევარი კატეგორიულად უარყოფდა ამდაგვარ ინსინუაციებს. ტვინის სტიმულაციას შეუძლია გააძლიეროს ან შეასუსტოს აგრესიული ქმედება, ამტკიცებს ის, მაგრამ არ შეუძლია „მიმართოს იგი რაიმე კონკრეტული მიზნისაკენ“.

1974 წელს დელგადო გადავიდა ესპანეთში. მან აღწერა თავისი კვლევის შედეგები 500-ზე მეტ სტატიაში და წიგნში „გონების ფიზიკური კონტროლი: გზა ფსიქოცივილიზებული საზოგადოებისაკენ“. თუმცა თანამედროვე მეცნიერები იშვიათად ახდენენ მისი შრომების ციტირებას. ხოლო მრავალი იმათგან, ვინც იცნობს მის შრომებს, თვლიან, რომ იგი უკვე გარდაიცვალა. სინამდვილეში კი დელგადო, სულ ახლახან დაბრუნდა ესპანეთიდან და დასახლდა სანდიეგოში, კალიფორნიის შტატში, იგი ცოცხალი და საღსალამათია და გააჩნია საკუთარი აზრი სხვადასხვა დაავადებების ტვინის სპეციფიკური უბნების სტიმულაციით მკურნალობის თანამედროვე ცდების შესახებ.

აშშ-ში ტვინის სტიმულაციის პრობლემის განსჯა გაიხლართა ეთიკურ წინააღმდეგობებში, გრანტები დამთავრდა. სპეციალისტები გადაერთვნენ სხვა მიმართულებებზე, განსაკუთრებით ფსიქოფარმაკოლოგიაზე, რომელიც წარმოედგინათ ტვინის დაავადებების მკურნალობის უფრო უსაფრთხო და ეფექტურ მეთოდად, ვიდრე მისი სტიმულაცია ან ქირურგიული ჩარევა. მხოლოდ ბოლო ათწლეულებ-

ში განახლდა ცდები იმპლანტირებული ელექტროდების გამოყენებით, რასაც ხელი შეუწყო ასალმა მილწვევებმა კომპიუტერულ ტექნიკაში, ელექტროდების დამზადებაში, მიკროელექტრონიკაში და ტვინის სივრცული ვიზუალიზაციის მეთოდებში. გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ ფარმაკოლოგიური პრეპარატების გამოყენებას ფსიქიკური დაავადებების მკურნალობისას გააჩნია თავისი შეზღუდვები.

ბოლო პერიოდში დელგადო განაგრძობდა შრომას, აქვეყნებდა სტატიებს, ძირითადად ესპანურ ჟურნალებში. მისი შრომები ძირითადად ეძღვნება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გავლენას ცნობიერებაზე, ქცევაზე და ემბრიონალურ განვითარებაზე. დელგადო შეისწავლის ტვინზე არაინვაზიური მეთოდებით ზემოქმედებას, რომელსაც, როგორც იგი იმედოვნებს, შეუძლია პპოვოს გამოყენება მედიცინაში უფრო სწრაფად, ვიდრე იმპლანტანტებს. დელგადომ საფუძველი ჩაუყარა ისეთ თანამედროვე მეთოდებს, როგორიცაა ტრანსკრანიალური მაგნიტური სტიმულაცია. მან შექმნა მონაცემი, რომელიც წააგავს შარავანდს და ჩაფხუტს, მას შეუძლია ელექტრომაგნიტური იმპულსების მიწოდება ტვინის მოცემულ უბანში. დელგადომ გამოსცადა თავისი გამოგონება როგორც ცხოველებზე, ისე მოხალისეებზე (მათ შორის საკუთარ თავზე და თავის ქალიშვილ ლინდაზე), აღმოჩნდა, რომ ელექტრომაგნიტურ ველს შეუძლია გამოიწვიოს ძილი, სიფხიზლე და სხვა მდგომარეობები.

¹ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მეთოდისათან ახლოს დგას ენ. არაპირდაპირი რენტგენოთერაპიის მეთოდი. რენტგენული სხივებით მოქმედებენ ცენტრალურ და ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაზე, ცვლიან და არეგულირებენ მათ ფუნქციებს. ამ დროს ხდება ზემოქმედება იმ მექანიზმებზე, რომლებზედაც დამოკიდებულია ორგანიზმის ყველა ფუნქცია, განსაკუთრებით, როცა ზემოქმედება ხდება ამ მექანიზმების უმაღლეს ცენტრებზე. ასეთი ზემოქმედებით შეიძლება არა მარტო ფსიქიკური, არამედ სომატური ფუნქციების რეგულაცია. შედეგად მოქმედებაში მოდის სასტარტო და მარეგულირებელი აპარატები და მთელი სისტემაში აღდგება ფიზიოლოგიური ნორმალურობა. აღმოჩნდა, რომ რენტგენული სხივებით ცენტრალური ნერვული სისტემისა და ვეგეტატიური ნერვული სისტემის ამა თუ იმ ცენტრზე ზემოქმედებისას ვლინდება ძლიერი სამკურნალო ეფექტი ისეც: დაავადებისას, როგორცაა კუჭის წყლული, პიპერტონია, გულის იშემიური დაავადება, რევმოს დაავადება, ქრონიკული შეკრულობა, ჩიყვი, აკრომეგალია, კანის დაავადებები და სხვ. სხივური ენერგია, რომელიც არჩევითად მოქმედებს ნერვული სისტემის სხვადასხვა უბანზე, ბევრად უფრო ფაქიზი ფაქტორია, ვიდრე სხვა სახის უხეში ჩარევები, რომელთაც იყენებენ ფიზიოლოგები (ნემსები, ტვინის უბნის ამოკვეთა და ა.შ.). მოკლეტალღოვანი სხივური ენერგიის გამოყენება ფიზიოლოგებს აძლევს ცენტრალური ნერვული სისტემის ყველა უბნის ფუნქციის გამოკვლევის საშუალებას. დანერვილებით ამ მეთოდის სამკურნალო ასპექტების შესახებ იხილეთ მ. ნემეიოვის ნიგნი „რენტგენოთერაპია ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედების საშუალებით“.

თავი III

დისტანტური ურთიერთმედეგები ბიოლოგიურ სისტემებში

§1. ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი

დღევანდელ დღეს ტვინზე ზემოქმედების ელექტრომაგნიტური მეთოდი ნაკლებ დამუშავებულია, ვიდრე კონტაქტური ელექტრული მეთოდი. ჯერჯერობით ტვინზე ზემოქმედების ფაქტორებს შორის საპატიო ადგილი უკავია მის პირდაპირ ელექტრულ გალიზიანებას, მაგრამ ეს პროცედურა დაკავშირებულია ტვინის ქსოვილის ნაწილობრივ დაშლასთან. ამიტომ ზემოქმედების დისტანტური საშუალება სამომავლოდ ფართო პერსპექტივებს სახავს.

ისმება კითხვა: რა ზეგავლენას ახდენს ელექტრომაგნიტური ველი თავის ტვინის ქერქზე და შეუძლია თუ არა მას მასში გამოიწვიოს უშუალოდ, გრძნობათა ორგანოების მონაწილეობის გარეშე, ნერვულ-ფსიქიკური პროცესები?

არსებობს მონაცემები, რომ დაბალი სიხშირის (50-100 ჰერცი) ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებით შესაძლებელია მანძილზე ორგანიზმიდან გამოყოფილი ნერვებისა და კუნთების გალიზიანება, აგრეთვე ცხოველებისა და ადამიანის ცენტრალური ნერვული სისტემის ალგზნებადობის ამაღლება. ერთ-ერთ ლაბორატორიაში ჯანმრთელ საცდელ პირებს გამოუშუშავეს პირობითი რეფლექსი მათ მიერ უგრძნობელ დაბალი სიხშირის (200 ჰერცი) ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებაზე. მაშასადამე ამ ფიზიკურ ფაქტორს შეუძლია იმოქმედოს ფსიქიკის ორგანოზე – ტვინის ნახევარსფეროების ქერქზე. ანალოგიური მონაცემები არსებობს ზემაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველებისათვის, თუმცა ცოცხალ ქსოვილზე მათი მოქმედების მექანიზმები ძირეულად განსხვავდება დაბალი სიხშირის ველების ზემოქმედებისაგან. მაგალითად მოსკოვში, ფუნქციონალური დიაგნოსტიკისა და თერაპიის ინსტიტუტში ს. ტურლიგინის მიერ 1937 წელს ჩატარებულმა ცდამ ადაპტომეტრის მეთოდით გამოავლინა საცდელ პირებში ნერვული სისტემის მგრძნობელობის მკვეთრი ამაღლება სანტიმეტრული ელექტრომაგნიტური ტალღების ზემოქმედებისას. აღმოჩნდა, რომ სანტიმეტრული ტალღები ახდენენ ნერვულ სისტემაზე დამამშვიდებელ ზემოქმედებას. ამ სიხშირის ტალღებს გააჩნიათ ძლიერი საძილე მოქმედება, ინვევენ ჯანმრთელ, ღრმა ძილს. ზემოაღნიშნულ ცდაში 5 წუთიანმა სამჯერადმა დოზამ გამოიწვია კარგი, მაგარი ძილი.

1930-1940-იან წლებში ფართო გავრცელება პოვა ადამიანისა და ცხოველების ორგანიზმზე მაღალი და ულტრამაღალი სიხშირის

ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების შესწავლამ. აქ მკვლევარები აღმოჩნდნენ ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტის ორი სახეობის წინაშე. ნათლად იყო გამოხატული სითბური ეფექტი – ორგანიზმის ან ბიოსუბსტანციის *in vitro* ქსოვილების გახურება საკმაოდ მაღალი ინტენსიობის ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების ქვეშ. ნაკლებ გამოხატული იყო ეფექტები, რომელთა ახსნა არ შეიძლებოდა მხოლოდ გახურებით, აგრეთვე მცირე ინტენსიობის ელექტრომაგნიტური ველების ეფექტები, როცა ქსოვილის გახურება ჯერ არ აღინიშნებოდა. ასეთი „არასითბური“ ეფექტები (მათ ხშირად უწოდებენ „სპეციფიკურს“) შეიმჩნეოდა ძირითადად რეაქციების სახით მთლიან ორგანიზმებში, ნაკლებად იზოლირებულ ორგანოებში და თითქმის არასდროს – მაკრომოლეკულურ *in vitro* ხსნარებთან ცდებისას.

რაც შეეხება ელექტრომაგნიტური ველების როლს ცოცხალ ბუნებაში, იგი კატეგორიულად იყო უარყოფილი შემდეგი თეორიული მოსაზრებების გამო.

ელექტრომაგნიტური ველების ნებისმიერი შესაძლო გავლენა ბიოლოგიურ ობიექტებზე, როგორც ელექტროფიზიოლოგიური თვისებებით მათ მსგავს არაცოცხალ ობიექტებზე, განპირობებული უნდა იყოს ემვ-ს ამა თუ იმ ენერგეტიკული ურთიერთქმედებით ნივთიერებასთან, ელექტრომაგნიტური ენერგიის გარდაქმნასთან სხვა ფორმებში, რომლის დროსაც წარმოქმნილი ეფექტი დამოკიდებულია ემვ-ს მოქმედი ენერგიის სიდიდეზე. მაგრამ ემვ-ს ენერგიის გარდაქმნა სხვა ფორმებში ცოცხალ ქსოვილებში შეიძლება დაკავშირებული იყოს მხოლოდ ისეთივე პროცესებთან, როგორიც შესაბამისი შემადგენლობის ელექტროლიტურ ხსნარებში. მუდმივი მაგნიტური ველის გავლენის მიხედვით კი ცოცხალი ქსოვილები ითვლებოდა სუსტი მაგნიტური თვისებების მქონე ნივთიერებად. ასევე, ემვ-ს უბანში კვანტების ენერგია საკმარისია მხოლოდ იმისათვის, რომ ბიოლოგიურ სისტემებში გამოწვეულ იქნას დამუხტული ნაწილაკების – იონების, დიპოლური მოლეკულების რხევა. ასეთ პროცესებთან არის დაკავშირებული ემვ-ს ერთადერთი შესაძლო ზემოქმედება ბიოლოგიურ გარემოსთან, რაც დაკავშირებულია ელექტრომაგნიტური ენერგიის სითბურ ენერგიად გარდაქმნასთან. მაგრამ რამდენადმე ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი სითბური ეფექტის წარმოსაქმნელად მოქმედი ემვ-ს ძაბვა უნდა იყოს რამდენიმე რიგით მაღალი, ვიდრე შესაბამისი სიხშირის გარემოს ბუნებრივი ემვ. მუდმივი მაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი შეიძლება დაკავშირებული იყოს პარამაგნიტური და დიამაგნიტური მოლეკულების ორიენტაციასთან. მაგრამ ამისათვის ველის დაძაბულობა ათიათასჯერ უფრო მაღალი უნდა იყოს, ვიდრე გეომაგნიტური ველის.

რაც შეეხება უფრო სუსტი ემვ-ს ზემოქმედებისას მიღებული ორგანიზმის ფიზიოლოგიური პროცესების ცვლილებებს, ეს ექსპერიმენტალური მონაცემები ითვლებოდა არადამაჯერებლად შემდეგი გარემოებების გამო: უპირველეს ყოვლისა იმიტომ, რომ ამგვარი ცვლილებებით ორგანიზმი შეიძლება რეაგირებდეს სხვადასხვა გარე ზემოქმედებაზე, და შესაბამისად არ არის საფუძველი ვილაპარაკოთ ემვ-ს „სპეციფიკურ“ ბიოლოგიურ ზემოქმედებაზე. გარდა ამისა, ასეთი ზემოქმედება რომ არსებობდეს, იგი აუცილებლად გამოვლინდებოდა უმარტივეს ბიოლოგიურ სისტემებთან ცდებისას, მაგრამ ეს ცდები არ დასრულდა წარმატებით. ფიზიკოსებმა დაასკენეს სუსტი ემვ-ს ბიოლოგიური ეფექტების შეუძლებლობის შესახებ.

ამგვარი კატეგორიული დასკვნების მიუხედავად ბიოლოგები განაგრძობდნენ ცდებს, რათა ექსპერიმენტალურად გამოეყვლინათ სუსტი ინტენსიობის ემვ-სა და მუდმივი მაგნიტური ველის ბიოლოგიური მოქმედება, და ბოლო ათწლეულებში ეს ცდები დაგვირგვინდა წარმატებული შედეგებით, რომლებიც იძლეოდა იმის ვარაუდის საფუძველს, რომ ბუნებრივმა ელექტრომაგნიტურმა ველებმა იპოვეს თავისი ადგილი ცოცხალი ბუნების ევოლუციაში და თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს ორგანიზმების ცხოველყოფელობაში.

ბიოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმები – ერთუჯრედიანიდან ადამიანამდე – მგრძნობიარეა მუდმივი მაგნიტური ველისა და სხვადასხვა სიხშირის ემვ-ს მიმართ, რომელთა ენერგია რამდენიმე ათეულჯერ ნაკლებია თეორიულად შეფასებულზე. შესაბამისად, ასეთი შეფასებები, რომლებიც აცებულია ემვ-ს ბიოლოგიურ ნივთიერებასთან ენერგეტიკული ურთიერთქმედების კონცეფციაზე, აღმოჩნდა არა ჭეშმარიტი. ამ კონცეფციის წინააღმდეგობა იმაში გამოიხატა, რომ მის მიერ ნაწინასწარმეტყველები ბიოლოგიური ეფექტების პროპორციული დამოკიდებულება მოქმედი ემვ-ს ინტენსიობაზე არ აღმოჩნდა სწორი და ექსპერიმენტულად დადასტურდა სულ სხვა ურთიერთქმედებები. აღმოჩნდა, რომ ერთ შემთხვევაში ცოცხალი ორგანიზმების რეაქცია ემვ-ზე წარმოიშობა მხოლოდ ზოგიერთი „ოპტიმალური“ ინტენსიობისას, სხვა შემთხვევაში – ეფექტი ძლიერდება მოქმედი ემვ-ს ინტენსიობის შემცირებისას, მესამე შემთხვევაში – მცირე და დიდი ინტენსიობისას რეაქციები ურთიერსაწინააღმდეგოა. შეინიშნება „კუმულატიური“ ბიოლოგიური ეფექტები, რომლებიც ვლინდება მრავალჯერადად განმეორებული ისეთი ინტენსიობის ემვ-ს ზემოქმედებისას, რომელიც უფრო სუსტია, ვიდრე ერთჯერადად მოქმედი ზღვრული სიდიდე. და ბოლოს, ენერგეტიკული ზემოქმედების კონცეფციას ეწინააღმდეგება ის ფაქტი, რომ ორგანიზმთა ქსოვილების მიერ შთანთქმული ერთი და იმავე საშუალო ენერგიის ელექტრომაგნიტური ველის შემთხვევა-

ში, რეაქციის ხასიათი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ემვ-ს მოდულაციის რეჟიმზე, ემვ-ს ელექტრული და მაგნიტური ვექტორების მიმართულებაზე ცხოველის სხეულის ღერძის მიმართ, ზემოქმედების ლოკალიზაციაზე და ა.შ.

ამრიგად, შეიქმნა ემვ-ს ბიოლოგიური აქტივობის პრობლემისადმი პრინციპულად ახალი თეორიული მიდგომის აუცილებლობა, რომელიც არა მარტო არ ეწინააღმდეგებოდა ექსპერიმენტალურ მონაცემებს, არამედ პირიქით, იქნებოდა მათი ინტერპრეტაციის საფუძველი. შესაბამისი მექანიზმების გამოვლენისათვის და ასეთი მიდგომა ისახება ინფორმაციის თეორიის საფუძველზე.

§2. ინფორმაციული ურთიერთქმედებები ბიოლოგიურ პროცესებში

ამ თეორიის გამოყენებამ ბიოლოგიაში აჩვენა, რომ ენერგეტიკული პროცესების გარდა ბიოლოგიურ პროცესებში არსებით როლს თამაშობს ინფორმაციული ურთიერთქმედებები. ასეთი ურთიერთქმედებები ხასიათდება ინფორმაციის გარდაქმნით, მისი გადაცემით, კოდირებით, შენახვით. ამ ურთიერთქმედებების მიერ გამოწვეული ბიოლოგიური ეფექტები დამოკიდებულია უკვე არა ამა თუ იმ სისტემაში შეტანილი ენერგიის სიდიდეზე, არამედ მასში შესულ ინფორმაციაზე. ინფორმაციის შემცველი სიგნალი ინვესს თვითონ სისტემაში ენერგიის გადანაწილებას, მართავს მასში მიმდინარე პროცესებს. თუკი აღმქმელი სისტემის მგრძნობელობა საკმაოდ მაღალია, ინფორმაციის გადაცემა შეიძლება განხორციელდეს მეტად მცირე ენერგიის საშუალებით. ინფორმაცია გროვდება სისტემაში სუსტი სიგნალების მრავალჯერადი განმეორებით.

ემვ-ს ბიოლოგიურ ობიექტებთან ურთიერთქმედების ინფორმაციული მხარე გასათვალისწინებელია ისეთი აშკარად ენერგეტიკული ეფექტების განხილვისას, როგორიცაა სითბური პროცესები. ეს ეფექტები ხომ დაკავშირებულია არა მარტო მოლეკულების ქაოტური მოძრაობის კინეტიკური ენერგიის ზრდასთან, როგორც ჩვეულებრივი გახურებისას (კონვექციური, ინფრანითელი სხივებით), არამედ მოლეკულებისა და იონების მოქმედი ემვ-ს სიხშირის კოგერენტული რხევებით. ბიოლოგიურ სისტემებში ორიენტირებული მოლეკულური ფენებისა და მიკრონაწილაკების გადანაცვლების არსებობისას ასეთი თავს მოხვეული რიტმი შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც „მაკნე“ ინფორმაციის შეტანა სისტემაში.

როცა ენერგეტიკული ეფექტები თეორიულად შეუძლებელია, მით უფრო აუცილებელია მეტად სუსტი ინტენსიობის ემვ-ს ბიოლოგიუ-

რი მოქმედებისადმი ინფორმაციული მიდგომა. ემვ-ს ბიოლოგიურ სისტემებთან ინფორმაციული ურთიერთქმედების საფუძველზე შეიძლება აიხსნას ემვ-ს მიმართ ცოცხალი ორგანიზმების მაღალი მგრძნობელობა, ემვ-ს ბიოლოგიური ეფექტების სპეციფიკური დამოკიდებულება მათი ინტენსიობისა და მოდულაციური დროის პარამეტრებისაგან, აგრეთვე ემვ-ს კუმულაციური ეფექტი.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ ემვ-ზე ცოცხალი ორგანიზმების რეაქციის ყველა ეს თავისებურება დაკავშირებულია რომელიმე ბიოლოგიურ სისტემებთან, რომელთა ფორმირება მოხდა ევოლუციის პროცესში გარემოდან ინფორმაციის აღსაქმელად. ეს ვარაუდი ექსპერიმენტალურად დასტურდება. დადგენილია, რომ ბუნებრივი ემვ-ს პერიოდული ცვლილებები ახდენენ რეგულირებად გავლენას ცოცხალი ბუნების ფუნქციონირებაზე – ძირითადი ფიზიოლოგიური პროცესების რიტმზე, ცხოველების სივრცეში ორიენტირების უნარზე, პოპულაციაში გამრავლების პროცესზე და ა.შ. ცოცხალ ორგანიზმში ემვ-ს დახმარებით გადაცემული ინფორმაციის აღქმის სისტემები საიმედოდ არის დაცული ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ხმაურისაგან, მაგრამ ორგანიზმების პათოლოგიური მდგომარეობისას ემვ-ს სპონტანური ცვლილებები (მზის აქტივობისას, ჭექა-ქუხილის დროს) არღვევენ ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულაციას.

სავარაუდოდ, ცოცხალმა ბუნებამ ევოლუციის პროცესში სწორედ ემვ გამოიყენა გარემოში ცვლილებებზე ინფორმაციის მისაღებად. ეს ხომ ყველაზე საიმედო ინფორმაციის გადამტანია სხვა გეოფიზიკურ ფაქტორებს შორის: ემვ-ს დახმარებით ინფორმაცია შეიძლება გადაეცეს (შესაბამისი სიხშირის დიაპაზონზე) ცოცხალი ორგანიზმების ნებისმიერ საცხოვრებელ გარემოში და ნებისმიერი მეტეოროლოგიური პირობების დროს – პოლარული დღისა და ღამის დროს, მდინარისა და ზღვის ნყალში, დედამიწის ქერქის სიღრმეში და ბოლოს თავად ორგანიზმების ქსოვილში.

ამრიგად, ემვ-ს ბიოლოგიური აქტიურობის პირველი ფორმა – გარემოს ემვ-ს გავლენა ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციონირებაზე – იძენს რეალურ ნიშან-თვისებებს მათი კონცენტრაციისას ბიოლოგიური კვლევებისა და ემვ-ს ბიოლოგიურ სისტემებთან ევოლუციის პროცესში ფორმირებული ინფორმაციული ურთიერთობის კონცეფციის საფუძველზე.

უკვე მიღებულია ექსპერიმენტალური მონაცემები, რომლებიც ადასტურებენ ემვ-ს ბიოლოგიური აქტივობის მეორე ფორმის არსებობას – მათ მონაწილეობას ორგანიზმის შიგნით ინფორმაციულ ურთიერთქმედებაში. ეს არის არა მარტო ცნობილი ინფორმაციის გადაცემა ნერვული გზით ბიოელექტრული იმპულსების დახმარებით, რომელთა სიხშირის სპექტრი ათას პერცამდე აღწევს, არამედ

დისტანტური ურთიერთქმედებები, განხორციელებული სხვადასხვა სიხშირის ემვ-ს საშუალებით – ინფრადაბალიდან ზემაღალამდე. ისინი ვლინდება მაკრომოლეკულებს შორის ელექტრომაგნიტურ ურთიერთობაში, მაკრომოლეკულების ანსამბლებში და უჯრედთა ჯგუფებში ელექტრომაგნიტური სიხშირეების სინქრონიზაციაში და ა.შ. არსებობს იმედი, რომ ინფორმაციული თეორიის საფუძველზე ახსნილი იქნება ზოგიერთი დიდი ხნის წინათ აღმოჩენილი უჯრედთა და მაკრომოლეკულათა შორის შერჩევითი ურთიერთქმედების საიდუმლოებით მოცული ბუნება.

და ბოლოს, უკვე არსებობს მონაცემები, რომელიც ადასტურებს ემვ-ს ბიოლოგიური აქტივობის მესამე ფორმის არსებობას – ორგანიზმებს შორის ინფორმაციულ ურთიერთქმედებებს. ერთი მხრივ არსებობს ემვ-ს მიმართ განსაკუთრებით მგრძნობიარე ცხოველები. ემვ-ს პარამეტრები (სიხშირე, ინტენსიობა, იმპულსური მოდულაციის ხასიათი) ამ შემთხვევაში საკმაოდ ვიწრო ფარგლებშია შეზღუდული. მეორე მხრივ, აღმოჩენილია, რომ ცოცხალი ორგანიზმები წარმოადგენენ სხვადასხვა დიაპაზონის ემვ-ს წყაროს – ინფრადაბალი სიხშირიდან ზემაღალ სიხშირემდე. ცხოველთა შორის დისტანციური ურთიერთობის სხვადასხვა სახეობები დიდი ხანია ცნობილია ბიოლოგებისათვის. ცხოველები ვერ იარსებებდნენ, რომ არ ჰქონოდათ სიგნალების გაცვლის საშუალება, რომლითაც ძუ მოუხმოს ხეადს, შვილები – დედას, ერთი სახეობის წევრები აფრთხილებენ ერთმანეთს საფრთხის შესახებ, ატყობინებენ საკვების მდებარეობის ადგილს და ა.შ. ცნობილია ასეთი სიგნალიზაციის მრავალი სახის ფიზიკური ბუნება – ბგერითი (და ულტრაბგერითი), სინათლე, სუნი.

ამასთან ერთად, ბოლო წლებში აღმოჩენილია ახალი ფიზიკური აგენტები – ინფორმაციის გადამტანი. მაგალითად, ცნობილია, რომ პლანარიები ორიენტირდებიან სუსტი გამა-გამოსხივებით (ბუნებრივზე მხოლოდ 6-ჯერ ინტენსიურით) და შეუძლიათ მათი წყაროს ადგილმდებარეობის განსაზღვრა, ხოლო ჭიანჭველებზე ჩატარებულმა ზოგიერთმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა მათ შორის ინფორმაციული ურთიერთობის არსებობის შესაძლებლობა, რომელიც იონიზირებულ გამოსხივებაზე დამყარებული.

ცნობილია ცხოველებს შორის ინფორმაციული ურთიერთობის სხვადასხვა გამოვლენა, რომელთა ბუნება ჯერჯერობით საიდუმლოდ რჩება. რა სიგნალიზაცია უდევს საფუძვლად ფრინველთა და თევზთა ჯგუფებში ერთდროულ მანევრებს? მუდმივად სწრაფ ქოტურ მოძრაობაში მყოფი პარამიციები არასოდეს არ ეჯახებიან ერთმანეთს და მიახლოების საფრთხისთანავე სწრაფად ჩერდებიან და მკვეთრად იცვლიან მოძრაობის მიმართულებას. ფრინველები შორი მანძილიდან აგნებენ საკუთარ ბუდე. ძალღი შორი მანძილიდან აგ-

ნებს გზას პატრონის სახლისაკენ ისეთ პირობებში, როდესაც გამო-
რიცხულია ორიენტირება ცნობილი გრძნობათა ორგანოებით.

ცხოველთა სამყაროში არსებულ ასეთი სახის სიგნალიზაციას ბო-
ლო დროს პირობითად უწოდებენ ბიოინფორმაციას. არის საფუძვე-
ლი ვივარაუდოთ, რომ ასეთი სიგნალიზაცია ხორციელდება სხვადას-
ხვა სისშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ველებით. ამის სა-
სარგებლოდ მოწმობს, უპირველეს ყოვლისა, სხვადასხვა სახეობის
ცხოველებში ემვ-ს მიმართ მაღალი მგრძნობელობა და განსაკუთრე-
ბით ის ფაქტი, რომ ემვ ასრულებს პირობითი გამლიზიანებლის
როლს პირობითი რეფლექსების წარმოქმნისას. გარდა ამისა, აღმო-
ჩენილია, რომ ადამიანებს ემვ-ს ზემოქმედებით წარმოექმნებათ სხვა-
დასხვა შეგრძნებები – მხედველობითი, სმენითი, ტაქტილური. ხოლო
ზოგიერთ ცხოველს გააჩნია ემვ-ს სპეციალური რეცეპტორი. და ბო-
ლოს, უკვე დარეგისტრირებულია სხვადასხვა სისშირის ემვ იზოლი-
რებული ორგანოებისა და უჯრედების ირგვლივ, აგრეთვე მთლიანი
ორგანოების ახლოს.

წ3. ემვ-ს ზემოქმედება ადამიანზე

შეუძლია თუ არა ადამიანს იგრძნოს ემვ? გამოსაცდელი პირები
აღნიშნავდნენ სუსტი შეგრძნებების (ტეხვა, სიმძიმის შეგრძნება, ჭი-
ანჭველების ცოცვა) წარმოქმნას ხელზე მუდმივი მაგნიტური ველის
ზემოქმედების დროს. შეგრძნება წარმოიქმნება მაგნიტური ველის
წყაროს ჩართვიდან რამდენიმე წამის შემდეგ და გრძელდება კიდევ
რამდენიმე წამი მისი გამართვის შემდეგ. ვიბრაცია და გახურება არ
თამაშობს განმსაზღვრელ როლს, რადგან შეგრძნება ჩნდება მუდმივი
მაგნიტის ზემოქმედებისას. მუდმივი მაგნიტური ველისათვის მისი
შექმნის მეთოდისაგან დამოუკიდებლად ზღვარი მდებარეობს ნმტლ
უბანში, ე.ი. 100 ჯერ ძლიერია დედამიწის მაგნიტურ ველზე. წარმოქ-
მნილი შეგრძნებები ატარებს არასპეციფიკურ ხასიათს და მათი ინ-
ტენსიობა კორელირდება ზემოქმედების ძალასთან.

ეს შეგრძნებები იქმნება მუდმივი მაგნიტური ველით, ხოლო იმ-
პულსური და ცვლადი მაგნიტური ველი ქმნის სხვა შეგრძნებებს, ისი-
ნი წარმოიქმნება ამ ფაქტორების ადამიანის თავზე ზემოქმედებისას.

ლაპარაკია ჯერ კიდევ 1893 წელს დარსონვალის მიერ აღმოჩენი-
ლი მაგნიტოფოსფენის მოვლენის შესახებ – სინათლის აფეთების შეგ-
რძნება თვალეში ემვ-ს ზემოქმედებისას. დადგენილი იქნა, რომ მაგ-
ნიტოფოსფენი შეიძლება წარმოიქმნას ადამიანის თავზე 20მტლ ინ-
დუქციისა და 10-100პკ სისშირის მაგნიტური ველის ზემოქმედებით.
მხედველობითი შეგრძნების ინტენსიობა ყველაზე მაღალია დაახლო-

ებით 203-ს დროს და ამ შემთხვევაში მისი გამოჩენის სიხშირე ემთხვევა მაგნიტური ველის სიხშირეს. ცვლადი მაგნიტური ველის სიხშირის გადაადგილებისას შეგრძნება ვლინდება ველის არა ყოველი ცვლილების დროს. 903-ს სიხშირისას ეფექტი ნაკლებ გამოხატულია.

ბგერითი შეგრძნებები ემვ-ს ზემოქმედებისას პირველად აღმოჩენილი იქნა 1956 წელს, ხოლო შემდგომ დაწვრილებით შესწავლილ იქნა ფრეის მიერ, რომელმაც დაადგინა შემდეგი კანონზომიერებები:

1. ადამიანები, რომლებიც იმყოფებიან იმპულსურ-მოდულირებული ზემაღალი სიხშირის ემვ-ს ზემოქმედების ქვეშ, გრძნობენ სხვადასხვა ბგერებს (ზუზუნს, ტკაცუნს ან სტვენს) მოდულაციის რეჟიმის მიხედვით, ბგერების წყარო აღიქმება სადაც კეფის არეში. თავის ეკრანირების ცდებმა აჩვენა, რომ „რადიოსმის“ აღქმა ხდება მხოლოდ საფეთქლის არეში, სადაც უმაღლესი სმენის ცენტრებია განლაგებული.

2. გარემომცველი ხმაური 90 დეციბელამდე არ აქრობს „რადიობგერის“ ეფექტს, თუმცა ადაბლებს მის მიმართ მგრძნობელობას.

3. ხმაურის საწინააღმდეგო საცობების გამოყენება აძლიერებს „რადიობგერის“ ეფექტს.

4. არსებობს გარკვეული ზღვრული ინტენსიობები, რომელთა ქვევით ეფექტი არ ვლინდება.

გარდა ამისა, რადიოსიხშირის დიაპაზონის ემვ-ს ზემოქმედებისას ვლინდება სითბური ეფექტი. არსებობს მონაცემები ტაქტილური შეგრძნებების შესახებ ადამიანზე იმპულსური ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას (ნოვაკი 1963). სოლენოიდის შიგნით მყოფი საცდელი პირი გრძნობდა ბიძგებს: ზურგზე წოლისას ხერხემლის ორივე მხარეს ბარძაყის უბანზე, გვერდზე წოლისას ფერდქვეშა არეში და მუცელზე წოლისას – მუცლის უბანში. აღწერილია აგრეთვე (Frey 1963) შეხებითი შეგრძნებები ადამიანებში, რომლებიც იმყოფებოდნენ რადიოსადგურის ზეგრძელტალღოვანი ანტენის ახლოს (147 კვც). შეგრძნებას ჰქონდა ქავილის ხასიათი სახეზე და კიდურებზე.

ემვ-ს რადიოსიხშირის დიაპაზონის შემდეგ ინტენსიურად იკვლევენ დაბალი სიხშირის ემვ-ს მოქმედებას, რომელთა შორის პირველი ადგილი უკავია სანარმოო სიხშირეების ემვ-ს (50-60 ჰც). თვითონ სიხშირის სახელწოდება მიუთითებს მის გაერცვლებაზე, ხოლო მედიკო-ბიოლოგიურ გამოკვლევებში ააშკარავებენ იმ საფრთხეებს, რომელიც მას მოაქვს.

მაგრამ ბიოლოგიური თვლასაზრისით განსაკუთრებით საყურადღებოა ემვ სიხშირეებით, რომელიც ახლოს დგას ბუნებრივ ემვსთან. მათი ბუნებრიობა განისაზღვრება ან კოსმო-გეოფიზიკური წყაროებით ან ბიოლოგიური წარმოშობით.

ბოლო შემთხვევაში ადამიანის თავის ტვინის ბიოპოტენციალების რხევის უპირატესი სიხშირე იპყრობს განსაკუთრებულ ყურადღებას როგორც აქტუალობით, ისე გარკვეული იდუმალებით, რომელიც, შესაძლოა აკავშირებს ტვინს გარემომცველ სამყაროსთან. ჩვენს დროში მკვლევარებს ყველაზე უფრო აინტერესებთ ადამიანის ელექტროენცეფალოგრამის(ეეგ) ალფა-რიტმი, რომლის სიხშირეა 8-12პკ. თუ ნეიროფიზიოლოგი სწავლობს ტვინის რეაქციას რადიოტალღური დიაპაზონის ემვ-ზე, ის მაინც ცდილობს მოახდინოს ამ რადიოტალღების მოდულირება ელექტროენცეფალოგრამასთან ახლოს მდგომი სიხშირეებით.

შემთხვევითი არ უნდა იყოს ადამიანის ტვინის ეეგ-ს უპირატესი სიხშირეებისა და დედამიწის გეომაგნიტური ველის დაბალი სიხშირის პულსაციების დამთხვევა. ეს პულსაციები ვარირებს 0,1-100პკ ფარგლებში, მაგრამ მათი უპირატესი ამპლიტუდა არის 8-16პკ დიაპაზონში, ე.ი. ადამიანის ეეგ-ს ალფა-რიტმის დიაპაზონი. არ არის გამორიცხული, რომ ტვინის ცხოველმოქმედების ფორმირებისას ევოლუციის პროცესში გამოყენებულ იქნა გარემო პირობების რიტმები შიგნითა რიტმების შესაქმნელად. ამის მსგავსად გარშემომყოფი არაორგანული ნივთიერება გარდაიქმნებოდა ორგანულად. როგორც აღმოჩნდა ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგად, ამინომჟავების აბიოგენური სინთეზი მიმდინარეობს სიბნელეში მაგნიტური ველის ზემოქმედებით. საკონტროლო ცდებში, სადაც ველი არ იყო, არ წარმოებდა ამინომჟავების აბიოგენური სინთეზი.

აღმოჩნდა, რომ ემვ არის დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის აუცილებელი პირობა. ბოლოდროინდელი პალეონტოლოგიური მონაცემები მოწმობენ იმაზე, რომ გეომაგნიტური პოლიუსების ინვერსიის პერიოდს თან ახლდა ზღვის ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის ცვლილებები. ფაუნის ადგილმდებარეობის გარკვეული ეგზოტიკურობა დამატებით არგუმენტებს იძლევა სწორედ გეომაგნიტური ველის ბიოლოგიური აქტივობის სასარგებლოდ და არა კლიმატური პირობების (ისინი ზღვის ფსკერზე შედარებით მუდმივია) ან მაიონიზებული გამოსხივების (ისინი შთაინთქმება წყლის ფენის მიერ).

ნერვული სისტემა არის ორგანიზმის ყველაზე „ელექტრომაგნიტური წარმონაქმნი“ და ამიტომ გარეშე (ხელოვნური ან ბუნებრივი) ემვ მოქმედებს პირველ რიგში ამ სისტემაზე პრინციპით „ველი ველზე“. ნერვული გავლენების გადაცემა ხდება აქ ნეირონიდან ნეირონამდე ელექტრული ინდუქციით. რა თქმა უნდა არსებობს ემვ-ს ნერვულ სისტემაზე მოქმედების სხვა მექანიზმები, რომელსაც მიეკუთვნება დაბალი სიხშირის მაგნიტური ველებით ზემოქმედებით ინდუცირებული ელექტრომამოძრავებელი ძალა. ძლიერი მიკროტალღების მოქმედებით გამოწვეული გახურება და მრავალი სხვა ეფექტი, რომე-

ლიც კვანტურ-მექანიკურ დონეზე რეალიზდება. თავად ემვ არის მატერიალური სამყაროს რთული მოვლენა, რომელსაც გააჩნია რამდენიმე ბიოტროპული პარამეტრი: ინტენსიურობა, გრადიენტი, ვექტორი, სიხშირე, იმპულსის ფორმა, ექსპოზიცია და ლოკალიზაცია. ეს შვიდი ბიოტროპული პარამეტრი ნებას იძლევა, როგორც 7 ნოტა მუსიკაში გავითამაშოთ სასიცოცხლო პროცესების რთული მელოდია.

ცენტრალური ნერვული სისტემის უმთავრეს სტრუქტურაში, სინაპსებში ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით აკვირდებოდნენ მნიშვნელოვან ცვლილებებს ემვ-ს ზემოქმედების შემდეგ. პრესინაპსური ტერმინალის უბანში აღინიშნებოდა მიტოქონდრიების გადიდება და მსხვილი პოლიმორფული ვაკუოლების გაჩენა, რაც წყლის ცვლის დარღვევის ნიშანია. დიდი ზომის ვაკუოლები ჩნდებოდა პოსტსინაპსურ უბანშიც: დენდრიტებში სინაპსური ბუშტუკების რიცხვი ხშირად მცირდებოდა, ზოგჯერ იკარგებოდა მიკრომილაკები.

მიკროელექტროდული ტექნიკის საშუალებით დადგინდა, რომ თავის ტვინის ნეირონების უმრავლესობის იმპულსური აქტიურობა მცირდებოდა, თუმცა იყო ცალკეული ნერვული უჯრედები, რომელთა ბიოპოტენციალების სიხშირე იზრდებოდა ემვ-ს ზემოქმედებისას.

ნერვული უჯრედების გარდა, ემვ-ზე რეაქცია გააჩნია გლიურ უჯრედებს, რომლებიც შუამავლის როლს თამაშობენ სისხლძარღვებსა და ნერვებს შორის. გლიური უჯრედები იცვლიდნენ ვერცხლით შეღების თვისებას, ბირთვისა და პროტოპლაზმის ელექტრონულ-ოპტიკურ სიმკვრივეს და უდიდებოდათ თავიანთი გამონაზარდები ემვ-ს ზემოქმედებისას. სავარაუდოდ, გლიური უჯრედების ემვ-ზე რეაქციებში მონაწილეობით შეიძლება აიხსნას თავის ტვინის ელექტრულ აქტიურობაში ნელი რხევების წარმოქმნა. საინტერესოა, რომ ასეთი ცვლილებები ეეგ-ში წარმოიქმნებოდა დიდი ლატენცური პერიოდით (რამდენიმე წამზე არანაკლებ), გრძელდებოდა ხანგრძლივი დრო ზემოქმედების დამთავრების შემდეგ და ხშირად თან ახლდა შეკავებითი პროცესები ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში.

უკანასკნელმა გარემოებამ შეიძლება აიხსნას ემვ-ს გაძლიერებული ზემოქმედების ქვეშ მყოფ ცხოველებში ახალი პირობითი რეფლექსების წარმოქმნის შენელება. უკვე არსებული დროებითი კავშირები ნელა და არა ყოველთვის რეალიზდებოდა ამ პირობებში. ირღვეოდა ცნს-ში ინფორმაციის შენახვის პროცესები – მეხსიერება. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ემვ აქტიურად ერეოდა ცხოველების ტვინის ფუნქციონირებაში და ხშირად არღვევდა მას.

თუმცა ცხოველებზე ჩატარებული ექსპერიმენტებისას მიღებული შედეგების გადატანა ადამიანური პრაქტიკის სფეროში ცალკეულ რთულ პრობლემას წარმოადგენს, ჰიგიენისტები წყვეტენ ამ საკითხებს. თუმცა წყვეტენ სხვადასხვა ქვეყნებში სხვადასხვანაირად. მაგა-

ლითად კანადის მთავრობამ 1977 წლის თებერვლიდან არამაიონიზირებული გამოსხივების ზღვრულად დაშვებული დონე შეამცირა 10-დან 1 მეტ/სმ²-მდე.

ადამიანის თავის ტვინის ელექტრული აქტივობის შესწავლისას აღნიშნავდნენ მის ცვლილებებს მაგნიტური ველის, ულტრამალალი სიხშირის ველებისა და ზემაღალი სიხშირის ველების ზემოქმედების შემდეგ. სუსტი ემვ-ს გავლენა აღინიშნებოდა ფიზიკოსთა კოლექტივების ეპიზოდურ გამოკვლევებში. ბელორუსი ფიზიკოსების ერთ-ერთ გამოკვლევაში (მიხაილოვა-ლუკაშევა და სხვ. 1972) 20-30 წლის ასაკის 7 საცდელი პირის თავზე 10-25 ნმ ახდენდნენ ზემოქმედებას სუსტი ემვთ-ი (10-14ჯ) 2,8-10-400ჰც სიხშირით. ახდენდნენ ნათხემის უბნის ბიოლექტრული აქტივობის რეგისტრაციას, ადარებდნენ ეეგ-ს მონაცემების საშუალო მნიშვნელობებს ზემოქმედებამდე და მის შემდეგ.

400ჰც ემვ-ზე ეეგ-ს ცვლილება აღინიშნებოდა 6 საცდელ პირს, ხოლო 2-10ჰც-ზე - მხოლოდ 4-ს 7-დან. დაბალი სიხშირის ემვ (2-10ჰც) იწვევდა დელტა- და ტეტა-რიტმების დიაპაზონის ბიოპოტენციალების რხევებს, ხოლო 400ჰც ემვ - მაღალი სიხშირის რხევებს ბეტა-დიაპაზონში.

უკრაინელი ფიზიკოსების შრომებში აღინიშნება, რომ ზოგიერთი ადამიანი (10-დან 3) ალიქვამს ხელოვნურ დაბალი სიხშირის (0,01-2,00ჰც) მაგნიტურ ველს $2 \cdot 10^{-7}$ - $2 \cdot 10^{-6}$ ინდუქციით, რაც გამოიხატება ელექტროენცეფალოგრამის (ეეგ) ნელი ტალღების ცვლილებებში. ქალაქგარე პირობებში, სადაც მაგნიტური ხმაური ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე ქალაქში, აღინიშნებოდა დიდი მგრძნობელობა მაგნიტური ველის მიმართ.

ემვ-ს ზემოქმედებით ადამიანის ეეგ-ს ცვლილებებს უფრო დაწვრილებით სწავლობენ ექიმ-პიგიენისტები. ისინი აღნიშნავენ ადამიანის ეეგ-ში ყველაზე ხშირად ნელი ტალღების დომინირებას საწარმოო პირობებში ელექტრომაგნიტური ზემოქმედებისას.

აღნიშნული ცვლილებები ემვ-ს ხანგრძლივი (ზოგჯერ მრავალწლიანი) ზემოქმედების შედეგია. თავად ემვ-ს პარამეტრები მნიშვნელოვნად ვარირებს.

მგრძნობელობის ახალ სახეს - ემვ-ს სპეციფიკურ რეცეფციას - ჩვენ ვხვდებით თევზებში. მორფოლოგებმა, რომლებიც სწავლობდნენ თევზების აგებულებას, მათ ზოგიერთ სახეობაში აღმოაჩინეს ემვ-ს მაგენერირებელი სპეციალური ორგანოები და აგრეთვე ელექტრორეცეპტორები, რომლებიც ემვ-ს ალიქვამენ. თუ თავიდან ასეთი სახის მგრძნობელობა აღმოუჩინეს თევზებს, რომელთაც ჰქონდათ უაღრესად მცირე დაძაბულობის ელექტრულ ველზე რეაგირების უნარი, ბოლო დროს სხვა სახეობის თევზებსაც დაუდგინდა ელექტრული ვე-

ლის მიმართ მგრძნობელობა. აღმოჩნდა, რომ ეს მგრძნობელობა სხვადასხვა სახეობის თევზებში სხვადასხვაა. მაგ., დადგენილია, რომ სკაროსს იგი ორჯერ დაბალი აქვს, ვიდრე ქვის ქორჭილას, ფარგას, ხოლო ნალიმს დაბალი, ვიდრე ქარიყლაპიას. ზღვის თევზების მალაქების 13 სახეობიდან ყველაზე მგრძნობიარე აღმოჩნდა სკუმბრია.

თუ შევაჯამებთ თევზების მიერ იმპულსური ველების გენერაციისა და მგრძნობელობის შესახებ მონაცემებს, შეიძლება საკმაოდ საფუძვლიანად ვივარაუდოთ მათში ემვ-ს საშუალებით ინფორმაციული ურთიერთკავშირის არსებობის შესახებ.

ამრიგად, შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ემვ-ს რეცეპციის უნარი ცხოველებში და გარკვეული შეგრძნებების წარმოშობა ადამიანში ემვ-ს ზემოქმედებისას დაკავშირებულია ან ჯერ აღმოუჩენელ გრძნობის ორგანოებთან, ან ცნობილი ორგანოების ჯერჯერობით უცნობ თვისებებთან, ან მათ ერთიანობასთან.

§4. ტელეპათიის საკითხები

ტელეპათიის საკითხებისადმი სამეცნიერო ინტერესის წარმოშობას მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი 1888 წელს გ. ჰერცის მიერ ელექტრომაგნიტური ტალღების აღმოჩენამ. საკითხი იმის შესახებ, არსებობს თუ არა ტვინის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, განსაკუთრებით საინტერესოა. ფიზიკის კანონები ამტკიცებენ, რომ სივრცეში ელექტრული დენების იგვლივ ყოველთვის არის ელექტრომაგნიტური ველები. ტვინში ადამიანის დაბადებიდან სიკვდილამდე მიედინება ცვლადი ელექტრული დენები, – შესაბამისად, უნდა იყოს ტვინის ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველები.

საბჭოთა აკადემიკოსი პ. ლაზარევი ჯერ კიდევ 1922 წელს წერდა: „პერიოდული ქიმიური რეაქციები, რომლებიც ტვინის ცენტრებში მიმდინარეობს, იწვევენ ელექტრომაგნიტურად მოძრავი ძალების გაჩენას ცენტრების უბანში. ეს უკანასკნელნი გადასცემენ რა ელექტრულ მოვლენებს თავის ზედაპირზე, სინათლის ელექტრომაგნიტური თეორიის მიხედვით გამოასხივებენ ელექტრომაგნიტურ ტალღებს გარემო პირობებში, რომლებიც სინათლის სიჩქარით ვრცელდება. ყოველგვარმა შეგრძნებამ, ყოველგვარმა მოძრაობის აქტმა უნდა წარმოქმნას ტალღები და ადამიანის თავმა უნდა გამოასხივოს დიდი სიგრძის ტალღები (30000 კილომეტრამდე) გარემომცველ სამყაროში. რა ფიზიოლოგიურ როლს თამაშობენ ეს ტალღები, ძნელი სათქმელია, მაგრამ შესაძლებელია, რომ ისინი დაგვეხმარებიან ჩვენ ავსხნათ უსიტყვო შთაგონების მოვლენა და სხვა უფრო რთული მოვლენები ფსიქიკურ სფეროში“.

ტვინის ელექტრომაგნიტური ველის საკითხს მეცნიერები ხშირად უკავშირებენ აზრობრივი შთაგონების გადაცემას და ერთი ტვინის მეორეზე მოქმედებას გრძნობათა ორგანოების გარეშე. ტექნიკაში ელექტრომაგნიტური ველი ფართოდ გამოიყენება ინფორმაციის გადასაცემად. თუ იგი არის ტვინში, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ სწორედ მას გადააქვს აზრობრივი შთაგონება.

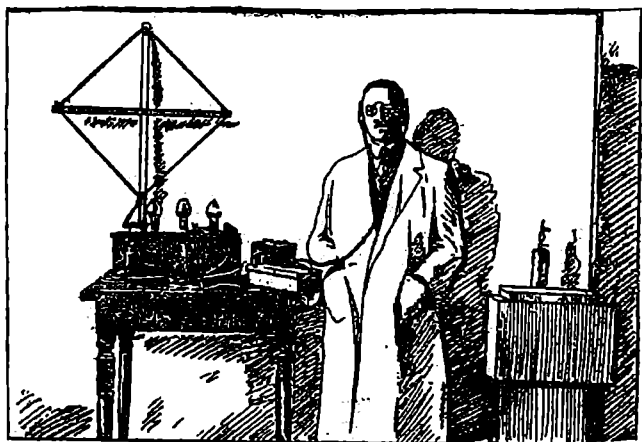
XX საუკუნის 20-იან წლებში ადამიანის თავის ზედაპირზე მართლაც აღმოჩენილი იქნა რხევადი ელექტრული პოტენციალები, რომელთა გაძლიერება და დარეგისტრირება შეიძლება ოსცილოგრაფის დახმარებით ე.წ. ელექტროენცეფალოგრამის სახით. დღესდღეობით ელექტროენცეფალოგრაფია შევიდა სამედიცინო პრაქტიკაში, როგორც მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა ტვინის ზოგიერთი დაავადების დროს დაისვას სწორი დიაგნოზი.

იტალიელმა ნევროლოგმა კაცამალიმ მარკონის ლაბორატორიის ფიზიკოსებთან ერთად 1925-1941 წლებში ჩაატარა ექსპერიმენტალური გამოკვლევები ტვინის ელექტრომაგნიტური ველის არსებობის დასამტკიცებლად. კაცამალი მივიდა დასკვნამდე, რომ ტვინი ასხივებს მეტრულ, დეციმეტრულ და სანტიმეტრულ ტალღებს.

მან ააწყო თავისი ცდებისათვის ფარადეის გალიის პრინციპით აშენებული იზოლაციური კამერა. კამერა წარმოადგენდა პარალელურ პიპედის ფორმის ხის ჩარჩოს, რომლის ექვსი გვერდი დაფარული იყო 1,5მმ სისქის ტყვიის ფურცლებით. საკონტროლო ცდებმა დაამტკიცა, რომ ტყვიის კედლები საიმედოდ იცავდნენ კამერის შიგა სივრცეს გარედან რადიოტალღების შეღწევისაგან, რომლითაც ასე მდიდარია დედამიწის ატმოსფერო. (ინგლისელმა ფიზიკოსმა ფარადეიმ პირველმა დაამტკიცა, რომ ამ მიზნისათვის საკმარისია დასაცავი სივრცე გარშემორტყმული იყოს შეკრული მეტალური გარსით, რომელიც ელექტროდენს ატარებს. მართალია, გარე ელექტრული ველი აღძრავს მუხტს ასეთი გარსის გარეთა მხარეზე, მაგრამ შიგნითა სივრცე სრულიად თავისუფალია ველის ძალწირებისაგან. თან არ არის აუცილებელი გარსი იყო მთლიანი, ამისათვის საკმარისია მავთულის ბადე). კამერის ჭერში იყოს სპეციალური საკეტი დასახური ზერელი, საიდანაც კამერაში შეჰყავდათ საცდელი პირი. საცდელ პირებს გააჩნდათ ამაღლებული შთაგონებადობა, ადვილად ვარდებოდნენ ღრმა ჰიპნოზში. კამერაში იყო სანოლი, მაგიდა, სკამი და აგრეთვე მგრძნობიარე რადიომიმღები, რომელიც აწყობილი იყო მეტრულ, დეციმეტრულ და სანტიმეტრული ტალღების მიღებაზე. მიღებას აწარმოებდა კამერის შიგნით ჩარჩო, რომელიც საცდელ პირზე იყო მიმართული. რადიომიმღები მავთულით შეერთებული იყო ორყურმილიან სატელეფონო ჩაფხუტთან, რომელიც ექსპერიმენტატორის

თავზე იყო ჩამოცმული. ექსპერიმენტატორი ჩვეულებრივ იმყოფებოდა კამერაში, ან ზოგიერთი ცდის დროს კამერის გარეთ.

სანამ საცდელი პირი იმყოფებოდა ფხიზელ მდგომარეობაში, რადიომიმღები არ ღებულობდა არავითარ სიგნალს, მაგრამ როგორც კი საცდელი პირი ვარდებოდა პიპნოზურ ძილში და მიიყვანებოდა სიტყვიერი შთაგონებით ემოციურ აღგზნებამდე (გამონწეული, მაგალითად შთაგონებული პალუცინაციით), ტელეფონში ისმოდა ხმაური, რომელიც მიუთითებდა კამერის შიგნით რადიოტალღების წარმოშობაზე. ხმების ხასიათი უალრესად მრავალფეროვანი იყო. ზოგჯერ ეს იყო ქუხილი, ჭახუნი, სტვენა. ზოგჯერ მუსიკალური ტონები, ვიოლენჩელოს, ფლეიტის ან ადამიანის ხმის მსგავსი. ზოგიერთ შემოქმედებას რადიომიმღებზე ახდენდა ნორმალური გონებრივი მუშაობა, როცა იგი აღწევდა დიდ დაძაბულობას. შემდგომ კაცამალიმ ტელეფონი შეცვალა სიმოვანი გალვანომეტრით, რამაც საშუალება მისცა გრაფიკულად დაერეგისტრირებინა ფოტოლენტაზე სიგნალები, რომელთაც ტვინის რადიოტალღები აწარმოებდა.



სურ. 18. პროფ. კაცამალი ტვინის ელექტრომაგნიტური ტალღების დასაჭერად ჩატარებული ცდებისათვის აწყობილ ეკრანირებად კამერასთან.

ამ ცდების საფუძველზე კაცამალიმ გააკეთა შემდეგი დასკვნები: ადამიანის ტვინი გაძლიერებული მოქმედებისას ხდება მეტრული, განსაკუთრებით დეციმეტრული და სანტიმეტრული ელექტრომაგნიტური ტალღების წყარო. ტვინის რადიოტალღები ზოგჯერ აპეროდულია, ანუ ცვლადი სიგრძის, კლებადი ხასიათის ტალღებია. ზოგ-

ჯერ მოკლე დროის განმავლობაში ისინი ვლინდებიან როგორც გარკვეული სიხშირის არაკლებადი ტალღები. ტვინის რადიოტალღები, კაცამალის აზრით, არის ის ფიზიკური აგენტი, რომელსაც გადააქვს აზრობრივი შთაგონება ექსპერიმენტატორის ტვინიდან საცდელის ტვინამდე.

კაცამალის ცდებმა და თეორიულმა დასკვნებმა, ფიზიოლოგიისა და ფსიქოლოგიისათვის მათმა შესაძლებელმა მნიშვნელობამ გამოიწვია დიდი ინტერესი, მაგრამ ამასთან ერთად რიგი კრიტიკული შენიშვნები პრესაში. ლენინგრადის ვ. ბეხტერევის სახელობის ტვინის ინსტიტუტში შეეცადნენ გაემოკრებინათ ფ. კაცამალის ცდები. დადებითი შედეგი ვერ მიიღეს. უცნობია, შეძლო თუ არა ეს რომელიმე უცხოელმა მკვლევარმა. შეიძლება მიუთითოთ მხოლოდ გერმანელი ფიზიკოსების ფ. ზაუერბუხის და ვ. შუმანის ცდებზე (1928), მათ აღმოაჩინეს ადამიანისა და ცხოველის შეკუმშული კუნთის ახლოს დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი. ველი დაჭერილ იქნა მიმღები დისკით, რომელიც სამნათურიანი გამაძლიერებლით იყო შეერთებული სიმოვან გალვანომეტრთან. ფოტოლენტაზე დარეგისტრირებული რხევების სიხშირე შეესაბამება ბიოდენების რიტმს, რომელიც კუმშვად კუნთში ცენტრალური ნერვული სისტემიდან მოედინება (დაახლოებით 50ჰც). ეს სიხშირე შეესაბამება უზარმაზარი სიგრძის ელექტრომაგნიტურ ტალღას – 6 ათას კილომეტრს, რომელსაც პ. ლანარევი თვლის აზრობრივი შთაგონების განმანათლებელ ფიზიკურ აგენტად.

ამრიგად, საკითხზე იმის შესახებ, თუ რომელი სახეობის ელექტრომაგნიტური ელექტროენერგია პროდუცირდება მომუშავე ტვინის მიერ, გამოდის გარემომცველ სამყაროში და აღწევს რა სხვა ტვინში, იწვევს გარკვეულ ნერვულ-ფსიქიკურ პროცესებს, გამოითქვა ორი მოსაზრება: ლანარევის მიხედვით ეს არის დაბალი სიხშირის, უზარმაზარი სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღები, კაცამალის აზრით – ზემალაღი სიხშირის ძალიან მოკლე სიგრძის ტალღები.

აზრის გადაცემის ელექტრომაგნიტური ჰიპოთეზის ჭეშმარიტება შეიძლება დადასტურდეს ან უარყოფილ იქნას კიდევ ერთი მეთოდით – მეტალით აზრობრივი შთაგონების ეკრანირებით. რუსეთში ეს მეთოდი პირველად გამოიყენა ინჟინერ-ელექტრიკოსმა ბერნარდ კაჟინსკიმ. მისი მონაცემებით, მეტალით ეკრანირება ხელს უშლის აზრობრივ შთაგონებას. კაჟინსკის დამსახურება მდგომარეობს იმაში, რომ ის პირველი შეეცადა პასუხი გაეცა კითხვაზე, ნერვული სისტემის სტრუქტურული ელემენტები როგორ ახდენენ მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების გენერირებას. ის მიუთითებს, ელექტროტექნიკაში ასეთი ტალღების მისაღებად გამოიყენება ცვლადი დენის გამტარი მავთულების დახურული რხევადი წრედი, რომელიც

შეიცავს კონდენსატორს, სოლენოიდის ხვეულებს და გააჩნია გარკვეული ომური წინალობა. ნერვულ სისტემაში ნერვული აღგზნების საფუძველი ცვლადი დენია – ბიოდენი. დენდრიტების დაბოლოებებს, რომელთაც ფირფიტის ფორმა აქვთ, კაჟინსკი თვლის უჯრედოვან კონდენსატორად, ნერვული ბოჭკოების ხვეულებს – დახურულ რხევად კონტურში თანმიმდევრულად ჩართულ სოლენოიდად, ხოლო ყველაფერ ამას ერთად თვლის უჯრედულ ვიბრატორად, რომელიც ახდენს შესაბამისი სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების გენერირებას.

ამ წარმოდგენებზე დაყრდნობით, ცნობილი რუსი პისტოფიზიოლოგი, აკადემიკოსი ა. ლენტევიჩი თავის შვილთან – ელექტროტექნიკოსთან თანამშრომლობით შეეცადა თეორიულად გამოეთვალა ტვინის უჯრედოვანი ვიბრატორებით გენერირებული ელექტრომაგნიტური ტალღების სიგრძე. მან გაითვალისწინა ბიოდენების ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდე, უჯრედოვანი კონდენსატორების შესაძლო ტევადობა, ნერვული გამტარების ომური წინალობა და ა.შ. ასეთი გამოთვლის შედეგები საკმაოდ ზუსტად დაემთხვა ფ. კაცამალის ცდებში განსაზღვრულ ტვინის რადიოტალღების სიგრძის დიპაზონს.

§5. მიტოგენეტიკური გამოსხივება

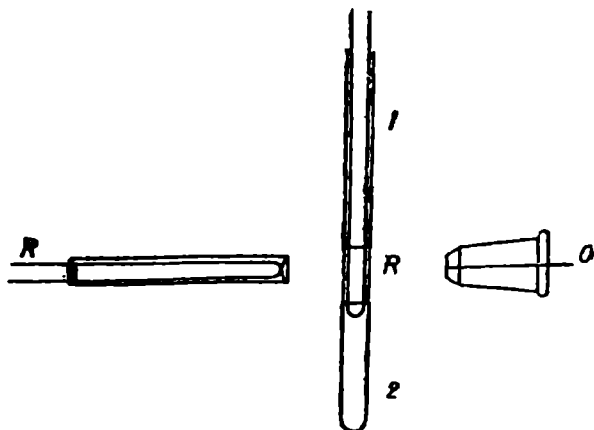
20-იანი წლების დასაწყისში საბჭოთა მეცნიერ ა. გურვიჩს უნდოდა შეემოწმებინა, ასხივებენ თუ არა ცოცხალი ქსოვილები ჩვენი მხედველობისათვის მიუწვდომელ რომელიმე სხივებს. მაგრამ რით უნდა დარეგისტრირებულიყო „ცოცხალი გამოსხივება“? იმ დროს ლაბორატორიული ტექნიკა დღევანდელთან შედარებით შეუდარებლად სუსტი იყო და არ არსებობდა მონყობილობა, რომელიც შეძლებდა უმცირესი ინტენსიობის სინათლის ნაკადის რეგისტრირებას. ამიტომ გურვიჩმა გადაწყვიტა ორგანიზმების პიპოთეტური ნათების აღმოსაჩენად გამოეყენებინა სხვა ორგანიზმები.

ა. გურვიჩი დაიბადა 1874 წელს პოლტავაში. დაამთავრა პოლტავის კლასიკური გიმნაზია. უნდოდა გამხდარიყო მხატვარი და 1892 წელს გაემგზავრა გერმანიაში, რათა ჩაებარებინა მიუნხენის სამხატვრო აკადემიაში. გამოცდები ვერ ჩააბარა და ჩაირიცხა მიუნხენის სამედიცინო ინსტიტუტში. 1879 წელს ა. გურვიჩმა გამოაქვეყნა პირველი შრომა ამფიბიის ემბრიონალურ განვითარებაზე. იმავე წელს ჩააბარა სახელმწიფო გამოცდები. 1901 წელს ბერნის უნივერსიტეტში დაიკავა ანატომიის კათედრის ასისტენტისა და პრივატ-დოცენტის თა-

ნამდებობა. 1905 წელს რუსეთ-იაპონიის ომის დროს გურვიჩი გამოიძახეს რუსეთში და დანიშნეს ექიმად ზურგის პოლკში. 1907 წელს არჩეულ იქნა პეტერბურგში ქალთა ბესტუჟევსკის კურსებზე ანატომიის და პისტოლოგიის პროფესორად. 1912 წელს ა. გურვიჩმა შემოიტანა ბიოლოგიაში ველის ცნება. 1914 წელს მობილიზებულ იქნა I მსოფლიო ომის დანაყების გამო და დაინიშნა ექიმად პეტროგრადის სამხედრო-სამედიცინო აკადემიის პოსპიტალში. 1912 წელს დაინიშნა სიმფეროპოლში სამედიცინო ინსტიტუტის პისტოლოგიის კათედრის გამგედ. 1924-29 წლებში მოსკოვში უნივერსიტეტში ხელმძღვანელობს პისტოლოგიის კათედრას, სადაც მისი მოღვაწეობის მთავარი თემა იყო მიტოგენეტიკური გამოსხივების შესწავლა. 1941 წლიდან მოსკოვში ექსპერიმენტალური ბიოლოგიის ინსტიტუტში ხელმძღვანელობდა მიტოგენეზურ ლაბორატორიას. 1948 წელს გავიდა პენსიაზე. გარდაიცვალა 1954 წელს.

ის მარტივად მსჯელობდა: თუ უჯრედები ასხივებენ ფოტონებს, მათ უნდა შეეძლოთ მათი შთანთქმაც – ნივთიერებისა და გამოსხივების შეუქცევადი ურთიერთქმედების ფიზიკაში კარგად ცნობილი პრინციპის თანახმად. მაგრამ თუ უჯრედი დაინყებს სხივის შთანთქმას, რომელიც სხვა უჯრედების მიერ გამოსხივდება, მაშინ ასეთი შთანთქმა როგორღაც აისახება ორგანიზმის განვითარებაზე. სხვა სიტყვებით გურვიჩმა აირჩია ბიოლოგიური ინდიკაციის მეთოდი. ერთი ბიოლოგიური ობიექტი უნდა ყოფილიყო სხივების წყარო, მეორე – მათი ინდიკატორი.

1923 წელს ა. გურვიჩმა განაცხადა მის მიერ აღმოჩენილი ძალიან სუსტი ულტრაიისფერი გამოსხივების შესახებ, რომელიც სხვადასხვა ცოცხალი ქსოვილების მიერ პროდუცირდებოდა. ამ მეცნიერის ცდები შემდეგში მდგომარეობდა: ჩვეულებრივი ხახვის ფესვი მაგრდებოდა ჰორიზონტალურად, მეორე ხახვისაგან გარკვეულ მანძილზე. მეორე ხახვი ვერტიკალურად იყო დამაგრებული. პირველი ხახვის ფესვის წვერო ახლოს იყო მეორის უჯრედული დაყოფით მდიდარ ზონასთან. რამდენიმე საათიანი ზემოქმედების შემდეგ ვერტიკალურ ფესვაკს პისტოლოგიურად იკვლევდნენ. აღმოჩნდა, რომ უჯრედული დაყოფა მეტი იყო ფესვაკის ინდუცირებად მხარეზე.

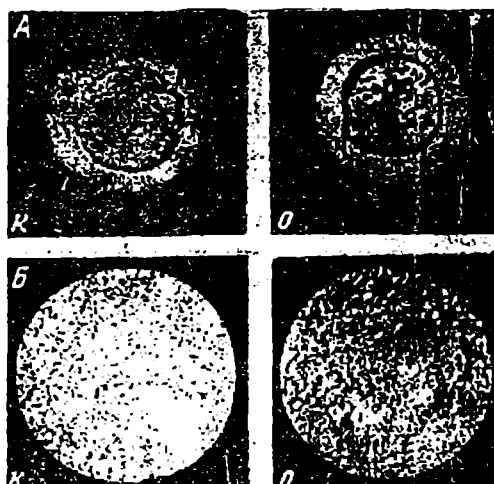


სურ. 19. მიტოგენეტიკური ინდუქციის ძირითადი ცდის სქემა 1 და 2 - მინის კოლები, რომლებშიც შეტანილია ფესვი - დეტექტორი. R მარცხნივ - ფესვი წყარო. R შუაში - დასხივების ადგილი, O - პორიზონტალური მიკროსკოპი.

ინდუქციის ეს ცდა მრავალჯერ განმეორდა ერთნაირი ნარმატებით და გურვიჩის მიერ გაკეთდა შემდეგი დასკვნა: ზრდადი ფესვი ასხივებდა ულტრაიისფერი სხივების უარღესად სუსტ ნაკადს, რომლებიც ზემოქმედებს მეზობელ ფესვაკზე და ასტიმულირებს მის ზრდას. ამას ადასტურებდა დადებითი ცდა, რომლის დროსაც დეტექტორი ინდუქტორისაგან გამოყოფილი იყო კვარცის ფირფიტით და უარყოფითი - როცა იმავე ფირფიტას ფარავდნენ ჟელატინის თხელი ფენით. ეს ადასტურებდა აღმოჩენილი სხივები მართლაც მოკლე ულტრაიისფერი ტალღები იყო სიგრძით დაახლოებით 2000 ანგსტრემი.

1925 წელს, ა. გურვიჩის მოსკოვის უნივერსიტეტში გადასვლის შემდეგ, მიტოგენეტიკური გამოსხივების ინტენსიური კვლევები გრძელდებოდა. აღმოაჩინეს გამოსხივება უმარტივესებში: საფუარის და ბაქტერიულ უჯრედებში, ზღვის ზღარბების და ამფიბიების კვერცხებში, ქსოვილების კულტურებში, ავთვისებიანი სიმსივნეების უჯრედებში, ნერვულ და კუნთოვან სისტემებში, ჯანმრთელი ორგანიზმების სისხლში. პირველ პერიოდში დეტექტორად იყენებდნენ ხახვის ქერქს, მაგრამ ჩქარა დაიწყო ბიოლოგიური მეთოდის ახალი მოდიფიკაციის შემუშავება, რომელიც დაფუძნებულია საფუარის უჯრედების გამრავლების სტიმულაციაზე გამოსხივებით. ეს მეთოდი

გამოყენებული იყო მრავალრიცხოვან ცდებში სხვადასხვა ლაბორატორიაში. მისი არსი შემდეგ შია: საფუარის დეტექტორი მყარ საკვებ გარემოში (დაახლოებით 12 საათიანი ასაკის) შეიცავს 35-40 უჯრედოვან შრეს. ზედაპირთან ყველაზე ახლო შრეები შედგებიან ახალგაზრდა ინტენსიურად დაყოფად და გამასხივებელი უჯრედებისაგან. შუა შრეები იყოფიან, მაგრამ მათი დაყოფის რიტმი და გამოსხივების ინტენსიობა უფრო დაბალია, ვიდრე შედარებით ახალგაზრდა შრეებში. ზედაპირული შრეები შედგება მოხუცი, დაყოფის უუნარო უჯრედებისაგან. მაგრამ გარედან მოსული ფოტონის შთანთქმისას, ისინი მეორადად ასხივებენ. კულტურის დასხივებისას დაყოფის ზრდა, ე.ი. მიტოგენეტიკური ეფექტი შეინიშნება სწორედ შუა შრეებში, რომელთა უჯრედები ადეკვატური ზემოქმედებისას დაყოფის რიტმს აჩქარებენ.

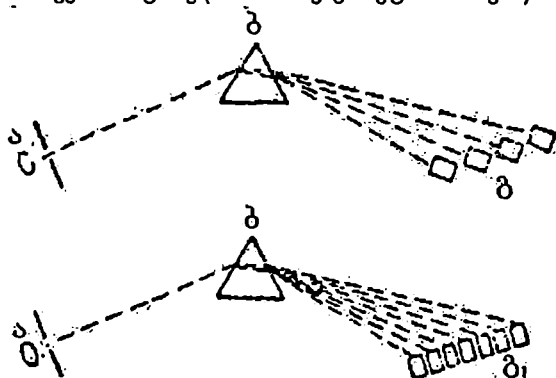


სურ. 20. საფუარი კულტურა კვებით გარემოში, A - საფუარი კულტურა მცირე გადიდებისას. B - მნიშვნელოვნად გადიდებისას. (K - კონტროლი O - დასხივებული კულტურები) (ბარონი 1930).

საფუარის კულტურის დიდი უპირატესობა - მაღალი მგრძნობელობა შეიძლება შედარებული იქნას თვალის ადაპტირებული ბადურას მგრძნობელობასთან ხილული სინათლისადმი. ორივე შემთხვევაში საუბარი მიდის ერთი ელემენტის რეაქციაზე - შთანთქმას რამდენიმე ფოტონი. ცდის აუცილებელი პირობების დაცვისას შედეგები ადვილად მიიღება, რაც მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია უჯრედების ფიზიოლოგიური თვისებების კანონზომიერი გრადიენტით

კულტურის სხვადასხვა შრეებში მისი მყარ კვებით გარემოში ზრდისას.

არსებობდა მიტოგენეტიკური ეფექტის ამხსნელი ალტერნატიული ჰიპოთეზა, რომლის მიხედვითაც ურთიერთქმედება ზორციელდებოდა რაღაც გარკვეული ადვილადქროლადი ნივთიერების მეშვეობით. მაგრამ ფრანკის ორიგინალური ცდების (1929) შემდეგ, როცა ჩატარდა მიტოგენეტიკური ეფექტის სპექტრალური ანალიზი, ამ ეფექტის ამხსნელმა ელექტრომაგნიტურმა ჰიპოთეზამ მკაცრი დასაბუთება მიიღო (სურ. 21). ამ ცდის არსი შემდეგშია: კვარცის სპექტოგრაფის ხვრელის (კოლიმატორის) წინ თავსდება გამოსხივების ქიმიური ან ბიოლოგიური ნყარო (მაგ. ბაყაყის ტეტანიზირებული კუნთი). სპექტოგრაფის გამოსავალი ხვრელის წინ, ფოტოგრაფიული ფირფიტის სიბრტყეში, თავსდება რიგი ბიოლოგიური დეტექტორები – საკვები არის ნაჭრები მასზე საფუარის კულტურით. ისინი ერთმანეთისაგან გამოყოფილია სხივებისათვის გაუმტარი ძგიდეებით. აგრეთვე კამერები თხევადი საფუარის კულტურებით. ყოველი ბლოკის (ან კამერის) მდგომარეობა შეესაბამება ტალღის გარკვეულ სიგრძეს, რაც აღნიშნულია სპექტოგრაფის შკალაზე. მიტოგენეტიკური სხივები, სპექტოგრაფის გავლის შემდეგ გარდატყდება, მოხვდებიან საფუარის კულტურის გარკვეულ ადგილას მათი ტალღის სიგრძის შესაბამისად და გამოიწვევენ ჩვეულებრივ მიტოგენეტიკურ ეფექტს, ანუ უჯრედების რიცხვის გაზრდას. პირველმავე საორიენტაციო ცდებმა აჩვენეს უაღრესად საინტერესო შედეგები – კიდევ ერთხელ დაადასტურეს მიტოგენეტიკური სხივების სიგრძე (2000Å ბაყაყის კუნთისათვის).



სურ. 21. ბიოლოგიური სპექტრალური ცდის სქემა: ა – გამოსხივების ნყარო (კუნთი) კოლიმატორის ხვრელის წინ. ბ – კვარცის პრიზმა, რომელშიც გარდატყდება სხივები და ხვდებიან სპექტოგრაფის გამოსავალ სიბრტყეში. გ და დ – აგარის ბლოკები საფუარის კულტურით, რომელიც გამოსხივების დეტექტორია. (ფრანკი)

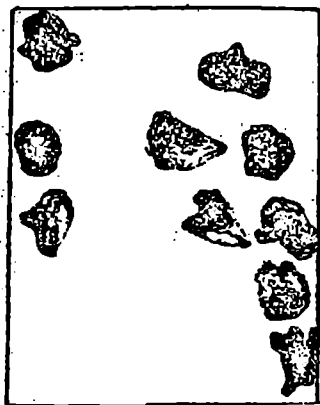
დადგინდა რომ მიტოგენეტიკური გამოსხივება გააჩნიათ უმარტივესებს. გარკვეულ შემთხვევებში ადგილი აქვს ერთი ბაქტერიული კულტურის მიერ პროდუცირებული სხივების დეპრესიული, შემაკავებელ გავლენას მეორეზე. მაგ. ნანლაგის ჩხირის ზოგიერთ რასასა და ტიფოზური ჩხირის კულტურას შორის არსებობს ანტაგონიზმი.

ბიოლოგიის სხვადასხვა სფეროდან ცნობილი დიდი რაოდენობით ფაქტები მეტყველებს იმაზე, რომ უმაღლესი ცხოველების იზოლირებული უჯრედები და უმარტივესები ძლიერად გახსნილ კულტურებში ან საერთოდ არ მრავლდებიან, ან მათი გამრავლების ტემპი მკვეთრად შენელებულია უფრო მდიდარ კულტურებთან შედარებით – ეს ფაქტი მოწმობს უჯრედებს შორის ურთიერთდასხივების, მუტირდუქციის მნიშვნელობაზე.

განსაკუთრებით საინტერესოა ვოლფის შრომა. მან გამოიყენა ბაქტერიების დათვლის ნატიფი მეთოდიკა და დაადგინა, რომ მხოლოდ ახალგაზრდა, ინტენსიურად გამრავლებად კულტურებს გააჩნიათ გამოსხივება. ინტენსიური რეაქცია აღმოაჩნდა ზრდად სპორებს და ობის მიცელიუმს განვითარების პირველ სტადიაში. სპორების მიტოგენეტიკური წყაროებით დასხივება იწვევდა დასხივებულ პორციაში უფრო სწრაფ ზრდას საკონტროლოსთან შედარებით.

სხვა უმარტივესებიდან მიტოგენეტიკური გამოსხივება აღმოაჩნდათ ინფუზორიებს – პარამიციუმს და ოპალინს – მათი გლუკოზის ხსნარში მოთავსებისას ან მიტოგენეტიკური სხივებით წინასწარ დასხივების პირობებში.

იგივე ეფექტი შეინიშნებოდა ზღვის ზღარბების განვითარებული ქვირითების შესწავლისას. ფრანგი მეცნიერები, რომლებიც აკვირდებოდნენ სტიმულაციის ეფექტს, აწარმოებდნენ ა. გურვიჩთან მრავალწლიან სამეცნიერო კონტაქტს. ზღვის ზღარბების გაყოფად კვერცხებს, რომლებიც მოთავსებული იყო კვარცის ჰერმეტიკულ ჭურჭლებში, ხანგრძლივად ასხივებდნენ ბაქტერიული კულტურებით. საცდელ პორციებში კვერცხიდან განვითარებული ქვირითების მნიშვნელოვანი რაოდენობა დეფორმირდებოდა. პისტოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ამ შემთხვევაში ხდებოდა მეზენქიმიური უჯრედების გაძლიერებული გამრავლება.



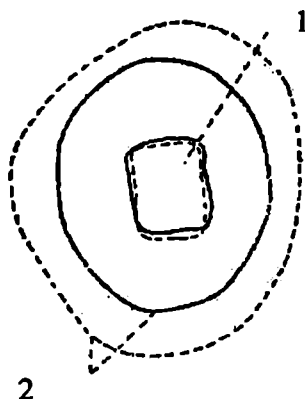
სურ. 22. ზღვის ზღარბის ჩანასახები. ა) ნორმალური, ბ) მიტოგენეტიკური სხივების ზემოქმედებით მიღებული პათოლოგიური, ჯუჯა ჩანასახები. გამოსხივების წყარო – Bact tumor (მეგარი).

მცენარეები ისტორიულად იყო პირველი ობიექტები, რომლებზე-
დაც შეისწავლეს მიტოგენეტიკური გამოსხივება. დღესდღეობით
დადგენილად შეიძლება ჩაითვალოს გამოსხივება უმაღლესი მცენა-
რეების შემდეგ წყაროებში – ხახვის ფესვი, მზესუმზირის ფესვი, მზე-
სუმზირის ფურცლები და ლებანი, კარტოფილის ბოლქვი, ფაფა Se-
dum-ის ფოთლებიდან.

გამოკვლეულ იქნა ქსოვილოვანი კულტურების მიტოგენეტიკური
რეჟიმი, სადაც ადგილი აქვს ზრდასრული ორგანიზმის უჯრედების
გამრავლებას. მიტოგენეტიკური გამოსხივება აღმოაჩნდათ როგორც
ცივისისხლიანი ქსოვილების კულტურებს (აქსოლოტლის ელენთა), ისე
თბილისისხლიანებს (წინილას გულის ფიბრობლასტის კულტურას). ამ
კულტურათაგან პირველს გამოსხივება გამოუვლინდა მხოლოდ 60
სთ-ს შემდეგ კულტივირებიდან და გაგრძელდა 10 დღე, მეორეში – 12
სთ-ს შემდეგ გაჩნდა და გაგრძელდა 24 საათი. განხილული კულტუ-
რების მიტოგენეტიკური რეჟიმების სხვაობა მიუთითებს ქსოვილო-
ვან კულტურებში გამოსხივების შესაძლო წყაროებზე. ასეთი წყარო-
ა, პირველ რიგში პროტეოლიტური პროცესები, რომლებიც თამაშ-
დება კულტურის ცენტრალურ ნევროტიზირებულ უბნებში, რაც
თბილისისხლიანებში კულტივირებიდან რამდენიმე საათის შემდეგ
იწყება.

შემდგომ გამოკვლევებში შესაძლებელი გახდა თავისებური მაკ-
როეფექტის მიღება კულტურებში – კონსტატაცია ხდებოდა სახატა-

ვი აპარატის საშუალებით. წყარო იყო ქათმის ჩანასახის პულსირება-
დი გული.



სურ. 23. ქსოვილოვან კულტურაზე მიტოგენეტიკური ზემოქმედების მაკროე-
ფექტი. 1 - კულტურის საზღვრები, დახატული სახატავი აპარატის მიერ ცდის
დანყების წინ; 2 - 3 დღის განუწყვეტელი დასხივების შედეგი.

ცხოველების ორგანოებისა და ქსოვილების მიტოგენეტიკური გა-
მოსხივება ნაკლებადაა შესწავლილი. ჯერჯერობით არ არის შედგე-
ნილი ორგანიზმის „მიტოგენეტიკური რუკა“. განსაკუთრებით მცირე-
დაა შესწავლილი უხერხემლოების ქსოვილი. შეიძლება აღინიშნოს
მხოლოდ შემდეგი არგუმენტები: ზრდასრული პიდრის უჯრედების
გამრავლების ზონა და კიბორჩხალის ღვიძლი. ამ უკანასკნელის გა-
მოსხივების წყარო სავარაუდოდ არის პროტეოლიტური პროცესები.

ჯერ დაუმთავრებელი კვლევების მონაცემებით, მიტოგენეტიკური
გამოსხივების წყარო არიან მომცრო კიბოსნაირები - დაფნიები. გა-
მოსხივების ლოკალიზების ადგილი ამ ცხოველებში სავარაუდოდ
დაკავშირებულია კუნთების მუშაობასთან. ამას ამტკიცებს ის, რომ
მოძრაობის შეწყვეტისას (ნარკოზი) გამოსხივება ქრება, ხოლო მოძ-
რაობის აღდგენისას ისევ ჩნდება.

მნიშვნელოვნად მეტია გამოსხივების წყაროების სია ხერხემლია-
ნების ქსოვილებში. აქ შეიძლება აღინიშნოს - თვალის რქოვანას ეპი-
თელიუმი, ლიმფური კვანძები, ელენთა, ძვლის ტვინი, ბაყაყის ნაწლა-
ვის ეპითელიუმი, თაგვის სათესლე კუნთები, ცენტრალური და პერი-
პერიული ნერვული სისტემა, მოციმციმე ეპითელიუმი. ზიბერტის მო-
ნაცემებით, გამოსხივების კარგი წყაროა შარდი.

უხერხემლოთა ქსოვილოვანი სითხის – პემოლიმფის შესწავლამ, რომელიც ფიზიოლოგიურად სისხლის იდენტურია, გამოავლინა მიტოგენეტიკური გამოსხივება. იგი ძირითადად დაკავშირებულია პემოლიმფის ფორმირების ელემენტებთან – ამეობციტებთან. ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ პემოლიმფის ცენტრიფუგირებისას გამოსხივება რჩება დაკავშირებული უჯრედულ ნალექთან. იგივე შეიძლება ითქვას სისხლის შესახებ. ხერხემლიანების სისხლის თეთრი ელემენტები, როგორც ერთუჯრედიანი (მონონუკლეარები, ლიმფოციტები), ისე მრავალუჯრედიანი (პოლინუკლეარები, მარცვლოვანი ლეიკოციტები) ფორმები საჭირო ტექნიკური პირობების შესრულებისას (გალიზიანების ფრაქციული მიწოდება, ექსპოზიციის სწორი არჩევა), ხდება გამოსხივების კარგი წყარო.

დაგროვდა მდიდარი მასალა, რომელიც აჩვენებს, რომ სისხლის მიტოგენეტიკური გამოსხივება იმყოფება ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობასთან მჭიდრო კავშირში. ნორმისაგან მცირე გადახრაც კი იწვევს გამოსხივების გაქრობას. ამრიგად, მიტოგენეტიკური გამოსხივება არის ინდიკატორი, ერთ-ერთი მგრძნობიარე რეაქცია, რომელიც მიუთითებს ნორმისაგან მცირე გადახრას, პათოლოგიური პროცესების პირველ ნიშანს. მაგალითად, მშვიერი ცხოველების სისხლი აჩვენებს გამოსხივების გაქრობას. გამოსხივების ასეთი გაქრობა უნდა დაფუძნდეს სისხლის ფერმენტაციული ცვლის შეცვლას.

არსებობს აგრეთვე მონაცემები, რომ გამოსხივება უქრებათ ძლიერ დასუსტებულ მოხუცებს. საინტერესოა, რომ ასეთი სუბიექტებისათვის ახალგაზრდების სისხლის შიგავნური ინექციის შემდეგ, ორგანიზმის საერთო „გაახალგაზრდავებასთან“ ერთად შეიმჩნევა სისხლის მიტოგენეტიკური გამოსხივების აღდგენა.

სისხლის მიტოგენეტიკური გამოსხივების, როგორც ინდიკატორის მნიშვნელობა მტკიცდება ბრაინესის კვლევებით ფსიქიკურად დაავადებულთა სისხლის მიტოგენეტიკურ გამოსხივებაზე. კვლევების პირველ ფაზაზე ავტორმა დაადგინა, რომ მიტოგენეტიკური გამოსხივების მიხედვით ფსიქიკურად დაავადებულთა სისხლი შეიძლება დაიყოს ორ კატეგორიად: პირველს ეკუთვნიან შიზოფრენიკები და მანიაკალურ-დეპრესიული ფსიქოზით დაავადებულნი დეპრესიის სტადიაში. ყველა ეს ავადმყოფი ხასიათდება მოდუნებულობით, აპათიით, ნივთიერებათა ცვლის აშკარა დაქვეითებით – მათ აღენიშნებათ მიტოგენეტიკური გამოსხივების მკვეთრი დადაბლება ან სრული გაქრობა. მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ავადმყოფები მანიაკალურ ფაზაში. მათთვის დამახასიათებელია მოძრაობა, აღგზნებული მდგომარეობა, სხვადასხვა სომატური პროცესების მიმდინარეობის ამაღლებული ინტენსიურობა, კერძოდ, ნივთიერების ცვლის პროცესების. ამასთან ერთად მკვეთრად მაღლდება სისხლის გამოსხივება,

რომელიც თავისი ეფექტით აღემატება იმას, რასაც ადგილი აქვს ნორმალურ სისხლში. მიტოგენეტიკური ანალიზის საშუალებით მიღებულმა ამ ცდებმა ბრაინესს მისცა საფუძველი ჩაეტარებინა საინტერესო ცდა, რომელმაც გამოიწვია საყურადღებო კლინიკური შედეგები. თვლიდა რა, რომ მანიაკალურთა სისხლი არის ჯერ კიდევ უცნობი რალაც ნივთიერების მატარებელი, რომელიც ასტიმულირებს ნივთიერებათა ცვლას, რაც ვლინდება მიტოგენეტიკური გამოსხივების გაძლიერებაში – ბრაინესმა გადაუსხა ასეთი ავადმყოფების სისხლი დეპრესიულებს (კერძოდ შიზოფრენიკებს), რათა შეეყვანა მათ სისხლში მეტაბოლიზმის მასტიმულირებელი ნივთიერების გარკვეული რაოდენობა. ამასთან, იმის სანინალმდეგოდ, რაც კეთდება სისხლის ჩვეულებრივი გადასხმისას, როცა ავადმყოფს შეუყვანენ რამდენიმე ასეულ სმ³. სისხლს, ბრაინესმა გადაუსხა სისხლის უმნიშვნელო რაოდენობა – 15-20 სმ³.

რიგ გამოკვლევულ შემთხვევებში აღინიშნა მნიშვნელოვანი კლინიკური ეფექტი, გამოხატული ავადმყოფის საერთო მდგომარეობის გაუმჯობესებითა და ავადმყოფობის სიმპტომების საერთოდ გაქრობით.

ისეთი ბიოლოგიური ობიექტების მიტოგენეტიკური გამოსხივება, როგორიცაა სისხლი, ნათლად აჩვენებს, რომ ფოტონების გამოსხივებისათვის საჭირო ენერგეტიკული წყაროები უნდა იყოს ფერმენტაციული პროცესები. შეიძლება საუბარი გამოსხივებასთან დაკავშირებით დახლეჩის რეაქციებზე, მაგ. გლუკოზის, პეპტიდების, შარდოვანას დახლეჩაზე. ამ ვარაუდის ექსპერიმენტალური შემოწმება მდგომარეობდა პროცესების „in vitro“ შესწავლაში ფერმენტთან მისი შესაბამისი სუბსტრატის მიერთებისას. დადგენილ იქნა, რომ ასეთი საშუალებით გამოკვლეული ქიმიური სისტემები ნამდვილად ასხივებენ. მათი გამოსხივების სპექტრები აღმოჩნდა სხვადასხვა და სპეციფიკური ყოველი რეაქციისათვის.

ამ პერიოდში შესწავლილ იქნა აგრეთვე ზოგიერთი არაორგანული ჟანგვა-აღდგენითი სისტემის სპექტრები. ეს შედარებით მარტივი ფიზიკო-ქიმიური ფაქტები გადამწყვეტი გახდა გამოსხივების წარმოქმნის შესწავლაში. საქმე იმაშია, რომ ფერმენტაციული პროცესები, ჩვეულებრივ, ნაკლებენერგეტიკულია. ამასთან, ამ პროცესების დროს წარმოშობილი გამოსხივება თუმცა ძალიან სუსტი ინტენსიობისაა, წარმოადგენს ულტრაიისფერ ემისიას, რომლის ყოველ ფოტონს გააჩნია დიდი ენერგია. ტალღის სიგრძისაგან დამოკიდებულებით (1900-დან 3200Å-მდე) ფოტონები ხასიათდებიან ენერგიებით 150-80 კკალ/მოლი. ეს წინააღმდეგობა შეიძლება აიხსნას ფოტოქიმიკოს ფრანკენბურგერის ვარაუდით. მისი აზრით, ფოტონების წარმოქმნაზე პასუხისმგებელია ფერმენტაციული რეაქციებისათვის იშვიათი მა-

ღალენერგეტიკული აქტები. ისინი არ ირეკლებიან რეაქციების ზოგად ენერგეტიკულ ბალანსზე. ასეთი აქტებია თავისუფალი რადიკალების ან ატომების რეკომბინაცია, რომელიც ძალიან მცირე რაოდენობით ხორციელდება ფერმენტაციული დახლეჩისას. რეკომბინაციისას გამოთავსებული ენერგია შთაინთქმება სუბსტრატის მოლეკულების მიერ და გამოსხივდება მოცემული შენაერთისათვის სპეციფიკური სპექტრით. ამ წარმოდგენებმა ა. გურვიჩის ლაბორატორიაში ექსპერიმენტალური დადასტურება პპოვეს: ფერმენტაციული რეაქციების სპექტრებში აღმოჩნდა ჰიდროქსილური ჯგუფების, კარბონილ-ჯგუფების და ამინოჯგუფების თავისუფალ-რადიკალური მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი ზოლები. რიგ შემთხვევებში რეაქციის სპექტრები თავისუფალი რადიკალებისათვის ტიპური ზოლების გარდა შეიცავენ სუბსტრატის მახასიათებელ უფრო ინტენსიურ ზოლებს. მაგალითად, გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილი გამოსხივების სპექტრი დამახასიათებელია გლუკოზის მოლეკულისათვის. ამრიგად მიტოგენეტიკური გამოსხივების სპექტრალური ანალიზი მთლიანად შეესაბამება ზოგადად ფიზიკურ კრიტერიუმს - სპექტრები იძლევიან პროცესში მონაწილე ნივთიერებების დახასიათებას.

ა. გურვიჩის ლაბორატორიაში აქტიურად შეისწავლებოდა სიმსივნური ქსოვილის მიტოგენეტიკური რეჟიმი. სიმსივნური ქსოვილი არის მიტოგენეტიკური გამოსხივების ერთ-ერთი ძლიერი წყარო. ეს განპირობებულია ინტენსიური ეპიცელულარული ფერმენტაციული მოქმედებით და სიმსივნურ უჯრედში გამომასხივებელი ენდოგენური ბლასტომოგენური ნივთიერების ყოფნით. ეს მოკლედ ფორმულირებული დასკვნა მტკიცდება სხვადასხვა მონაცემებით. ნაჩვენები იყო, რომ კიბოვანი სიმსივნე ძალიან ნატიფად რეაგირებს გამოსხივებით გამრეცხ ხსნარში საკვები ნივთიერების არსებობაზე. თავის დეკაპიტაცია დაუყოვნებლივ ამუხრუჭებს სიმსივნის სპონტანურ გამოსხივებას, მაგრამ სიმსივნის მორწყვა ფიზიოლოგიური ხსნარით, რომელშიც არის გლუკოზის, ცილების ან ნუკლეინური მჟავების მცირე კონცენტრაცია, ასევე სწრაფად იწვევს გამოსხივების აღდგენას.

ამ მონაცემების ახსნა მდგომარეობს იმაში, რომ საკვები ნივთიერებები მოდიან სწრაფ და უშუალო შეხებაში ფერმენტებიდან, იხლიჩებიან და ამ დროს წარმოიშობა გამოსხივება. სხვა სიტყვებით, კიბოვანი უჯრედის ფერმენტების ნაწილი განლაგებულია მის ზედაპირზე. ეს დასკვნა დასტურდება სხვა მონაცემებით, რომელიც აჩვენებს სიმსივნის ფიზიოლოგიურ ხსნარში მოთავსებისას ფერმენტების ადვილი გადარეცხვით. უნდა აღინიშნოს მნიშვნელოვანი ფაქტი - სიმსივნის ფერმენტები დამუხტულია უარყოფითად. ამ მონაცემების ერთობლიობამ ა. გურვიჩი მიიყვანა შემდგომ დასკვნამდე: სიმსივნური ქსოვილის ზედაპირისათვის სპეციფიკურია დამხლეჩი ფერმენტების მრავ-

ვალფეროვანი და ინტენსიური მოქმედება. განსაკუთრებით აქტიურია პროტეაზები და პეპტიდაზები. ა. გურვიჩი აღნიშნავს: „ეპიცელულარული პროტეოლიზის ფაქტს ჩვენ, რა თქმა უნდა, ვანიჭებთ პირველხარისხოვან მნიშვნელობას. მასში, როგორც ჩვენ გვგონია, დევს კიბოვანი უჯრედის მიმდებარე ქსოვილოვან ელემენტებზე აგრესიული, გამლღობი ზემოქმედების გაგების გასაღები“.

კიბოვანი უჯრედის გენეზის შეცნობაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ენდოგენური ბლასტომოგენური ნივთიერების (ეზნ) და კანცეროგენული ნივთიერებების გამოსხივების შესწავლას. რიგი გამოცდილი კანცეროგენული შენაერთები ნელი ჟანგვის ხარჯზე ახდენენ მიტოგენეტიკური გამოსხივების პროდუცირებას, რომლის სპექტრალური შემადგენლობა სპეციფიკურია ყოველი მოცემული შენაერთისათვის. მსგავსი აღნაგობის, მაგრამ არა კანცეროგენური ნივთიერებები არ ასხივებენ. ასხივებს ეზნ-ს წყლის ემულსიაც. ამ ნივთიერებების სპექტრალური მახასიათებლები საშუალებას იძლევა გარკვეული წარმოდგენა შეგვექმნას პროცესებზე, რომლებიც მიმდინარეობენ მალიგნიზაციის ლატენტურ პერიოდში. ცხოველებში კანცეროგენული ნივთიერებების შეყვანის შემდეგ სისხლიდან და თავის ღვიძლის ექსტრაქტიდან სხვადასხვა ვადებში მიღებული გამოსხივების სპექტრები მიუთითებდნენ ორგანიზმში ბლასტომოგენური ნივთიერების თანდათანობით წარმოქმნაზე.

ამ გამოკვლევებში მიტოგენეტიკური გამოსხივება გამოიყენებოდა როგორც მეტაბოლიზმის ძვრების ნატიფი ინდიკატორი. ამასთან არსებითია ფოტონების როლი, როგორც აგრეთვე ენერგეტიკული ფაქტორის, რომელიც იძლევა ქიმიური პროცესების ნორმალური მიმდინარეობიდან თანდათანობითი გადახრის საწყისს. ამაზე დაყრდნობით, ა. გურვიჩმა ჩამოაყალიბა მალიგნიზაციის თეორიის სქემა.

უჯრედის ზედაპირზე ფერმენტებთან ერთად იმყოფება გამოსხივების ჩამქრობი მოლეკულები – უარყოფითი მუხტის მქონე მაღალმოლეკულური პეპტიდი. იგი ინვეს ფერმენტაციული რეაქციების მიტოგენეტიკური გამოსხივების დათრგუნვას. დათრგუნვის მექანიზმი დაკავშირებულია თავისუფალი რადიკალების შეერთებასთან ჩამქრობის მოლეკულებთან. კიბოვანი სიმსივნის მიერ გამოსხივების უნარის შენარჩუნება, მიუხედავად მასში ჩამქრობის არსებობისა, აიხსნება ფერმენტებისა და ჩამქრობის მუხტის ერთსახეობით, რაც ხელს უშლის მათ დაახლოებას. თავისუფალი რადიკალების რეკომბინაცია, ანუ ფოტონების წარმოშობა ამ პირობებში ნარჩუნდება. მაგრამ სისხლში ჩამქრობი ადვილად ირეცხება გარემომცველი სითხით უჯრედის ზედაპირიდან, ამასთან ვლინდება მისი ჩამქრობი მოქმედება და კიბოვანი სისხლი ამის შედეგად არ ასხივებს. ჩამქრობის წარმოშობა სისხლში წინ უსწრებს სიმსივნის ფორმირებას. ამასთან

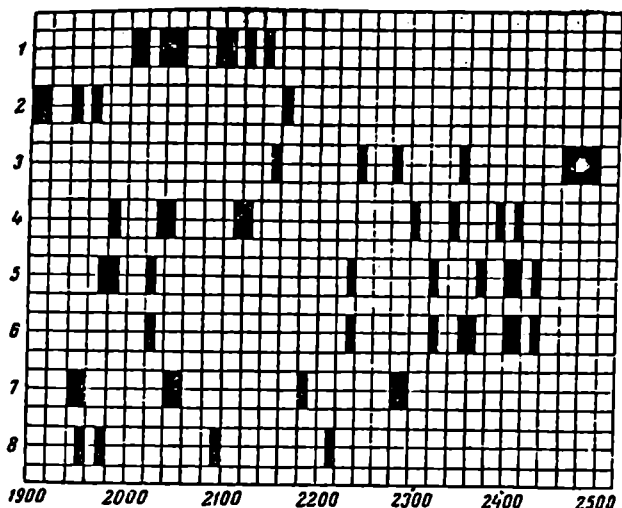
ჩამქრობი ძალიან ადრე წარმოიშობა ღვიძლში, შემდგომ ელენთაში, საიდანაც ასევე სისხლში ხვდება. ჩამქრობს გააჩნია იმუნოლოგიური სისტემის ანალოგიური თვისებები. ჯანმრთელი ცხოველის ორგანიზმში მისი რამდენიმეჯერ შეყვანის შემდეგ სისხლში ჩნდება თავისებური იმუნოსხეული – ანტიჩამქრობი, რომელსაც დადებითი მუხტი აქვს და ბოჭავს ჩამქრობს. სისხლის მიტოგენეტიკური გამოსხივების ჩაქრობის ფენომენი კიბოსა და კიბოსწინა დაავადებისას საყურადღებოა. მიტოზების დათრგუნვა უჯრედში ჩამქრობი ნივთიერების შეყვანით საფუძვლად დაედო ჩაქრობის მეთოდის პრაქტიკულ გამოყენებას (რაც ცალკე სასაუბრო თემაა).

მიტოგენეტიკური გამოსხივების პრობლემის ერთ-ერთი საინტერესო განყოფილებაა ნერვული სისტემის გამოსხივება. ნერვის მიტოგენეტიკური გამოსხივება პირველად ნაჩვენები იყო (ვასილიევი) ქარიყლაპიას მოსვენებულ უხორცო საყნოსავ ნერვზე. მოგვიანებით წარმოებულ იქნა ბაყაყის ნერვის (N. ischiadicus) გამოსხივების დანვრილებითი ანალიზი კალენდაროვის მიერ. მან შეძლო ახალი საკვლევი ტექნიკის გამოყენების საშუალებით (ფრანქციონირება) ეჩვენებინა გამოსხივება როგორც ალგზნებულ ისე დამშვიდებულ ნერვში (ფარადიზაცია, ტრავმა, მექანიკური გაღიზიანება). ამ დროს მიღებულ იქნა ძალიან მდიდარი სპექტრი როგორც გლიკოლიზური და ჟანგვითი, ასევე აზოტური დაშლის ზოლებით, ფოსფატის მოქმედებით ლეციტინზე და კრეატინ ფოსფატის დაშლით. ალგზნებული ნერვის სპექტრი ახლოსაა კუნთის სპექტრთან – რაც ადასტურებს თანამედროვე ფიზიოლოგიის მონაცემებს იმის შესახებ, რომ ალგზნებული ნერვისა და კუნთის საფუძველში დევს მსგავსი ქიმიური პროცესები.

შემდგომ მოხერხდა ჩვენება, რომ გამოსხივების სპექტრი გაღიზიანების ადგილზე განსხვავდება ნერვის მიწოდებით გატარებული ალგზნების სპექტრისაგან მდიდარი ხაზებით. ეს ამტკიცებს, რომ გაღიზიანების უბნის ნეითიერებათა ცვლა განსხვავდება მისგან დაშორებული ალგზნების უბნის ნეითიერებათა ცვლისაგან. ბიოლოგიური სპექტრალური ანალიზი მთლიანად ადასტურებს ამ თვალსაზრისს (სურ. 24).

ნერვული სისტემის მიტოგენეტიკური რეჟიმის გაგებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მეორად გამოსხივებას. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ რიგი ობიექტები, გამოსხივების პოტენციური წყაროები, იძლევიან მიტოგენეტიკური გამოსხივების მძლავრ იმპულსს, მათზე გარეგანი გამოსხივების ზემოქმედებისას. ნერვული სისტემის შემთხვევაში, ძირითადი ეფექტი მდგომარეობს ბოჭკოების მასის მიერ მეორად გამოსხივებაში ტალღის ზემოქმედებისას, რომელიც დასხივების ადგილიდან მოდის და მოიცავს ბოჭკოების მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობას. ნერვული სისტემის მეორადი გამოსხივება ახ-

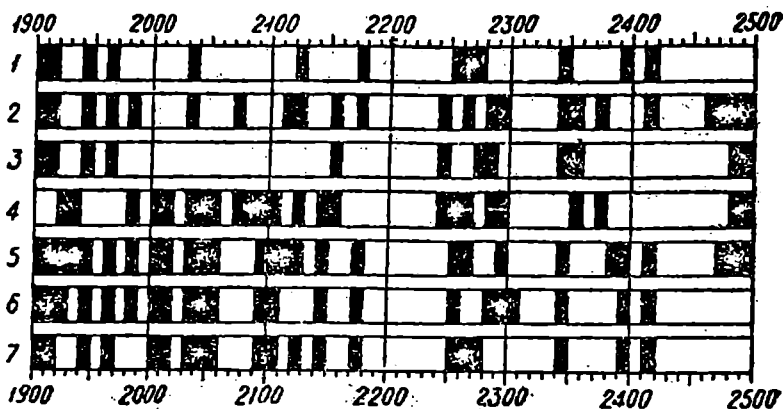
ლოსაა რიგი თვისებებით ერთგვაროვანი ქიმიური სხეულების ასეთივე გამოსხივებასთან, ე.ი. იგი მიმდინარეობს ჯაჭვური რეაქციების ტიპით და თავის ხასიათით რეზონანსულია.



სურ. 24. ფერმენტაციული რეაქციების დროს წარმოქმნილი მიტოგენეტიკური გამოსხივების სპექტრები. 1 - კრეატინფოსფატაზის დახლეჩა (ფლუორესცენტი გაურკვეველია); 2 - გლუკოზის დახლეჩას (ფლუორესცენტი გლუკოზა); 3 - დნმ-ს დახლეჩა (ფლუორესცენტი PO_4 ჯგუფი); 4 - პეპტიდების დახლეჩა (ფლუორესცენტი პეპტიდური ჯაჭვი); 5 - მალტოზის დახლეჩა (ფლუორესცენტი მალტოზა); 6 - საქაროზის დახლეჩა (ფლუორესცენტი საქაროზა); 7 - შარდოვანას დახლეჩა (ფლუორესცირება რადიკალების მიერ); 8 - ლიპიდების დახლეჩა (ფლუორესცენტი უცნობია) (გურვიჩი 1945 წ.).

ბაყაყის თვალის ფიზიოლოგიური (ადეკვატური) გაღიზიანებისას (განათება) შესაძლებელი ხდება ოპტიკური ნერვისა და თავად ტვინის მხედველობითი წილების მიტოგენეტიკური გამოსხივების დაფიქსირება. ამასთან აქ წარმოშობილი გამოსხივების ინტენსიურობა წყაროს ძალის პროპორციულია. მხედველობითი ნერვის მიტოგენეტიკური გამოსხივების სპექტრი უაღრესად მდიდარია. ასევე განსაკუთრებით მდიდარი სპექტრი აღინიშნება ბაყაყის საჯდომი ნერვის მიტოგენეტიკური გამოსხივებისას (სურ. 25). ამრიგად, ფიზიოლოგიური გაღიზიანება (ოპტიკური ნერვი და საჯდომი ნერვი) ინვევს მიტოგენეტიკური გამოსხივების განსაკუთრებით რთულ ქიმიზმს. ა. გურვიჩი-

მა გამოიკვლია ცენტრალური ნერვული სისტემის მიტოგენეტიკური გამოსხივება თვალის ადეკვატური გალიზიანებით.



სურ. 25. ბაყაყის საჯდომი ნერვის მიტოგენეტიკური სპექტრი სხვადასხვა პირობებში: 1 – მშვიდი ნერვი; 2 – ფაფა ნერვისაგან; 3 – მექანიკური გალიზიანება (სპექტრი აღებულია გალიზიანების ადგილიდან; 4 – ელექტრული გალიზიანება (ელექტროდებს შორის); 5 – ტრავმატული გალიზიანება (ტრავმის ადგილიდან 20მმ); 6 – ელექტრული გალიზიანება (20მმ ელექტროდებიდან); 7 – მექანიკური გალიზიანება (20მმ გალიზიანების ადგილიდან) (კალენდაროვი).

ამ დროს საპასუხო გამოსხივება რეგისტრირდება არა მარტო ოპტიკურ ნერვში, არამედ დიდი ტვინის ნახევარსფეროების მხედველობით წილებში და ბაყაყის მოგრძო ტვინში. ზურგის ტვინი რჩება მიტოგენეტიკურად არააქტიური.

თვალის ადეკვატური ფიზიოლოგიური გალიზიანებისას გამოსხივების დიფუზურად გავრცელება ნერვული სისტემის სხვადასხვა უბნებში – იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნას ეს შედეგები ნერვულ სისტემაში ლოკალიზაციის პრობლემის შესასწავლად. მეორადი გამოსხივება, საერთოდ, ხასიათდება ორი თვისებით: 1) მეზობელ ელემენტზე გავრცელებით გამოსხივების ნებისმიერი სისტემისას; 2) რეზონანსული ხასიათით. დამტკიცებულია, რომ ნერვული სისტემის ცალკეული უბნების გამოსხივებას თვალის განათებისას არ გააჩნია ეს თვისებები. ეს ცხადყოფს, რომ საქმე გვაქვს გამოსხივების არა მარტივ გადასვლასთან ერთი უბნიდან მეორეზე ელემენტების უშუალო მეზობლობის გამო, არამედ ღრმა ფიზიოლოგიურ მიზეზთან. ასე, ა. გურვიჩმა დაამტკიცა, რომ მხედველობითი ნერვის, მხედველობის ბორცვებისა და ნახევარსფეროების გამოსხივების სპექტრი მნიშ-

გნელოვნად განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან, ამასთან ნახევარსფეროების გამოსხივების სპექტრი უფრო მდიდარია, ვიდრე ბორცვების გამოსხივების სპექტრი.

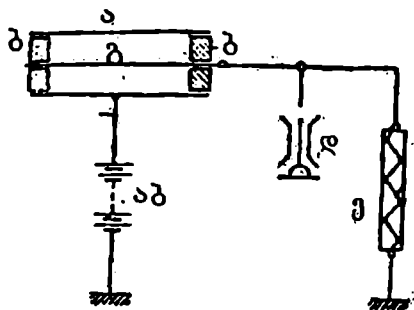
ამრიგად ნათელია, რომ ადეკვატური გალიზიანება იწვევს ყოველ უბანში ხელახლა წარმოქმნილ გამოსხივებას. არანაკლებ თვალსაჩინოა გურვიჩის კვლევები, ცენტრალური ნერვული სისტემის სხვადასხვა უბნის გამოსხივებისა მხედველობის ნერვის დასხივებისას (არაადეკვატური გალიზიანება). ნაჩვენები იქნა, რომ მხედველობის ბორცვების გამოსხივება მიიღწევა იმ შემთხვევაშიც, თუ მხედველობის ნერვი დასხივდება არასრული სპექტრალური შემადგენლობის წყაროთი (საჯდომი ნერვი ელექტროდებს შორის, სადაც არ არის გლიკოლიზური კომპონენტი). ამ დროს ნახევარსფეროებში არარსებული გამოსხივება შეიძლება მიღებულ იქნას მხოლოდ სრული სპექტრალური შემადგენლობის მქონე წყაროთი დასხივებით – საჯდომი ნერვით ელექტროდებისაგან 1,5-2 სმ დაშორებით, ან ელექტროდებს შორის ნერვით დამატებით გლიკოლიზური ხაზის არსებობისას, რაც მიმართულია ნერვზე მონოქრომატული სპექტროგრაფიდან. ყველა ეს ფაქტი აჩვენებს, რომ ნერვული სისტემის სხვადასხვა უბნის გამოსხივება ადეკვატურ და არაადეკვატურ გალიზიანებასთან დაკავშირებით ძალიან რთულია, მრავალფეროვანია და არ ჯდება მეორადი გამოსხივების მარტივი ჩატარების ჩარჩოებში. ეს უდაოდ ხსნის გზას გამოყენებულ იქნას მიტოგენეტიკური გამოსხივება, კერძოდ მისი სპექტრალური შემადგენლობა ცენტრალურ ნერვული სისტემა სხვადასხვა განყოფილებაში ალგზნების ლოკალიზაციის პრობლემის გადასაწყვეტად.

ბაყაყის თვალის განათება მონოქრომატულად სამი ფერით (წითელი, ცისფერი, მწვანე) იძლევა სპეციფიკურ სპექტრს სხვადასხვა ფერისათვის. ამრიგად, მიტოგენეტიკური სპექტრალური ანალიზი იძლევა გარკვეულ შესაძლებლობებს თავის ტვინის ქერქის სხვადასხვა გარე ზემოქმედებაზე რეაქციების ხარისხობრივი განსხვავებისათვის.

წმ. მიტოგენეტიკური გამოსხივების ფიზიკური რეგისტრაცია

თავდაპირველად მიტოგენეტიკური გამოსხივების დაფიქსირება ხდებოდა მხოლოდ ბიოდეტექტორის საშუალებით. 1930 წლიდან დაწყებული ლაბორატორიებში დაიწყო სხვა ძალიან მნიშვნელოვანი ფიზიკური ხასიათის სამუშაო: მიტოგენეტიკური გამოსხივების რეგისტრაციისათვის ფოტონების მთვლელი აპარატის გამოყენების შესაძლებლობის შესწავლა. პროფ. დესაუერის ლაბორატორიაში ფრანკფურტში რაევსკიმ გამოიყენა ე.წ. გეიგერის მთვლელი – მონყ-

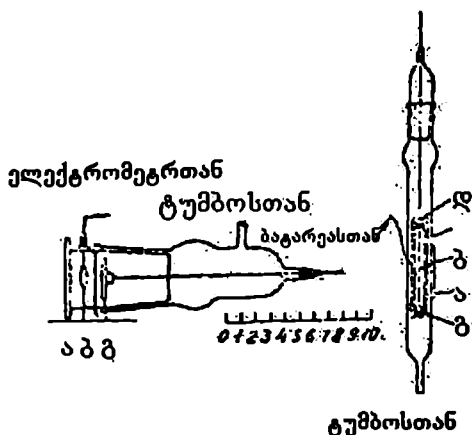
ობილობა, რომლის დანიშნულება იყო უმნიშვნელო რაოდენობის სხივური ენერგიის დაფიქსირება. მაგალითად, ჰაერის რადიოაქტიურობის კვალის დადგენა. გეიგერის მთვლელი შემდეგნაირადაა აგებული: მეტალური მილის შიგნით გადის ნახევრადიზოლირებული ფენით დაფარული მავთული. მაღალი ელექტრული ძაბვის გატარებისას მილის შიგნით იქმნება მძლავრი ელექტრული ველი, რომლის ძალა დამოკიდებულია მთვლელის გარემოს სპეციალურ პირობებზე (მისი ატმოსფეროს განმუხტვის ხარისხზე) და შეიძლება მისი ვარირება. ასეთ მონაცვობილობაში საქმე გვაქვს ძაბვასთან, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში არ უშვებს თვითნებურ განმუხტვას. თუკი მილში შეყვანილ იქნა სხივური ენერგიის გარკვეული რაოდენობის კვანტი (რენტგენის სხივები ან სხივები), რომელთა გამოჩენა იწვევს სივრცის ნაწილობრივ იონიზაციას, ეს გამოიწვევს, თავის მხრივ, მყისიერ განმუხტვას. თუკი გარედან შემოსული ენერგია მცირეა, მუხტი ნეიტრალიზდება მავთულის იზოლირებადი მოქმედებით და მივიღებთ წინა ძაბვასთან დაბრუნებას. შემდგომ წამოვა ახალი მუხტი და ძაბვის ახალი გათანაბრება; ამრიგად, მიიღება დენის რიგი ბიძგები, რომელთა სიხშირე და რიცხვი უშუალოდ არის დამოკიდებული იონიზაციის ხარისხზე, ანუ, სხვაგვარად, მონაცვობილობაზე მოქმედი კვანტების რიცხვზე. ბიძგების რიცხვი რეგისტრირდება რომელიმე დემონსტრაციული მეთოდით: სიმოვანი ელექტრომეტრის ჩვენებით, ავტომატური მთვლელით, ან, რაც განსაკუთრებით ეფექტურია, ხმის გამაძლიერებლით. უკანასკნელ შემთხვევაში ყოველ მუხტს შეესაბამება მკაფიო და ძალიან მაღალი ხმიანობა. ასეთი კონსტრუქციის გეიგერის მთვლელი უსარგებლოა მოკლე ულტრაიისფერი სხივების გამოსაკვლევადად მისთვის დამახასიათებელი უმცირესი რაოდენობის კვანტების გამო. რაევსკიმ მოახდინა ამ აპარატის მოდიფიკაცია, რამაც მკვეთრად აამაღლა მისი მგრძნობელობა. მისი არსი მდგომარეობს ენ. ფოტოელექტრული გალიის გამოყენებაში – ზოგიერთი მეტალი (კადმიუმი, ალუმინი და სხვ.) მათზე გარკვეული რაოდენობით კვანტების ზემოქმედებისას სივრცეში გამოყოფენ ელექტრონებს. ასეთი „ფოტოგალიის“ კომბინაცია გეიგერის მთვლელთან იწვევს იმას, რომ განმუხტულ სივრცეში ჩნდება ელექტრონები (იონები), რაც თავის მხრივ ადიდებს გამტარობას და შემდგომი განმუხტვების რიცხვს. თუ მონაცვობილობის ერთ-ერთ ელექტროდს მივუერთებთ ინდიკატორს (ელექტრომეტრს, ავტომატურ მთვლელს ან ხმამაღალ მოლაპარაკეს), ჩვენ შეგვიძლია ყოველი მუხტის რეგისტრაცია.



სურ. 26. რაევსკის მონწყობილობის სქემა. ა - მთვლელი მილი სხივებისადმი მგრძნობიარე მილით, ბ - იზოლირებადი ფენა, გ - ნახევრადიზოლირებადი მავთული, აბ - აკუმულატორები, დ - ელექტრომეტრი, ე - წინაღობა.

რა თქმა უნდა ასეთი მონწყობილობა ითხოვს გარკვეული პირობების დაცვას, რადგან თუნდაც უმცირესი რაოდენობის კვანტების შეღწევა გარედან საკმარისია იმისათვის, რომ გამოიწვიოს მთვლელის რეაქცია. რაევსკის მეთოდიკა შემდგომში მდგომარეობდა: მონწყობილობა დაყენებული იყო მუხტების გარკვეულ რაოდენობაზე, მაგ. 28-30 მუხტი წუთში, რაც განპირობებულია ჰაერის ჩვეულებრივი რადიოაქტიურობით და სხვა „ყოველდღიური“ ზემოქმედებით. თუკი შემდგომ ფოტოგალიის წინ, რომლის ერთი კედელი აგებულია კრისტალური კვარცისაგან, მოთავსებული იყო მიტოგენეტიკური გამოსხივების წყარო, მაგ. ფაფა ხახვის ძირიდან, სხეულიდან ამოღებული კიბოვანი სისმსივნე ან ხახვის ფესვი - მუხტების რიცხვი აღწევდა 36-40-ს წუთში, ხახვიდან მოშორება, რაც მიტოგენეტიკური გამოსხივების შეწყვეტას იწვევს, მთვლელს აბრუნებდა ნორმალურ მდგომარეობაში (28-30 მუხტი). ამრიგად, რაევსკის მონწყობილობა მუხტების რიცხვს ზრდიდა 20-30%-ით.

ოდნავ მოგვიანებით პრინციპულად იდენტური შედეგები იქნა მიღებული გ. ფრანკისა და ს. როდიონოვის მიერ აკად. იოფეს სახელობის ფიზიკო-ტექნიკურ ინსტიტუტში. ამ ფაქტორების ფოტოგალია შედეგობდა ალუმინის ფირფიტისაგან, რომელსაც მრავალრიცხოვანი უთანაბრობები (ხორკლი) პქონდა. მუხტები რეგისტრირდებოდა მგრძნობიარე ელექტრომეტრით. გამოსხივების წყაროდ გამოყენებული იყო ბაყაყის კუნთები, გული და ფაფა კუნთებისაგან. ყველა ამ შემთხვევაში მიღებულ იქნა საკმაოდ ეფექტური შედეგი მუხტების რიცხვის გადიდების სახით. დადებითი კუნთი და დამშვიდებული გული იძლეოდა უარყოფით შედეგს.



ტუმბოსთან

სურ. 32. ფრანკის და როდიონოვის მიერ სახეშეცვლილი პეიგერის მთვლე-
ლი. მარცხნივ: ა – კვარცი, ბ – ნავრადიზოლირებული მავთული, გ – შუქ-
მგრძნობიარე მეთალის ცილინდრი კვარცის ფანჯრის წინამდებარე ხვრე-
ლით, დ – იზოლირებადი საცობები.

მიტოგენეტიკური გამოსხივების არსებობის ფიზიკური დამტკი-
ცება მოცემულ იქნა აგრეთვე რიგი ავტორების მიერ – ოდიუბერი პა-
რიზში. ზიბერტისა და ზეფერის მიერ ბერლინში, ბარტის მიერ ფი-
ზიკური ინსტიტუტის ლაბორატორიაში მიუხედავად. ზიბერტმა და ზე-
ფერმა მიიღეს ძალიან დემონსტრირებული შედეგები წყვილი მთვლე-
ლების გამოყენებისას. ასეთი მთვლელები იძლევიან მუხტების ერთნა-
ირ რიცხვს ზემოქმედების გარეშე, ხოლო თუ ერთის წინ მოთავსებუ-
ლი იქნება მიტოგენეტიკური სხივების წყარო, ხოლო მეორე გამოყე-
ნებული იქნება საკონტროლო სახით, – მუხტების რაოდენობის
ცვლილება იძლევა სხივების ზემოქმედების ძალიან ეფექტურ სუ-
რათს. ძალიან კარგი შედეგები იქნა მიღებული ბარტის მიერ გამოს-
ხივების ქიმიურ წყაროებთან მუშაობისას (ცილის გადამუშავება კუ-
ჭის წვენიტ). კათოდის სახით ავტორმა გამოიყენა სპილენძის მილი,
რომლის შიგნით ანოდის სახით გადიოდა დაჟანგული ფოლადის მავ-
თული.

პარალელურად ქვეყნდებოდა შრომები, რომელთა ავტორები ვერ
ლებულობდნენ დადებით შედეგებს და ამის საფუძველზე უარყოფ-
დნენ მიტოგენეტიკური გამოსხივების ფენომენის არსებობას. ესაა –
ფრიდრიხი და შრეიბერი, ლ. კრეისენი, ი. ბეტემანი. ამ ავტორების
ნარუმატებლობის მიზეზის დადგენა საკმაოდ ძნელია. ზოგიერთ შემ-
თხვევაში ამის მიზეზი არის გამოსხივების ბიოლოგიური წყაროს ნა-

რუმატებელ არჩევაში და მათთან არასწორ მანიპულაციაში. მაგ. ფრიდრიხისა და შრეიბერის წარუმატებლობა დაკავშირებულია, სავარაუდოდ, საფუარის კულტურის გამოყენება სიბნელეში, როდესაც ის კარგავს გამოსხივების უნარს. მეთოდურად სწორი შედეგები მიიღება სპეციალისტ-ფიზიკოსისა და ბიოლოგის მუშაობის კომბინაციისას, რომელიც კარგად იცნობს მოცემული წყაროს განსაკუთრებულ მიტოგენეტიკურ თვისებებს. ასეთი კომბინაცია მიეკუთვნება „ბედნიერი“ დამთხვევების რიცხვს, რაც არც თუ ისე სწორად გვხვდება სამეცნიერო მუშაობისას. რამდენად კაპრიზულია გეიგერის მთვლელი და რა სრულიად მოულოდნელი პირობები უნდა იქნას დაცული მასთან მუშაობისას, ჩანს ფრანკისა და როდიონოვის კვლევაში. ავტორებმა აჩვენეს, რომ ეფექტი ქიმიური წყაროებიდან (ჟანგვითი მოდელი, ცილის მონელება) შეიძლება იქნეს მიღებული მხოლოდ მათი ხილული სინათლით განათების პირობებში. ამ დროს მიმდინარე ქიმიური პროცესების ინტენსიურობა ზოგიერთი მონაცემებით მნიშვნელოვნად სტიმულირდება ხილული სინათლის ზემოქმედებით.

30-იანი წლების ბოლოს მიტოგენეტიკური გამოსხივების გაზომვის შესაძლებლობა ფოტონების მთვლელის საშუალებით საბოლოოდ დადგენილ იქნა, მაგრამ ამ გამოსხივების სისტემატიკური რეგისტრაციის საკითხი სინათლის ფიზიკური მიმდებებით იმ წლებში ჯერ კიდევ ღიად რჩებოდა. დღესდღეობით მისი დადებითი გადანაცვება სულ უფრო დამაჯერებელი ხდება მგრძნობიარე ფოტოელექტრონული გამამრავლებლების გამოყენების საშუალებით.

ზუსტი გამოსხივების კვლევისათვის საჭირო მონაცემების შექმნას ხელი შეუწყო აინშტაინის მიერ 1905 წელს ასსნილმა ფოტოელექტრულმა ეფექტმა (შემოკლებით ფოტოეფექტი). სწორედ ამ ეფექტის თეორიისათვის (და არა ფარდობითობის თეორიისათვის!) აინშტაინმა 1921 წელს ნობელის პრემია მიიღო.

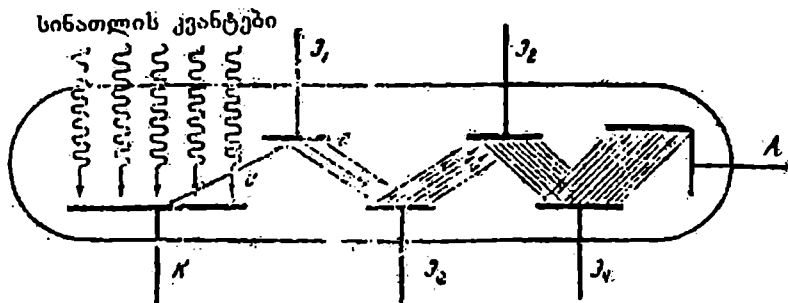
მოვლენა მდგომარეობს შემდეგში: სინათლე, რომელიც ეცემა დამინებული გამტარის ზედაპირზე, იწვევს მუხტების მოძრაობას, ქმნის დენს. ყველამ ვინც ყოფილა მეტროში, იცის ავტომატური კონტროლიორის შესახებ. საკონტროლო პოსტის გასვლისას, მგზავრები გადაკვეთენ სინათლის სხივს, რომელიც ეცემა გამტარზე, ფოტოეფექტით გამოწვეული დენი წყდება და ეს შეწყვეტა ფიქსირდება მთვლელით. ფოტოეფექტი, ამრიგად ფართოდ შემოვიდა ჩვენს ყოფაში.

ფოტოეფექტი მნიშვნელოვანია არა მარტო პრაქტიკისათვის, არამედ მეცნიერებისათვის. მის გამოყენებაზეა დამყარებული ფოტოელექტრული გამამრავლებელი (ფეგი). ფეგის მოქმედების პრინციპი ძალიან მარტივია.

ფოტონი ეცემა გამტარის ზედაპირზე. ეს გამტარია კათოდი. მისი კონსტრუქცია შემდეგნაირია – მეტალური ელექტროდი დაფარულია

ნივთიერების ფენით, რომელიც ადვილად კარგავს ელექტრონებს. ყოველივე ეს მოთავსებულია მინის ჭურჭელში, რომლის ღრუ გამოტუმბულია ვაკუუმის ტუმბოთი. გამოდევნილი ელექტრონების გამო წარმოშობილ დენს მაშინვე რომ არეგისტრირებდნენ, მივიღებდით მონაცხილობას, რომელსაც ფოტოელემენტი ეწოდება. ამ შემთხვევაში გამოდევნილ ელექტრონს იყენებენ მაქსიმალური სარგებლით – მას აიძულებენ გაიაროს დამაჩქარებელი ელექტრული ველი გარკვეული პოტენციალების სხვაობით. ელექტრონის გარბენის ბოლოს ველის შემდეგ მოთავსებულია მეორე ელექტროდი, რომელსაც ემიტერი ან დინოდი ეწოდება. მასში აგრეთვე არის თავისუფალი ელექტროდები, რომლებიც მზად არიან გამოიტყორცნონ ზედაპირიდან გარედან მცირეოდენი ბიძგისას. ფოტოეფექტის შემთხვევაში ეს ბიძგი მიეცემა ელექტრონს ფოტონით, მაგრამ ელექტრონებს შეუძლიათ გარეთ გამოტყორცნა სხვა ელექტრონების დარტყმითაც, რომელთაც დიდი კინეტიკური ენერგია აქვს.

ამრიგად, მონაცხილობის მუშაობის სქემა ასეთია: ფოტონი ამოაგდებს კათოდიდან ელექტრონს. ელექტრონი ჩქარდება გარე ველით და ეცემა ემიტერს, რომლიდანაც ამოაგდებს ახალ ელექტრონებს, უკვე არა ერთს, არამედ რამდენიმეს, რადგან პირველადი ელექტრონის ენერგია მნიშვნელოვანი გახდა ველით აჩქარების გამო. ყოველი ეს ელექტრონი ისევ აჩქარდება პოტენციალთა ელექტრული სხვაობით და მიემართება შემდგომი ემიტერის ზედაპირისაკენ. ელექტრონების „გამრავლების“ პროცესი მრავალჯერ მეორდება (მაგალითად 10 ჯერ). უკანასკნელი ემიტერიდან ელექტრონები გროვდება ელექტროდით, რომელსაც დადებითი პოტენციალი აქვს – ანოდით. ელექტრონების რაოდენობა, რომელიც ანოდთან მიდის დროის ერთეულში, განსაზღვრავს ანოდური დენის სიდიდეს, რაც მგრძნობიარე მიკროამპერმეტრით იზომება. იმავე დროს ელექტრონების რაოდენობა გამოსავალზე განისაზღვრება ფოტონების რაოდენობით შესავალზე. მთელი ჯაჭვი შექმნილია ფოტონის დაფიქსირების შესაძლებლობის გაზრდისათვის. ერთ ფოტონს „ვერ დაიჭერ“ მონაცხილობით, მაგრამ ეს ფოტონი შობს ელექტრონს, ელექტრონი აგდებს ემიტერიდან კიდევ სამ ელექტრონს, რომლებმაც ამოაგდეს შემდგომი ემიტერიდან ცხრა ელექტრონი და ა.შ. ბოლო ელექტროდზე – ანოდზე წარმოიქმნა დენი უკვე 3¹⁰ ანუ დაახლოებით მილიონი ელექტრონიდან ერთადერთი ფოტონი იძლევა მილიონ ელექტრონს! ცხადია, რომ სინათლის დაფიქსირების შესაძლებლობა ფეგ-ის საშუალებით უზარმაზარია.



სურ. 28. ფოტოელექტრონული გამამრავლებლის (ფეგ) სქემა. K – კათო-
დი; J1, J2, J3, J4 – ემიტერები (დინოდები) A – ანოდი, G – ელექტრონები.

ფოტოელექტრონული გამამრავლებლები შეიძლება იყოს სინათ-
ლის საშუალო ნაკადის გამზომი და შუქის ცალკეული იმპულსების
რეგისტრატორი. მიტოგენეტიკური გამოსხივების გაზომვებში ფეგ-ი
მუშაობს თავისი მგრძნობელობის ზღვარზე და აქ დიდი მნიშვნელო-
ბა აქვს შედეგის მაქსიმალურ საიმედოობას. გამამრავლებლის კათო-
დიდან შეიძლება მოწყდეს შემთხვევითი ელექტრონი. ასეთი
გამოტყორცნა შეიძლება წარმოიშვას კათოდის ზედაპირული შრის
ნაწილაკების სითბური მოძრაობით. სითბური სიჩქარეები ელექტრო-
ნებსაც ახასიათებს. ისინი ეჯახებიან ერთმანეთს და კრისტალურ მეს-
რებს, ხან ანელებენ მოძრაობას, ხან აჩქარდებიან. სითბური ენერგიის
ხარჯზე ელექტრონი ტოვებს კათოდს და ქმნის ზედა, რომელიც ზე-
ვითაა აღწერილი.

მაშასადამე ფეგ-ს გაძლიერების ზღვრულად მაღალი კოეფიციენ-
ტით ექნება „ჩრდილოვანი დენი“, რომელიც იარსებებს ანოდზე სი-
ნათლის არარსებობის დროსაც. იგი იქნება ფონი, რომელზეც წარ-
მოიქმნება სიგნალური დენი, გამონვეული ფოტონებით. ცხადია, რომ
ფოტონის გაზომვის სიზუსტის ასამაღლებლად ფონური დენი რაც
შეიძლება ნაკლები უნდა გავხადოთ. ამისათვის საჭიროა ზედა სით-
ბური ნაკადების ნეიტრალიზაცია, ელექტრონების კათოდებიდან „ა-
ორთქლების“ მინიმუმამდე დაყვანა. ამისათვის კარგია ფოტოელექ-
ტრონული გამამრავლებლის ღრმა სიცივეში მოთავსება. გაცივებუ-
ლი კათოდიდან უფრო ნაკლები სპონტანური ელექტრონი გამოიტყ-
ორცნება, რადგან სითბური მოძრაობის საშუალო ენერგია მკვეთრად
შემცირდება, და მაშასადამე სწრაფი ელექტრონების შემთხვევითი
წარმოშობა იშვიათი მოვლენა გახდება.

ფეგ-ს აცივებენ ჩვეულებრივად მშრალი ყინულით (-78°C) და თხე-
ვადი აზოტით (-196°C). თხევადი აზოტის გამოყენება განსაკუთრებით

ეფექტურია: ის ადაბლებს ჩრდილოვანი დენის მნიშვნელობას რამდენიმე ათეულათასჯერ. ამ შემთხვევაში მოწყობილობას შეუძლია დააფიქსიროს სინათლის ნაკადი, რომელიც შედგება ასეულობით ან სულაც ათეულობით ფოტონისაგან ნამში.

პირველი ფოტოელექტრონული გამამრავლებელი შექმნა საბჭოთა ფიზიკოსმა კუბეცკიმ ჯერ კიდევ 1934 წელს, მაგრამ 30-იან წლებში იგი ფაქტიურად არ გამოიყენებოდა. 1948 წლიდან დაწყებული მარეგისტრირებელი აპარატურისადმი ფიზიკური ექსპერიმენტის გაზრდილი მოთხოვნის გავლენით დაიწყო სინათლის ძალიან სუსტი ნაკადებისადმი მგრძნობიარე ფეგ-ის გაძლიერებული შემუშავება.

მიტოგენეტიკური გამოსხივება არის აუცილებელი რგოლი მოვლენების ჯაჭვში, რომელიც იწვევს უჯრედის დაყოფას. მიტოგენეტიკური გამოსხივების გაძლიერება უნდა შეიმჩნეოდეს პროცესის დაწყების წინ, ინტერფაზის ბოლო სტადიაში. სწორედ ასეთი დროული თანმიმდევრობა იქნა პირველად ნაჩვენები ბიოლოგიური მეთოდის გამოყენებით ზღვის ზღარბების გაყოფად კვერცხებზე. ეს ობიექტი უაღრესად მოსახერხებელია კვლევისათვის, რადგან ახასიათებს მკაცრად სინქრონიზირებული (ერთდროული) მიტოზები, განსაკუთრებით გაყოფის პირველ ფაზაში. ცალკეული კვერცხების გამოსხივების იმპულსები ერთმანეთს ედება და მნიშვნელოვნად აძლიერებს ჯამობრივ გამოსხივებას.

იდენტური მოვდენის აღმოჩენა შეძლო ი. კონევა (1965), მან ფოტოელექტრონული გაძლიერებლის მეშვეობით დააფიქსირა ულტრაიისფერი გამოსხივების სტატისტიკურად დამაჯერებელი ეფექტი სინქრონული საფუარის კულტურიდან, რომლის უჯრედები კულტივირების სპეციალური პირობების შედეგად დაყოფის ფაზაში თითქმის ერთდროულად შედიან. დაყოფის მნიშვნელოვანი სინქრონიზაცია მიღებულ იქნა „მშიერ“ გარემოში, რომელშიც იმყოფებოდნენ უჯრედები, საჭირო ინგრედიენტების შეტანით, რაც მიტოზების ტალღას იწვევდა.

ი. კონევი სწავლობდა სრულფასოვან გარემოში გადატანილი კულტურების გამოსხივებას ფეგ-18-ზე და პარალელურად საზღვრავდა პერიოდულად აღებულ სინჯებში კულტურების სიმრავლეს. მან დაადგინა შემდეგი კანონზომიერება. გამოსხივების გაძლიერება ხდებოდა საფუარის კულტურის სრულფასოვან გარემოში გადატანიდან 15-20 წუთის მერე, აღწევდა მაქსიმუმს მე-60 წუთზე, და წინ უსწრებდა დაყოფის ტალღას დაახლოებით 1 საათით, შეინიშნებოდა მეორე უფრო სუსტი გამოსხივების ანთება და მეორე ნაკლებ გამოსხივებული მიტოზების ტალღა.

ანა გურვიჩმა ფეგ-ის საშუალებით შეისწავლა ბაყაყისა და კურდღლის გულის კუნთის მიტოგენეტიკური გამოსხივება (1970). გაზომ-

ვები მიმდინარეობდა 2 საათის განმავლობაში და ბიოდეტექტორებზე ცდებისაგან განსხვავებით ითხოვდა ცხოველების ნარკოზს სრული იმობილიზაციისათვის, რაც საჭირო იყო ობიექტის ზუსტი ცენტრირებისათვის ფეგ-ის მიმართ. ცხოველებს უკეთებდნენ ნარკოზს ძლიერი ტკივილის შოკის მოსახსნელად, რადგან მათ ფართოდ უხსნიდნენ მკერდის ძვალს.

საბოლოოდ დადგინდა, რომ ბაყაყის გული აპროდუცირებდა დაახლოებით 120 ფოტ/წმსმ² ულტრაიისფერი გამოსხივებას (350 ნმ-ზე მოკლე).

კურდღლის გულის კუნთის ულტრაიისფერი გამოსხივება მკვეთრად იყო გამოხატული გულ-მკერდის ძვლის გახსნიდან პირველი 30 წთ-ის განმავლობაში. შემდეგ იგი ქრება.

ანა გურვიჩის ლაბორატორიაში ფეგ-ით გაიზომა ცხოველთა ძვლოვანი კუნთებისა და ღვიძლის დეგრადაციული გამოსხივება. განსაკუთრებით დეტალურად იქნა შესწავლილი კურდღლისა და ბაყაყის კუნთების მიტოგენეტიკური გამოსხივება როგორც ნორმალური ტემპერატურისას, ისე გაცივებისას. ეს ცდები ჩატარდა მთელ არანარკოტიზირებულ ცხოველებზე კუნთების მშვიდი მდგომარეობისას ელექტრული სტიმულაციის გარეშე. აღმოჩნდა, რომ კუნთოვანი ბოჭკოების სარკოპლაზმაში მიმდინარეობს პროცესები, რაც საკმარისია ულტრაიისფერი ფოტონების გამოსასხივებლად.

რაც შეეხება ღვიძლს, იგი ერთ-ერთი ყველაზე რთული ბიოლოგიური სისტემაა. ნორმალურად მკვებაზე ცხოველების ღვიძლი *in vitro* ცდებში არ აპროდუცირებს ულტრაიისფერ გამოსხივებას. მაგრამ პატარა ცხოველებში, მაგალითად თაგვებში, ღვიძლი უკვე რამდენიმე საათის შიმშილობის შემდეგ იწყებს გამოსხივებას. გამოსხივება იწყება სისხლში ან კანქვეშ მცირე რაოდენობით გლუკოზის შეყვანიდან რამდენიმე წუთის შემდეგაც, და აგრეთვე ღვიძლის გაცივებისას რამდენიმე გრადუსამდე ან ძალიან სუსტი ცვლადი დენების ზემოქმედებისას (რამდენიმე ათეული მიკროამპერი) ორგანოს ნორმალური ტემპერატურის შენარჩუნების პირობებში. ანა გურვიჩის ლაბორატორიაში დაფიქსირდა სტატისტიკურად დამაჯერებელი გამოსხივება ულტრაიისფერ სპექტრში (350 ნმ-ზე მოკლე) ღვიძლის გაცივების პირველ 3-4 წუთში. შემდგომი გაცივებისას გამოსხივება ქრება. ფოტონების თვლის შედეგები: გაცივების პირველი 3-4 წთ ულტრაიისფერ კომპონენტა იძლევა 70 ფოტ/წმსთ². ხილული შემადგენელი – 90 ფოტ/წმსთ². ნორმალური ტემპერატურისას ხილული გამოსხივება ინარჩუნებს დაახლოებით 200 ფოტ/წმსთ² ინტენსიობას, შემდეგ მცირდება რამდენიმე ათეულ ფოტონამდე.

ამრიგად, ღვიძლის გაცივებისას ულტრაიისფერ გამოსხივებასთან ერთად იქმნება გამოსხივება ხილულ სპექტრშიც.

საბოლოოდ ჩვენ ვუახლოვდებით პრობლემის ერთ-ერთ ცენტრალურ და ყველაზე რთულ საკითხს – შეიძლება თუ არა მიტოგენეტიკური სხივები განიხილებოდეს, როგორც უჯრედის დაყოფის აუციელებელი, სავალდებულო ფაქტორი. უჯრედოვანი დაყოფა იწყება პირობების 2 კომპლექსის არსებობისას – უჯრედის მზადყოფნისა დაყოფისადმი ერთი მხრივ, მეორე მხრივ – გარკვეული გარე ბიძგის, „განმათავისუფლებელი“ ზემოქმედების არსებობის პირობებში, რომელსაც წარმოადგენენ მიტოგენეტიკური სხივები. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ სხვადასხვა შინაგანი და გარეგანი ზემოქმედების შედეგად (ტემპერატურა, სინათლის მოქმედება) ჩნდება მიტოგენეტიკური სხივები, რომელიც თავის მხრივ იწვევს უჯრედულ დაყოფას. ეს პიპოთეზა დასტურდება რიგი ფაქტებით, რომელთა შორის მთავარია: 1. მიტოგენეტიკური გამოსხივების აღმოჩენა ყველა იმ შემთხვევაში, სადაც საქმე გვაქვს უჯრედის დაყოფასთან; 2. ამ სხივების უაღრესი ეფექტურობა მცირე ფიზიკური ინტენსიობის მიუხედავად, ეს გარემოებები განამტკიცებს ზემოთ მოყვანილ პიპოთეზას.

ა. გ. გურვიჩი დიდ ყურადღებას უთმობდა ექსპერიმენტებს, რომლებიც გარდაქმნიდნენ და აღრმავებდნენ წარმოდგენას ცოცხალი სისტემების მოლეკულური სუბსტრატის შესახებ. მიტოგენების ამ ცენტრალურ ნაწილში ხორციელდება ორგანული კავშირი მთელ მიტოგენეტიკურ პრობლემასა და ბიოლოგიური ველის თეორიას შორის. გურვიჩმა ამ თეორიით სცადა შეეტანა მოლეკულური ცნებები პროტოპლაზმაში მიმდინარე რეგულაციურ მოვლენებზე წარმოდგენაში. 30-იანი წლების მეორე ნახევარში აღმოჩენილ იქნა რიგი მნიშვნელოვანი ფაქტები, რომელთა წინასწარმეტყველება ძნელი იყო ადრეული მონაცემებით. გარკვეულ პირობებში ცოცხალ სისტემებზე ზემოქმედებისას მიტოგენეტიკური გამოსხივება ვლინდება, როგორც საყოველთაო, სავალდებულო და სპეციფიკური რეაქცია მხოლოდ ამ სისტემებისათვის. ეს საშუალებას იძლევა დადგინდეს პროტოპლაზმის ზოგადი თეორიის საფუძვლები. ლაპარაკი მიდის ფაქტორებზე, რომელთა ზემოქმედება იწვევს სისტემის ნორმალური პირობების დარღვევას: ობიექტის გაცივება ან მსუბუქი ნარკოზი. ამ დროს წარმოქმნილი მიტოგენეტიკური გამოსხივების იმპულსი ღირსშესანიშნავი ფაქტია. ის მიუთითებს იმაზე, რომ ცოცხალი სისტემებისათვის სპეციფიკურია ენერგიის დაგროვების მოლეკულური აპარატი, რომელიც არსებითად გაუწონასწორებელია. მეტაბოლიზმის ენერგიის მუდმივი მოდინება – მისი არსებობის აუცილებელი პირობაა. მეტაბოლიზმის დასუსტება გაცივების ან ნარკოზის გზით იწვევს მოლეკულური სისტემების დაშლას.

დასკვნის ბიოლოგიურ აზრს გურვიჩი ხედავდა ცოცხალი სისტემის სტრუქტურულ მდგომარეობებზე ცნების გაფართოებაში. ამ ცნე-

ბამ უნდა გააადვილოს მოლექულური პროცესების კოორდინირებისა და რეგულირების გაგება, მაღლამდგომი დონეების (უჯრედული, სისტემები) საზღვრებში, და ამასთან უპასუხოს სუბსტრატის უნარს მრავალფეროვანი გარდაქმნებისადმი. ამიტომ განიხილეთ და ხშირად სტაბილურ სტრუქტურებთან ერთად აუცილებელია დაშვებული იქნას უაღრესად ლაბილური მოლექულური გაერთიანებების არსებობა, რომლებიც არსებითად გაუნონასწორებელია, ანუ გააჩნით მაღალი ენერგეტიკული პოტენციალი, რომელიც ნარჩუნდება მეტაბოლიზმის ენერგიის მოდინებით. გურვიჩმა უნდა ასეთ მოლექულურ გაერთიანებებს გაუნონასწორებელი მოლექულური „კონსტელაციები“.

გურვიჩი აღნიშნავს, რომ მოლექულური მონესრიგების ცნება ნიშნავს მოლექულების ყოველგვარ სივრცულ განაწილებას, რომელიც არ გამოდინარეობს მათი ქიმიური სტრუქტურიდან, ან ნონასწორობის მდგომარეობიდან, ანუ ქიმიური ბმებიდან, ვანდერვაალსის ძალებიდან და ა.შ. ამის გამო ასეთი სახის მოლექულური მონესრიგება გაუნონასწორებელია. ამასთან გურვიჩი ხაზს უსვამს გაუნონასწორებელი მდგომარეობის შემდგომ მახასიათებელს. სტრუქტურის დარღვევაზე აუცილებლად უნდა დაიხარჯოს რაღაც ენერგია. მოლექულური მონესრიგებულობის ცნება გულისხმობს, პირიქით, მოლექულური ასოციაციების ისეთი კატეგორიას, რომლის შესაქმნელად (და არა დასაშლელად) საჭიროა ენერგია. მონესრიგებულობის ასეთი მდგომარეობა შეიძლება მოდელირებულ იქნას. ყველაზე ცნობილი მაგალითია სიგრძივი (ძაფისებრი) მოლექულების დაყენება მიმდინარე სითხის მიმართულებით.

თუ გაუნონასწორებელი მოლექულური კონსტელაციები ნარჩუნდება ენერგიის განუწყვეტელი მოდინებით, ეს ნიშნავს, რომ კონსტელაციის შემადგენლობაში შემავალი მოლექულები ალგზნებულია, მაგრამ ალგზნების აუცილებელ პირობასთან ერთად აუცილებელია სხვა რამ. ცხადია, რომ მხოლოდ ენერგიის მოდინება ვერ შეინარჩუნებს კონსტელაციას, რადგან ალგზნებული მოლექულების მონესრიგებული განლაგება არ შეიძლება შეიქმნას რაიმე „მაორგანიზირებელი“ ფაქტორის გარეშე. სივრცული ხასიათის ასეთი ფაქტორი უნდა იყოს დაკავშირებული ზემოლექულურ დონესთან – უჯრედულ ან ზეუჯრედულთან. ლაპარაკი მიდის ბიოლოგიურ ველზე.

გაუნონასწორებელი მოლექულური მდგომარეობის ექსპერიმენტალური შესწავლა დაფუძნებულია ენერგიის რეგისტრაციაზე, რიგელიც თავისუფლდება მისი დარღვევისას. მონესრიგებული მდგომარეობის დარღვევა მიიღწევა, როგორც მექანიკური ზემოქმედებით, ისე მეტაბოლიზმის დონის დადაბლებით, რომელიც ნორმალურ პირობებში აწვდის ენერგიას კონსტელაციის შენარჩუნებისათვის. მე-

ტაბოლიზმის დამამუხრუჭებელი ფაქტორების სახით გამოიყენება ობიექტის შექცევადი გაცივება ან მსუბუქი ნარკოზი. სწორედ ამ სახის ზემოქმედებისას გამოიკვლეოდა ცოცხალი ცხოველების ღვიძლი, კუნთები, ნერვები, ტვინის ქერქი, ორგანიზმიდან გამოყოფილი თირკმელი, საფუარის კულტურები და მცენარეთა ახალგაზრდა ნაზარდები. ვლინდებოდა ხანმოკლე მიტოგენეტიკური გამოსხივება, ან გამოსხივების გაძლიერება, თუ ობიექტი ასხივებდა ნორმალურ პირობებშიც. ა.გ. გურვიჩი უკავშირებდა გამოსხივებას კონსტელაციის დარღვევას (დეგრადაციას) და ახასიათებდა მას, როგორც დეგრადაციულს.

ანალოგიური ეფექტები, ანუ გამოსხივების ძლიერი იმპულსი მიიღწევა სხვა ზემოქმედებების დროსაც, რომლებიც შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც კონსტელაციის მექანიკურად დაშლელი ფაქტორები: ცვლადი და მუდმივი მიკროდენებით ზემოქმედება, ცენტრიფუგირება. ელექტრულად ალიზიანებდნენ ცოცხალი ცხოველის ღვიძლს და სხვადასხვა მცენარეების ფესვებს, აცენტრიფუგებდნენ – თაგვის თირკმელს და ახალგაზრდა მცენარეთა ნაზარდებს.

ორივე ზემოქმედებისას ლაპარაკი მიდის კონსტელაციებში მოლეკულების სივრცული განლაგების დარღვევაზე დამუხტული ნაწილაკების (დენები) ან დაუმუხტავი ნაწილაკების (ცენტრიფუგირება) გადაადგილების გამო. დაშლელი ზემოქმედების სწორედ ეს სახე იწვევდა დიდ ინტერესს, რადგან იგი მიუთითებდა, რომ გაუწონასწორებელი მდგომარეობის ცნებაში შედის არა მარტო ენერგეტიკული, არამედ სივრცული პარამეტრი. ამ საკითხის გასარკვევად ჩატარდა ცდები, რომლებშიც ერთი და იგივე ობიექტები განიცდიდნენ რიგრიგობით სხვადასხვა ზემოქმედებას სხვადასხვა უწყვეტი თანმიმდევრობით: გაცივება ცენტრიფუგირების წინ და შემდგომ, გაცივება დენის დადებამდე და შემდგომ, შედეგები იყო ერთგვაროვანი – გამოსხივება ვლინდებოდა მხოლოდ პირველი ზემოქმედების დროს, მიუხედავად იმისა, როგორი იყო იგი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სხვადასხვა ხასიათის ზემოქმედება – სუბსტრატის ენერგეტიკული დონის დადაბლება და სუბსტრატის მოწესრიგებული მდგომარეობის უშუალო მექანიკური დარღვევა – ურთიერთშენაცვლებადია, ანუ ისინი მოქმედებენ ერთ და იმავე ელემენტზე. ამრიგად, გაუწონასწორებლობის და მოწესრიგებულობის ცნებები ცალსახად დაკავშირებულია ერთმანეთთან, ლაპარაკი უნდა იყოს სწორედ გაუწონასწორებელ მოლეკულურ მოწესრიგებაზე.

ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ გაუწონასწორებელი მოლეკულური კონსტელაციები უნდა განიხილებოდეს, როგორც უაღრესად ლაბილური მოლეკულური ასოციაციები, რომელთა ელემენტები – ადგნებული მოლეკულები – განიცდიან უწყვეტ ცვლას, რადგან აღ-

გზნებული მდგომარეობის დაკარგვისას მოლეკულები გამოდიან კონსტელაციის მდგომარეობიდან. მაგრამ ყოველ მოცემულ მომენტში ახლოს განლაგებული ალგზნებული მოლეკულები ურთიერთორიენტირდებიან, ერთიანდებიან კონსტელაციებში, როგორც სისტემებში, ანუ სუსტი ორიენტაციული ურთიერთქმედებები კონსტელაციის მოლეკულებს შორის არსებობს, მაგრამ მთლიანად კონსტელაციის თავისუფალი ენერგია უფრო მაღალია, ვიდრე ცალკეული მოლეკულებისა მომენტში, რომელიც წინ უსწრებს კონსტელაციის ფორმირებას და მათი დაშლის შემდეგ. ეს გამომდინარეობს გაუნონასწორებლობის ცნებიდან, რომელმაც ექსპერიმენტული დადასტურება ჰპოვა. უჯრედული ველების ვექტროული ზემოქმედება ასრულებს ამ დროს სივრცულად მათრგანიზირებელი ფაქტორის როლს.

1944 წელს ა. გურვიჩმა ჩამოაყალიბა ორიგინალური „ბიოლოგიური ველის თეორია“, რომელსაც უნივერსალური პრინციპის მნიშვნელობა აქვს. ძირითადი ბიოლოგიურ მოვლენებში ამ თეორიის მიხედვით არის მათი მიმართულება (ვექტორობობა). აქედან გამომდინარეობს პრაქტიკული ცდა გამოხატულ იქნას იგი ველის ფორმაში – ეს წარმოდგენა ფორმალურად ფიზიკიდან არის აღებული.

ა. გურვიჩი თვლის, რომ უჯრედის ველი ქმნის უპირველეს ყოვლისა პროტოპლაზმის მოლეკულების მონესრიგებულ მოძრაობას. ამით იგი იძლევა პროტოპლაზმის აგებულების ახალ თეორიას.

უჯრედული ველის ობიექტი არის მოლეკულები. იგი ქმნის და ინარჩუნებს ცოცხალ სახეობებში მათთვის საეციფიკურ გაუნონასწორებელი კონსტელაციის მოლეკულურ მონესრიგებულობას. გაუნონასწორებელი კონსტელაცია არ იქმნება მოლეკულებს შორის მიზიდვის ან განზიდვის საშუალებით, რადგან ეს ინვეს სისტემის გაუნონასწორებულ მდგომარეობას. მისი წარმოქმნა და შენარჩუნება შესაძლებელია მხოლოდ მისგან გარე ფაქტორის ზემოქმედებით, რომელიც წარმოადგენს უჯრედულ ველს. ეს ველი განსაზღვრავს ორგანიზმის სახეობრივ საეციფიკურობას. არ არსებობს ცოცხალი სისტემის მდგომარეობა ველის გარეშე და ისევე, როგორც არის სიცოცხლის მემკვიდრეობითობა თაობიდან თაობაში, არის ასევე ველის მემკვიდრეობითობა, ეს ნიშნავს, რომ უჯრედის გაყოფასთან ერთად იყოფა მისი ველიც.

უჯრედი თავის ირგვლივ ქმნის ველს, რის გამოც ველის ზემოქმედება ვრცელდება უჯრედშორის სივრცეში. უჯრედები ახდენენ გავლენას ერთმანეთზე თავისი ველებით. განსხვავებულ უნდა იქნას საკუთრივ უჯრედის ველი და საერთო ველი, რომელიც არსებობს მოცემული ქსოვილის უჯრედებს შორის და წარმოადგენს მათი ველების სინთეზს.

საერთო ველის თვისებები განისაზღვრება არა მარტო მოცემულ კომპლექსში შემავალი უჯრედების რაოდენობით და მათი ველების ხასიათით, არამედ უჯრედების სივრცული განაწილებით და ურთიერთქმედებით. აქედან გამომდინარეობს, რომ მოცემული კომპლექსები საერთო ველის თვისებები დამოკიდებულია ობიექტის კონფიგურაციაზე.

უჯრედული ველი, როგორც ითქვა ქმნის და ინარჩუნებს გაუნონასწორებელ მოლეკულურ კონსტელაციებს, გაუნონასწორებელი მოლეკულური კონსტელაციები შედგება მოლეკულებისაგან, რომლებიც არ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული ურთიერთმიზიდულობით. მათი არსებობა მეტ-ნაკლებად კანონზომიერად კონფიგურირებულ კონსტელაციებში ერთმანეთთან უშუალო მეზობლად შესაძლებელია მხოლოდ ენერგიის უწყვეტი დახარჯვისას, სითბური მოძრაობის სანინალმდგომ მუშაობის შესრულებისას.

ენერგია მოედინება ცოცხალ სისტემებში მიმდინარე ეგზოთერმული ქიმიური პროცესებიდან და ველის მუშაობა ხდება ამ ენერგიის ხარჯზე.

მოლეკულის არსებობა კონსტელაციის შემადგენლობაში განპირობებულია მისი მოძრაობით მოცემულ წერტილში ველის ვექტორის მოცემული მიმართულებით და ვექტორის სიდიდით განსაზღვრული სიჩქარით. ამ მოძრაობისას დახარჯული მუშაობა წარმოებს მოცემული მოლეკულის შთანთქმული ენერგიის ხარჯზე. ამიტომ ველში მოძრაობას ახდენენ მხოლოდ ენერგიის შთანთქმით აღგზნებული მოლეკულები.

აქედან გამომდინარეობს, რომ მოლეკულის მიერ განვლილი გზა განისაზღვრება მისი ენერგიის მარაგით.

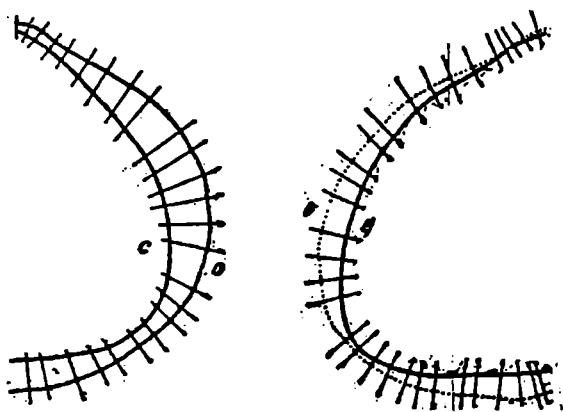
ამრიგად შეიძლება დავასკვნათ: ველი იყენებს ენერგიას, რომელიც თავისუფლდება ცოცხალ ქსოვილებში ეგზოთერმული ქიმიური რეაქციებისას, რათა მიანიჭოს სუბსტრატის მოლეკულებს (ცილებს, პეპტიდებს) მონესრიგებული მიმართული მოძრაობა. უჯრედული ველის წერტილოვანი წყარო ემთხვევა ბირთვის ცენტრს, შესაბამისად, ველს აქვს ზოგადად რადიალური აგებულება.

ჯერ კიდევ 1913 წელს გურვიჩმა დაიწყო კვლევები, რომლის მიზანი იყო გარკვეულიყო ემბრიონალური განვითარების მიმდინარეობა. ამ პრობლემას მან მიუძღვნა რიგი შრომები, ხოლო 1921 წელს ჩამოაყალიბა ემბრიონალური ველის პრინციპი. ადრეული ემბრიონალური ფორმანარმოქმნის პრობლემები დაიყვანება არსებითად უჯრედების გადაადგილებასა და გადაჯგუფებაზე. ამიტომ ემბრიოგენეზის მრავალი პრინციპის ამომწურავი აღწერა შესაძლებელია სწორედ ვექტორული ველის კანონის დადგენით, რომელშიც ეს სივრცული პროცესები მიმდინარეობს.

ემბრიონალური ჩანასახების კონფიგურაციის ცვლილებები გამოხატული როგორც ჩაზნექვა, გამობერვა, ღარების წარმოქმნა მუდმივად იწვევდა მკვლევართა ინტერესს. იყო მრავალი ცდა აეხსნათ ფორმის ჩამოყალიბების პროცესები წმინდა მექანიკური თვლასაზრისით, ზენოლით გვერდებიდან ან ერთი მხრიდან, ეპითელური ფიფიტების პლასტიკური თვისებებით და ა.შ. ეს მოსაზრებები პრინციპულად არადამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა, რადგან არსებითი პრობლემა აუხსნელი ჩრებოდა. იგულისხმება სხვადასხვა უბნებში ამოზნექის და ჩაზნექვის ცალკეული აქტების ერთდროული და ჰარმონიული განაწილება, მათი მკაცრი თანმიმდევრულობა.

ამიტომ გურვიჩი შეეცადა მორფოგენეზის პროცესები აეხსნა ბიოლოგიური ველის თეორიის პრინციპზე.

თუ რომელიმე ეპითელური ჩანასახის ზრდისა და ფორმის ევოლუციის რიგ თანმიმდევრულ სტადიებს შევადარებთ, და ათვლის წერტილად ავიღებთ ჩანასახის მედიალურ სიბრტყეს, შეიძლება მოიხაზოს ტრაექტორია, რომელსაც გადალახავს ყოველი უჯრედი ფორმის წარმოქმნის მთელი პროცესის განმავლობაში. მთავარია გაირკვეს, რომელი ზოგადი კანონი აკავშირებს ამ რთულ ტრაექტორიებს ჩანასახის მთელ პერიოდში.



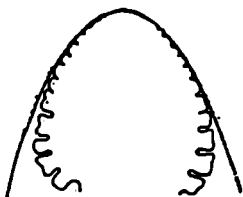
სურ. 29. შემდგომი სტადიების კონტურების კონსტრუქცია (ზვიგენის ტვინი), ადრინდელი (C და E) საფუძველზე გადამკვეთი C და E ხაზები შეესაბამება ბირთვული ვექტორების რეგიონალურ შუალედურ განლაგებას. შემდგომი სტადიების კონტურებით (D და F) ეს ვექტორები გადაიკვეთება ნორმალურად. კონსტატირდება კონსტრუირებული კონტურების სრული დამთხვევა რეალობაში განხორციელებულ განვითარების სტადიებთან.

ჩანასახის ეპითელური პლასტების სხვადასხვა უბნების უჯრედული ვექტორების ორიენტირების განხილვისას თვალშისაცემია ორი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული ტიპი: 1) ბირთვული ვექტორების მკაცრი პარალელიზმი, დაკავშირებული ყოველთვის მოცემულ უბანზე ფირფიტის ზოგადი კონტურის მიმართ გამობატული მოცვლევით; 2) ბირთვული ვექტორების მნიშვნელოვანი დისპერსია ფირფიტის ადგილობრივი კონტურის მიმართ ნორმალური, საშუალო განლაგების ირგვლივ.

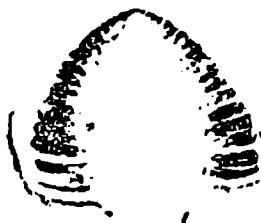
ამ დაკვირვების შედეგად გურვიჩი მივიდა დასკვნამდე: ფირფიტის ადგილობრივი კონტურის მიმართ ბირთვული ვექტორების მიმართულების საფუძველზე შეიძლება მისი ევოლუციის უახლოესი ეტაპის წინასწარმეტყველება, თუ ვივარაუდებთ, რომ იგი შეესაბამება ფირფიტის სხვადასხვა უბნებში ბირთვული ვექტორების ნორმალურ გადამკვეთ მრუდს.

ბიოლოგიური ველის თეორიის საფუძველზე გამოყვანილი კონტურთა უარესად შორს მიმავალი დამთხვევა ნამდვილად არსებულ კონტურებთან ადასტურებს ამ თეორიის ჭეშმარიტებას. ეპითელიარული პლასტების ფორმის წარმოქმნა მიმდინარეობს უჯრედული ვექტორების კანონზომიერად რეგულირებადი ძვრების და მოძრაობის საფუძველზე, რაც სხვადასხვა უბანში სხვადასხვანაირია.

იგივე შეიძლება ითქვას მცენარის განვითარებაზეც. მაგალითად გვირილას ნაირსახეობის (*Aricaria cnamomilla*) თავის განვითარებაზე. ამ სახეობის ყვავილედს აქვს უარესად სწორი გეომეტრიული ფორმა – როტაციული პარაბოლოიდი თავის სიმალლის მიმართებით მისი ფუძის დიამეტრთან – $3/2$. პარაბოლოიდის ფორმას ყვავილედი აღწევს მხოლოდ განვითარების პროცესში, ამასთან ბაზალური ნაწილი ერთვება თავისი თავის ზედაპირით პარაბოლოიდის კონტურში მხოლოდ თანდათანობით. ამიტომ ყვავილედის თითოეული ყვავილის რეალური ტრაექტორია ძალიან განსხვავებულია, მაგრამ შესაძლებელია მათი დაყვანა საერთო კანონამდე, ველის ფორმულირებიდან გამომდინარე.

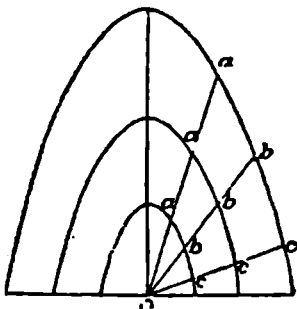


სურ. 30. ახალგაზრდა ყვავილედის ვერტიკალური უჯრედი, რომელიც მხოლოდ თავისი აპიკალური ნაწილით ემთხვევა პარაბოლოიდს.



სურ. 31. გვირილას ყვავილედ, რომელსაც მიღწეული აქვს საკუთარი საბოლოო კონფიგურაცია, რომელიც ემთხვევა პარაბოლოიდს.

ვექტორები, რომლებიც სათავეს იღებენ ყვავილსაჯდომის ფუძის ცენტრიდან და იშლებიან ყველა მიმართულებით, განსაზღვრავენ ყოველი ყვავილის ზედაპირის ცენტრის ტრაექტორიას. ეს ტრაექტორია მტკიცედ ნარჩუნდება ყვავილის ამ წერტილით, მისი ყუნწის გადაადგილებისაგან დამოუკიდებლად, რაც განისაზღვრება ყვავილსაჯდომის ზრდით.



სურ. 32. სამი პარაბოლის კონსტრუქცია, რომლებიც აღებულია პროპორციულ განაკვეთებში (ფუძის ვერტიკალური ღერძისადმი დამოკიდებულება - 2: 3) ამ პირობისას შიგა კონტურის ნებისმიერი ნაწილის გადაადგილება მიმდინარეობს ამ წერტილების ფუძის ცენტრთან (O) შემაერთებული წრფის გასწვრივ.

ამრიგად, ამ ობიექტზეც ბიოლოგიური ველის თეორიის დებულებების საფუძველზე შეიძლება გამოყვანილ იქნას ზოგიერთი გაუთვალისწინებელი და ამ თეორიის გარეშე ძნელად ასახსნელი ფაქტი.

გურვიჩმა ასევე გამოთქვა მოსაზრება ტვინის ველისა და უმაღლესი ნერვული ქმედების შესახებ. მან გამოსახა ტვინის კონტინუუმი, როგორც მისი უჯრედული ველების სინთეზის შედეგი. თუ კონტინუუმი წარმოადგენს სინთეზირებულ საერთო ველს, მისი ანალოგია ემბრიონალურ ველთან დიდია.

ტვინის ველის თავისებურება განისაზღვრება ნერვული ელემენტების განაწილებით, რომელსაც ანალოგია არა აქვს სხვა სისტემაში.

თუ განვიხილავთ ტვინის და ნათხემის ქერქის რუხ ნივთიერებას, ნერვული უჯრედების კანონზომიერი სივრცული განაწილება და ორიენტირება აახლოებს მათ ეპითელურ კომპლექსებთან. ამავე

დროს მნიშვნელოვნად თავისუფალი შუალედები უჯრედებს შორის ქმნის განსხვავებასაც ორივე სისტემას შორის.

თუ გამოვალთ ძირითადი დებულებიდან, რომ ველი დაკავშირებულია უჯრედის ბირთვთან, მაშინ იქმნება ანალოგია ეპითელური უჯრედების სხეულებსა და ტვინის ქსოვილის უჯრედშორის სივრცეს შორის. გურვიჩი თვლის, რომ არ არსებობს გარკვეული საზღვრები ნერვული უჯრედის სხეულსა და მის გარემომცველ გარემოს შორის. ნერვული უჯრედი წარმოადგენს მხოლოდ მაქსიმუმს, რომელიც ერთგვარად ჩანერგილია საერთო უწყვეტ ტვინის ველში.

ტვინის ქერქის საერთო სინთეზირებულ ველს გააჩნია ამასთან გარკვეული უჯრედშორისი გრადიენტი. ყოველი უჯრედის ბირთვთან უშუალო სიახლოვეს დომინირებს მისი საკუთარი ველი, უჯრედშორის შუალედებში – საერთო ველი.

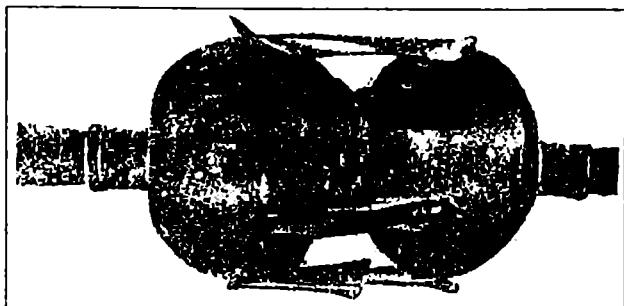
ტვინის კონტინუუმი იძენს სრულიად ახალ ელფერს. იგი განისაზღვრება იმით, რომ დინამური პრინციპი – უჯრედის ველი, რომელიც გამოდის უჯრედის საზღვრებიდან უჯრედშორის სივრცეში – ქმნის უჯრედებს შორის უწყვეტ კავშირს და სინთეზირებული საერთო ველი წარმოადგენს ერთ უწყვეტ და განუყოფელ მთლიანობას მასში არსებული შესქელების ნერტილებით, ანუ უჯრედული ველეზით.

საბოლოო ჯამში გურვიჩი ასკვნის: უჯრედის ბირთვი ქმნის თავის ირგვლივ ველს. უჯრედული ველი წარმოადგენს ერთადერთ პრეფორმაციულ კომპონენტს ანუ ერთადერთ რეალურ მემკვიდრეობით სანყისს.

§8. სარკისებრი ციტოპათიკური ეფექტი

მიტოგენეტიკური გამოსხივების ბიოინფორმაციულ ფუნქციას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იკვლევდა ნოვოსიბირსკელ მეცნიერთა ჯგუფი ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორის ვლადიმერ კაზნაჩეევის ხელმძღვანელობით. ორ გვერდით მდგარ კვარცის კოლბებში თავსდებოდა ქსოვილოვანი კულტურა. შემდგომ ერთ-ერთ ქსოვილზე მოქმედებდნენ დნმ- და რნმ- შემცველი ვირუსებით, სულემის ტოქსიკური დოზებით, ულტრაიისფერი გამოსხივების ლეტალური დოზებით და სხვ. შედეგად უჯრედებში ვითარდებოდა დაზიანებები, რომელიც იწვევდა მათ დაღუპვას ყოველი ზემოთხსენებული აგენტი-სათვის სპეციფიკური სურათით. თუ დაზიანებულ უჯრედებს, რომლებიც კვარცის კოლბაში იყო, ოპტიკური კავშირით მიუერთებდნენ მეორე კოლბას, რომელშიც დაუზიანებელი უჯრედები იყო, ამ უკანასკნელში კანონზომიერად ვითარდებოდა დამახასიათებელი ცვლი-

ლებები. ეს ცვლილებები ზუსტად იმეორებდა დაზიანებული უჯრედების „ავადმყოფობისა“ და დალუპვის სურათს. ამ მოვლენას უწოდეს სარკისებრი ციტოპათიკური ეფექტი.

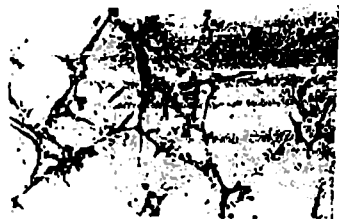


სურ 33. კამერები კულტურის გამრავლებისათვის.

მაგალითად, ერთ-ერთ კოლბაში ქათმის ემბრიონის კულტურაზე ვირუს FPV-ს ზემოქმედებისას (ეს არის ფრინველების კლასიკური ჭირის ვირუსი). დასნეოვნებულ კოლბებში ვლინდებოდა მონოშრის დისკომპლექსაცია. უჯრედების დიდი რიცხვის დამრგვალება, რომლებიც მტევენისებრ წარმონაქმნს ქმნიდნენ. ამასთან ჩნდებოდა დიდი სიმპლასტიკური სტრუქტურები, რომელთა პერიფერიულ ზონაში ბირთვები მწკრივდებოდნენ მესრის სახით. შემდგომ ცალკეული უჯრედები იჭმუხნებოდა, მათი ციტოპლაზმა სუსტად ილუბებოდა, ბირთვები პიკნოტიზირდებოდა. ასეთი უჯრედები განშრევდებოდა, საბოლოო ციტოლიზი სრულდებოდა უკვე კულტურულ ქსოვილში. სიმპლასტების ბირთვები ასევე პიკნოზს განიცდიდნენ, ხოლო თვით წარმონაქმნები კარგავდნენ ძირითად და მჟავე საღებავებთან რეაგირების უნარს.



ა



ბ



გ

სურ. 34. ა) საკონტროლო კამერა. ქათმის ემბრიონის ფიბრობლასტების კულტურა. ბ) დაინფიცირებული კამერა. ქათმის ემბრიონის ფიბრობლასტების კულტურა - მონოშრის ტოტალური დაღუპვა ვირუსი FPV უჯრედების პიკნოზი. ვაკუალური დისტროფია. გ) „სარკისებრი კამერა“ ქათმის ემბრიონის ფიბრობლასტის კულტურა. უჯრედების მასიური დამრგვალება და შეგროვება კომპლექსში. დამრგვალებული პიკნოზირებული ვაკუოლიზირებული უჯრედები. კამერა-ინდუქტორში ვირუსი FPV.

არაინფიცირებულ „სარკისებრ“ კამერებში, რომლებიც ოპტიკურ კავშირში იყო ინფიცირებულთან, 74-78% შემთხვევებში ვლინდებოდა სარკისებრი ცპე. „სარკისებრ“ კულტურაში პირველ ეტაპზე ჩნდებოდა დიდი რაოდენობით ბაზოფილური უჯრედები, რომელთა ნაწილი ერთმანეთთან კავშირს კარგავდა, რის გამოც მონოშრე ნაწილდებოდა რიგ მტევნისებრ უჯრედოვან კომპონენტებად. უჯრედების ციტოპლაზმა ამ კომპლექსებში მნიშვნელოვნად ვაკუოლიზებული იყო, ბირთვი გამკვრივებული. შემდგომ კომპლექსები იშვებოდა ცალკეულ უჯრედებად, რომლებიც აღარ აღიქვამდნენ მჟავე საღებავებს და აშრევდებოდნენ მინისაგან. 118 წყვილი კამერიდან სარკისებრი ცპე გამოვლინდა 92 წყვილში, უარყოფითი ეფექტი - 26 წყვილში.

ასეთივე შედეგი იყო მიღებული ქათმის ემბრიონის კულტურაზე ზემოქმედებისას კოკსაქი A-13 ვირუსით. ვირუსის ციტოპათიკური

მოქმედების ნიშნები ჩნდებოდა 24-36 საათის შემდეგ და გამოიხატებოდა მონოშრის დისკომპლექსაციაში და ბაზობილური ციტოპლაზმის მქონე მოზრდილი უჯრედების წარმოქმნაში. დაყოფადი უჯრედების რიცხვი მკვეთრად მცირდებოდა. შემდგომ დამრგვალებული ბაზოფილური უჯრედები განიცდიდნენ პიკნოზს (იჭმუხნებოდნენ, პოლიგონალური ხდებოდნენ, ბირთვი მკვეთრად პიპერქრომული). შემდგომ პიკნოტიზირებული უჯრედები იშლებოდნენ და ცალკეულ შენარჩუნებულ ფიბრობლასტებთან ერთად შეიძლებოდა დეგენერირებული უჯრედების პიკნოტიზირებულ ნამსხვრევებზე დაკვირვება.

მეორე კოლბაში არსებულ კულტურებში ფიქსირდებოდა ფაქტიურად იგივე ევოლუციური ფორმის დეგენერაციები, რაც დასნებოვნებულ კულტურებში, ოღონდ ციტოპათიკური ეფექტის განვითარების ტემპი „სარკისებრი“ კამერებში დასნებოვნებულებთან შედარებით დაბალი იყო: სარკისებრი ცპე ვლინდებოდა 12-13 საათით გვიან. 180 წყვილი კოლბიდან სარკისებრი ცპე გამოვლინდა 131 წყვილში, უარყოფითი ეფექტი – 49 წყვილში.

ჩატარდა ექსპერიმენტები მაიმუნის თირკმლის კულტურაზე ადენოვირუსების ზემოქმედებით (ეს ვირუსები ინვევენ რესპირატორულ ინფექციებს ადამიანებსა და ცხოველებში). დასნებოვნებულ კამერებში გამოვლინდა შემდგომი ციტოპათიკური ეფექტი: უჯრედების გაბერვა და დამრგვალება. მათი შეგროვება თუთიის კენკრის ტიპის აგრეგატებში. ზოგიერთ უჯრედში წარმოიქმნებოდა უჯრედშიგა ბირთვული და ციტოპლაზმური ჩანართები. შემდგომში უჯრედები განიცდიდნენ პიკნოზს, ლიზისს და აშრევებას მინიდან.

არაინფიცირებულ კამერებში, რომლებიც კონტაქტში იყვნენ ინფიცირებულთან, 2-3 დღის განმავლობაში, შემთხვევათა 72%-ში შეიმჩნეოდა სარკისებრი ცპე. უკანასკნელი გამოიხატებოდა მონოშრის დენზიტეგრაციაში, უჯრედების გაბერვასა და შემდგომ შეჭმუხვნაში. ბოლო ეტაპზე უჯრედების პიკნოზსა და ტოტალურ დაღუპვაში.

სარკისებრი ციტოპათიკური ეფექტი გამოვლინდა ულტრაიისფერი რადიაციის ადამიანის ემბრიონის კულტურაზე ზემოქმედების შედეგად. ერთ-ერთ კულტურას ასხივებდნენ ლეტალური დოზის ულტრაიისფერი გამოსხივებით, მეორე ცპე-ს დეტექტორის ფუნქციას ასრულებდა. დასხივებულ კულტურაში უჯრედები კარგავენ ძირითადი საღებავებით შეღების უნარს, ბირთვული ნივთიერება კონდენსირდება მკვრივ პიპერქრომულ სხეულში. ციტოპლაზმა რჩება ოქსიფილური. შემდგომ ბირთვული ნივთიერება იშლება, უჯრედები იქცევა მრგვალ პლაზმატურ წარმონაქმნებად, რომელიც დაშლას განიცდის. გამოსხივებული ცპე-ს შემთხვევაში მთელი მონოშრე წარმოადგენს ველს, მოფენილს მარცვლოვანი უსტრუქტურო ოქსოფილური მასებით. „სარკისებრი“ ეფექტი ვლინდება 78%-ში. ამ დროს მორფო-

ლოგიური ცვლილებები ნაკლებ გამოხატულია, მაგრამ პრაქტიკულად იდენტურია.

„სარკისებრი ციტოპათიკური ეფექტი“ ოფიციალურად აღიარებულია სამეცნიერო აღმოჩენად და ჩანერილია აღმოჩენების რეესტრში ნომრით 122. რა უდევს საფუძვლად ამ ეფექტს? ვ. კაზნაჩევი პასუხობს: მომავლადი უჯრედები ასხივებენ ულტრაიისფერ სხივებს, რომლებიც საბედისწეროდ მოქმედებენ ჯანმრთელ უჯრედებზე. ამას ამტკიცებს ის ფაქტი, რომ კვარცის კოლების მინით გამოცვლის შემდეგ აღნიშნული ეფექტი არ ფიქსირდება (როგორც ცნობილია, მინა ულტრაიისფერ გამოსხივებას არ ატარებს). ამრიგად, დასტურდება მიტოგენეტიკური გამოსხივების ბიოინფორმაციული ფუნქცია.

§9. ფიზიოლოგიური (ეგზოტიკური) ლუმინესცენცია

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ცხოველთა ქსოვილების შინაგანი გარემო ითვლებოდა „ჩრდილოვნად“, ანუ ალგზნებული ელექტრონული მდგომარეობისა და სპექტრის ხილული უბნის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უქონლად. ამ დებულებაში გარკვეული ეჭვი შეჰქონდა ცხოველთა მკაფიო ეგზოტიკურ-ფიზიოლოგიურ ბიოლუმინისცენციას, რომელსაც სპეციალიზირებული ფერმენტაციული აპარატი აქვს.

ფიზიოლოგიური (ეგზოტიკური) ბიოლუმინისცენცია პირველად იყო აღწერილი ჯერ კიდევ არისტოტელის მიერ. ჰარვეის განმარტებით, ბიოლუმინისცენციაში იგულისხმება ნათელი, შეუიარაღებელი თვალით ხილული ნათება ცოცხალი ორგანიზმებისა და მათი ბიოსუბსტრატების, რომელთაც გააჩნიათ სპეციალიზირებული ფერმენტაციული აპარატი. ფიზიოლოგიური ბიოლუმინისცენციის ნაყოფიერი შესწავლა შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ, რაც ბოილმა დაადგინა, რომ ნათებისათვის აუცილებელია ჟანგბადი, ხოლო დიუბუამ აღმოაჩინა ორი სხვა აუცილებელი კომპონენტი: სუბსტრატი ლუციფერინი და სპეციფიკური ფერმენტი – ლიუციფერაზა. ფიზიოლოგიური ბიოლუმინისცენციის კვლევა ძირითადად შესრულებულია ჰარვეისა და მისი მოწაფეების მიერ.

ფიზიოლოგიური ბიოლუმინისცენცია განსაკუთრებით გავრცელებულია ზღვის ორგანიზმებს შორის. იგი ორგვარია: უჯრედშიგა და უჯრედგარე. პირველ შემთხვევაში ანათებენ უჯრედები, მეორე შემთხვევაში – ორგანიზმის მიერ გამოყოფილი სითხე ან ლორწო.

უჯრედშიგა ნათება უფრო გავრცელებულია ბუნებაში, წარმოადგენს ორგანიზმის ნათების უნარის განვითარების უფრო პრიმიტიულ საფეხურს და ახასიათებს პირველ რიგში ბაქტერიებს, ერთუჯრედი-

ან ორგანიზმებს და დაბალი ორგანიზმების უხერხემლოებს. როცა უჯრედშიგა ნათება გააჩნია მალალორგანიზებულ უხერხემლოებს (კიბორჩხალებს, თავფეხიანებს) და თევზებს, ის განლაგებულია განსაკუთრებულ ორგანოებში – ფოტოფორებში, რომლებიც საკმაოდ რთულადაა მოწყობილი – აქვთ რეფლექტორები, ლინზები, ფერადი ფილტრები, ზოგჯერ ეკრანები. უჯრედგარე ნათება მდგომარეობს მანათობელა ღრუბლებისა და სინათლის ფარდების რეფლექტორულ გამოფრქვევაში და ახასიათებს ძირითადად ღრმანყლიან ცხოველებს. უჯრედგარე ნათება იშვიათად გვხვდება უჯრედშიგასთან შედარებით და ახასიათებს მაღალი ორგანიზმების ცხოველებს.

ბიოლუმინისცენციური რეაქციის მთელი გამოსხივება პრაქტიკულად მოქცეულია ვიწრო ჩარჩოებში – ტალღის სიგრძე ყველაზე ხშირად არის დაახლოებით 5400Å, ანუ ეს გამოსხივება კარგად ჩანს ღამით. ზღვის ორგანიზმები ანათებენ მწვანე, იშვიათად ცისფერი და წითელი სინათლით. მთელი ეს სინათლე ხილულია, მასში პრაქტიკულად არ არის არც სითბური, არც ინფრანითელი, არც ულტრაიისფერი უხილავი შემადგენელი ნაწილი. თანამედროვე გამანათებელ ტექნიკაში იგრძნობა სწრაფვა გახურებიდან ცივი სინათლისაკენ. ლუმინისცენციისკენ გადასვლისა. სწორედ ამ გზით წავიდა ორგანიზმის ნათების განვითარება.

ცნობილია მანათობელა ზვიგენების რამდენიმე სახეობა. მაგ. *Isisus Brasiliensis*, რომლის სხეულის ქვედა მხარე ასხივებს მკაფიო მწვანე სინათლეს. არის მოსაზრება, რომ სინათლე იზიდავს მსხვერპლს და ეხმარება მას ნადირობაში. სპინაქსის გვარის ზოგიერთი სახეობა (*Spinax niger*, *s. pusillus*, *s. granulatus*) ასევე ანათებს. ამასთან ხმელთაშუა ზღვაში მობინადრე *S. niger*-ს გააჩნია ძალიან მკვეთრი ნათება, რომელიც დღისითაც კი ჩანს ნეაპოლის აკვარიუმში. ბარენცის ზღვის ბინადარ გრენლანდიურ ზვიგენს – *Laemargus microcephalus* გააჩნია მანათობელა ორგანოები უკანა ლაყურის ხვრელქვეშ, კეფაზე, ტანის წინა ნაწილში და გვერდით ხაზს ზემოთ სიგრძლივი ზოლის სახით. ეს ორგანოები უფრო კარგადაა განვითარებული ახალგაზრდა ზვიგენებში და თანდათან დეგენერირდებიან ასაკთან ერთად. ერთ-ერთი ზვიგენის სახეობა, რომელიც იაპონიის ნაპირებთან ბინადრობს, ატარებს სახელწოდებას – ლიუციფერი. მას გააჩნია მრავალრიცხოვანი მცირე მანათობელა ორგანოები, რომლებიც მუცელზე და მთელი სხეულის ქვედა ზედაპირზე რიგებადაა განლაგებული.

ნერტილოვანი მანათობელა ორგანოები ზვიგენის კანზე არათანაბრადაა განლაგებული. სადღაც მათი რაოდენობა 182-ზე 70-ს აღწევს, სხვა ადგილებში ისინი ერთეულებად გვხვდებიან. ყოველი ასე-

თი ორგანო, ფოტოფორი წარმოადგენს ერთგვარ პატარა მარგალიტის შავი პიგმენტის ფონზე.

ინდომალაური წყლებისათვის დამახასიათებელია ორი მომცრო და არც თუ ღრმანყლიანი თევზი – *Anomalops* და *Photoblepharon*. ფოტობლეფარონი ცხოვრობს ჭებში და კრატერულ ტბებშიც. ამ სახეობის თევზებს თვალის ორბიტის ქვედა კიდეზე გააჩნია მოზრდილი მანათობელა ორგანო, რომელსაც პარკოსნების ფორმა აქვს. იგი მთელი დღე-ღამე ანათებს. ანომალოპსის სიგრძე 30სმ-ია, ფოტობლეფარონის დაახლოებით 10სმ. ანომალოპსის მომწვანო-თეთრი ფერი ღამით მოგვაგონებს მთვარის ანარეკლს ღრუბლებზე. ფოტობლეფარონის ჯგუფები კი სანაპიროს ქვებს შორის გამოიყურებიან, როგორც ელექტრონული ნათურების თანავარსკვლავედი. ერთი თევზის სინათლე საშუალებას გვაძლევს 2 მეტრის მანძილზე მისგან საათის დანახვისა თუნდაც ხუთწუთიანი ჩრდილოვანი ადაპტაციის პირობებში.

ანომალოპსი აქრობს თავის სინათლეს, შეაბრუნებს რა ფოტოფორს თავის ღრუში ხრტილოვანი ღერძის საშუალებით, ხოლო ფოტობლეფარონი აკეთებს იგივეს ქუთუთოს ქვედა ნაკეცის აწევით. ანომალოპსის ამოჭრილი მანათობელა ორგანოები ინარჩუნებენ სინათლის გამოსხივების უნარს რამდენიმე დღე. აბორიგენები ზღვა ბანდას ნაპირებთან იყენებენ მათ თავიანთი ანკესებისათვის სატყუარას სახით. ბუნებაში ანომალოპსის სინათლე ციმციმებს ყოველი 10 წმ-ის შემდეგ, ქრება 5 წმ-ის განმავლობაში.

იაპონელი ავტორის ხანდას ცნობით პალაოსა და სინგაპურის სანაპირო წყლებში მობინადრე თევზს – *Gazza minuta* მანათობელა ორგანო განლაგებული აქვს საყლაპავი მილის ირგვლივ. ეს ორგანო დასახლებულია მანათობელა ბაქტერიებით *Coccobacillus aequulae*, რომლებიც შედიან მასში საყლაპავის ორი ხვრელიდან. ეს თევზი დიდ შთაბეჭდილებას ახდენს: სინათლე გადის სხეულის ქვედა ნაწილის თეთრ და გამჭვირვალე კუნთებში და ქმნის რძისფერ-თეთრი ელექტრონათურის ილუზიას, რომლებშიც ძაფები არ ჩანს მინის მიღმა. ზურგის მხრიდან სინათლე არ ჩანს, ან ცუდად ჩანს.

ზღვის ზედა ფენის ორგანიზმების ნათების ბიოლოგიური მნიშვნელობა საბოლოოდ არაა გარკვეული. უცნობია რა სარგებლობა მოაქვს ნათებას. მაგალითად ბაქტერიებისათვის. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მანათობელა ნიჟარიანი კიბოები ანათებენ გამრავლების უზრუნველსაყოფად. სრულიად უაზროდ ჩანს მბურღავი მოლიუსკის – ფოლასის ნათება, რომელიც ღრმად ჩამალულია მის მიერ გამოზრდილ კირქვაში და ამიტომ ყველასაგან დაფარულია. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ მის მიერ გამოშვებული სიფონების ნათება იზიდავს შემწოვი სიფონების მოქმედების ზონაში წვრილ ზოოპლანქტონს,

თევზის ქვირითებს და ა.შ. არის მონაცემები, რომ ფოლასი სიფონების გალიზიანებისას აფრქვევს მანათობელა ლორწოს ღრუბლებს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მისი ხერელი გაცილებით გრძელია მის ნიჟარაზე და გალიზიანებისას ის შეიკეცავს თავის სიფონებს, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ასეთი სინათლით შენიღბვა ნებას არ აძლევს მტაცებლებს, შეაღწიონ ფოლასის საცხოვრებელ ხერელში. მაგრამ რატომ ანათებს ხერელის შიგნით მყოფი სხეულის ნაწილი? უფრო გასაგებია თევზ *Porichthys*-ის ნათება გამრავლების სტადიაში.

ბერკენროდი (1943) ცდილობს დაამტკიცოს, რომ ნათება ბიოლოგიურად მიზანშეწონილია მანათობელა სახეობის არა ცალკეული წარმომადგენლისათვის, არამედ მთელი სახეობისათვის. ავტორის აზრით, სინათლე თუმცა იზიდავს მტაცებლებს, რომლებიც იკვებებიან მანათობელა ორგანიზმებით, მაგრამ ამავე დროს იზიდავს ამ ადგილისაკენ სხვა, უფრო მოზრდილ მტაცებლებს, კვებითი ჯაჭვის ასე ეთქვათ შემდგომ რგოლს, რომლებიც ემუქრებიან პირველი რგოლის მტაცებლებს. ამრიგად, ბერკენროდის მიხედვით, „მტაცებელ-მფარველები“ არ აძლევენ ნებას პირველი რგოლის მტაცებლებს, მთლიანად გაანადგურონ მანათობელა სახეობა. მაგ: თუ პერიდინეა შეპყრობილია ნიჩაბფეხიანი კიბოს მიერ, იგი თავისი ბოლონათებით აძლევს კიბოს სარდინას. სარდინა თავის მხრივ დემასკირებულია მის მიერ შეშინებული მეზობელი პერიდინეების ნათებით და მას ემუქრება საფრთხე შეჭმული იყოს უფრო მოზრდილი მტაცებელი თევზის, მაგ. თინუსის მიერ.

§10. ბიოლოგიური ქსოვილების ზესუსტი ნათება

ფიზიოლოგიური ბიოლუმინესცენციის გარდა, არსებობს ცოცხალი ორგანიზმებისა და ბიოსუბსტრატების ზესუსტი ნათება ხილულ და ინფრანითელ სპექტრში. 1954 წელს იტალიელმა მეცნიერებმა კოლიმ და ფაჩინიმ ფოტოელექტრონული გამამრავლებლის გამოყენებით აღმოაჩინეს ზრდადი მარცვლოვნების ფესვების ზესუსტი ნათება. ეს ნათება მიტოგენეტიკურისაგან განსხვავებით სპექტრის ხილულ უბანში იყო.

ნაზარდი ვითარდებოდა თესლისაგან სტერილურ გარემოში სრულ სიბნელეში. ამ მცენარეების ფესვები ასხივებდნენ სინათლის კვანტებს სპონტანურად, ყოველგვარი გარე ზემოქმედების გარეშე. კვანტების ტალღის სიგრძე დევს სპექტრის ხილულ უბანში, მაქსიმუმი შეესაბამება მწვანე სინათლეს (0,55მკ). სინათლეს ასხივებდნენ მცენარეების ლეროები და თესლები, მაგრამ განსაკუთრებით ინტენსიურად ასხივებდნენ ფესვები. მარცვლოვნების გარდა გამოკვლეულ იქნა

პარკოსნები: მათაც დაუფიქსირდა ბიოლუმინესცენცია სპექტრის ხილულ უბანში.

შემდგომში კოლიმ და ფაჩინიმ გამოიკვლიეს ზემოხსენებული მცენარეების დაქუცმაცებული ქსოვილები. მზადდებოდა ეგრეთ წოდებული პომოგენატი – ქსოვილოვანი ემულსია. ცხოველმოქმედების ნორმალური პროცესები მასში ირლვეოდა. მიუხედავად ამისა ნათება ამ შემთხვევაშიც დაფიქსირდა. გასრესილი თესლის მასისათვის გამოსხივების საერთო ინტენსიობა შეადგენს 100 ათას ფოტონს წამში პომოგენატის ერთი გრამიდან. სინათლის ასეთი ნაკადი ჩვეულებრივ პირობებში არ შეიძლება შემჩნეულ იქნეს ადამიანის თვალით.

აღმოჩნდა აგრეთვე, რომ ასხივებენ არა მარტო მცენარეები, არამედ ცხოველთა უმეტესობის ქსოვილები. ბ. ტარუსოვმა, ა. პოლივოდამ და ა. ჟურავლიოვმა 1961 წელს დაადგინეს, რომ ძუძუმწოვრების ქსოვილები ასხივებენ ფოტონებს. კერძოდ, დადგინდა, რომ ცოცხალი თაგვების ღვიძლი და კუნთები ასხივებენ ზესუსტი სინათლის ნაკადს სპექტრის ხილულ უბანში. ეს გამოსხივება გამოდიოდა ორგანოს ზედაპირიდან ყოველგვარი გარეგანი ზემოქმედების გარეშე. ამავე მეცნიერებმა გადანყვიტეს გაერკვიათ: გამოასხივებენ თუ არა ძუძუმწოვრების ქსოვილების პომოგენატები? ექსპერიმენტმა დადებითი შედეგი გამოიღო. შესაბამისი გახურებისას (ცოცხალი ქსოვილი ხომ თბილია) პომოგენატები იძლეოდნენ არანაკლებ ინტენსიურ ნათებას. ვიდრე ცოცხალი ორგანოები. ცხადი გახდა: სუსტი ბიოლუმინესცენცია გამოიწვევა რეაქციებით, რომლებიც მიმდინარეობს როგორც ცოცხალ, ისე მკვდარ ქსოვილებში.

დადგინდა, რომ ყველაზე ინტენსიურად ანათებენ ცხიმებით მდიდარი ქსოვილები. კვერცხის ცილას, რომელიც უმცირესი რაოდენობით ცხიმს შეიცავს, ლუმინესცენცია საერთოდ არ აღმოაჩნდა. ქსოვილების ცენტრიფუგაში გამოკვლევეამ დაადასტურა ცხიმსა და ბიოლუმინესცენციას შორის კავშირი: განსაკუთრებით ინტენსიურად ანათებდა დაცენტრიფუგებული მასის ცხიმებით გამდიდრებული უფრო მსუბუქი ზედა შრე.

თანდათანობით გაირკვა, რომ თითქმის ყველა ცოცხალ ორგანიზმს ახასიათებდა ლუმინესცენციის უნარი. ი. ვლადიმროვის და ფ. ლიტვინის (1962) ცდებმა აჩვენა, რომ ნათება განსაკუთრებით ინტენსიურია მაშინათვე საცდელი ცხოველის დაკვლის შემდეგ, ხოლო მერე იგი თანდათანობით სუსტდება. ლუმინესცენციის ჩაქრობა, სავარაუდოდ, დაკავშირებულია სტრუქტურების დაშლასთან და უფრედიდან „ჩაქრობების“ გამონთავისუფლებასთან – ეს ნივთიერებები აქრობენ ლუმინესცენციურ რეაქციას.

ზესუსტი ბიოლუმინესცენცია გამოირჩევა შემდგომი თავისებურებებით:

ა) უჯრედებისა და ქსოვილების ზესუსტი ნათებისათვის ენერგიას იძლევა, ძირითად ქსოვილოვანი ლიპიდების არაფერმენტაციული თავისუფალრადიკალური ავტოდაჟანგვის პროცესი და ამაშია მისი პრინციპული განსხვავება ფერმენტაციული, ფიზიოლოგიური ბიოლუმინესცენციისაგან. რადგან თავისუფალრადიკალური ავტოდაჟანგვა ცოცხალ ქსოვილებში მუხრუჭდება ბიოანტიოქსიდანტების სისტემით, ზესუსტი ნათების ინტენსიურობა ნორმაში ძალიან დაბალია.

ბ) ზესუსტი ბიოლუმინესცენცია უნივერსალურია, ანუ დამახასიათებელია ყველა ორგანიზმების ქსოვილებისათვის. ამაშია მისი მეორე განსხვავება ფიზიოლოგიური ბიოლუმინესცენციისაგან.

გ) ზესუსტი ბიოლუმინესცენციის ძირითადი ენერგეტიკული სუბსტრატია ცხიმები და ლიპიდები. ცილები და ამინომჟავები, აგრეთვე მათი წყალხსნარები პრაქტიკულად არ ჰემილუსცენცირებენ. ეს მისი პირველი განსხვავებაა მიტოგენეტიკური გამოსხივებისაგან.

დ) ზესუსტი ნათება არ ახდენს პირდაპირ ზემოქმედებას უჯრედული დაყოფის ინტენსიურობაზე. ამაშია მისი მეორე განსხვავება მიტოგენეტიკური გამოსხივებისაგან.

ე) ზესუსტი ნათების სპექტრი მოიცავს 360-800 ნმ უბანს. ამაშია მისი მესამე განსხვავება მიტოგენეტიკური გამოსხივებისაგან.

ზესუსტი ნათება თან ახლავს მეტაბოლურ დესტრუქციულ პროცესებს, რომელიც მიმდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმებისა და ბიოსუბსტრატების ქსოვილებში. რიგ შემთხვევებში უკვე დადგენილია კორელაცია ცვლის ინტენსიობას ან მისი დარღვევის ხარისხსა (კიბო, შხამები, გადახურება, გადაცივება და ა.შ.) და ნათების ინტენსიობას შორის, რაც შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ ინფორმაცია მეტაბოლიზმში კვანტური მოვლენების როლზე.

მკვლევარების მიერ დადგენილი სხვაობა ნორმალური და სიმსივნური ქსოვილის ზესუსტი ნათების ინტენსიობას შორის, მცენარეების მარილგამძლეობის, ყინულგამძლეობის, სიცივეგამძლეობის და აირგამძლეობის დადგენის შესაძლებლობა აუცილებელს ხდის კვლევების გაგრძელებასა და ზესუსტი ნათების პრაქტიკაში გამოყენებას.

რიგი ფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედებისას (ულტრაიისფერი გამოსხივება, მაიონიზირებელი რადიაცია, ულტრაბგერა, სხვადასხვა დიაპაზონის რადიოტალღები და სხვ.) ბიოლოგიური ობიექტების ზესუსტი ნათების ინტენსიობა იზრდება. ორგანიზმისა და ბიოსუბსტრატების ქსოვილების ზესუსტი ნათების გაზრდა ფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედების მერე მის სპონტანურ ზესუსტ ნათებასთან შედარებით წარმოადგენს ინდუცირებულ ბიოემილუმინესცენციას.

ინდუცირებულ ბიოემილუმინესცენციას მიეკუთვნება:

1. ფოტოსინთეტიკური ლუმინესცენცია, გახსნილი სტრელერისა და არნოლდის მიერ 1951 წელს ფოტოსინთეზირებად ორგანიზმებში.

ფ. ლიტვინის განსაზღვრებით, იგი წარმოადგენს ქლოროფილშემცველი ორგანელების ან ცოცხალი ორგანიზმების განათების შემდეგ წარმოშობილ გამოსხივებას. ფოტოსინთეტიკური ბიოლუმინესცენციის ენერგიას იძლევა განათების პროცესში წარმოქმნილი ფოტოპროდუქტების რეაქცია, ანუ შექცევადი ფოტოქიმიური რეაქციები.

2. ბიოლოგიური სისტემების თერმოლუმინისცენცია – ნათება, რომელიც წარმოიქმნება წინასწარ განათებული ბიოსუბსტრატის გახურებისას, წარმოადგენს თერმოლუმინისცენციას – კრისტალოფოსფორების თერმოგამოსხივების ანალოგიურს და ბიოლოგიურ ობიექტებში ნახევარგამტარული თვისებების არსებობის დამადასტურებელს. აღმოჩენილ იქნა 1957 წელს პინოლდისა და ჟერვუდის მიერ გამომშრალ ქლოროპლასტებზე.

3. ფოტოპემილუმინესცენცია, რადიოპემილუმინესცენცია, ულტრაბგერული ნათება – პემილუმინესცენცია, რომელიც წარმოიშობა სინათლის, მაიონიზებული რადიაციის, ულტრაბგერის ზემოქმედების შემდეგ ცოცხალი ორგანიზმების ქსოვილებსა და ბიოსუბსტრატებზე.

ინფორმაცია, რომელსაც შეიცავს ზესუსტი ნათება, განისაზღვრება კვანტური მოვლენებით და უმრავლეს შემთხვევაში მნიშვნელოვნად აფართოებს ჩვენს წარმოდგენას ცოცხალ მატერიაზე.

§11. კირლიანის ეფექტი

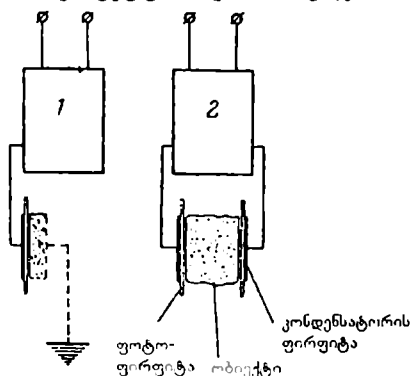
ცოცხალი ორგანიზმების ირგვლივ არსებული ენერგეტიკული ველის ვიზუალური დაფიქსირება შესაძლებელი გახდა ცოლ-ქმარ ს. და ვ. კირლიანების აღმოჩენის შემდეგ. 1949 წელს მათ აღმოაჩინეს ობიექტების ფოტოგრაფიების მეთოდი მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველში.



სურ. 35 – ცოლ-ქმარი ს. და ვ. კირლიანები.

ამ მეთოდის არსი შემდეგშია: თუ მაღალი სიხშირის დენის გენერატორის რხევადი კონტურის კონდენსატორის ფირფიტებს დავაშორებთ, ხოლო რხევადი კონტურის წრედს ჩავერთავთ, ფირფიტებს შო-

რის აღიძვრება მაღალი სიხშირის დენი. თუ კონდენსატორებს ოდნავ დავაახლოებთ, მათ შორის მოხდება მაღალსიხშიროვანი ნაპერწკლოვანი განმუხტვა. კონდენსატორის ფირფიტები იფარება დიელექტრიკით. დიელექტრიკზე განლაგდება ფოტოგრაფიული ფირფიტა. თუ ფირფიტებს შორის მოვათავსებთ რაიმე ობიექტს და კონდენსატორის ფირფიტებს ისე დავაშორებთ ერთმანეთს, რომ მათსა და ობიექტს შორის იყოს გარკვეული შუალედური მანძილი და ძაბვას ჩავრთავთ, ფოტოფირფიტაზე მივიღებთ ობიექტის ელექტროსტატიკური სტრუქტურის გამოსახულებას.

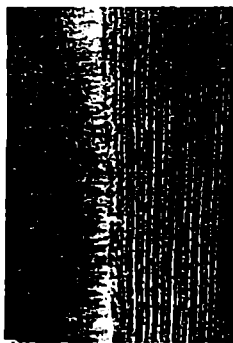


სურ. 36 - სქემატურად ნაჩვენებია ობიექტის მდგომარეობა მაღალი სიხშირის დენის გენერატორის რხევად კონტურში.

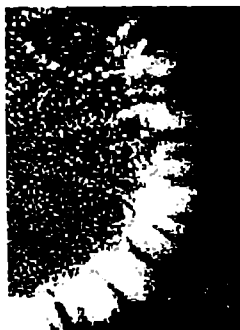
კონდენსატორის ელექტრულ ველში შეყვანილი ცოცხალი ორგანიზმი (მაგ. მცენარის ფესვი) ცვლის ველს თავისი დიელექტრული სტრუქტურის შესაბამისად და რამდენი სახეობის მცენარის ფოტოგრაფირებაც არ უნდა მოვახდინოთ თანაბარ პირობებში, ყოველი სახეობა იძლევა განსაკუთრებული ხასიათის გამოსახულებას.



ა



ბ



ბ



დ



ე



ვ

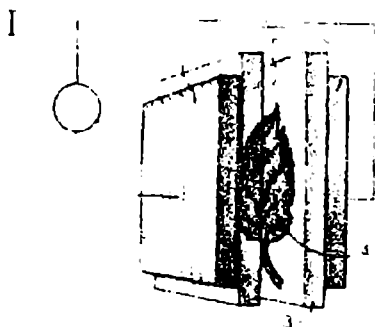
სურ. 37. ა. ია; ბ. სიმინდი; გ. ნემსინვერა; დ. ვერბენა; ე) აგრეგატუმის ჯანმრთელი ფოთოლი; ვ) აგრეგატუმის გამხმარი ფოთოლი.

ფიტოპათოლოგიური ცვლილებებისას (ავადმყოფობა, გვალვა, სიბერე) მცენარის ფოთოლი იძლევა სხვა, თავისებურ გამოსახულებას, რომელიც დამახასიათებელია მხოლოდ მოცემული ბიოლოგიური მდგომარეობისათვის (აგრეგატუმის ფოთოლი ა – ჯანმრთელი, ბ – ავადმყოფი).

გარდა ობიექტების ენერგეტიკული ფოტოსურათებისა კირლიანის მეთოდი აფიქსირებს ცოცხალ ორგანიზმებს შორის ბიოინფორმაციულ ურთიერთქმედებას.

მაგალითად: მოწყობილობის ფირფიტებს შორის მოთავსებულია მცენარის ახლად მოწყვეტილი ფოთოლი. ერთვესა დენი და ფოთლის ზედაპირზე ჩნდება ცისფერი ნათება შემდგომ ფოთოლს რამდენჯერმე ჩხვლეტენ ნემსით ფოტოსურათზე დაზიანებულ ადგილას მაშინათვე ჩნდება წითელი ნათება გარკვეული დროის შემდეგ ფოთოლი

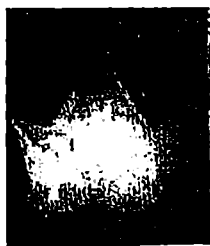
ინყებს ხმობას და მისი ნათება ნელნელა ქრება, მაგრამ აი მოდის ადამიანი და ხელს უახლოებს ფოთოლს 15-20 სმ მანძილზე. „მკურნალი“ თითქოს შთაბერავს სიცოცხლეს მომაკვდავ უჯრედებს, რამდენიმე წუთის შემდეგ ფოთლის ნათება აღდგება ასე რეაგირებს ფოთოლი ბიოენერგეტიკულ ზემოქმედებაზე.



სურ. 38

- 1-კირლიანის აპარატი
(1-მაღალი სიხშირის გენერატორი,
2-ელექტროდები,
3-დიელექტრული ფარდობები,
4-თბიქტი. 5- კვლის „შუალედს“)

1966 წელს მკვლევარმა ვ. ადამენკომ შემთხვევით აღმოაჩინა ასეთი მოვლენა. თუ ფოთლის კიდეს მოვაჭრით რამდენიმე მილიმეტრით, ნათება დაფარავს მოჭრილ ნაწილს და კირლიანის ფოტოზე ფოთოლი თითქოს მთელი დარჩება, ეს ექსპერიმენტი სხვა მკვლევარებმაც გაიმეორეს იგივე შედეგით. რას წარმოადგენს „მანათობელა ფანტომი“! ხომ არ მიუთითებენ ისინი: ცოცხალი ორგანიზმი გამსჭვალულია რაღაც ენერგეტიკული „კარკასით“, რომელიც ქრება მხოლოდ მისი მთლიანი დალუპვის შემდეგ?



სურ. 39

ერთხელ ერთ-ერთი ინსტიტუტის მუშაკებმა ცოლ-ქმარ კირლიანებს მიუტანეს ორი გარეგნულად ერთნაირი ფოტოლი. როცა ისინი მაღალი სიხშირის ველში მოათავსეს, გამომგონებლებმა, ყველას გასაკვირად, სურათზე სხვადასხვანაირი გამოსახულება მიიღეს. თანამშრომლებმა აღიარეს, რომ ერთ-ერთი ფოტოლი ავადმყოფი მცენარისაგან აიღეს. მოგვიანებით, ნათელი გახდა, რომ კვლევის ახალი მეთოდი ცნობს ავადმყოფობას განვითარების ადრეულ სტადიაზე და არა მხოლოდ მცენარეებში, არამედ ადამიანში. ფოტოებით შეიძლება ადრეული დიაგნოსტიკის ჩატარება, ავადმყოფობის რეციდივის გამოვლენა, ქიმიური პრეპარატების თერაპიული მოქმედების ობიექტური შეფასება.

უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალშრიან ფერად ფოტოზე ცოცხალი ადამიანის კანის სხვადასხვა უბნები სხვადასხვა ფერით გადმოიცემა. მაგ. გულის უბანი – ინტენსიური ცისფერი ფერით, წინამხარი – მომწვანო-ცისფერით, ბარძაყი – ზეთისხილისფერით, ფოტოგრაფირების თანაბარ პირობებში ყოველი უბნისათვის დამახასიათებელი ფერი მეორდება. ამის საფუძველი ვივარაუდოთ, რომ მოულოდნელი ემოციური განცდებისას (მაგ. შიში, ტკივილი) უბნის დამახასიათებელი ფერი იცვლება. ეს მახასიათებელი მოვლენები სერიოზულ ყურადღებას იმსახურებს სამედიცინო დიაგნოსტიკის თვალსაზრისით. მაგალითად, ამ მოვლენიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ძალიან მარტივი მეთოდი იმის განსასაზღვრავად, დალია თუ არა (თუნდაც ცოტა) მძლოლმა. ეჭვიმიტანილს ვერავითარი ხრიკები ვერ უშველის ადგილზე გაკეთებული (კომპაქტურ მონაცემილობაზე) კირლიანის ფოტოგრაფია ზუსტად უჩვენებს ალკოჰოლის არსებობას (და დოზასაც) ადამიანის ორგანიზმში. ეს ჩანს სურათზე. თითის აურა მკვეთრად იცვლება ღვინოს მიღების პირველივე წუთებში.

გარდა ამისა, ამ მიმართულებით კვლევები დიდ უსიამოვნებას შეუქმნიან ნარკოტიკების მოყვარულებს. ერთ-ერთი ექსპერიმენტის დროს, 6 წლის საცდელი-მოხალისე პირი ორ ჯგუფად დაყვეს: ერთმა ჯგუფმა მიიღო მარიხუანას მცირე დოზა, მეორემ – ინდიფერენტული ნივთიერება. შემდგომ ყველას გაუკეთეს თითების კირლიანოგრაფია. სურათების მიხედვით უშეცდომოდ განისაზღვრა, რომელმა საცდელმა პირმა მიიღო ნარკოტიკი.



ა



ბ



გ

სურ 40. ჩანს თუ როგორ იცვლება ექსტრასენსის ხელის აურა სენსის დროს.
 ა) ექსტრასენსი ა. ვონოგრაფოვა ბ) მისი ხელის აურა მშვიდ მდგომარეობაში
 გ) ხელის აურა ტელეკინეტიკური სენსის დროს.

გერმანელი მეცნიერი ექიმი პ. მანდელი განიხილავს კირლიანის გამოსახულებებს როგორც ენერგეტიკული ნაკადების ფოტოებს, რომელიც განსაზღვრავს ადამიანის ცხოველმოქმედებას. მან გამოთქვა მოსაზრება, რომ ხელებისა და ფეხების თითების ნათების მახასიათებლები დაკავშირებულია მათზე არსებულ აკუპუნქტურის ნერტილებზე, რომლებიც წარმოადგენს ყველა ენერგეტიკული არხის სანჯის ან საბოლოო პუნქტებს. კირლიანოგრაფიის დახმარებით მან გააანალიზა ასობით ათასი პაციენტის ფეხისა და ხელის თითების ნათების ფოტოები და შეიმუშავა ცხრილები, რომლებიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ამა თუ იმ ორგანოს მდგომარეობა თითების ცალკეული ზონების ნათების მახასიათებლების მიხედვით. დაავადების განვითარებაში იგი გამოყოფს სამ ძირითად სტადიას, რომელიც ჩნდება გამოსახულებაზე. პირველი ინფორმაციული სტადიის დროს დაავადების სიმპტომები იშვიათად ჩნდება, ძირითადად შემთხვევითი ევგეტატიური ნიშნების სახით. მეორე სტადიაში ჩნდება სიმპტომები,

რომელთაც ჯერ არა აქვთ მკაფიო კლინიკური გამოხატულება. მესამე სიმპტომატურ სტადიაში სიმპტომებს შეესაბამება ტოპოგრაფიული პროექციები. ეს მესამე სტადია მრავალი ფენომენით ხასიათდება. კლინიკური ანალიზის მონაცემები შეიძლება განსხვავდებოდეს კირლიანის მეთოდით დიაგნოსტიკისაგან, რადგან ისინი გამოხატავენ ორგანიზმის სიღრმისეული პროცესების სხვადასხვა განზომილებებს.

§12. ბიოელექტრული ველები

ბიოობიექტების მიერ გენერირებული ელექტრომაგნიტური ველის მახასიათებლების რეგისტრაციის შესახებ სამეცნიერო ნაშრომები გაჩნდა 1947 წელს, როცა lorente no-მ აღმოაჩინა, რომ ალგუნებულ ნერვის ირგვლივ, რომელიც გამტარ გარემოშია მოთავსებული, აღიძვრება ელექტრული ველი. ორი წლის შემდეგ ასეთი ველის აღძვრა ჰაეროვან სივრცეში ნერვიდან რამდენიმე მილიმეტრის დაშორებით რეგისტრირებულ იქნა ბარისა და მაურის მიერ. 1948 წელს კრაიუხინმა, მოგვიანებით სეიპელმა და მოროუმ ინდუქციური მიმღების საშუალებით მოახერხეს დაძაბულობის რეგისტრაცია, რომელიც მათი აზრით ნერვის ელექტრომაგნიტური ველის მაგნიტური მახასიათებელი იყო. ასეა რეგისტრაციას ესაჭიროება ეკრანირება დედამიწის მაგნიტური და ელექტრული ველებიდან, მაღალმგრძნობიარე მიმღები და რთული გამაძლიერებელი მოწყობილობა.

იმ დროისათვის მხოლოდ ელექტრული თევზების მაგალითზე იყო დამაჯერებლად ნაჩვენები ემვ-ს სხვადასხვა ძალის ცოცხალი გენერატორების ბიოლოგიურად თვალსაჩინო არსებობა. თევზების ბიოელექტრული ველის შესწავლაში თანამედროვე ეტაპის დასაწყისს უკავშირებენ ინგლისელ ეკოლოგს ხ. ლისმანს, რომელმაც 1958 წელს, ელექტრონული ტექნიკის გამოყენებით აჩვენა, რომ ზოგიერთი თევზი იყენებს თავის ემვ-ს ლოკაციისა და კავშირისათვის. აქ ჩვენ შემოვიფარგლებით ემვ-ს ელექტრული შემადგენლობის ანალიზით.

ვარაუდობენ, რომ დედამიწის წყალსაცავებში მოცურავე 20 ათასი სახეობის თევზიდან, არანაკლებ 300 სახეობა ქმნის ემვ-ს. მათ მიერ გენერირებული ემვ-ს ძაბვის მიხედვით თევზები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად: ელექტრულნი, რომლებიც ქმნიან ემვ-ს 20ვ-ზე მაღლა, თავდასხმისა და თავდაცვისათვის. სუსტადელექტრულნი ქმნიან 17ვ-მდე ემვ-ს ლოკაციისა და კავშირისათვის, და არაელექტრულნი (რამდენიმე მილივოლტამდე). თევზების მიერ გენერირებული ემვ სიხშირეების ზონაში განლაგებულია 2 კვც-მდე. ისინი იქმნიებიან ან სპეციალური ელექტრული ორგანოებით ან არასპეციალიზირებული ნერვ-კუნთოვანი სტრუქტურებით.

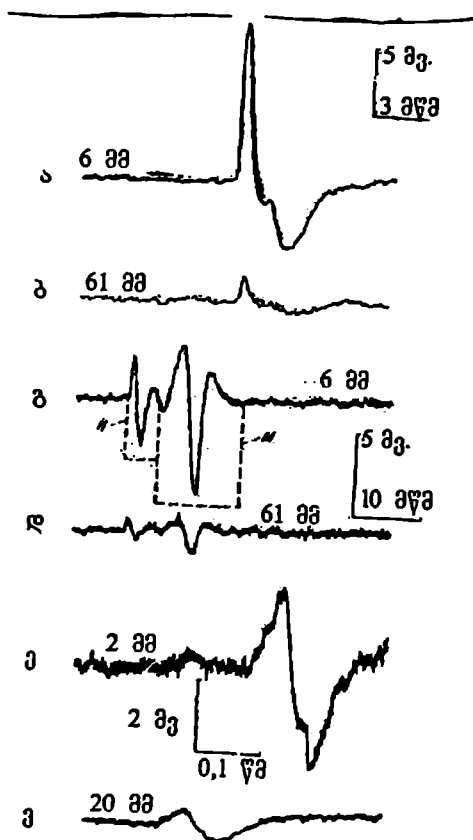
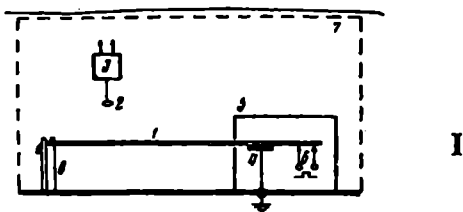
ბიოლოგიური ემვ თავისი თვისებებით არ განსხვავდება ტექნიკური გენერატორებით შექმნილი ემვ-საგან, ანუ გააჩნია ელექტრული და მაგნიტური მახასიათებლები, სუსტდება მანძილზე და ა.შ.

ბიოლოგიური ემვ-ს აქვს იგივე ბიოლოგიური პარამეტრები, რაც ხელოვნურ ემვ-ს. თევზები უფრო მგრძნობიარენი არიან ცვალებადი ველების მიმართ, მუდმივთან შედარებით. რეაქცია დამოკიდებულია იმპულსების სიხშირეზე, ფორმასა და ხანგრძლივობაზე.

ერთი ჯგუფის თევზების მგრძნობელობა დევს $0,01-0,1$ მვ/სმ საზღვრებში, მეორე ჯგუფის – $10-100$ მვ/სმ საზღვრებში, ანუ რამდენიმე რიგით დაბლა. პირველ შემთხვევაში ლაპარაკი მიდის გარემოს ელექტრულ ალქმაზე. ვარაუდობენ, რომ ელექტრორეცეპტორების მარეგულირებელი ცენტრები განლაგებულია მოგრძო ტვინში და ნათხეში.

ცოცხალი ორგანიზმების მიერ გენერირებული ელექტრომაგნიტური ველებს შესახებ ყველაზე საინტერესო და დამაჯერებელი შედეგები მიღებულ იქნა ლენინგრადის სახელმწიფო უნივერსიტეტში პროფესორ პ. გულიაევის ხელმძღვანელობით. ვ. ზაბოტინის მიერ შექმნილი ელექტრონული გამაძლიერებლის საშუალებით გაიზომა ცხოველებისა და ადამიანის ნერვის, კუნთების, გულის ირგვლივ წარმოქმნილი ველის ელექტრული მახასიათებელი. მკვლევარებმა ამ რეგისტრაციებს ელექტროაუროგრამები უწოდეს (აურა – ბერძნულად საპაერო სივრცე), რათა ხაზი გაესვათ, რომ გამოიკვლეოდა ელექტრული (და არა მაგნიტური) ველი სწორედ პაერში, და არა სხეულის ქსოვილებში ან თხევად გარემოში.

გაზომვის სქემა მოცემულია სურ. (41)-ზე. 1. ბალახის ბაყაყის საჯდომი ნერვი თავსდება გამლიზიანებულ ელექტროდებზე(6) ვერცხლის დამინებულ ფირფიტაზე(4) და პლექსიგალის საყრდენზე(8). ის მაგრდება გაჭიმულ მდგომარეობაში პაერში. ნერვის გალიზიანებად ნაწილს ათავსებენ დამინებულ მეტალის კოლოფში(5) ჭრილით, რომელშიც გადის ნერვი. ზონდი(2) წარმოადგენს მეტალურ დისკს სმ დიამეტრით. იგი უერთდება გამაძლიერებლის შესავალს, რომელსაც ბლოკის სახე აქვს. ზონდირებადი ბლოკი(3) უერთდება ეკრანირებული კაბელით გამაძლიერებლების შემდგომ კასკადებს, რომელიც საცდელი კამერის გარეთაა გატანილი. გარეთა ელექტრომაგნიტური ხმაურისაგან დასაცავად სამუშაო კამერა(7) დამზადებული იყო ფურცლოვანი რკინისაგან $0,8$ მმ სისქით და ერთი მხრიდან იფარებოდა რკინის ბადით. ელექტროაუროგრამის რეგისტრაცია წარმოებდა კათოდური ოსცილოგრაფის ეკრანზე. გალიზიანებას ახორციელებდნენ რადიოსიხშირული გამოსავლის ელექტრონული სტიმულაცია.

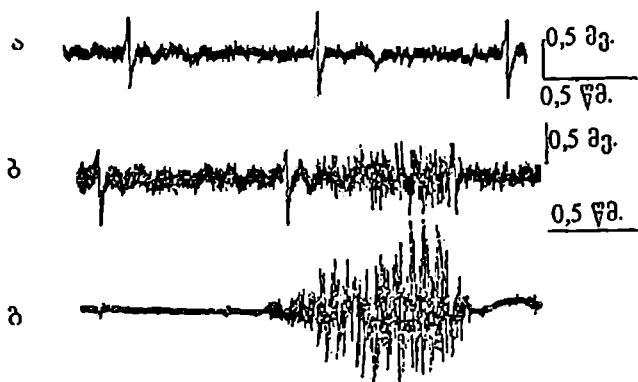


სურ. 41. I - ელექტროაურომეტრი. II - ნაჩვენებია ბაყაყის ნერვის, კუნთებისა და გულის ირგვლივ არსებული ველების ელექტროაუროგრამები. ა და ბ - ბაყაყის საჯდომი ნერვის ველები 6 და 61 მმ ნერვიდან; გ და დ - ბაყაყის ნერვკუნთოვანი პრეპარატის ველები 6 და 61 მმ დაშორებით; ე და ვ - ბაყაყის გულის ველები 2 და 20 მმ დაშორებით გულის პარკუჭის მწვერვალიდან.

ადამიანის სხეულის აურალურ გაზომვებს აწარმოებდნენ მეტალური ბადით ეკრანირებულ კამერაში. საცდელი პირი იწვა დივანზე, ზონდირებადი ელექტროდი - 6 სმ დიამეტრის დისკი - მოთავსებუ-

ლი იყო პაერში გულის უბნის ზემოთ. მანძილი მკერდის ძელიდან ელექტროდამდე იყო 2,5 სმ. ელექტროაუროკარდიოგრამის სიხშირეების აღნუსხვა 5-დან 50 ჰც-მდე დამახინჯებულია მკერდის ძელის მექანიკური მოძრაობით გამოწვეული პოტენციალების ზედდებით.

ადამიანების კუნთების ელექტროაუროგრამის რეგისტრაცია წარმოებდა იმავე პირობებში, მხოლოდ მარჯვენა ფეხი დამინებული იყო, ხოლო გამაძლიერებლის სიხშირული მახასიათებელი 500 ჰც-ის ზემოთ და ქვემოთ მერყეობდა.



სურ. 42. ადამიანის გულის და კუნთის ელექტროაუროგრამა. ა - ელექტროაუროკარდიოგრამა 30 მმ ზედაპირიდან 25-50 ჰც სიხშირის; ბ - ელექტრომიოგრამა 30 მმ ზედაპირიდან 50-250 ჰც სიხშირის; გ - მარჯვენა ფეხის კუნთების ელექტრული დენები, დარეგისტრირებულია ელექტროდის ფეხის კანზე უშუალო დადებით (გაკეთებულია ბ-სთან შესადარებლად). ჩანს გამაძლიერებლის საკუთარი ხმაური.

ელექტროაუროგრამა რეგისტრირდებოდა ბაყაყის იზოლირებული ნერვისაგან მაქსიმუმ 25 სმ-ზე, გულისა და კუნთისაგან 14 სმ-ზე. ადამიანის გულისა და კუნთებისაგან მაქსიმუმ 10 სმ-ს დაშორებით მოგვიანებით, 1975 წელს მოხერხდა ადამიანის თავის ირგვლივ აღძრული ელექტრომაგნიტური ველის რეგისტრაცია ეკრანირებად კა-მერაში.

§13. ბიომაგნიტური ველები

რა საინტერესოც არ უნდა იყოს ელექტრული ველები, დღეს ყველაზე უფრო დამაინტრიგებელია ტვინის მაგნიტური ველები. ცნობი-

ლია, რომ ჩვენი ორგანიზმის ბიოდენები წარმოიქმნება ბიოქიმიური ენერგიის ხარჯზე. უკვე თეორიულად შეიძლებოდა წინასწარმეტყველება, რომ ბიოდენები შობს ბიომაგნიტურ ველებს, მაგრამ მათი პრაქტიკული რეგისტრაცია ძალიან ძნელი იყო.

ადამიანის გულის მაგნიტური ველი დედამიწის მაგნიტური ველის მემილიონედ ნაწილს შეადგენს, ხოლო ტვინის მაგნიტური ველი კიდევ 100-ჯერ სუსტია. ბიომაგნიტური ველების მკვლევარების წინ დგებოდა სამი მთავარი ბარკოლება. უპირველეს ყოვლისა, საჭირო იყო ძალიან სუსტი მაგნიტური ველების აღმოჩენი მიმღების შექმნა. შემდგომ, საჭირო იყო უნიკალური გამაძლიერებელი აპარატურა აღქმული სუსტი სიგნალების რეგისტრაციისათვის. და მესამე, აუცილებელი იყო ეკრანირება დედამიწის მაგნიტური ველისა და ტექნიკური ელექტრომაგნიტური ხმაურისაგან.

პირველი პროგრამის სანაყის გადანაწევება შემდეგნაირი იყო. ფიზიკის სასკოლო კურსიდან ცნობილია, რომ მაგნიტური ველი ინვექს ელექტრულ დენს გამტარის ხვეულში, ხოლო ამ დენის სიდიდე დამოკიდებულია ველის ინტენსიობაზე და მაგნიტური ველის რეგისტრაციისათვის გამოყენებული ხვეულების რიცხვზე. რადგან ბიომაგნიტური ველის ინტენსიობა ძალიან მცირეა, მიმღების მგრძნობელობა უნდა ამაღლდეს ხვეულების რიცხვის გაზრდის ხარჯზე. ამ მარტივი დებულებიდან გამომდინარე მკვლევარებმა 60-იანი წლების დასაწყისში შეძლეს პირველად დაერეგისტრირებინათ ადამიანის გულის მაგნიტური ველი კოჭას გამოყენებით, რომლის ხვეულების რიცხვი მილიონს აღწევდა. მაგრამ ეს იყო ასეთი ტიპის მიმღებების შესაძლებლობის ზღვარი: უფრო სუსტი, აგრეთვე სტაციონარული მაგნიტური ველების აღქმა, რომელიც წარმოიშობოდა მაგალითად გულის დაზიანებისას – ამ მიმღებებს არ შეეძლოთ, საჭირო იყო სხვა იდეები.

დახმარება მოულოდნელი მხრიდან მოვიდა. ინგლისელმა მეცნიერმა ბ. ჯოზეფსონმა, რომელიც მუშაობდა ზეგამტარი მასალების კრიოგენული ტექნიკის უბანში, აღმოაჩინა, რომ დიელექტრიკის თხელი შრით გაყოფილ ორ ზეგამტარს შორის ამ პირობებში აღიძვრება ელექტრული დენი, რომლის პარამეტრები მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მასზე მოქმედ მაგნიტურ ველზე. ეს პრინციპი საშუალებას იძლეოდა ძალიან სუსტი ცვლადი და მუდმივი მაგნიტური ველების რეგისტრირებისა, რაც მომგებიანად განასხვავებდა მას კოჭიანი მიმღებისაგან (ჯოზეფსონმა ამ აღმოჩენისთვის ნობელის პრემია მიიღო).

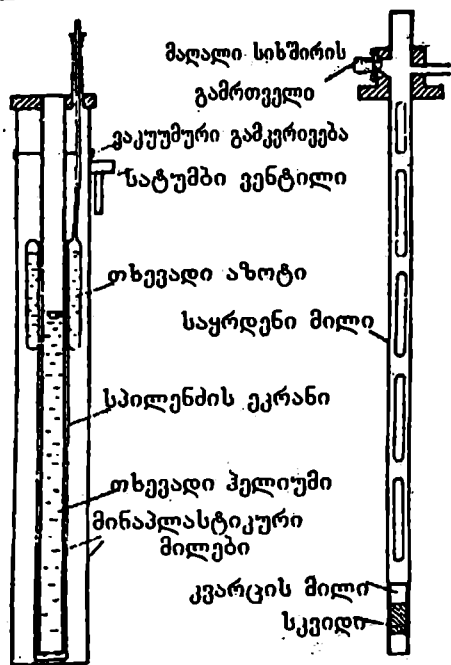
ჯოზეფსონის ეფექტის საფუძველზე შეიქმნა სკვიდები. სახელწოდება სკვიდი (SQVID) წარმოდგება ინგლისური Supellonducting Quantum Interference Device – ზეგამტარი კვანტური ინტერფერენციული მიმღები, მისი მგრძნობელობა აღწევს 10-14 ტლ სიდიდეს. სკვიდი წარმო-

ადგენს ზეგამტარის დახურულ წრედს, რომელსაც ერთ ან ორ ადგილას აქვს „სუსტი რგოლი“ – ე.წ. ჯოზეფსონის კონტაქტი, ე.ი. წრედის ნაწილი, სადაც ზეგამტარობა არსებობს, მაგრამ შეიძლება შეიცვალოს ძალიან სუსტი დენით. ჯოზეფსონის კონტაქტი მუშაობს მხოლოდ ძალიან დაბალ ტემპერატურებისას, რაც მიიღწევა სკვიდის მოთავსებით თხევადი ჰელიუმით საცხე ჭურჭელში. სკვიდ-მაგნიტომეტრის განუყოფელი ნაწილია ჰელიუმის ჭურჭელი (დიუარი), რადგან სკვიდის მუშაობისათვის საჭირო დაბალ ტემპერატურას მხოლოდ თხევად ჰელიუმი უზრუნველყოფს. დიუარი უნდა აკმაყოფილებდეს მკაცრ მოთხოვნებს: გაუმტარობა კროგენული სითხისათვის, აირგაუმტარობა დაბალი ტემპერატურის მრავალჯერადი ზემოქმედების დროსაც კი, სიმტკიცე და სიმსუბუქე, მცირე სითბოგამტარობა. გარდა ამისა, ეს მასალები უნდა იყოს არამაგნიტური და ტექნოლოგიურად ადვილად დასამუშავებელი. ამ მოთხოვნებს დააკმაყოფილებს ეტყობა კომპოზიტური მასალები. ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება არამაგნიტური მეტალური შენადნობების გამოყენება, თუ გამოირიცხება დენი მეტალში და მაგნიტური ნარევები. შეიძლება სკვიდ-მაგნიტომეტრის მოთავსება მინის დიუარში, მაგრამ მინის სიმყიფე და მისი დამუშავების სირთულე არ იძლევა საშუალებას ჩაითვალოს ეს მასალა პრაქტიკულად.

კრიოგენიკაში გამოსაყენებელი კომპოზიტური მასალების ძიება მიმდინარეობს რიგ ქვეყნებში. პერსპექტიულად ითვლება ბოჭკოვანი მინა, ბოჭკოები გრაფიტისა და კველარისაგან, აგრეთვე მცირედის-პერსიული კერამიკა (მარცვალი O, მკმ). მათ დამაკავშირებელ მასალად ითვლება ეპოქსიდური ფისი.

დღესდღეობით ყველაზე საიმედოა პლასტიკური მინა (ფიბერგლასი), რომელიც წარმოადგენს ეპოქსიდური ფისით გაჟღენთილ მინის ქსოვილს. დიუარებმა პლასტიკური მინისაგან ზემგრძნობელ მაგნიტომეტრიაში ფართო გამოყენება პპოვეს. პლასტიკური მინა ალუმინზე საგრძნობლად მსუბუქია. ის არ არის მყიფე, სიმტკიცით ფოლადს ედრება. ეს საშუალებას იძლევა დამზადდეს კომპაქტური, მტკიცე დიუარები. მცირე სითბოგამტარობის გამოისობით პლასტიკური მინის დიუარები კარგად იჭერენ ჰელიუმს: აორთქლებადი აირისმაგვარი ჰელიუმი საკმაოდ აცივებს აპარატს. სხვადასხვა დანიშნულების ასეთი დიუარები მოცულობით 1ლ-დან 25ლ-მდე მზადდება რიგ ფორმებში. ჰელიუმის აორთქლების სიჩქარეა 1ლ სითხე დღე-ღამეში. პლასტიკური მინა მოსახერხებელი კონსტრუქციული მასალაა. იგი კარგად ინახავს ფორმას. ეს საშუალებას იძლევა დიუარის მნიშვნელოვანი ზომისას (1მ სიგრძე) უზრუნველყოფილ იქნას მის ქვედა ნაწილში ძალიან მცირე (7მმ-მდე) მანძილი ჰელიუმის მოცულობას, რომელშიც მოთავსებულია მგრძნობიარე აპარატი, და თბილ „ფსკერს“ შორის. ამ მანძილის შემცირება ძალიან

მნიშვნელოვანი ამოცანაა, რადგან გასაზომი ველი, როგორც წესი სწრაფად ეცემა წყაროდან და შორებისას.



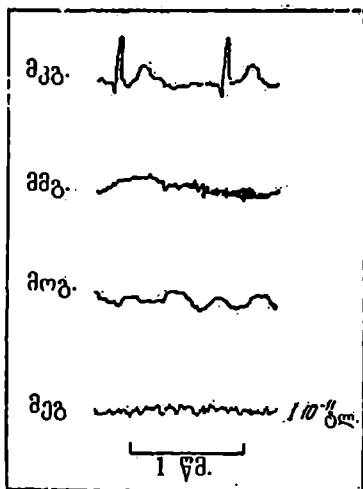
სურ. 43. მცირეგაბარითიანი გადასატანი სკვიდ-მაგნიტომეტრი.

სკვიდებმა მიიღეს ფართო გავრცელება გეოფიზიკურ და კოსმოსურ გამოკვლევებში, ექსპერიმენტალურ ფიზიკაში და სამედიცინო-ბიოლოგიურ გამოკვლევებში. ადამიანის მაგნიტური ველების რეგისტრაცია სკვიდების დახმარებით დიიწყო ნი-იანი წლების შუახანებში აშშ-ში, ხოლო მოგვიანებით ამ გამოკვლევების ორბიტაში ჩაერთო სხვა ქვეყნებიც (კანადა, საფრანგეთი, იაპონია, ფინეთი, იტალია და სხვ.) 1978 წლის აგვისტოში გრენობლში (საფრანგეთი) ჩატარდა ბიომაგნეტიზმის საკითხებზე საერთაშორისო მუშა შეხვედრა, რომელზედაც ძირითადად განიხილებოდა ადამიანის ჯანმრთელი და ავადმყოფი გულისა და ტვინის მაგნიტური ველების რეგისტრაციის საკითხები.

უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანის მაგნიტოგრაფია სკვიდის საფუძველზე ჯერ კიდევ შედარებით ძვირ პროცედურად რჩება, ხოლო

ამ მიმღებების ნაკლი მდგომარეობს მათ სირთულეში და გაცივებით-სათვის დეფიციტური თხევადი ჰელიუმის რეგულარულ ჩასხმაში.

აღნიშნული პარამეტრებით უფრო პერსპექტიულია კვანტური მაგნიტომეტრები ოპტიკური კვებით – მონ (мон. რუსულად. Квантовые магнитометры с оптической накачкой). მოსკოვის დედამინის მაგნეტიზმის, იონოსფეროსა და რადიოტალღების გავრცელების ინსტიტუტში ა. კოზლოვმა და ს. სინელნიკოვმა 70-იანი წლების ბოლოს შექმნეს მონი, რომლის მიმღებში გამოყენებულია ტუტე მეტალის ცეზიუმის ორთქლი. მაგნიტომეტრის მოქმედება დამყარებულია მაგნიტურ ველში ატომური სპინების ოპტიკური ორიენტაციის მოვლენაზე. ორთქლი არის რამდენიმე სმ³ მოცულობის მინის ამპულაში. მაგნიტური ველის მცირე ცვლილებები ცვლის ორთქლის ოპტიკური გამოსხივების შთანთქმის რეზონანსულ სიხშირეს. მონოცილობის ნაკლია მიმღების დიდი ზომა, მაგრამ მონოცილობას საკმაოდ მაღალი მგრძნობელობა აქვს, რაც მას მისაღებს ქმნის რიგი ამოცანების გადანეწყვისათვის.



სურ. 44. გულის, კუნთების, თვალისა და ტვინის მაგნიტური ველების ჩანერა კვანტური მაგნიტომეტრის საშუალებით.

გაცივებით უფრო კომპაქტურია ფეროზონდული მაგნიტომეტრი. მისი მგრძნობიარე ელემენტია მაღალი მაგნიტური აღქმის მქონე მასალის ლერძი (პერმალის ტიპის) რამდენიმე მილიმეტრი დიამეტრით და საინტიმეტრი სიგრძით. ეს პატარა და მოხერხებული მონოცილობა საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ფილტვების მაგნიტური მტვრით დაჭუჭყიანების კონტროლი.

ამრიგად არსებობს ბიომაგნიტური ველების მარეგისტრირებელი მიმღებების შექმნი 4 გზა: ინდუქციური კოჭა მილიონი ხვეულით, ფეროზონდული მაგნიტომეტრი, მონი და სკვიდი შევადართო მათი მგრძნობელობა:

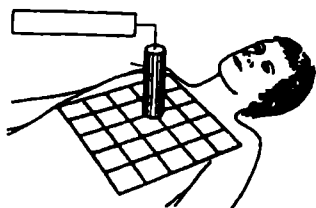
ინდუქციური მაგნიტომეტრი	10^{-24} ჯ/ჰც
ფეროზონდული მაგნიტომეტრი	$2 \cdot 10^{-25}$ ჯ/ჰც
მაგნიტომეტრი ცეზიუმის ორთქლზე (მონი)	$2 \cdot 10^{-25}$ ჯ/ჰც
სკვიდ-მაგნიტომეტრი	10^{-27} ჯ/ჰც

დაძლეულია მეორე დაბრკოლებაც: შექმნილია საიმედო გამაძლიერებელი ტექნიკა.

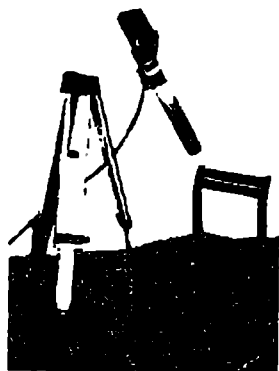
მაგნიტოკარდიოგრაფია. ადამიანის გული წარმოშობს ორგანიზმში ყველაზე ძლიერ ელექტრულ და მაგნიტურ ველებს. გულის ავადმყოფობანი კი წარმოადგენენ ადამიანისათვის ერთ-ერთ მთავარ საფრთხეს თანამედროვე სამყაროში. ამიტომ სწორედ მაგნიტოკარდიოგრაფია გახდა ბიომაგნიტოგრაფიის გამოყენების პირველი უბანი ჯერ კიდევ სკვიდების გამოჩენამდე.

გულის მუშაობაზე დამატებითი ინფორმაციის მიღებისაკენ სწრაფვამ სტიმული მისცა მაგნიტოკარდიოგრაფიას(მკგ). პირველი შედეგები მიიღეს ბოილმა და მაკვიმ, საბჭოთა კავშირში საფონოვმა მილიონამდე ხვეულის მქონე ინდუქციური კოჭების დახმარებით. ლივანოვმა გამოიყენა მკგ-სათვის უფრო მგრძნობიარე მაგნიტომეტრი – მონი. სკვიდმაგნიტომეტრების გამოყენებამ კი საშუალება მოგვცა ისეთივე ხარისხის მკგ-ს მიღება, როგორც ელექტროკარდიოგრამაა. ამის შემდგომ დაიწყო გულის მაგნიტური აქტიურობის ფართო კვლევები.

მაგნიტოკარდიოგრამა შეიცავს იმავე მახასიათებელ ნიშნებს, როგორისაც ელექტროკარდიოგრამა, ამიტომ მკგ-ს პიკებს აქვს იგივე სახელები P, Q, R, S, T. ელექტროკარდიოგრამის გადაღებისას ელექტროდები მაგრდება კანზე, მკგ-ს მიმღები კი საკმარისია მკერდს მიუუახლოვოთ. საკმარისად კარგი ხარისხის მკგ გამოდის სხეულის ზედაპირიდან ნსმ-ზე. სიგნალების ჩაწერის უკონტაქტო პროცედურა წარმოადგენს მაგნიტოგრაფიის (არა მარტო კარდიო) მნიშვნელოვან პრაქტიკულ უპირატესობას ელექტროგრაფიასთან შედარებით ისეთ შემთხვევებში, როგორც ბავშვების გამოკვლევა (ბევრ მათგანს ეშინია ელექტროდის) და პაციენტებს კანის დამწვრობითი და სხვა დაზიანებებით.



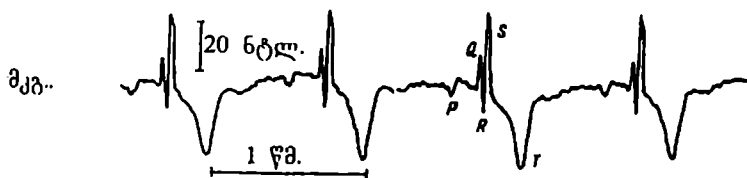
სურ. 45. მაგნიტოკარდიოგრაფია



სურ. 46. მაგნიტოენცეფალოგრაფი.



სურ. 47. მაგნიტოენცეფალოგრამის გაძღება.



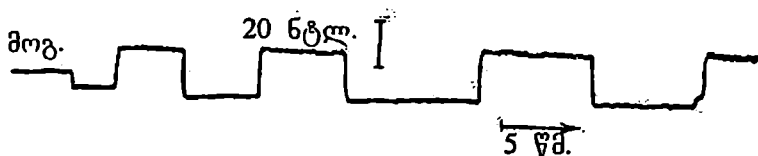
სურ. 48 – მაგნიტოკარდიოგრამა. სისხრის ზოლი 0,1-100ჰც. აპარატი გაძღებისას სხეულის ზედაპირიდან 20მმ-ზე იმყოფებოდა.

მაგნიტომიოგრაფია. მაგნიტურ სიგნალს იძლევიან ადამიანის კუნთებიც. კონემა და ჯაინვლერმა პირველად გაზომეს 20ნტლ სიმძლავრის ველი ხელის კუნთიდან მისი დაძაბვის დროს. შემდგომში მაგნიტური სიგნალები კუნთიდან (მაგნიტომიოგრამები მმგ) დაფიქსირდა მრავალ ლაბორატორიაში.



სურ. 49. მაგნიტომიოგრამა, გადაღებული დაძაბვაში მყოფი კუნთის ზედაპირიდან 20მმ მანძილიდან.

თვალის მაგნიტური ველები. ცნობილია, რომ თვალი ძლიერი ელექტრული სიგნალების წყაროა. საკმაოდ მაღალი პოტენციალთა სხვაობა არსებობს ბადურას სხვადასხვა შრეებს შორის – 10 მვ-მდე, ამიტომ თვალის მოძრაობა, აგრეთვე ბადურას ფუნქციონირება იწვევს ცვლად ელექტრულ ველებს. რადგან თვალი ახლოსაა ტვინთან, ეს ელექტრული სიგნალები ზოგჯერ ხელს უშლიან ელექტროენცეფალოგრამის გადაღებას და ამახინჯებენ ეეგ-ს შედეგებს, განსაკუთრებით მხედველობითი აღქმის შესწავლისას. ამიტომ საკითხი თვალის მაგნიტური ველებისა და ტვინის მაგნიტურ ველებთან შედარებით მათი სიდიდის შესახებ საკმაოდ საინტერესოა.



სურ. 50. მაგნიტოოკულოგრამა. გადაღებული მარცხენა წარბს ზემოთ 20მმ მანძილიდან შუბლის ზედაპირიდან.

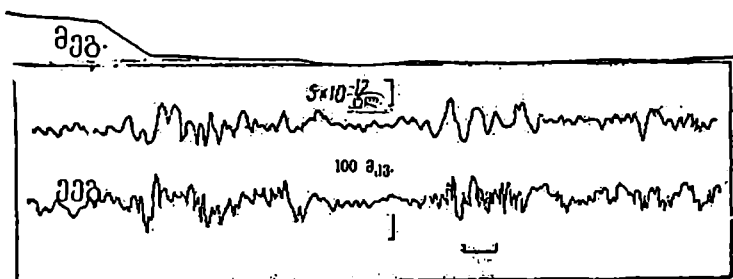
თვალის მაგნიტური ველების დანვრილებითი შესწავლა ჩაატარა კატილამ. მან გამოიყვანა თვალის მაგნიტური სიგნალის ორი კომპონენტი. მაგნიტოოკულოგრამა (მოგ) და მაგნიტორეტინოგრამა (მრგ). პირველი გაცილებით უფრო ძლიერია და განპირობებულია თვალის მოძრაობისას მუდმივი ველის ცვლილებებით. მაგნიტორეტინოგრამა განპირობებულია ბადურას სინათლით გაღიზიანებისას მისი პოტენციალთა სხვაობის ცვლილებით.

§14. ტვინის მაგნიტური ველები

მაგნიტოენცეფალოგრაფია. ადამიანის ტვინში მუდმივად მიმდინარეობს აქტიური ელექტრული პროცესები. მათი გამოვლინება ზედაპირული ელექტრული პოტენციალების სახით აღმოჩენილია გასული

საუკუნის 20-იან წლებში - მის საფუძველზე წარმოიშვა ელექტრო-ენცეფალოგრაფია. თავის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში ელექტრული პოტენციალი მუდმივად ირხევა - იმისგან დამოუკიდებლად ადამიანს სძინავს, დაძაბულად შრომობს თუ პიპნოზის ქვეშ იძყოფება. ამ რიტმების წყაროები და ბიოლოგიური ფუნქცია საბოლოოდ გარკვეული არ არის, ამიტომ მაგნიტოგრაფიის ახლებური მდგომა ფასეულია ტვინის რიტმიკის კვლევისათვის. 1968 წელს ამერიკელი მკვლევარი დ. კოენის მიერ ელექტროენცეფალოგრაფიის მაგნიტური ანალოგის მაგნიტოენცეფალოგრაფიის (მეგ) პირველი პირდაპირი რეგისტრაციის შემდეგ დაიწყო სამუშაოები მეგ-ის კვლევით, დიაგნოსტიკური და კლინიკური მნიშვნელობის შესაფასებლად.

მეგ-ისა და ეეგ-ის ყოველმხრივი შედარება ჯანმრთელი გამოსაცდელებისათვის ჩატარდა პიუზის მიერ. აღმოჩნდა, რომ რიტმების გარდა, რომლებიც ერთნაირად კარგად იხატება ეეგ-სა და მეგ-ში (ალფა-რიტმები), არსებობს რიტმული რხევების მრავალი კომპონენტი, რომლებიც არ კორელირდება ელექტრულ და მაგნიტურ მონაცემებში. ამით ენცეფალოგრაფია ძლიერ განსხვავდება კარდიოგრაფიისაგან, სადაც ეეგ-სა და მეგ-ს სიგნალებს თითქმის იდენტური აღნაგობა აქვთ და ამიტომ მაგნიტოენცეფალოგრაფია კვლევის ძალიან პერსპექტიულ მეთოდს წარმოადგენს.



სურ. 51. ადამიანის ეეგ-ის და მეგ-ის ერთდროული აღწერა სკვიდის საშუალებით (კოენი 1975).

განვიხილოთ მეგ-ი და ეეგ-ი. ისინი უფრო შესამჩნევია დაბალი სიხშირის აქტიურობისას. სწრაფი და ღრმა ჩასუნთქვების სერიის შემდეგ (ჰიპერვენტილაცია) ენცეფალოგრაფაზე ჩნდება ნელი ტალღები (1-2ჰც), მაგრამ ისინი შეიძლება ჩანდეს ან მხოლოდ ეეგ-ზე, ან მხოლოდ მეგ-ზე, და იშვიათად ორივეზე. იგივე შეიძლება ითქვას ნელ ტალღებზე ძილის დროს. ეს მიუთითებს ტვინში ნელი აქტიურობის რამდენიმე წყაროს არსებობას, რომლებიც ტიპისა და ორიენტა-

ციის განსხვავების გამო სხვადასხვაგვარად გამოიხატებიან მეგ-სა და ეეგ-ში. მეგ-ისა და ეეგ-ის სხვა არაკორელირებადი რიტმია ტეტა-რიტმი (სიხშირე 4-5ჰც), რომლის მაგნიტური კომპონენტა კარგად აქვს გამოხატული მძინარე ადამიანს. გარდა ამისა, დემონსტრირებულ იქნა ძილის დროს თითისტარისებრი აქტიურობის (14-15ჰც) ელექტრული და მაგნიტური გამოვლინების არეულობა. ეეგ-სა და მეგ-ის დროის მიხედვით ერთმანეთს დამთხვეული უბნებიც კი ზოგჯერ მიენერება სხვადასხვა წყაროს, რადგან ამ უბნებს შორის არის დროებითი დაგვიანება, რომელიც ალემატება 20მმ-ს, ანუ წყაროები თანმიმდევრულად მუშაობენ. როგორც წესი ელექტრული სიგნალი უსწრებს მაგნიტურს.

ანალოგიური გაზომვები ჩაუტარდა პაციენტებს ტვინის ფუნქციონირების პათოლოგიური გადახრებით. ზოგადი დასკვნები იგივე იყო, მაგრამ, ამასთან ერთად, ერთ პაციენტს აღმოუჩნდა მაგნიტური ალფა-რიტმის არსებობა ფხიზელ მდგომარეობაში, მაშინ, როცა ეეგ-ზე იგი არ ჩანდა. ეს შევეთრად განსხვავდება ნორმალურ საცდელეებში ალფა-რიტმის თვისებებისაგან, რომლითაც იგი მკაცრად კორელირდება მეგ-ში და ეეგ-ში.

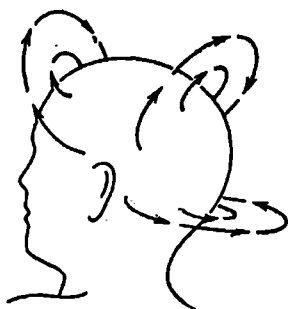
ნერვული აქტიურობის ელექტრული და მაგნიტური გამოვლინებების სხვადასხვაობის არსებობა გვიჩვენებს, რომ არსებობს აქტიურობის გენერატორების მრავალი რიცხვი, რომლებიც მუშაობენ ავტონომიურად, რაც მოსალოდნელი იყო ისეთი ფუნქციონალურად რთული ორგანოსაგან, როგორიც ტვინია.

მეორე მხრივ, ადამიანის ტვინის მიერ წარმოშობილი ყველაზე ძლიერი რიტმული სიგნალი, ენ. ალფა-რიტმი ძლიერად კორელირდება ეეგ-სა და მეგ-ში. ის ვლინდება როგორც რხევა მახასიათებელი რხევით 10ჰც, რომელიც ელექტრული გაზომვისას ყველაზე შესამჩნევია თავის კეფის ნაწილში. ალფა-რიტმი გააჩნიათ მხოლოდ უმაღლეს ქუთუმწოვრებს: ძაღლებს, მაიმუნებს, ადამიანებს და ეს ინვევს განსაკუთრებულ ინტერესს მისი შესწავლისადმი.

ალფა-რიტმი მკაფიოდ გამოხატულია ფხიზელ ტვინში, თუ თვალები დახურულია და ადამიანი მშვიდ მდგომარეობაშია. თვალების გაღება, როგორც წესი აბლოკირებს რიტმს. ანალოგიური ეფექტი მიიღწევა გრძნობის ორგანოებზე ზემოქმედებისას ან რაიმე დავალების მიცემისას.

ენცეფალოგრამის სპექტრის სახე საკმაოდ ინდივიდუალურია და ყოველი ადამიანისათვის სტაბილურია. ალფა-რიტმი ჩვეულებრივად დომინირებს სპექტრში – იგი დაახლოებით ხუთჯერ ალემატება სხვა კომპონენტს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. მაგნიტოგრაფია ცდილობენ გამოიყენონ სწორედ ალფა-აქტიურობის გენერატორის მდებარეობისა და სახის დასადგენად.

კონის პირველივე გაზომვებში მიღებულ იქნა, რომ ალფა-რიტმის მაგნიტური ველის კომპონენტა, თავის ზედაპირის პერპენდიკულარულია, არათანაბრადაა განაწილებული და ძლიერად დასუსტებულია თავის შუა ხაზის გასწვრივ. აქედან გაკეთდა დასკვნა, რომ მაგნიტური ველის ძალოვანი წირების განლაგებას აქვს სურათზე ნაჩვენები სახე, სახელდობრ, ძალოვანი წირები გამოდიან თავის ერთი გვერდითი მხრიდან და მთავრდებიან მეორეში, იცვლიან რა მიმართულებას სანინალმდეგოზე ალფა-რიტმის სიხშირით. შემდგომმა უფრო დანერვილებითმა ექსპერიმენტებმა დაადასტურა ალფა-რიტმის მაგნიტური ველის პერპენდიკულარული მიმართულება ტვინის განივი ღარის მიმართ (ნახევარსფეროების გამყოფი), ხოლო ამ ველის გამომწვევი დენების დინება – მეტწილად ამ ღარის მიმართულებითაა. აგრეთვე ნაჩვენები იქნა, რომ თუ მეგ-ის სიგნალი თავის ერთ მხარეზე ეეგ-ს სიგნალთან ფაზაში იმყოფება, სკვიდ-მაგნიტომეტრის მეორე მხარეზე გადატანის შემდეგ ეეგ-სა და მეგ-ის სიგნალები სანინალმდეგო ფაზაშია.

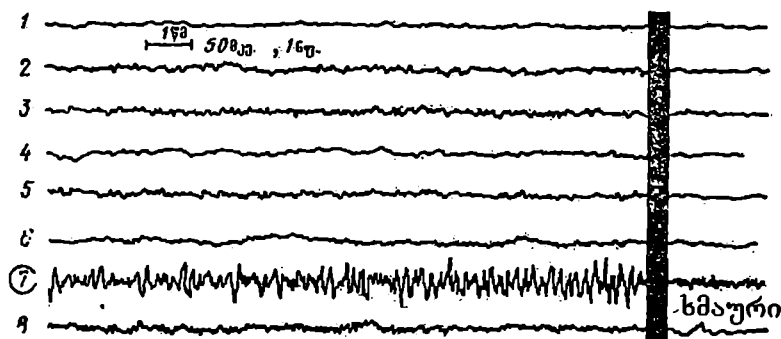
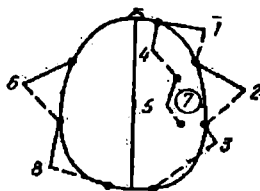


სურ. 52. ტვინის ალფა-რიტმული აქტიურობის მაგნიტური ველის ძალოვანი წირების განაწილება. ველის მიმართულება იცვლება სანინალმდეგოდ 10-ჯერ წამში.

ეპილეფსია. ნორმალური რიტმული აქტიურობის გარდა მაგნიტონეცეფალოგრამაზე შეიძლება გამოჩნდეს ტვინის ზოგიერთი პათოლოგიური გამოვლინებები. განსაკუთრებით ძლიერი მაგნიტური სიგნალები უფრო დიდი ამპლიტუდით, ვიდრე ალფა-რიტმს გააჩნია, შეინიშნება ეპილეფსიით ავადმყოფებში. ეპილეფსია ხასიათდება თავის ტვინის ნეირონების მუშაობის გადამეტებული სინქრონიზაციით, როდესაც მათი ერთდროული ამუშავების შედეგად წარმოიქმნება შედარებით ძლიერი ელექტრული განმუხტვა, რომელიც დროებით არღვევს ცნობიერებას და იწვევს სხვა დარღვევებს კრუნჩხვების ჩათვლით.

უკვე პირველ მაგნიტონეცეფალოგრაფიულ დაკვირვებებში აღწერილია ეპილეფსიით დაავადებულის მაგნიტური სიგნალების გაზომ-

ვა. განსაკუთრებით ფართოდ ეპილეპტიკების კლინიკური კვლევები მაგნიტოენცეფალოგრაფიული მეთოდით ჩაატარეს რომის ბიომაგნიტური ჯგუფის მეცნიერებმა. 1983 წლისათვის მათ გამოიკვლიეს 60-ზე მეტი ადამიანი. რიგ შემთხვევებში მეგ-ის დახმარებით შესაძლებელი ხდებოდა ეპილეპტიკური აქტიურობის აღმოჩენა მაშინაც კი, როცა პარალელურად რეგისტრირებდა ეეგ-ზე არ ჩანდა არავითარი პათოლოგიური გადახრა.



სურ. 53. ეეგ-სა (1-6,8) და მეგ-ს (7) ერთდროული რეგისტრაცია ეპილეპსიური შეტევის დროს. მოცემულ შემთხვევაში დამახასიათებელი ეპილეპსიური აქტიურობა ვლინდება მხოლოდ მაგნიტურ სიგნალში (7). თავის კომპიუტერული რენტგენული ტომოგრამა აჩვენებს, რომ მე-7 ნერტილში, სადაც მაგნიტური ველის რადიალური კომპონენტი გაიზომა, არსებობს კალცინირებული სიმსივნე. ელექტროენცეფალოგრამა გაკეთებული 1-6,8 ნერტილებს შორის სიმსივნეს არ აჩვენებს.

მეგ-ის ღირსებები განსაკუთრებით კარგად გამოვლინდა სიმსივნით გამოწვეული ეპილეპტიკურ კერებზე დაკვირვებისას. ეპილეფსიურ ფოკუსს ხშირად შეესაბამება ტვინის ქსოვილის ესა თუ ის ორგანული დარღვევა – ნაწიბური, სიმსივნე. უკანასკნელს ხშირად თან სდევს კალციუმის მარილების დალექვა, რის გამოც იგი, უპირველეს

ყოვლისა, ადვილად ფიქსირდება კომპიუტერული ტომოგრაფიის მეთოდით, გარდა ამისა, წარმოადგენს ელექტროგამტარობის არაერთგვაროვნებას ელექტრული და მაგნიტური ველების წყაროს რაიონში. წარმოიქმნება ტანგენციალური დენის დიპოლები იმ ადგილას, სადაც ნორმალურ შემთხვევაში იგი არ არის, მაგ. ნახევარსფეროების გარე ზედაპირზე. ველების წყაროს აგებულება შეიძლება ძლიერ განსხვავდებოდეს ჩვეულებრივისაგან. სიმსივნის ირგვლივ არ გამოირიცხება აპიკალური (და სხვა ნებისმიერი) დენდრიტების მოწესრიგება სპირალურ სტრუქტურაში ისეთნაირად, რომ ისინი მისდევნენ ერთმანეთს, როგორც ნაკადი გრიგალის ძაბრში. ამ ძაბრის შიგნით არსებული სიმსივნის სუსტი ელექტროგამტარობისას, მიიღება სწორედ მაგნიტური ველის წყარო, რომლის კომპონენტი, თავის ზედაპირის პერპენდიკულარული, დიდია მხოლოდ ძალიან მცირე უბანში – სიმსივნის ზემოთ, ასეთი ტიპის წყაროს ელექტრული ველი, გაზომილი სკალპის ზედაპირზე, პირიქით ძალიან სუსტია.

იტალიელი მკვლევარების ნაშრომებში მოყვანილი იქნა რიგი მაგალითები, როცა მხოლოდ ერთი სკვიდ-მაგნიტომეტრის გამოყენებით საკმაოდ ზუსტად განისაზღვრა ეპილეპტიკური ფოკუსის ადგილმდებარეობა რეგისტრირებადი მაგნიტური აქტიურობის მაქსიმუმის მიხედვით. იგი, როგორც წესი, ემთხვეოდა კომპიუტერული ტომოგრაფიის მეთოდით მითითებულ ადგილს. ეს იყო მაგნიტომეტრული მეთოდის მნიშვნელოვანი წარატება, რადგან ეპილეპტიკური განმუხტვა – სპორადული მოვლენაა და მისი ზუსტი წინასწარმეტყველება თანამზღებები მაგნიტური ველის სივრცული განაწილებისა და დროებითი სვლის დეტალური ანალიზისათვის ყოველთვის არ არის შესაძლებელი.

გამოწვეული მაგნიტური ველები. ტვინის მაგნიტური ველის კარტირების ამოცანა, ჩატარებული წყაროს ორიენტაციისა და მდებარეობის დასადგენად, არსებითად მარტივდება, თუ გამოსაკვლევ პროცესს გამოვიწვევთ. გამოწვეული სიგნალების ექსპერიმენტალური კვლევა – ეს უფრო რთული ამოცანაა, რადგან სპონტანური რიტმიკისაგან განსხვავებით, მოცემულ შემთხვევაში ცნობილია გარე მიზეზები, რომელიც იწვევს მაგნიტურ ველებს. ელექტრული პოტენციალები და მაგნიტური ველები წარმოიშობა გრძნობათა ორგანოების – მხედველობის, სმენის, შეხების, გემოვნებისა და ყნოსვის გაღიზიანებისას. გრძნობათა ორგანოების სტიმულაციის ხასიათის ვარიაციისას, სხვადასხვა სტიმულის მონაცვლეობისას და ა.შ. შეიძლება მიზანმიმართულად გამოკვლეულ იქნას, სად და როგორ მუშავდება ტვინში მოსული ინფორმაცია. მეორე მხრივ, ეს კვლევები ტექნიკურად უფრო რთულია, რადგან გვყველაზე სუსტია დღესდღეობით დაფიქსირებულ ბიომაგნიტურ სიგნალებს შორის, მაგრამ ისინი წარმო-

ადგენენ ტვინის მუშაობის კვლევის იმდენად მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს, რომ გმე-სთან დაკავშირებული ექსპერიმენტები ბიომანგნიტური კვლევების პირველ ფლანგზეა. ამ გაზომვებში გამოყენებული მაგნიტოგრაფიული მოწყობილობები და ხმაურისაგან დამცავი საშუალებები უკვე საკმაოდ სრულყოფილია და შეიძლება კიდევ გაუმჯობესდეს, რაც ნეირომანგნიტური კვლევების შემდგომი პროცესის იმედს იძლევა.

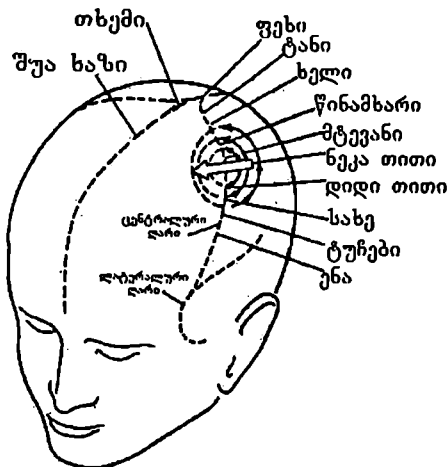
სწორედ გმე-სთან დაკავშირებულმა სამუშაოებმა აჩვენა, რომ მაგნიტური მონაცემები უფრო ინფორმატიულია, ვიდრე ელექტროენცეფალოგრაფიული, რადგან საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად დადგინდეს სიგნალების წყაროების ადგილმდებარეობა და მოხდეს მათი ვექტორული მიმართულების დიფერენცირება. ამის დემონსტრირება მოხერხდა უკვე პირველი თაობის მაგნიტოგრაფიული მოწყობილობის დახმარებით (ერთი მიმღებით). გმე-ს რეგისტრაციის პროცედურა მდგომარეობს გრძნობის ორგანოს განმეორებად სტიმულაციაში (ზოგიერთ ექსპერიმენტში 100-ჯერ ან მეტჯერ) და თავის ზედაპირის ახლოს გარკვეულ წერტილში მაგნიტური ველის გაზომვაში. ველის დამოკიდებულება დროზე ყოველი ცალკეული სტიმულაციისათვის ფიქსირდება, ხოლო შემდგომ კომპიუტერზე წარმოებს სიგნალების შეერთება სტიმულის მოცემის მომენტის შემდგომ დროის შესაბამისი მომენტებისათვის. შედეგად ხმაურები და ტვინის სპონტანური აქტივობის სიგნალები სუსტდება, ხოლო მაგნიტური პასუხი ალგზნებაზე გამოიკვეთება. ამრიგად, გმე-ს შედარებით სუსტი სიგნალები „ხმაურისაგან“ გამოცალკავდება.

პირველ მაგნიტოენცეფალოგრაფიულ ექსპერიმენტებში რთული იყო გმე-ს კარტირება მიღებული სიგნალის სირთულის გამო. ამ სირთულის თავიდან აცილება შეიძლება, თუ შემოვიფარგლებით გმე-ს რომელიმე ერთი კომპონენტის შესწავლით (ტალღა, პიკი) თუ ხერხდება საერთო სიგნალიდან მისი საიმედო გამოყოფა. მაგრამ უფრო ლოკალური მიდგომა გახდა გმე-ს გამოკვლევა მისი პერიოდული გალიზიანებით საკმაოდ მაღალი სიხშირით – ამ მეთოდმა ფართო გამოყენება პპოვა ნიუ-იორკის ბიომანგნიტურ ლაბორატორიაში. ხანგრძლივი დროის განმავლობაში რამდენიმე პერცი სიხშირით სტიმულაციისას ტვინის რეაქცია ძლიერად მარტივდება და წარმოადგენს უბრალოდ პერიოდულ რხევას, რომალიც დამოკიდებულია სტიმულაციის სიხშირესა ან მის პარმონიკაზე.

ამგვარი გამლიზიანებლები არ არის დამახასიათებელი ბიოლოგიური ობიექტების გარემოსათვის, მაგრამ პერიოდულ სტიმულზე გამონეული პასუხის კვლევა, უდაოდ, გამოხატავს გარეთა სიგნალების აღქმის პროცესის ზოგიერთ მხარეს, მაგალითად, მიუთითებს ტვინის უბანს, სადაც მოდის ინფორმაცია გალიზიანებაზე და მისი დამუშავე-

ბის ხასიათზე. პერიოდული გმვ უფრო ადვილია გამოსაკვლევად, რადგან გაზომვები ხდება ერთ სიხშირეზე (და პარმონიკაზე), ამიტომ მიღების ზოლის შევიწროებით შეიძლება კარგი გამოსავლის მიღება ისეთი სუსტი სიგნალისათვის, როგორიც გმვ-ა.

სწორედ პერიოდული გმვ-სათვის მოხერხდა პირველად მაგნიტური ველის განაწილების რუკის აწყობა, რაც წყაროს მდებარეობის დადგენის საშუალებას იძლევა. ადამიანის ნეკა თითზე ტარდებოდა დენის იმპულსები მბ პიკური ამპლიტუდით, მწმ ხანგრძლივობით და მპც სიხშირით, და რეგისტრირდებოდა ტვინის მაგნიტური პასუხი ამ სიხშირეზე. იგი აღმოჩენილ იქნა დიდი ნახევარსფეროების ცენტრალური (როლანდის) ღარის ახლოს – მარცხენა მხრივ, თუ ალიზიანებდნენ მარჯვენა ნეკა თითს, და პირიქით. ეს შეესაბამება ნორმალურ კავშირებს ტვინის ნახევარსფეროებსა და სხეულის მხარეებს შორის. შეიძლებოდა მაგნიტური ველის ძალწირების გამოსვლისა და შესვლის ადგილების ზუსტი განსაზღვრა, ამასთან ველის სახე შეესაბამებოდა დენის დიპოლის ველს, რომელიც პერპენდიკულარული იყო ცენტრალური ღარისადმი.



სურ. 54. თავის ტვინის ქერქში მარჯვენა ხელის ნეკის გალიზიანებით გამოწვეული დენის დიპოლის განლაგება და მიმართულება. მოყვანილია აგრეთვე სხეულის სხვადასხვა ნაწილის მგრძნობიარე რეცეპტორების პროექციული ზონები.

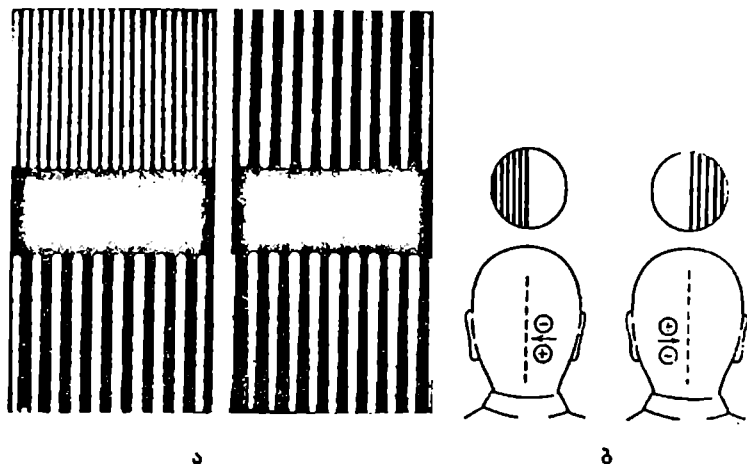
გმვ-ს გენერატორები იმყოფებიან თავის ტვინის ქერქში გრძნობათა ორგანოების ე.წ. პროექციულ ზონებში, რომელთა ადგილმდებარეობა დადგენილ იქნა ნეიროფიზიოლოგების მიერ ქირურგიული მეთოდების დახმარებით. სურათზე ნაჩვენებია ადამიანის სხეულის

გრძნობითი რეცეპტორების სხვადასხვა ნაწილების თანმიმდევრობითი წარმომადგენლობა ტვინის ხვეულზე, რომელიც ცენტრალური ღარის უკან ძევს. მაგნიტოგრაფია შესაძლებლობას იძლევა ოპერაციული ჩარევის გარეშე განისაზღვროს პროექციული ზონების განლაგება ცენტრალური ღარების გასწვრივ. მაგალითად, აღწერილ ექსპერიმენტებში მიღებულ იქნა, რომ დენის დიპოლი, რომელიც ხულის დიდი თითის გაღიზიანებისას ჩნდება, განლაგებული იყო ნეკა თითის დიპოლზე 2 სმ-ით ქვემოთ. მოგვიანებით გმვ-ს გაზომვებმა დიდი და საჩვენებელი თითის, ნეკისა და იდაყვის გაღიზიანებისას, სრულიად დაადასტურა შესაბამისობა ნეირომაგნიტური გაზომვების მონაცემებსა და სომატოსენსორული „კომუნკულუსის“ სახეს, ანუ ტვინის უკანა ცენტრალურ ხვეულზე ადამიანის სხეულის პროექციას შორის.

ციმერმანის ლაბორატორიაში ჩატარდა გმვ-ს ამპლიტუდების დამოკიდებულება ბგერითი სტიმულის ინტენსიობასა და ხასიათზე. გამოვლინდა, რომ გმვ-ს ამპლიტუდა მაქსიმალურია სუფთა ტონებისათვის, დაბალია თეთრი (ყველა ტონის შემცველი) ხმაურისათვის და მინიმალურია ტკაცუნისათვის.

რომანის მიერ ჩატარდა ადამიანის პერიოდული გმვ-ს პირველი შედარება ძილსა და ფხიზელ მდგომარეობაში. ფხიზელი ადამიანისათვის პერიოდულ ტკაცუნზე გამოძახილის ამპლიტუდა იზრდება 10-დან 40 ფტლ-მდე სიხშირის 4-დან 40ჰც-მდე გაზრდისას. ამ დამოკიდებულების ხასიათი რადიკალურად იცვლება ძილის დროს: გმვ ძალიან მცირეა (10ფტლ-ზე ნაკლები) 15ჰც სიხშირისათვის, მაგრამ მკვეთრად იზრდება (50 ფტლ-მდე) სიხშირის დაწვეისას. აუტორები ამ ფაქტს უკავშირებენ ადამიანის (და ცხოველების) შეგუებით თვისებას, არ შეამჩნიოს ძილში მაღალი სიხშირის მონოტონური ხმაური, მაგრამ „ფრთხილად იყოს“ იშვიათი მკვეთრი ბგერების მიმართ.

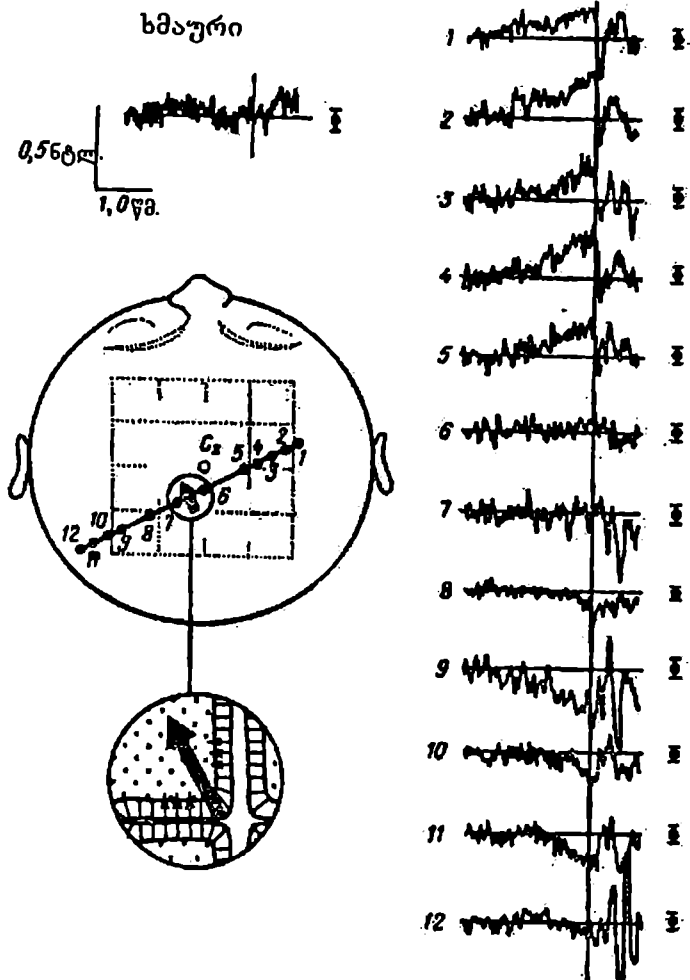
ნიუ-იორკის ნეირომაგნიტურ ლაბორატორიაში შესწავლილ იქნა მხედველობითი აღქმა და მასთან დაკავშირებული გმვ. ადამიანის მხედველობა მოწყობილია ისე, რომ ყოველი ნახევარსფერო დაკავშირებულია ორივე თვალთან, მაგრამ მარჯვენა ნახევარსფეროში მიდის გამოსახულება ყოველი თვალის მხედველობის არის მარცხენა ნახევრიდან, ხოლო მარცხენაში – მარჯვენა ნახევრიდან. ამიტომ გალია-სტიმულის მხედველობის არის მხოლოდ ერთ არეში მოთავსებისას, შეიძლება მიღებულ იქნას გამოძახილი ერთ-ერთ ნახევარსფეროში. სურათზე ნაჩვენებია დენის დიპოლების წარმოშობის ადგილი მხედველობის არის ნახევრის ცალკე გაღიზიანებისას: დიპოლები მოთავსებულია თავის კეფის ნაწილში მხედველობითი ანალიზატორების პროექციული ზონების განლაგების შესაბამისად. დიპოლებს შეესაბამება გმვ.



სურ. 55. ა. მხედველობითი სტიმული, რომელიც გამოიყენება ტვინის გამწვანებული მაგნიტური ველების გამოსაკვლევად. მარცხნივ ნაჩვენებია გალიები ორჯერ განსხვავებული სივრცული სიხშირით. მარჯვნივ ნაჩვენებია გალიის ცვლილება კონტრასტის მოქცევის მეთოდით, როდესაც ნახევარპერიოდის განმავლობაში ნათელი ზოლი ბნელ ზოლად იცვლება და პირიქით, რითაც დაძრავს სურათს ნახევარი ტალღით; ბ. ტვინის მარჯვენა და მარცხენა ნახევარსფეროებში წარმოქმნილი დენის დიპოლების განლაგება გამოსახულების წარდგენისას შესაბამისად მხედველობის მარჯვენა და მარცხენა ნახევარში.

მოვლენასთან დაკავშირებული ველი. განვიხილოთ მოვლენასთან დაკავშირებული ელექტრული და მაგნიტური სიგნალები. ელექტროენცეფალოგრაფიულად გამოყოფილია რიგი ასეთი მოვლენები, ე.წ. მზადყოფნის პოტენციალი ვლინდება დაახლოებით წამით ადრე, სანამ ადამიანი აპირებს შესასრულოს რაიმე მოქმედება თავისი სურვილით. მოტორული პოტენციალი იქმნება დაახლოებით 100მმწმ-ით ადრე რაიმე მოძრაობის შესრულებამდე. თუ ადამიანი აპირებს უპასუხოს მოქმედებით რომელიმე მოსალოდნელ სტიმულს, წარმოიშობა ე.წ. პირობითი ნეგატიური ტალღა. ყოველ ამ ელექტრულ სიგნალს სკალპის ზედაპირზე გააჩნია თავისი ტოპოგრაფია და დროული სვლა, რაც მათი იდენტიფიცირების საშუალებას იძლევა. მაგნიტოგრაფიამ აღმოაჩინა ამ სიგნალების ანალოგი, ანუ მოვლენასთან დაკავშირებული მაგნიტური ველები, და დაადგინა მათი წყაროების ადგილმდებარეობა. პარის და სხვ. შრომაში (1983) იზომებოდა მარჯვენა ტერფის უნებლიე მოძრაობის წინმსწრები მაგნიტური სიგნალი, რო-

მელიც მოძრაობის დაწყებამდე 1 წამით ადრე ვლინდებოდა თავის ნათხემის არეში.



სურ. 56. თავის ზედაპირის სხვადასხვა წერტილზე (1-12) რეგისტრირებული მაგნიტური სიგნალები მარჯვენა ფეხის ძირის მოძრაობის დაწყების წინ. ველის რადიალური კომპონენტის განაწილება მიუთითებს წყაროზე დენის დიპოლის სახით ცენტრალური ღარის სიგრძეში გადასვლის ადგილზე.

როგორც სხვა მრავალ ნეირომაგნიტურ გამოკვლევებში, თავის ზედაპირისადმი ნორმალური მაგნიტური ველის პოლარობები ურ-

თიერთსაწინააღმდეგო იყო გარკვეული წერტილის ორივე მხრიდან, რაც ინტერპრეტირდება, როგორც დიპოლური დენის ველი, რომელიც ამ წერტილის ქვემოთაა განლაგებული. დიპოლის მიმართულება წარმოშობდა გარკვეულ კუთხეს თავის შუა ხაზთან, რაც ადასტურებს, რომ დიპოლი წარმოადგენს ცენტრალური ღარის სიგრძეში გადასვლის ადგილას არსებული აპიკალური დენდრიტების აქტიურობით წარმოშობილი დიპოლების ჯამს. ეს უბანი შეესაბამება ტერფის წარმომადგენლობას ტვინის მოტორულ ქერქში. ანალოგიური შედეგები მიიღეს საჩვენებელი თითის უნებლიე მოძრაობისას. აღმოჩენილი დიპოლი ისევ განლაგებული იყო ცენტრალური ღარის შესაბამის უბანზე.

მსგავსი ექსპერიმენტები ჩატარდა კანადელი მეცნიერების მიერ. მათ აღმოაჩინეს წყარო, რომელიც წარმოიშობოდა მარჯვენა ფეხის მოძრაობის დაწყების სურვილის დროს, რომელიც თავის შუა ხაზისადმი კუთხით იყო განლაგებული, იგივე (ან ძალიან ახლობელი) წყარო მოქმედებდა მარჯვენა ხელის თითების რთული მოძრაობის წინ – მათი მონაცვლეობითი მოხრისას გარკვეული წესით. ამ ადგილას აქტიურობა იქმნებოდა ხელის მტევნის წარმომადგენლობის პირველად ზონაში აქტიურობასთან ერთად, რის გამოც ავტორებმა დაასკვნეს, რომ კიდურების ნებელობითი მოძრაობის განხორციელებაში მონაწილეობას ღებულობენ პირველადი და მეორადი მოტორული ზონები, ამასთან უკანასკნელის აქტივაცია ძლიერდება სავარაუდო მოქმედების სახეობის გართულებით.

ვაინბერგმა და თანამშრომლებმა (1983) გაზომეს გამოსაცდელის მიერ მოცემულ ასოზე დაწყებული ნებისმიერი სიტყვის სპონტანური წარმოთქმის წინმსწრები მაგნიტური ველი. აღმოჩნდა, რომ წარმოთქმის მზადყოფნის მაგნიტურ ველს გააჩნია ბროკას უბანში (ცენტრალური ხვეულის რამდენადმე წინ ტუჩის წარმომადგენლობის დონეზე) არსებული დენის დიპოლის შესაბამისი კონფიგურაცია. ეს უბანი მარცხენა ნახევარსფეროში ითვლება მეტყველების მოტორულ ცენტრად მემარჯვენეებში. შრომის ავტორები თვლიან, რომ მაგნიტოგრაფიულ მეთოდს შეიძლება ჰქონდეს კლინიკური გამოყენება აუცილებელ შემთხვევაში მეტყველების ცენტრის განსასაზღვრავად, განსაკუთრებით მემარცხენეებში.

ნეირომაგნიტურმა კვლევებმა გამოწვეული მაგნიტური ველებით მოგვცა დღესდღეობით ყველაზე ფართო მასალა, რომელიც სკვიდ-მაგნიტოგრაფიის შესაძლებლობების შეფასების საშუალებას იძლევა. მაგნიტოენცეფალოგრაფია წარმოადგენს დანამატს ელექტროგრაფიული მეთოდებისა, რომლებშიც შედის გაზომვა ტვინში ჩანერგილი ელექტროდებით და ელექტროენცეფალოგრაფია თავის ზედაპირიდან. ჩანერგილი ელექტროდების ტექნიკას არ გააჩნია მობილუ-

რობა და გამოიყენება შემთხვევათა შეზღუდულ რიცხვში, ხოლო ეგ-ს ეფექტურობა მცირეა წყაროების გამოყოფის სირთულეებთან დაკავშირებით. ქალასა და სკალპის გავლენა ინვევს იმას, რომ ზედაპირული გამოწვეული ელექტრული პოტენციალები ხდება მრავალი წყაროს მოქმედების შედეგი, მათ შორის რეგისტრაციის ადგილიდან ძლიერად დაშორებულის და გამოსაკვლევ პროცესთან კავშირის არმქონის. გამოწვეული მაგნიტური ველი პირიქით გამოხატავს ტვინის ქერქში მიმდების ახლოს განლაგებული წყაროს აქტიურობას.

ბიომაგნიტოგრაფიის ტექნიკური მხარე ჯერ კიდევ ტოვებს პროგრესის შესაძლებლობას, რომლის მთავარი მიზანი იქნება: მაგნიტოგრაფიაში ყველაზე სრულყოფილი სკვიდების გამოყენება, რომელთა მგრძნობელობა კვანტურ ზღვარს უახლოვდება, მაგნიტომეტრული კონსტრუქციების შექმნა, რომლებიც ყველაზე მისაღები იქნება მასიური გამოყენებისათვის. მაგნიტური ხმაურისაგან თავდაცვის (ეკრანირების) იაფი მეთოდების შექმნა, მრავალნერტილიანი (მრავალარხიანი) სკვიდ-მაგნიტომეტრების შექმნა, რომლებიც არსებითად გააუმჯობესებენ ისეთი რთული ობიექტის მაგნიტური ველების გამოკვლევის საკითხს, როგორიცაა ადამიანის ტვინი.

დღესდღეობით უკვე ეჭვს არ ინვევს ის ფაქტი, რომ ბიოლოგიური ობიექტები წარმოადგენენ არა მარტო სხვადასხვა დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს, არამედ მათდამი მეტად მგრძნობიარე დეტექტორებს. მაგალითად, დადგინდა, რომ ერთუჯრედიანი ორგანიზმები – ევგლენები ორიენტირდებიან ელექტრომაგნიტური ველის ძალწირების მიმართულებით.

ზოოლოგებისათვის ეჭვს არ ინვევს, რომ ზოგიერთ ცხოველსა და ფრინველს გააჩნია ე.წ. ბიოლოგიური კომპასი, კერძოდ, სივრცეში ორიენტაციის უნარი დედამიწის გეომაგნიტური ძალწირების მეშვეობით. ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების მიმართ მეტად მგრძნობიარენი არიან უმაღლესი ორგანიზმებიც. მრავალწლიანი სტატისტიკური კვლევა ამტკიცებს, რომ ადამიანები მეტად მგრძნობიარენი არიან დედამიწის მაგნიტური ველის ცვლილებების მიმართ, რაზეც მეტყველებს კორელაციები ერთი მხრივ მაგნიტურ ქარიშხლებსა და მეორე მხრივ სხვადასხვა დაავადებებს შორის: მაგ. ინფექციური ეპიდემიები, ნერვული და ფსიქიკური დაავადებები, გულსისძარღვთა დაავადებები. დღესდღეობით აქტიურად შეისწავლება პიპერ- და პიპომაგნიტური ველების ცოცხალ ორგანიზმზე გავლენა, აგრეთვე ქსელის სიხშირისა და საერთოდ ტექნოგენური წარმოშობის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება ადამიანზე.

აქტიურად მიმდინარეობს ბიოლოგიურ ობიექტებს შორის დისტანტური ურთიერთქმედებების კვლევაც. უკანასკნელი ორი ათწლეულის განმავლობაში ჩამოყალიბდა დამოუკიდებელი საბუნებისმეტყველო დის-

ციპლინის სახით, რომელსაც საყოველთაოდ აღიარებული სახელწოდება დღესაც არ გააჩნია. იგი შეისწავლის ურთიერთქმედების პრინციპებსა და მისი რეალიზაციის კონკრეტულ მექანიზმებს შემდეგ სისტემებში: ადამიანი – უჯრედული კულტურა, ადამიანი – მცენარე, ადამიანი – ცხოველი, მცენარე – მცენარე და ა.შ. ამ ტიპის კვლევების მეთოდური ბაზა დღეისათვის საკმაოდ შეზღუდულია. გარდა ბიოლოგიური დეტექტორებისა გარკვეული წარმატებით გამოიყენება კვლევის ელექტროფიზიოლოგიური მეთოდები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი გახდა მცენარეებსა და ცხოველებში ინდივიდის დისტანციური ზემოქმედებით ინდუცირებული ბიოელექტრული აქტივობის დაფიქსირება და მისი კვლევა. მნიშვნელოვანი შედეგებია დაფიქსირებული ფოტოელექტრონული გამზრავლებლების, აურომეტრებისა და მაგნიტომეტრების გამოყენებით. ამ ტიპის დეტექტორები მეტად მგრძნობიარენი არიან მცირე ინტენსიობის ელექტრომაგნიტური და აკუსტიკური გამოსხივების მიმართ. ჩატარებულ ცდებში ცალსახად დადგინდა ინდივიდებსა და ბიოლოგიურ სისტემებს შორის დისტანტური ურთიერთქმედებების ფაქტი, მაგრამ მათი აღწერა და ინტერპრეტაცია თანამედროვე წარმოდგენების ფარგლებში გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული – პირველ რიგში ინფორმაციის გადამტანი ფაქტორის (გამოსხივება, ველი, ელემენტარული ნაწილაკები) იდენტიფიკაციასთან. მხოლოდ ელექტრომაგნიტური კონცეფციის ფარგლებში ძნელია მიეცეს კორექტული ინტერპრეტაცია ექსპერიმენტებს, რომლებშიც შეისწავლებოდა დისტანტური ზემოქმედების კანონზომიერებანი ეკრანირებულ გარემოში. აქ შეიძლება გავიხსენოთ ცნობილი ექსპერიმენტი, რომელიც ჩაატარა ამერიკის თავდაცვის სამინისტრომ წყალქვეშა გემ „ნაუტილუსზე“. ეს იყო ხანგრძლივი ცდები აზრების გადაცემისა ერთი ადამიანისაგან, რომელიც ხმელეთზე იმყოფებოდა, მეორე ადამიანამდე, რომელიც წყალქვეშა ნავ „ნაუტილუსში“ იყო. აღმოჩნდა, რომ ტელეპათიური სიგნალები მსჭვალავდა ნავის კორპუსს, რომელმაც ვერ მოახდინა მათი ეკრანირება, რაც უნდა მომხდარიყო ელექტრომაგნიტური ტალღების შემთხვევაში. დიდ სირთულეებს აწყდება აგრეთვე დისტანტური ზემოქმედების შერჩევითი ფოკუსირების ფენომენის ახსნა.

მიუხედავად ამ სირთულეებისა უკვე წარმოდგენილი ექსპერიმენტული მასალა თვალნათლით წარმოაჩენს ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებების მნიშვნელოვან როლს ბიოლოგიური სისტემების ფუნქციონირების რეგულაციაში. ეს კი მოსახლეობის ურბანიზაციისა და ეკოლოგიური დესტაბილიზაციის თანამედროვე ტემპების ფონზე მეტ აქტუალობას სძენს ანტროპოგენული წარმოშობის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მნიშვნელობის გარკვევას პათოლოგიური პროცესების ჩასახვასა და მის განვითარებაში.

ნუკლეინმჟავებისა და ცილების ანომალური მაგნიტური თვისებები

§1. ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსი

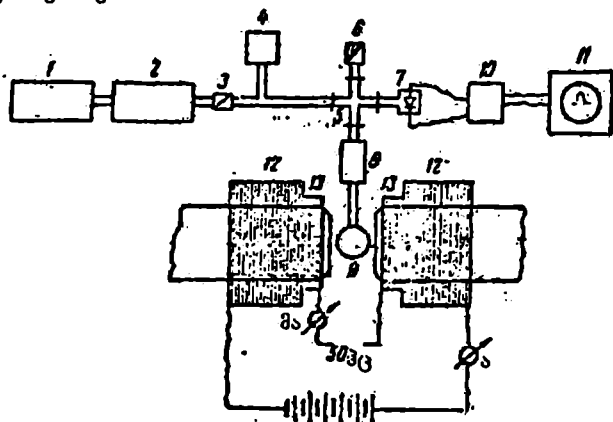
ადრე ითვლებოდა, რომ მაგნეტიზმი შესაძლებელია მხოლოდ კრისტალურ ნივთიერებებში, რომლებიც შეიცავენ მეტალს, მაგ. რკინას, ნიკელს, კობალტს თავისუფალი გაუწყვილებელი ელექტრონებით. მეტალების ამ თვისებას უწოდებენ ფერომაგნიტურს. ფერომაგნეტიზმი – ძლიერმაგნიტური ნივთიერებების ჯგუფისათვის დამახასიათებელი მაგნიტური მოვლენებისა და თვისებების ერთობლიობაა, ამ ნივთიერებებს ფერომაგნეტიკები ეწოდება. მათთვის დამახასიათებელია ძლიერი დამაგნიტების თვისება თუნდაც სუსტ მაგნიტურ ველში, ძლიერი მაგნიტური შეღწევადობა და პისტერეზისი. თვლიდნენ, რომ ორგანიზმის ცოცხალი ქსოვილებისათვის არ არის დამახასიათებელი მაგნიტური თვისებები, მაგრამ 1959 წელს მოსკოვის ქიმიური ფიზიკის ინსტიტუტში მეცნიერთა ჯგუფმა ლ. ბლიუმენფელის ხელმძღვანელობით დაადგინა, რომ ცილის მოლეკულაშიც ქიმიური რეაქციის დროს ჩნდება გაუწყვილებელი ელექტრონები. ჩნდება ისინი დეზოქსირბონუკლეინმჟავაში, ნივთიერებაში, რომლისგანაც ფორმირდება უჯრედის ბირთვი. ეს განაპირობებს ბიოპოლიმერების მაგნიტურ თვისებებს.

ბიოპოლიმერების მაგნიტური თვისებების კვლევა მიმდინარეობდა ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) მეთოდით. ეპრ-ი არის ელექტრომაგნიტური ენერგიის რეზონანსული შთანთქმა სანტიმეტრულ და მილიმეტრულ დიაპაზონში ნივთიერებების მიერ, რომლებიც შეიცავენ პარამაგნიტურ (ან ფერომაგნიტურ) ნაწილაკებს. ეპრ-ი რადიოსპექტროსკოპიის ერთ-ერთი მეთოდია. პარამაგნიტური ნაწილაკები შეიძლება იყოს ატომები და მოლეკულები, როგორც წესი გაუწყვილებელი ელექტრონებით. მაგ.: აზოტისა და წყალბადის ატომები, No მოლეკულა, თავისუფალი რადიოკალები (CH_3), იონები, ნაწილობრივ შეუვსებელი ელექტრონული ორბიტებით. შეღებვის ცენტრი კრისტალებში, მინარევი ატომები (მაგ: დონორები ნახევარ გამტარებში), გამტარობის ელექტრონები მეტალებსა და ნახევარგამტარებში.

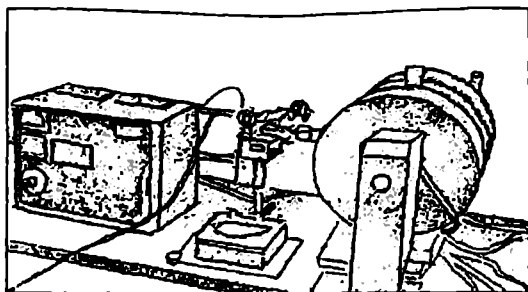
პარამაგნიტურ ნაწილაკებზე სტატიკური მაგნიტური ველის H ზემოქმედების დროს, ამ H ველის მიმართ მაგნიტური მომენტის სხვადასხვა ორიენტაციის უნარის გამო პარამაგნიტური ნაწილაკების ძი-

რითადი ენერგეტიკული დონე იხლიჩება რიგ ზეემანის ქვედონეებად, რომელთა შორის კვანტური გადასვლები ცვლადი მაგნიტური ველის ზეგავლენით იწვევს ერთი ან რამდენიმე რეზონანსული ხაზის გაჩენას.

შთანთქმის გაზომვისათვის იყენებენ რადიოსპექტრომეტრებს, რომლებშიც მუდმივი სიხშირისა და ნელა ცვლადი გარე მაგნიტური ველის ზემოქმედების დროს რეგისტრირდება საკვლევი ნივთიერების მიერ შთანთქმული სიმძლავრე. ნივთიერება რეზონანტორშია მოთავსებული, რომელიც ელექტრომაგნიტის პოლუსებს შორის არის მოქცეული. კლისტრონი გამოასხივებს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რომელიც გაივლის რეზონანტორში და კრისტალურ დეტექტორს ხვდება. შთანთქმულ ნივთიერებაში შეცვლილი სიმძლავრე იზომება დეტექტორის დენის შეცვლის მიხედვით. დენი მიეწოდება მარეგისტრირებელ ხელსაწყოს (ოსცილოგრაფი). სიგნალს მრუდის წარმოებულის ფორმა აქვს. ეპრ-ი 1944 წელს აღმოაჩინა საბჭოთა ფიზიკოსმა ე. ზავისკიმ.

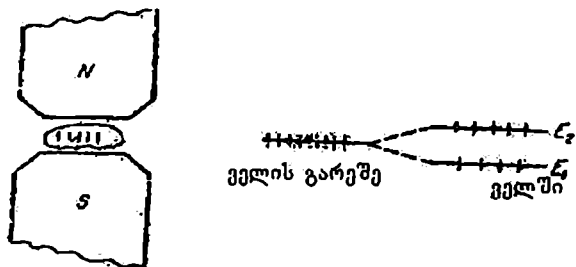


სურ. 57. ეპრ-სპექტრომეტრის ბლოკ-სქემა: 1. კლისტრონი, 2. მხარი, 3. ატენიუატორი, 4. ვოლნომეტრი, 5. სამეული, 6. დატვირთვა, 7. ნახევარგამტარული დეტექტორი, 8. ტრანსფორმატორი, 9. მოცულობითი რეზონატორი, 10. დაბალი სიხშირის გამაძლიერებელი, 11. ოსცილოგრაფი, 12. ელექტრომაგნიტის პოლუსები, 13. მოდულაციური კოჭა.



სურ. 58. ეპრ-სპექტრომეტრი.

მაგნიტურ რეზონანსს ახასიათებს ზოგიერთი თავისებურება. გარე მაგნიტური ველის არარსებობისას პარამაგნეტიკების ატომების ენერგეტიკული დონეები ერთ მთლიანობაშია შერწყმული, მაგრამ როცა ნივთიერება თავსდება მუდმივ მაგნიტურ ველში, ენერგეტიკული დონე იხლიჩება რამდენიმე ახლომდებარე ქვედონეებად. თუკი ახლა მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობის ვექტორის პერპენდიკულარულად დავადებთ ცვლად რადიოსიხშირის ველს, პარამაგნეტიკის ატომები შეძლებენ შთანთქან რადიოტალლის მაგნიტური შემადგენლის ენერგია. მაგრამ ისევე როგორც სხვა შემთხვევებში, აქ შთანთქმას აქვს რეზონანსული ხასიათი - შთაინთქმება მხოლოდ იმ სიხშირის ტალღები, რომელთა ენერგიის კვანტები უტოლდება ენერგეტიკულ ქვედონეებს შორის მანძილს. მიიღებს რა ასეთი ტალღის ენერგიას, ატომი გადასტემა ქვედა ქვედონიდან ერთ-ერთ ზედაზე.



სურ. 59. ნიშნის თავისუფალი ელექტრონები.

ენერგიებს შორის სხვაობა $DE = F_2 - F_1 = g\mu_B H$. g - ფაქტორი არის ნიშნულში გაუნწყვილებელი ელექტრონის მაგნიტური მახასიათებელი და თავისუფალი ელექტრონისათვის $g=2$.

ატომის ქვედონეებს შორის მანძილი დამოკიდებულია გარეთა მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობაზე. ამიტომ რეზონანსული შთანთქმის მიღწევა შეიძლება ორი მეთოდით: ან გენერატორის რადიოტალღების სიხშირის ცვლითა და გარეთა მაგნიტური ველის მუდმივი დაძაბულობის შენარჩუნებით (ანუ ენერგეტიკულ ქვედონეებს შორის მანძილის), ან პირიქით, მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობის ცვლითა და რადიოტალღების სიხშირის უცვლელად შენარჩუნებით. იმ მომენტში, როცა ატომის ენერგეტიკულ ქვედონეებს შორის მანძილი, რომელიც იზრდება მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობის გადიდების გამო, გაუტოლდება რადიოტალღის ენერგიის კვანტის სიდიდეს, მოხდება რეზონანსული შთანთქმა ექსპერიმენტალური თვალსაზრისით მეორე მეთოდი უფრო მარტივია, რადგან მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობის ცვლისათვის სამკარისია შეიცვალოს ელექტრომაგნიტის ხვეულებში მიმდინარე დენის ძალა. ელექტრომაგნიტური $h\nu$ ტალღის კვანტის ენერგია უდრის ენერგეტიკული დონეების სხვაობას $h\nu = E_B H$. სიხშირის მოცემული მნიშვნელობისათვის ν შთანთქმის ხაზის მდგომარეობა განისაზღვრება ობიექტის მაგნიტური მახასიათებლით – სიდიდით g . g მნიშვნელოვანი სიდიდეა რიცხობრივად უდრის ელექტრონის საკუთარი მაგნიტური მომენტის ურთიერთობის მის მექანიკურ მომენტთან. როცა ძაბვა $H=3300$ ერს შთანთქმის ზოლი ხვდება სიხშირის უბანში ანუ სპექტრის მიკროტალღურ უბანში, სადაც λ ატომური მაგნეტიზმის ერთეულია, h ელექტრომაგნიტური კვანტის ენერგია.

$$\nu = \frac{g \beta H}{h} = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 10^{-20} \cdot 3300}{6,62 \cdot 10^{-27}} \approx 9 \cdot 10^9 \quad \lambda_{\text{კვ}}=3,3 \text{ სმ, ანუ სპექტრის}$$

მიკროტალღური უბანი.

ე. ზავოისკის მიერ გაკეთებული აღმოჩენა უმნიშვნელოვანესი მოვლენაა XX საუკუნის ფიზიკაში. ძნელია ეპრის მნიშვნელობის გადაჭარბებით შეფასება. 40-იანი წლების ბოლოდან დაიწყო ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის ღრმა და ყოველმხრივი შესწავლა როგორც კაზანში, სადაც აღმოჩენის ავტორმა შექმნა ფიზიკოსების ძლიერი სამეცნიერო სკოლა, ისე მსოფლიოს მრავალ ლაბორატორიაში. მალე საკვლევი ობიექტების წრე არაჩვეულებრივად გაფართოვდა და დღესდღეობით მოიცვა პარამაგნიტური ცენტრების შემცველი ყველა შესაძლო ნივთიერების ტიპი. იონური კრისტალები და მინები, თავისუფალი რადიკალები და შიგაკომპლექსური შენაერთები, მეტალები და ნახევარგამტარები, თხევადი ხსნარები და აირები. და ბოლოს სხვადასხვა ხარისხის სირთულის ბიოქიმიური ობიექ-

ტები - ასეთია დღეს ეპრ-ით საკვლევი ნივითერებების დიაპაზონი. ეპრ-ის სპექტრის ძირითადი პარამეტრები - სიგნალის მდგომარეობა (გ - ფაქტორი) და მისი ანიზოტროპია, სიგნალის ამპლიტუდა ან ინტენსიობა. ხაზების სიგანე და ფორმა, რელაქსაციის დრო. სპექტრის ნატიფი და ზენატიფი სტრუქტურა იძლევა ნივითერებათა სტრუქტურის მრავალი ფაქტიზი დეტალის გარკვევის შესაძლებლობას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გ ფაქტორი და ზენატიფი სტრუქტურა (ზნს), რომლებიც თავისუფალი რადიკალებისა და სხვა პარამაგნიტური ცენტრების იდენტიფიკაციის საშუალებას იძლევა ამასთან, ეპრ-ის აღმოჩენა, გახდა არსებითად რადიოსპექტროსკოპიის აღმოჩენა, რომელშიც ეპრ-ი მუდამ რჩება პირველ და უმნიშვნელოვანეს თავად. ე. ზავოისკის პიონერულმა შრომებმა პარამაგნეტიზმის სფეროში, მნიშვნელოვანწილად სტიმული მისცა ისეთი ეფექტების აღმოჩენას, როგორიცაა ბირთვულ-მაგნიტური, ფერომაგნიტური, ანტიფერომაგნიტური, ბირთვულ-კვადრუპოლური რეზონანსები, მაგნიტური აკუსტიკური რეზონანსი.

ეპრ-ის გახსნის წინა ისტორია ამგვარია. 1936 წლიდან ფიზიკოსების პოლანდიური სკოლა ჰორტერის ხელმძღვანელობით გაძლიერებულიად სწავლობდა პარამაგნიტურ შთანთქმას პარალელურ და პერპენდიკულარულ ველებში. ნათელი იყო, რომ მუდმივი და ცვლადი მაგნიტური ველების ურთიერთპერპენდიკულარული განლაგებისას შთანთქმას აქვს რეზონანსული ხასიათი. მაგრამ, მიუხედავად მრავალრიცხოვანი ცდებისა ექსპერიმენტალურად დაედგინა პარამაგნიტური შთანთქმის რეზონანსული ბუნება, ჰორტერმა ეს ვერ შეძლო. წარუმატებლობის მიზეზი იყო პირველ რიგში ის, რომ ჰორტერი აწარმოებდა თავის კვლევებს 100მჰც-ზე დაბალ სიხშირეებზე. გარდა ამისა ჰორტერი ხმარობდა პარამაგნეტიკების მიერ შთანთქმული ენერგიის გაზომვის ნაკლებმგრძნობიარე პირდაპირ კალორიმეტრულ მეთოდს. ჰორტერის იდეა გამოიყენა რაბიმ. მან შეიმუშავა ბირთვული მაგნიტური მომენტის განსაზღვრის მეთოდი მოლეკულურ კონებში, რომელიც ეყარებოდა სპინის ორიენტაციის ცვლილებას მაგნიტური რეზონანსის პირობებში. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდი რთულია და გააჩნია გამოყენების შეზღუდული სფერო.

ე. ზავოისკიმ შეძლო ცვლადი მაგნიტური ველის სიხშირის დიაპაზონის მნიშვნელოვანი გაფართოება, და რაც მთავარია, შეიმუშავა პარამაგნიტური შთანთქმის შესწავლის ახალი მაღალმგრძნობიარე მეთოდები. მან უარყო კალორიმეტრიული მეთოდი და გადავიდა პარამაგნეტიკში გაბნეული ენერგიის გაზომვის ირიბ ელექტრულ მეთოდებზე. გენერატორზე რეაქციის გამოყენებული მეთოდის სიმარტივემ და მგრძნობელობამ, მისმა სრულყოფამ ცვლადი მაგნიტური ველის მოდულაციის გამოყენებით, საქმის წარმატება უზრუნველყო.

შედგად არა მარტო გაიხსნა პარამაგნიტური რეზონანსული შთანთქმის მოვლენა, არამედ მნიშვნელოვნად გაფართოვდა პარამაგნიტური რელაქსაციის კვლევა პარალელურ ველებში.

თავდაპირველად, ე. ზავოისკიმ დაწვრილებით გამოიკვლია პარამაგნიტური რეზონანსი რკინის ჯგუფის ელემენტების მარილებში. მანვე დაიწყო პარამაგნიტური რეზონანსის შესწავლა პარამაგნიტური მარილების ხსნარებსა და მეტალებში. ელექტრონების მაგნიტური მომენტების პრ-ის კვლევის ბუნებრივი გაგრძელება გახდა 1946 წელს ამერიკელი მკვლევარების პერსელისა და ბლოსის მიერ ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის აღმოჩენა. პრ-ზე შრომებს უშუალოდ ესაზღვრება იმავე წელს გრიფიტის მიერ ფერომაგნიტური რეზონანსის აღმოჩენა. უნდა აღინიშნოს, რომ ჯერ კიდევ 1911-1913 წლებში რუსი მეცნიერი ვ. არკადიევი აკვირდებოდა ფერომაგნიტიკების მიერ ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის შერჩევით შთანთქმას, რის საფუძველზეც დორფმანმა 1929 წელს გამოთქვა იდეა მაგნიტური რეზონანსის მოვლენის არსებობაზე. პრ იძლევა მაგნიტური ნაწილაკების ენერგეტიკული დონეების მდებარეობის განსაზღვრის საშუალებას, რის გამოც ამ მოვლენის კვლევა შეადგენს სპექტროსკოპიის აუცილებელ ნაწილს.

მაგნიტური რეზონანსის უკანასკნელ წლებში შესრულებულმა მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტალურმა და თეორიულმა კვლევებმა შექმნა ახალი მეცნიერული მიმართულება, რომელმაც მნიშვნელოვნად გაამდიდრა მოძღვრება ნივთიერების მაგნიტურ მოვლენებზე და მოახდინა სერიოზული გავლენა მყარი სხეულისა და სითხის თეორიაზე. ამრიგად, მაგნიტური რეზონანსი მაგნეტიზმის თანამედროვე თეორიის უმთავრეს ნაწილს წარმოადგენს. იგი წარმოიშვა სხეულების სტატიკური მაგნიტური თვისებების შესწავლიდან ცვლად ველებში დამაგნიტების შესწავლაზე გადასვლისას.

§2. კრისტალების ელექტრონული თეორია

ნებისმიერი ელემენტის ატომი შედგება დადებითად დამუხტული ბირთვისაგან მუხტით Ze (e – ელექტრონის მუხტი, Z – ელემენტის რიგითი ნომერი მენდელეევის სისტემაში) და ელექტრონებისაგან, რომლებიც განლაგებულია ბირთვის ირგვლივ თანდათან ზრდადი რადიუსების მქონე გარსების სისტემის სახით.

ყოველ გარსში შეიძლება განლაგდეს ელექტრონების მკაცრად განსაზღვრული რიცხვი: პირველი 2, მეორეში 8, მესამეში 18 და ა.შ. N გარსზე შეიძლება განლაგდეს $2N^2$ ელექტრონი, ამიტომ შევსებული გარსების რიცხვი იზრდება ელემენტის რიგობრივი ნომერის ზრდას-

თან ერთად. პირველ გარსს ეწოდება K- გარსი, მეორეს – L- გარსი, მესამეს M- გარსი და ა.შ.

დიდი რაოდენობით ელექტრონების შემცველი გარსები იყოფა ქვეგარსებად: პირველი (K გარსი) შედგება ერთ ქვეგარსისაგან s , რომელშიც შეიძლება განლაგდეს ორი ელექტრონი საპირისპიროდ მიმართული მომენტებით. მეორე (L- გარსი) იყოფა s - ქვეგარსად, რომელშიც აგრეთვე შეიძლება მოთავსდეს 2 ელექტრონი, და p - ქვეგარსად, რომელშიც შეიძლება განლაგდეს 6 ელექტრონი. მესამე (M- გარსი) იყოფა p - s - და d - ქვეგარსებად შესაბამისად 2, 6 და 10 ელექტრონული ადგილების რიცხვით.

გარსის ზომა განისაზღვრება მისი ნომერით. ქვეგარსები განსხვავდება ერთიმეორისაგან კონფიგურაციით (ფორმით). ელექტრონები მოძრაობს ბირთვის ირგვლივ ელიპტურ ორბიტებზე, ამასთან გარსის ნომერი განსაზღვრავს ორბიტის დიდ ნახევარღერძს, ხოლო ქვეგარსის ნომერი – მის ფორმას. ელექტრონის ბირთვთან კავშირის ენერგია დამოკიდებულია მისი ბირთვიდან დაშორების მანძილზე, და პირველ რიგში განისაზღვრება გარსის ნომერით, მაგრამ დამოკიდებულია აგრეთვე ორბიტის ფორმაზე, ანუ ქვეგარსზე.

ყოველი ქვეგარსი შედგება თავის მხრივ რამდენიმე ელექტრონული ორბიტისაგან, რომლებიც განსხვავდებიან თავიანთი ორიენტაციით.

s - ქვეგარსში არის მხოლოდ ერთი ორბიტა (რომელზეც, როგორც ნახსენები იყო შეიძლება ორი ელექტრონი განთავსდეს); p - ქვეგარსი შედგება სამი სხვადასხვანაირად ორიენტირებული ორბიტისაგან, თითოეულ მათგანზე თავსდება მხოლოდ ორი ელექტრონი, და ა.შ.

ბირთვის ელექტრული ველი ხასიათდება სფერული სიმეტრიით. ამიტომ გარე ველების არარსებობისას ელექტრონის ენერგია არაა დამოკიდებული მისი ორბიტის ორიენტაციისაგან და ერთ ქვეგარსზე არსებული ყველა ელექტრონის ენერგია ერთნაირია. თუ ატომი ხვდება ელექტრულ ან მაგნიტურ ველში, ერთი და იგივე ქვეგარსის სხვადასხვანაირად ორიენტირებულ ორბიტებზე მოძრავი ელექტრონების ენერგია ხდება განსხვავებული.

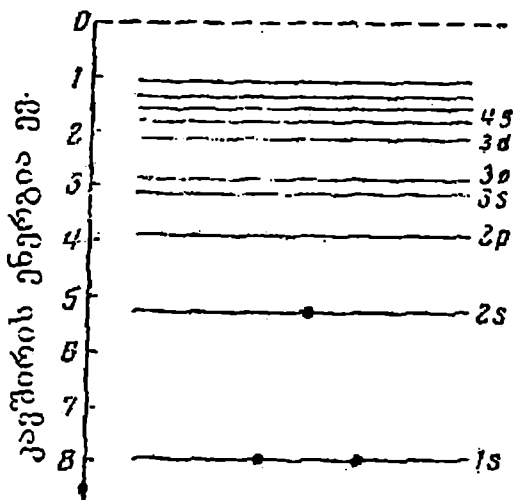
ყოველ ორბიტას შეესაბამება ელექტრონის მკაცრად განსაზღვრული ენერგია, ან ენერგიის დონე. ზემოთქმულის მიხედვით, გარეთა ველების არარსებობისას ერთ ქვეგარსზე არსებული ყველა ორბიტის დონეები ერთმანეთს ემთხვევა. ველების არსებობისას ისინი იხლიჩება.

ამ დონეების ერთობლიობა ქმნის ატომში ელექტრონის ენერგეტიკულ სპექტრს, რომელიც შედგება აკრძალული ზონებით განცალკევებული ხაზების სერიისაგან.

ელემენტის რიგობრივი ნომრის ზრდის მიხედვით ჯერ ივსება პირველი K- გარსი (ენერგიის ყველაზე ქვედა დონე), შემდგომ თანმიმდევრულად L- გარსის s- და p- დონეები და ა.შ. წყალბადში არის ერთი ელექტრონი პირველი გარსის s- დონეზე, რაც იწერება შემდეგნაირად: $1s^1$ (რიცხვი აღნიშნავს გარსის ნომერს, s- ასო ქვეგარსს, ინდექსი მარცხნივ – ელექტრონების რიცხვს მასზე).

ჰელიუმში არის ორი ელექტრონი, რომლებიც მთლიანად ავსებენ პირველ გარსს (შესაბამისად მისი ელექტრონული სტრუქტურა იწერება $1s^2$ სახით).

ლითიუმში (სურათი) მესამე ელექტრონი თავსდება 2s დონეზე ($Li1s^22s^1$).



სურ. 60. ლითიუმის ატომის ენერგეტიკული სპექტრი 1s დონეზე იმყოფება 2 ელექტრონი, 2s დონეზე – ერთი ელექტრონი. ყველა ზედა დონე თავისუფალია. მარცხნივ ელექტრონის ბმის ენერგია.

ბერილიუმის გარსის სტრუქტურას აქვს სახე – $Be 1s^22s^2$. ბორის გარსის სტრუქტურა: $B 1s^2, 2s^2, 2p^1$; ნახშირბადის გარსის სტრუქტურა $C 1s^2, 2s^2, 2p^2$ და ა.შ. და ბოლოს, ნეონში მთლიანად შევსებულია მეორე გარსი.

ორი ელექტრონი, რომელიც მოძრაობს ერთ და იმავე ორბიტაზე, წარმოქმნის ე.წ. ელექტრონულ წყვილს. ელექტრონების განწყვილებული მდგომარეობა ენერგეტიკულად უფრო მდგრადია, ვიდრე გაუწყვილებელი. ამიტომ კოვალენტურ შენაერთებში ცალკეული ატო-

მების გაუნყვილებელი ელექტრონები შედიან ურთიერთქმედებაში და ცვლიან თავისი მოძრაობის ხასიათს, ანუ იწყებენ ბრუნვას ახალ მოლეკულურ ორბიტაზე ელექტრული წყვილის სახით. ამასთან, არცთუ იშვიათია შეთხვევები, როცა კოვალენტური შენაერთების იზოლირებულ ატომებში განწყვილებული ელექტრონები ცალკეედებიან და ქმნიან ახალ მოლეკულურ წყვილს.

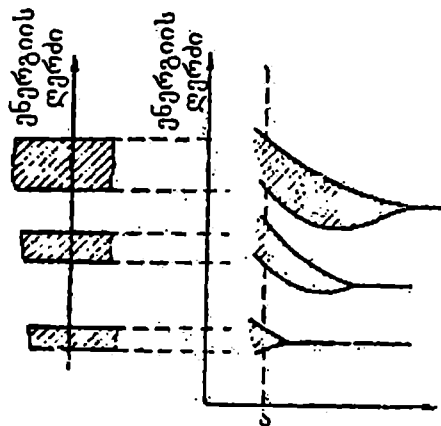
ელემენტის ზღვრული ვალენტობა განისაზღვრება გარე, შეუვსებელ გარსზე ელექტრონების რიცხვით. იონურ შენაერთში შესვლისას ელემენტი ესწრაფვის ან მთლიანად გასცეს ეს ელექტრონები, ან გაზარდოს მათი რიცხვი გარსის სრულ შევსებამდე. ამით აიხსნება მენდელეევის მიერ გახსნილი პერიოდული კანონი.

განვიხილოთ რითი განსხვავდება მყარ სხეულში მოძრაობის ხასიათი და ენერგეტიკული სპექტრი.

მყარი სხეულის წარმოქმნისას მეზობელი ატომები იმდენად უახლოვდებიან ერთმანეთს, რომ მათი გარე ელექტრონული გარსები არა მარტო ეხებიან, არამედ გადაფარავენ ერთმანეთს. ამის შედეგად ელექტრონების მოძრაობის ხასიათი მკვეთრად იცვლება: ერთი ატომის ენერგიის განსაზღვრულ დონეზე არსებული ელექტრონები შეიძლება ენერგიის დახარჯვის გარეშე გადავიდეს მეზობელი ატომის ენერგიის შესაბამის დონეზე და თავისუფლად გადაადგილდეს მთელ მყარ სხეულში.

ამასთან, ინდივიდუალური ატომური ორბიტების ნაცვლად მთელი მყარი სხეულისათვის იქმნება კოლექტიური ორბიტები, და შესაბამისად, ენერგიის ერთნაირი დონეები ერთიანდება ენერგიის საერთო დონეზე მთელი კრისტალისათვის. ელექტრონის ენერგეტიკული სპექტრის სახე ამ დროს აგრეთვე მნიშვნელოვნად იცვლება: პირველ რიგში ყველა დონე გადაიხრება, რადგან ელექტრონი ამჯერად ურთიერთქმედებს არა ცალკეულ ატომთან, არამედ ატომების დიდ რაოდენობასთან. გარდა ამისა, იზოლირებულ ატომში ამ დონის შესაბამისი ენერგიის განსაზღვრული მნიშვნელობა იცვლება კრისტალში ენერგიის მთელი ინტერვალით. კვანტური მექანიკის ენაზე – იზოლირებული ატომის ენერგიის დონე იხლიჩება კრისტალის ენერგეტიკულ ზონაში.

სურათზე წარმოდგენილია ელექტრონის ენერგეტიკული სპექტრის დამოკიდებულება ატომებს შორის მანძილზე. მარჯვნივ ნაჩვენებია ენერგიის სამი დონე, რომელიც შეესაბამება იზოლირებულ ატომებს; მარცხნივ ნაჩვენებია, ენერგიის დონეების გადახრა და გაფართოება ატომების დაახლოებასთან ერთად.



სურ. 61. კრისტალში ენერგეტიკული ზონების წარმოქმნა ატომური ენერგეტიკული დონეებისაგან. ა - კრისტალში მეზობელ ატომებს შორის წონასწორული მდგომარეობა.

ზემოთქმულიდან თითქოს შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნებისმიერი მყარი ხეული უნდა ატარებდეს ელექტრულ დენს, მაგრამ ასეთი დასკვნა, რასაკვირველია არასწორია, და აი რატომ.

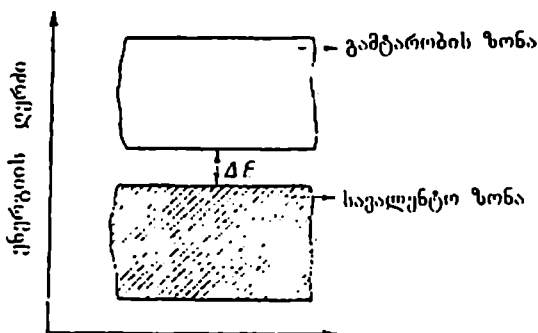
ჩვენ უკვე ვამბობდით, რომ ატომში ენერგიის ყოველ დონეზე იმყოფება ელექტრონების მკაცრად განსაზღვრული რიცხვი: s - დონეზე ორი ელექტრონი, p - დონეზე ექვსი ელექტრონი და ა.შ. ატომების დაახლოებისას ელექტრონის სპექტრი არსებითად მოდიფიცირდება. იზოლირებული ატომების ლოკალური დონეებიდან იქმნება მთელი კრისტალისათვის ერთიანი ზონები, მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ამ დროს ელექტრონების საერთო რიცხვი, რომელთაც შეუძლიათ კრისტალის შემადგენელი ატომების მოცემულ გარსებზე განლაგდნენ, უცვლელი რჩება. ელექტრონების რიცხვი, რომლებიც შეიძლება განლაგდნენ მოცემულ ზონაში, უდრის იზოლირებული ატომების დონეებზე ადგილების საერთო რიცხვს. იზოლირებული ატომების შიგა გარსები მთლიანად შევსებულია. შიგა გარსების ელექტრონებს არ შეუძლიათ ელექტრული დენის გადატანა, რადგან ზონის ყველა დონეზე იმყოფება ორი ელექტრონი, რომელიც მოძრაობს ურთიერსაწინააღმდეგოდ. შესაბამისად, მათ მიერ გადატანილი ჯამური დენი ნულს უდრის. მეორე მხრივ, ველის გავლითაც კი არცერთ ელექტრონს არ შეუძლია თავისი მოძრაობის მდგომარეობის შეცვლა, რადგან ყველა მეზობელი დონე დაკავებულია.

სხვაგვარადაა საქმე ყველაზე ზედა ზონაში. იგი წარმოქმნილია დონეებისაგან, რომელზედაც განლაგებულია სავალენტო ელექტრონები. აღმოჩნდა, რომ კრისტალების ელექტროგამტარობა ძირითადად განისაზღვრება მისი შევსების ხარისხით და შემდგომი ცარიელი ზონისაგან დაშორებით.

განვიხილოთ შემთხვევები, რომლებიც გვხვდება სინამდვილეში და განსაზღვრავენ მყარი სხეულების დაყოფას იზოლატორებად, ნახევარგამტარებად და მეტალებად.

შემთხვევა 1. სავალენტო ზონა მთლიანადაა შევსებული, მანძილი შემდგომ ზონამდე დიდია (იზოლატორები).

ამ შემთხვევაში სავალენტო ზონა არაფრით არ განსხვავდება ქვემოთ განლაგებული ზონებისაგან. მისი საზღვრებისაგან გამოსვლის გარეშე ელექტრონებს არ შეუძლიათ ელექტრულ დენში მონაწილეობა.



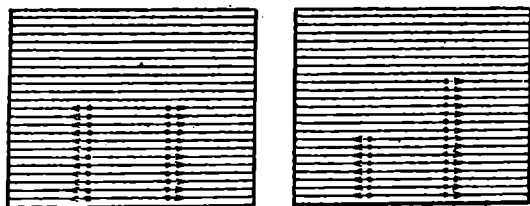
სურ. 62. ენერგეტიკული ზონის შევსების სქემა იზოლატორში და ნახევარგამტარში.

შემთხვევა 2. სავალენტო ზონები შევსებულია ნაწილობრივ, ან დაფარულია შემდეგი ცარიელი ზონით (მეტალები).

პერიოდულ სისტემაში ტუტე მეტალებში პირველ s - ქვეგარსზე 2 ნებადართული ადგილია და ის მოცემულ შემთხვევაში ნახევრადაა შევსებული. მაშასადამე, შესაბამისი კრისტალების სავალენტო ზონა ასევე ნახევრადაა შევსებული, რადგან ელექტრონები ცდილობენ დაიკავონ ენერგეტიკულად ყველაზე ხელსაყრელი დონეები, ზონის ქვედა ნახევარში ყოველ დონეზე განთავსდება ორი ელექტრონი, ხოლო ზონის ზედა ნახევარი ცარიელია.

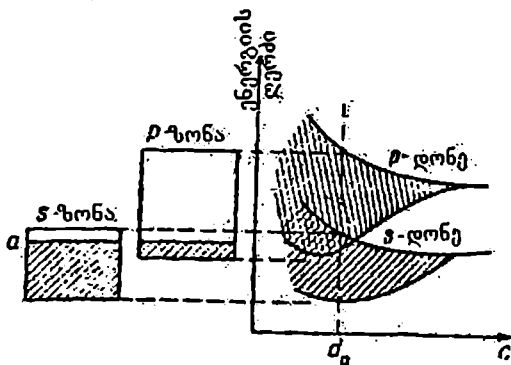
ასე არის საქმე ელექტრულის ველის არარსებობისას, და რადგან თითოეულ დონეზე არის ორი ელექტრონი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული სიჩქარეებით, ჯამობრივი დენი კრისტალში უდრის ნულს. თუ ჩვენ დავადებთ კრისტალს პოტენციალთა სხვაობას, კრის-

ტალი იცვლება – ელექტრონების ნაწილი, რომელთა სიჩქარე ველის წინააღმდეგ იყო მიმართული, მისი მოქმედებით ცვლის მოძრაობის მიმართულებას და გადადის თავისუფალ დონეებზე ზონის ზედა ნახევარში და კრისტალში ჩნდება ელექტრული დენი, რაც მეტია პოტენციალთა სხვაობა, მით მეტი ელექტრონი იცვლის სიჩქარის მიმართულებას. ელექტრული დენი იზრდება დადებული ძაბვის პროპორციულად, ასეთია ტუტე მეტალების გამტარობის მექანიზმი.



სურ. 63. ტუტე მეტალში სავალენტო ზონაში ელექტრონების გავრცელების სქემა. ა. ელექტრული ველის არარსებობისას; ბ. ელექტრული ველის არსებობისას.

ტუტემინოვან მეტალებში s - დონეზე 2 ელექტრონი იმყოფება, ამიტომ s - ზონა მთლიანად შევსებულია, მაგრამ ამ მეტალების კრისტალური მესერი ისეა აგებული, რომ s - ზონა გადაიფარება შემდგომი p - ზონით. ელექტრონები s - ზონის ზედა ნაწილიდან გადადიან p - ზონაში ისე, რომ ორივე ზონა აღმოჩნდება შევსებული ენერგიის ერთიდაიმავე დონემდე. s - ზონაში ცარიელი ადგილების (ხვრელების) არსებობისა და p - ზონაში ელექტრონების გარკვეული რაოდენობის გამო კრისტალი ელექტროგამტარი ხდება.



სურ. 64. ტუტე მეტალებში s და p ზონების გადაფარვის ნარმოქმნის სქემა.

თეორია და ცდა გვიჩვენებს, რომ ყველა მეტალებში და მეტალურ შენადნობებში სავალენტო ზონა მხოლოდ ნაწილობრივია შევსებული ან გადაიფარება გამტარ ზონასთან. ამიტომ ყველა მეტალი და შენადნობი კარგად ატარებს ელექტრულ დენს.

ელექტრონებს, რომელთაც შეუძლიათ მონაწილეობის მიღება ელექტრულ დენში, ეწოდება თავისუფალი ელექტრონები. თავისუფალი სავალენტო ელექტრონების რიცხვი ყველა მეტალში ერთი რიგისაა – დაახლოებით 10^{22} სმ³-ში და არაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე, ხოლო ელექტროგამტარობა სხვადასხვა მეტალებში რამდენიმე ათეულჯერ განსხვავდება, უფრო მეტიც, იგი მკვეთრად დამოკიდებულია მინარევების შემცველობაზე და, როგორც წესი, მცირდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.

§3. თავისუფალი რადიკალები

1944 წელს ე. ზავოისკის მიერ ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) მოვლენის აღმოჩენამ ქიმიკოსებს და ბიოლოგებს ხელში მისცა კვლევის პრინციპიალურად ახალი, ძლიერი იარაღი. უკვე პირველ ნაშრომში, რომელშიც გამოიყენეს ეპრ-ის მეთოდი ცხოველური და მცენარეული ლიოფილიზებული ქსოვილების, აგრეთვე მიკრობული უჯრედების შესწავლისას, აღმოჩენილ იქნა, რომ თითქმის ყველა ბიოლოგიურ ობიექტს ახასიათებს პარამაგნიტიზმი. ეს ერთმნიშვნელოვნად მიუთითებს მათში გაუწყვილებელი ელექტრონების არსებობაზე. XX საუკუნის 50-იან წლებში გამოქვეყნდა რამდენიმე ნაშრომი, რომელიც ეძღვნებოდა ბიოლოგიური ობიექტების მაგნიტურ რეზონანსს. გამოკვლეულ იქნა თავისუფალი რადიკალები, რომელიც ჩნდებოდა ზოგიერთი ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ქიონების ჟანგვისა და აღდგენის პროცესში (ბლოის 1955, 1956). შესწავლილ იქნა რკინის პარამაგნიტური რეზონანსის სპექტრები ჰემოგლობინისა და მიოგლობინის რიგ წარმოებულებში და მიღებულ იქნა ძვირფასი ინფორმაცია ამ შენაერთებში რკინის კავშირების ელექტრონულ სტრუქტურასა და ბუნებაზე (Logram, Bonnet 1955). გორდიმ თანამშრომლებთან ერთად შეისწავლა ამინომჟავების, ცილებისა და ცხიმოვანი მჟავების რენტგენული დასხვისებისას წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალები (Gorgy, Shields 1955).

განსაკუთრებით საინტერესო იყო ბ. კომონერის, ტაუნსენისა და პეიკის შრომა (1954), რომელშიც აღმოჩენილი იქნა გაუწყვილებელი ელექტრონები ლიოფილიზებულ ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ქსოვილებსა და სითხეებში. გაუწყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაცია სხვადასხვა ობიექტებისათვის შეადგენს 10^{-6} -დან

10³მ/გ მშრალ წონას. ფერმენტული რეაქციების ინიცირება და მწვანე ფოთლების წინასწარი გაშუქება ამაღლებს თავისუფალი რადიკალების შემცველობას, ხოლო სითბური დენატურაცია მთლიანად ხსნის ეფექტს. ავტორები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ თავისუფალი რადიკალები დაკავშირებულია ცილის კომპონენტთან.

XX საუკუნის დასაწყისში თავისუფალი რადიკალების აღმოჩენა ქიმიის განვითარებაში ახალი ერის მაუწყებელი იყო. ამ აღმოჩენის უზარმაზარი მნიშვნელობა განსაკუთრებით ცხადი გახდა დღეს, როცა მრავალწლიანი გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ თავისუფალი რადიკალები არიან მრავალი ქიმიური რეაქციის აქტიური მონაწილე (რადიკალური რეაქციები). მათ მიეკუთვნება დაჟანგვითი რეაქციები, მიმდინარე აიროვან და თხევად ფაზაში, წვის რეაქციები. ნივთიერების თერმული დაშლა (პიროლიზი) და ფოტოქიმიური რეაქციები მიმდინარე, ხილული და ულტრაიისფერი სინათლის გავლენის ქვეშ, პოლიმერიზაციის რეაქციები და მრავალი სხვა. გამოირიცხული არაა, რომ მრავალი რეაქცია ცოცხალ ნივთიერებაში ასევე ხორციელდება თავისუფალი რადიკალების დახმარებით.

დიდი რაოდენობით თავისუფალი რადიკალები აღმოაჩინეს მზეზე, ვარსკვლავებში, კომეტებში. თავისუფალი რადიკალები არსებობს ვარსკვლავთაშორის სივრცეში და მიწის ატმოსფეროს ზედა შრეში. ამას პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს ასტროფიზიკისა და მიწის ატმოსფეროს ფიზიკისათვის.

თავისუფალი რადიკალები წარმოადგენენ ან მოლეკულის ნაშხერევებს ან ელექტრონულ-აღგზნებულ მდგომარეობაში მყოფ მოლეკულებს. მათ აქვთ თავისუფალი ვალენტობა და, როგორც წესი, დიდი ქიმიური აქტიურობა, რის გამოც ისინი ადვილად შედიან ქიმიურ ურთიერთქმედებაში ჩვეულებრივ, გაჯერებულ მოლეკულებთან. ამით აიხსნება როგორც მათი აქტიური როლი ქიმიურ რეაქციებში, ისე თავად რადიკალური რეაქციების გავრცელება და მრავალფეროვნება.

თავისუფალ რადიკალებს, დიდი ქიმიური აქტიურობის გარდა, გააჩნიათ სფეციფიკური და მაგნიტური თვისებები, რომელთა გამო მათი აღმოჩენა შეიძლება კვლევის სხვადასხვა ფიზიკური მეთოდებით.

ერთ-ერთი მეთოდია მას-სპექტრომეტრია. რეაქციის ზონიდან მას-სპექტრომეტრის კამერაში მიმდინარე აირის ელექტრონული ბომბარდირებით ელხენტონმა აღმოაჩინა CH_3 , C_2H_5 და სხვა რადიკალები.

თავისუფალი რადიკალების აღმოჩენის მას-სპექტრომეტრიულმა მეთოდმა შემდგომი განვითარება ჰპოვა მრავალი ავტორის შრომებში. ასე, სხვადასხვა რეაქციებში იდენტიფიცირებული იქნა რადიკა-

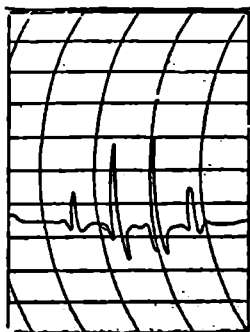
ლები: C_6H_6 , $C_6H_5CH_3$, C_6H_5O , C_6H_5CO , C_2H_2 და C_3H_4 . წყალბადის ალში აღმოჩენილ იქნა ჰიდროქსილ და H და O ატომები (უბრალო რადიკალები), მეთანის ალში – რადიკალი CH_3 . აღმოჩენილ იქნა აგრეთვე რადიკალი HO_2 , რომელიც H ატომის ჟანგბადთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება. წყლის $1200^\circ C$ გახურებისას ორთქლში აღმოჩენილ იქნა ჰიდროქსილი.

ვტოვებთ რა გვერდზე თავისუფალი რადიკალების აღმოჩენის სხვა მრავალ მეთოდს, შევჩერდეთ მხოლოდ რადიოსპექტროსკოპიულ მეთოდებზე. ბოლო წლებში რადიოსპექტროსკოპიის სწრაფი განვითარების საფუძველი იყო მრავალრიცხოვანი კვლევები ზემალაღი სიხშირის რადიოლოკაციის სფეროში, რომელიც მიმდინარეობდა მეორე მსოფლიო ომის პერიოდში. ამ კვლევების შედეგად შეიქმნა აპარატურა, რომელმაც გამოყენება პოვა სპექტროსკოპიის სფეროში. თავისუფალი რადიკალების აღმოჩენისა და გაზომვისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს ორ რადიოსპექტროსკოპიულ მეთოდს – ესენია აიროვანი მიკროტალღოვანი სპექტროსკოპიის მეთოდი და განსაკუთრებით ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის მეთოდი (ეპრ).

პირველი მეთოდი მდგომარეობს 1მმ-დან 30სმ-მდე სიგრძის რადიოტალღების რეზონანსული შთანთქმის შესწავლაში, (ანუ დიპოლური მოლეკულების (აიროვან ფაზაში) ბრუნვითი სპექტრის უბანში) და განსხვავდება ინფრანითელი სპექტროსკოპიის უბრალო ოპტიკური მეთოდისაგან უფრო მაღალი მგრძნობელობით. მისი დახმარებით, წყლის ორთქლში უელექტროლო განმუხტვისას აღმოჩენილ იქნა რადიკალი OH.

მიკროტალღური სპექტროსკოპიის მეთოდისაგან განსხვავებით ეპრ-ი ჩვეულებრივად გამოიყენება რადიკალების შესწავლისას კონდენსირებულ ფაზაში. იმის გამო, რომ პრაქტიკულად ყველა თავისუფალი რადიკალი წარმოადგენს პარამაგნიტულ ნაწილაკს, ეპრ-ის მეთოდი განსაკუთრებით შესაფერისი გამოდგა რადიკალების კონცენტრაციის აღმოსაჩენად და გასაზომად. ეპრ-ის მეთოდის მგრძნობელობა დღესდღეობით დაყვანილია 10^{-10} გ წონითი რაოდენობის რადიკალის აღმოსაჩენად ნაწილაკის მოლეკულური წონისას 30. ნაწილაკის ბუნების განსაზღვრისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს რეზონანსულ მაქსიმუმს, აგრეთვე, ე.წ. ეპრ-ის სპექტრის ზენატიფ სტრუქტურას, რომელიც განპირობებულია ელექტრონული მაგნიტური მომენტის ატომების რადიკალების შემადგენლობაში მყოფ ბირთვულ მომენტებთან ურთიერთქმედებით და გამოიხატება რეზონანსული მაქსიმუმის გახლეჩაში რიგ კომპონენტებად, რომელთა რიცხვი და ინტენსიობა რადიკალის აგებულებით განისაზღვრება.

მაგალითისათვის სურ. 65-ზე ნაჩვენებია CH_3 რადიკალის ეპრ-ის სპექტრი მიღებული სმოლერისა და მატესონის მიერ მეთანის დასხივებისას γ -სხივებით თხევადი პელიუმის ტემპერატურისას (4°K). ამ სპექტრის ოთხი კომპონენტის ინტენსიობის გაზომვა იძლევა ინტენსიობების მიმართულებას, რომელიც ემთხვევა თეორიულ მიმართებას 1 : 3 : 3 : 1 რადიკალისათვის CH_3 . ეს სპექტრი სწრაფად ქრება მეთანის თხევადი აზოტის ტემპერატურამდე (77°K) გახურებისას, რაც დაკავშირებულია თავისუფალი რადიკალების



სურ. 65. CH_3 რადიკალის ეპრ-ის სპექტრი მიღებული კობალტის γ -სხივებით დასხივებისას თხევადი პელიუმის 1-ზე.

დაღუპვასთან სხვა რადიკალებთან რეკომბინაციის შედეგად, რაც შესაძლებელია 77°K -სას რადიკალების დიფუზიის დიდი სიჩქარის გამო – პირველ რიგში H ატომების, რომლებიც CH_3 რადიკალებთან ერთად იქნა აღმოჩენილი ეპრ-ის შესაბამისი სპექტრით.

§4. პარამაგნიტური რეზონანსი ბიოლოგიაში

უმთავრესი ბიოლოგიური პოლიმერების – ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების აღნაგობისა და მოქმედების მექანიზმის გარკვევა თანამედროვე მეცნიერების ცენტრალურ პრობლემას წარმოადგენს. ამ პრობლემის გადაწყვეტა გზას გაუხსნის ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე გასაოცარი ეფექტურობის მქონე პროცესების საიდუმლოს გახსნას და ხელოვნურ პირობებში მათი იმიტაციის მეთოდების მოძებნას. ამ შემთხვევაში დიდ როლს თამაშობს კვლევის ისეთი ფიზიკური მეთოდი, როგორიცაა ეპრ-სპექტროსკოპია.

ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის სპექტრის წარმოქმნის პირობაა საკვლევი ნიმუშის ნაწილაკებში არაკომპენსირებული მაგნიტური მომენტების წარმოქმნა. შესაბამისად გაუწყვილებელი ელექტრონების შემცველი თავისუფალი რადიკალები, შეუვსებელი

ელექტრონული გარსის მქონე გარდამავალი ჯგუფის ელემენტები, მესრის დეფექტის მქონე ნიმუშები იძლევიან ასეთი სახის სპექტრებს. ისინი წარმოიქმნება ზეემაინის დონეებს შორის გადასვლისას, რომელზეც იხლიჩება ძირითადი ელექტრონული დონე ნიმუშის მაგნიტურ ველში მოთავსებისას.

ეპრ-ის მეთოდი იძლევა შემდეგი ინფორმაციის მიღების საშუალებას გამოსაკვლევ ნივთიერებებზე:

1. გაუწყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაციის დადგენა -10^{-11} – $5 \cdot 10^{-12}$ M 1 გრამ ნივთიერებაზე ან 10^{12} – 10^{14} გაუწყვილებელი ელექტრონი ნიმუშში.

გამოსაკვლევ ობიექტებში გაუწყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაციის საკმარისად ზუსტი რაოდენობრივი შეფასების მიღება წარმოებს სტანდარტებთან შედარებით გზით.

2. ეპრ-ის სპექტრის ხაზების ფორმისა და სიგნალის ანალიზი საშუალებას იძლევა გაკეთდეს მნიშვნელოვანი დასკვნები გაუწყვილებელი ელექტრონების ურთიერთქმედებაზე გარემომცველ ატომებთან, საკვლევი ნივთიერების სტრუქტურული თავისებურებების გავლენაზე გაუწყვილებელ ელექტრონებზე, გაცვლითი ურთიერთქმედების სიდიდესა და ასეთი ელექტრონების დელოკალიზაციის ხარისხზე და სხვა მნიშვნელოვან პარამეტრებზე.

3. გარემომცველი ატომების ბირთვულ-მაგნიტურ მომენტებთან გაუწყვილებელი ელექტრონების ურთიერთქმედებით გამოწვეული ეპრ-სპექტრის ზენატიფი სტრუქტურის ანალიზი საშუალებას იძლევა გაირკვეს პარამაგნიტური ნაწილაკების აღნაგობა და სტრუქტურა.

როგორც ცნობილია მაიონიზირებელი გამოსხივებისას წარმოქმნილი რადიკალები ხასიათდებიან გაუწყვილებელი ელექტრონების შემცველობით. სწორედ ამიტომ ეპრ-ის მეთოდი დღესდღეობით ყველაზე გავრცელებული და ეფექტურია პირველადი რადიაციურ-ქიმიური ეფექტების კვლევაში.

თავისუფალი რადიკალების გამოჩენის კვლევა დოზის ვარირებისას, გამოსხივების წყაროების სიმძლავრე და გამოსხივების სიხისტე, ტემპერატურის, ჟანგბადის, სინესტის, სხვადასხვა დამცველი პრეპარატების გავლენა, რადიაციულ-ქიმიური რეაქციების კვანტური გამოსავლის განსაზღვრა, რადიკალების რეკომბინაციის ენერგიის შეფასება მრუდების კინეტიკით – აი ძირითადი ამოცანების არასრული სია, რომლებსაც წყვეტს ეპრ-სპექტროსკოპიის მეთოდი.

პირველად დასხივებული ორგანული შენაერთების ეპრ-ის სპექტრი გამოიკვლია 1949 წელს ხატჩისონმა აშშ-ში. მან შეისწავლა ნეიტრონებით დასხივებული ჰალოიდური ალკილები და აღმოაჩინა მათში F-ცენტრების წარმოქმნა, რომელიც ეპრ-სიგნალებს იძლეოდა.

დასხივებული ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი შენაერთების ეპრის მეთოდით გამოკვლევა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად დაიწყეს სამ ქვეყანაში: კემბრისონმა და ებერფელდმა (საფრანგეთი), მკვლევართა ჯგუფმა გორდის ხელმძღვანელობით (აშშ) და საბჭოთა კავშირში – ლევ ბლიუმენფელდმა.

კემბრისონი და ებერფელდი (1954) ასხივებდნენ ამინომჟავებს უშუალოდ ატომურ ქვებში. გამოსხივების წყაროს ფართო ენერგეტიკული სპექტრი, მაღალი საერთო დოზები და დასხივების ძალიან დიდი სიმძლავრე იწვევდა ამინომჟავების დაშლას. ამ პირობებში წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალების ეპრის სპექტრი იყო ერთმანეთის მსგავსი სუსტად გამოხატული ზენატიფი სტრუქტურით. ფრანგი მკვლევარების პირველმა შრომებმა არ მოგვცა არავითარი განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

1955 წლიდან დაწყებული გაჩნდა დასხივებული ბიოლოგიური ობიექტების ეპრ-სპექტრების უფრო ფართო და საინტერესო გამოკვლევები, რომელსაც ატარებდა ამერიკელი მეცნიერების დიდი კოლექტივი გორდის ხელმძღვანელობით. გამოკვლეულ იქნა მნიშვნელოვანი დასხივებული ბიოლოგიური შენაერთები: ამინომჟავები, ცილები, ჰორმონები, ვიტამინები, ცხიმები და ნუკლეინის მჟავები.

მაგრამ განსაკუთრებით საინტერესო იყო ლევ ბლიუმენფელდის მიერ ჩატარებული ცდები. მან გამოიყენა მაიონიზებული გამოსხივება არა პირველადი რადიაციულ-ქიმიური ეფექტების გამოსაკვლევად, არამედ როგორც დამხმარე საშუალება გაუწყვილებელი ელექტრონების მისაღებად და დასაგროვებლად ბიოლოგიურ ობიექტებში. ბლიუმენფელდი იმედოვნებდა, რომ ეპრ-სპექტრების ასეთ ასპექტში კვლევა დაეხმარებოდა გაერკვია, რა სტრუქტურული თავისებურებები დევს ბიოლოგიური სტრუქტურების საოცარი აქტიურობის საფუძველში.

იგი გამოდიოდა ზოგადი ჰიპოთეზიდან თავისუფალი ელექტრონების გადამწყვეტ როლზე რიგ მნიშვნელოვან ბიოლოგიურ პროცესებში, რომლებიც დაკავშირებული იყო ბიოლოგიურ სტრუქტურებში ენერგიის მიგრაციასთან.

ლევ ალექსანდრეს ძე ბლიუმენფელდი დაიბადა 1921 წლის 23 ნოემბერს ქ. მოსკოვში. არის მეორე მსოფლიო ომის მონაწილე. დაამთავრა მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტი (1946).

ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი (1948). ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი (1954) კათედრის პროფესორი (1961), ფიზიკის ფაკულტეტის ბიოფიზიკის კათედრის გამგე (1959-1988).

დაჯილდოებულია სამხედრო მედლებითა და ორდენებით.

სამეცნიერო ინტერესების სფერო: კვანტური ქიმია, ოპტიკური და რადიოსპექტროსკოპია, თერმოდინამიკა და ბიოლოგიური პროცესების დინამიკა, საერთო და მოლეკულური ბიოფიზიკა.

1949 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე: „შეუღლებული ორმაგი ბმების მქონე ნახშირბადების ელექტრონული დონეები და შთანთქმის სპექტრი“. 1954 წელს დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია თემაზე: „ჰემოგლობინის სტრუქტურა და ჟანგბადის შექცევადი მიერთების მექანიზმი“.

ამის შემდეგ ლ. ბლიუმენფელდი დაინტერესდა ახალი პრობლემით – ბიოლოგიურ სისტემებში თავისუფალი რადიკალების შესწავლით. თავის თანამშრომლებთან ერთად მოახდინა ეპრ-ის სპექტრომეტრის კონსტრუირება, რომლის დახმარებითაც შეძლო პირველად დაეფიქსირებინა ზოგიერთი ბიოლოგიური ობიექტი ეპრ-ის სიგნალი. ლ. ბლიუმენფელდის პიონერულმა ნაშრომებმა საფუძველი ჩაუყარა ახალ სამეცნიერო მიმართულებას – მედიცინასა და ბიოლოგიაში ეპრ-ის გამოყენებას. ბიოსისტემების კვლევა ეპრ-ის მეთოდით 45 წელზე მეტ ხანს მიმდინარეობდა ლ. ბლიუმენფელდის ხელმძღვანელობით ფიზიკური ქიმიის ინსტიტუტსა და მოსკოვის სახ. უნივერსიტეტის ბიოფიზიკის კათედრაზე.

მრავალი წლის განმავლობაში კითხულობდა ლექციების კურსს „კვანტური ქიმია“, „ფიზიკური ქიმია“, „ბიოფიზიკის თანამედროვე პრობლემები“ მოსკოვის უნივერსიტეტის ბიოფიზიკის კათედრის სტუდენტებისათვის.

მოამზადა 100 კანდიდატი და 30 მეცნიერებათა დოქტორი.

გამოაქვეყნა 300-ზე მეტი სამეცნიერო შრომა, მათ შორის 5 მონოგრაფია.

გარდაიცვალა 2002 წლის 3 სექტემბერს.

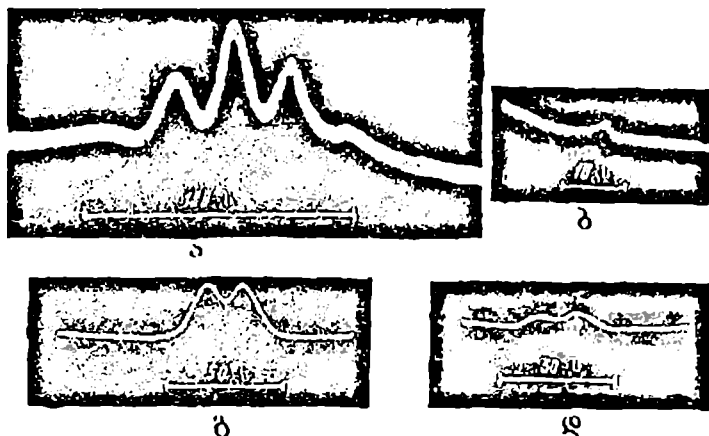
1955-1957 წლებში ლ. ბლიუმენფელდმა თანამშრომლებთან ერთად დაწვრილებით გამოიკვლია დიდი რაოდენობით დასხივებული ბიოლოგიური ობიექტები – თითქმის ყველა ამინომჟავა, რიგი დი- და ტრიპეპტიდები, აგრეთვე სხვადასხვა ცილები და ქსოვილები, როგორც ბიოლოგიური აქტიურობის მქონე, ისე წინასწარ დაშლილი დუღილით.

დასხივება წარმოებდა კობალტის წყაროთი 10^6 - 10^7 p დოზით. ამინომჟავები გამოიკვლიეს კრისტალურ მდგომარეობაში, ხოლო ცილები და ქსოვილები ლიოფილურად გამომშრალი პრეპარატების სახით, რომელთაც მაქსიმალურად შენახული ჰქონდათ ნატიური თვისებები. შესწავლილ იქნა შემდგენი ნივთიერებები: გლიკოკოლი, ალანინი, ვალინი, ლიზინი, სერინი, ჰისტიდინი, თიროზინი, ტრიპტოპანი, ფენილალანინი, ლიცინი-თიროზინი, გლიცინი-ლეიცინი, გლუტათიონი, გრიპსინი, ტრიპსინოგენი, ნატიური და დენატურირებული პეპსინი, ნატიური და დენატურირებული კაზეინი, ნატიური და დენატურირე-

ბული ოქსიპემოგლობინი, ნატიური და დენატურირებული იქთიოკოლი, ვირთაგვას ღვიძლის ლიოფილიზებული პომოგენატები (ნატიური და დენატურირებული პრეპარატები), ვირთაგვას ელენთა, ვირთაგვას გული, ფილტვები.

არცერთი ზემოთ დასახელებული ნიმუში დასხივებამდე არ იძლეოდა ეპრ-ის სიგნალს.

დასხივების შემდეგ ამინომჟავები და პეპტიდები იძლევიან, როგორც წესი ეპრ-ის ფართო ინტენსიურ სიგნალს ზენატიფი სტრუქტურით.



სურ. 66. დასხივებული პრეპარატების ეპრ-ის სპექტრი: ა - ალანინი, ბ - კრისტალური გლიცილ-გლიცინი, გ - ღვიძლის ლიოფილიზებული პომოგენატი, დ - ადამიანის დენატურირებული ოქსიპემოგლობინი.

მაგალითისათვის სურ. 66-ზე მოყვანილია ალანინისა და გლიცილ-გლიცინის ეპრ-ის სპექტრი. დასხივებული ალანინი იძლევა ეპრ-ის დამახასიათებელ სპექტრს ზენატიფი სტრუქტურის ზუთი კომპონენტით და ინტენსიობის თანაფარდობით 1 : 4 : 6 : 4 : 1, რაც მოწმობს გაუწყვილებელი ელექტრონის ურთიერთქმედებას ოთხ ეკვივალენტურ პროტონთან (რადიკალი $[C_2H_5]^+$), ცენტრის სიგნალის გ- ფაქტორი უდრის 2,007. $\Delta H=88$ გს. გლიცილ-გლიცინის დუბლეტური სიგნალი $\Delta H=16$ გს და გ- ფაქტორით 2,005 წარმოიქმნება ჟანგბადის ატომთან ლოკალიზებული გაუწყვილებელი ელექტრონის ურთიერთქმედებით NH - ჯგუფის პროტონთან, რომელიც მოლეკულათშორის წყალბადურ ბმას წარმოქმნის. $1,15 \cdot 10^7$ დოზისას ამინომჟავებში და პეპტიდებში წარმოიქმნება დაახლოებით 10^9 თავისუფალი რადიკალი

გრამზე. ამოგდებული ელექტრონების უმრავლესობა, ალბათ, იჩხირება კრისტალური მესრის კვანძებში და იძლევა უაღრესად ფართო, პრაქტიკულად არარეგისტრირებად ეპრ-ის ხაზებს.

ბლიუმენფელდის მიერ გამოკვლეულმა ცილებმა და ლიოფილიზებულმა ქსოვილებმა დასხივების შემდეგ მოგვცეს სუსტი, ვიწრო ($\Delta H=1,5$ გს) ეპრ-ს ხაზები ზენატიფი სტრუქტურის გარეშე. როგორც წესი განუსხვავებელი ფერმენტაციული რეაქციების პროცესში დაფიქსირებული ცილის პრეპარატების ეპრ-ის სპექტრისაგან. $1,15 \cdot 10^7$ დოზისას გაუწყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაცია, წარმოქმნილი დასხივებისას, შეადგენს „ 10^6 ნანოლაკს გრამზე და ნაკლებს. მაგალითისათვის 66 (გ) სურათზე წარმოდგენილია ვირთაგვას ლეიქლის დასხივებული ლიოფილიზებული ჰომოგენატის ეპრ-სპექტრი. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ დასხივებული ცილებისა და ლიოფილიზებული ქსოვილების ეპრ-ის ხაზების მკვეთრი შემცირება აიხსნება ამოგდებული ელექტრონის „გამტარ ზონაში“ მოხვედრისა და შესაბამის ხერხელთან რეკომბინაციის ალბათობით. ამოგდებული ელექტრონების მხოლოდ მცირე ნაწილი ხვდება მყარი სხეულის მესრის ღრმა პოტენციურ ორმოებში, საიდანაც ისინი ვერ ბრუნდებიან გატარობის ზონებში, ან საერთოდ ამოვარდებიან ნიმუშის საზღვრიდან. დარჩენილი ხერხელები დელოკალიზებულია ცილის მოლეკულაში და იძლევა ეპრ-ის ვიწრო ხაზს.

თუკი გამოშრობისა და დასხივების წინ მოახდენენ ცილოვანი ხსნარის დენატურაციას, ეპრ-ის სუსტი ვიწრო ხაზების ნაცვლად გაჩნდება ინტენსიური ფართო სიგნალები დუბლეტური გახლეჩით, $\Delta H_{\text{გ}}=18$ გს. მაგალითისათვის სურ. 66 (დ) მოყვანილია დასხივებული ოქსიჰემოგლობინის ეპრ-ის სპექტრი, რომელიც წინასწარ დენატურირებულ იქნა 30წთ-იანი დუღილით. $1,15 \cdot 10^7$ დასხივების დოზისას თავისუფალი რადიკალების კონცენტრაციამ შეადგინა $3 \cdot 10^{18}$ ნანოლაკი გრამზე, დასხივებისას წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალების რაოდენობა დამოკიდებულია წინასწარი დენატურაციის სიღრმეზე. ოქსიჰემოგლობინის შემთხვევაში, რომლის წინასწარი დენატურაცია მოახდინეს ხსნარში: ა) 73° -ისას – 2 წთ, ბ) 100° -ისას – 15წთ, გ) 100° -ისას 30 წთ. – ეპრ-ის სიგნალების შესაბამისი ინტენსიობა უდრის (ნანოლაკი გრამზე): ა) 6×10^6 , ბ) 1×10^{10} და გ) 3×10^8 .

ამრიგად, დასხივებისას წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალების რიცხვი იზრდება წინასწარი დენატურაციის შედეგად 100-500 ჯერ.

სავარაუდოდ, მიღებული ეფექტები აიხსნება იმით, რომ სითბური დენატურაციის შედეგად ირღვევა ცილოვანი მოლეკულების მიეორადი სტრუქტურა და წყალბადურ-პეპტიდური გრძელი ჯაჭვების ნაც-

ვლად წარმოიქმნება ქაოტურად განლაგებული წყალბადური ბმები, რომლებიც არ ქმნიან ერთიან სისტემას. ამის შედეგად ნადგურდება „გამტარობის არხები“, რომლიდანაც გამოსხივებით ამოგდებული ელექტრონები შეძლებდნენ ზვრელებთან რეკომბინაციას და წარმოქმნილი თავისუფალი რადიკალების რიცხვი იზრდება.

ლ. ბლიუმენფელდის მიერ მიღებული შედეგები მოწმობს ნატიურ ცილოვან მოლეკულებში ელექტრონული გამტარობის არსებობის სასარგებლოდ, რომელიც განპირობებულია წყალბადური ბმების ბადით.

ცილოვან მოლეკულის „გამტარობის ზონაში“ ელექტრონის მიღება სხვა გზითაც შეიძლება. ლ. ბლიუმენფელდმა გამოიკვლია ფერმენტაციული პროცესის მიმდინარეობის მომენტში გაყინული და ლიოფილიზებული ცილოვანი სისტემების ეპრ-ის სპექტრი (ვირთაგვას ღვიძლის დაუსხივებელი პრეპარატი ანათლების სახით გაყინულ იქნა თხევად აზოტში მაშინათვე ამოკვეთის შემდეგ და ლიოფილიზებულ იქნა).



სურ. 67. ვირთაგვას ღვიძლის დაუსხივებელი ლიოფილიზებული პრეპარატის ეპრ-ის სპექტრი.

გაუნყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაციამ შეადგინა 10^{-7} – 10^{-8} მოლი მშრალი ნონის გრამზე. ეპრ-ის მიღებული სიგნალების მკვეთრი სივინროვე (1,5–2 გს) და ზენატიფი სტრუქტურის არარსებობა მოწმობდა გაუნყვილებელი ელექტრონების მნიშვნელოვან დელოკალიზაციაზე ცილოვან მოლეკულაში. შემდგომში სპეციალურად ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ფერმენტაციული პროცესის დაშუზრუჭება რბილი დენატურაციის ან სუბსტრატის დახარჯვის შედეგად ინვეეს ეპრ-ის სიგნალების გაქრობას.

ყველა ეს მონაცემი საშუალებას აძლევს ლ. ბლიუმენფელდს დაასკვნას, რომ მიღებული ეფექტი განპირობებულია ცილოვან სტრუქტურებში არსებული გაუნყვილებელი ელექტრონებით და არა მეტალების იონებითა და სხვა პარამაგნიტური მინარევეებით. როგორც ცნობილია, ცილოვანი მოლეკულის ალგზნების ენერგია ტრიპლეტურ მდგომარეობაში ძალიან დიდია, რომ მოსალოდნელი იყოს რამდენადმე მნიშვნელოვანი რაოდენობის გაუნყვილებელი ელექტრონების გაჩენა ჩვეულებრივი ტემპერატურისას. მიღებული ეფექტი, შეიძლება ჰიპოთეტურად აიხსნას იმით, რომ ფერმენტთან დროებითი კომპლექსის შემქმნელი (მაგ. ქსოვილოვანი სუნთქვისას) სუბსტრატის საკუთა-

რი ელექტრონული დონეები განლაგებულია ცილის ან ალგზნებული, ან ძირითადი ელექტრონული დონის ახლოს. პირველი, მეორე, ან ორივე შემთხვევის განხორციელების მიხედვით კომპლექსები სუბსტრატ-ფერმენტი, პროსტეტული ჯგუფი – აპოფერმენტი და ა.შ. შეიძლება ჩაითვალოს მინარევ ნახევარგამტარებად ელექტრონული, ხერელოვანი და შერეული გამტარობით. ამ ვარაუდის მიხედვით ეპრის მეთოდის საშუალებით აღმოჩენილი გაუნყვილებელი ელექტრონები ცილოვან სისტემაში ეკუთვნის ცილებს და დელოკალიზებულია ცილოვან მოლეკულებში, ოლონდ აქვთ მინარევული წარმოშობა. ელექტრონების ან ხერელების მიგრაცია მიმდინარეობს წყალბადურ-პეპტიდურ ჯაჭვებზე მთავარი პოლიპეპტიდური ჯაჭვის გასწვრივ. როგორც აჩვენებს ელემენტარული კვანტურ-მექანიკური გათვლები, პოტენციალური ბარიერების 2-3ევ სიდიდის დროსაც კი ელექტრონების გვირაბ-ფექტის შეუძლია უზრუნველყოს მიგრაციისათვის აუცილებელი გადასვლის სიხშირე.

წმ. ბიოპოლიმერების მაგნეტიზმის აღმოჩენა

სამეცნიერო ჟურნალ „Доклады академии наук СССР“-ის 1959 წლის №5 ნომერში ლ. ბლიუმენფელდის, ა. კალმანსონისა და ჩინელი მეცნიერის შენ პეი-გენის ხელმოწერით გამოქვეყნდა სტატია: „ნუკლეინური მჟავებისა და მათი ცილებთან კომპლექსის ელექტრონული სტრუქტურის თავისებურებების შესახებ“. აი, მისი შინაარსი:

„ჩვენს წინა შრომებში ჩვენ ვიკვლევდით ბიოლოგიურ ობიექტებში ფერმენტაციული რეაქციების მიმდინარეობისა და γ-დასხივების შედეგად გაჩენილი გაუნყვილებელი ელექტრონების ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) სპექტრებს. დღევანდელ შრომაში ჩვენ გავაგრძელებთ ჩვენი კვლევები ბიოლოგიური ობიექტების ახალ კლასზე. ეპრ-ის სპექტრი იზომებოდა რადიოსპექტრომეტრში ორმაგი მაგნიტური მოდულაციით, ვინროზოლიანი გაძლიერებით 975კც სიხშირეზე და სინქრონული დეტექტორით. მუდმივ მაგნიტურ ველს შეესლო წრფივი ცვლილება 0-დან 6000 გაუსამდე. ველის კალიბრირება ხორციელდებოდა პროტონული მიმღებით. მონაცხოლობის მგრძნობელობა შეადგენდა „5-10-12M (დეფინილიპიკრილგიდრაზილის მიხედვით).

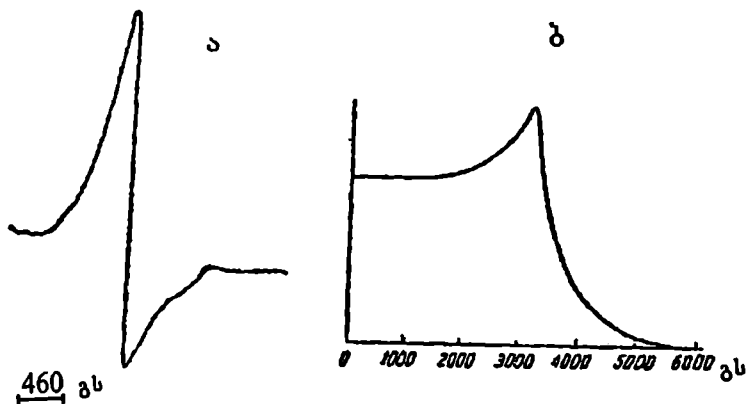
რიბონუკლეინის (რნმ) და დეზოქსირიბონუკლეინის (დნმ) მჟავების ზოგიერთი პრეპარატის ეპრ-ის სპექტრის გამოკვლევისას ჩვენ აღმოვაჩინეთ ძალიან დიდი სიფართოვისა და ინტეგრალური ინტენსიობის ეპრ-ის ხაზების გამოჩენა. სუფთა დნმ-ის შემთხვევაში შეინიშნება ხა-

ზები ნახევარსიგანით ~1000 გაუსი და ცენტრის სიგნალის გ- ფაქტორით, რომელიც გადახრილია თავისუფალი ელექტრონის გ- ფაქტორიდან დიდ მნიშვნელამდე. სიგნალის ინტენსიობა იცვლება ნიშნოდან ნიშნამდე. განსაკუთრებით ინტენსიური სიგნალი ჩვენ შევნიშნეთ დნმ-ს ინგლისურ პრეპარატზე მუშაობისას. დნმ-ს ცუდი, დეპოლიმირიზირებული პრეპარატი არ იძლეოდა სიგნალს. ჩვენს განკარგულებაში არსებული რნმ-ს პრეპარატებიდან მხოლოდ ერთი (შვარცის ფირმის პრეპარატი) იძლეოდა სიგნალს.

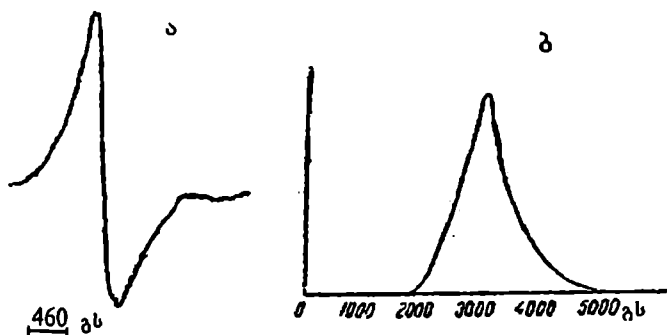
საფუარის რნმ (ფირმა მერკის) არ იძლეოდა ეპრ-ის ფართო ხაზს, მაგრამ ამ რნმ-ს კომპლექსი შრატის ალბუმინთან (შა) და კვერცხის ალბუმინთან (კა) მიღებული მკაცრად განსაზღვრულ პირობებში იძლეოდა ეპრ-ს უაღრესად ინტენსიურ ფართო ხაზებს. კომპლექსების მიღების პირობები შემდეგი იყო:

კომპლექსი რნმ + შა მზადდებოდა 21მლ 1% შრატის ალბუმინის ხსნარის, დნმ-ს 45მლ 0,2% ხსნარისა და 5,6%-იანი NaCl-ის შემცველი 12,6მლ H- აცეტატური ბუფერის (pH 4,0) შერევით. კომპლექსი რნმ + კა მიიღებოდა კვერცხის ალბუმინის 24მ 1%-იანი ხსნარის, რნმ-ს 45მლ 0,2%-იანი ხსნარისა და 13,1მლ იგივე ბუფერის შერევით. ხსნარი იმყოფებოდა მაცივარში მთელი ღამე, მიღებულ ნალექს (ჩვეულებრივ სანაყისი ნივთიერების 5%-ზე ნაკლები), აცენტრიფუგირებდნენ და რამდენჯერმე რეცხავდნენ შესაბამისად შერეული ბუფერული ხსნარით. შემდეგ ხდებოდა მისი დიალიზი არაორგანული მარილების სრულ მოცილებამდე. ამის შემდეგ ორივე პრეპარატს აშრობდნენ. ორივე ეს პრეპარატი იძლეოდა ეპრ-ის ძალიან ინტენსიურ ხაზებს. რომელთა დიფერენციალური და ინტეგრალური ფორმები ნაჩვენებია სურ. 1 და 2-ზე. გაუნყვილებელი ელექტრონების კონცენტრაცია ამ პრეპარატებში უდრის ~1021 ნაწილაკს გრამზე, ანუ მხოლოდ 10-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე მეტალურ სპილენძში. საინტერესოა, რომ რნმ-ისა და ცილის გაცილებით მეტი რაოდენობა, რომელიც არ ილექება და რჩება ხსნარში, ლიოფილიზაციის შემდეგ არ იძლევა ეპრ-ის სიგნალს. ყურადღებას იქცევს ნულოვან ველში შთანთქმის არსებობა რნმ + შა პრეპარატში. ეპრ-ის ანალოგიური ასიმეტრიული ხაზები, ზოგჯერ ასევე შთანთქმული ნულოვან ველში აღმოჩენილია ჩვენს მიერ სხვა პრეპარატებშიც.

კომპლექსების მომზადების პირობების უმნიშვნელო ცვლილებები (pH-ის ცვლილება, რნმ-სა და ცილას შორის თანაფარდობის შეცვლა) იწვევს ან ფექტის გაქრობას, ან ინტენსიობითა და ფორმით მკვეთრად განსხვავებული ხაზების გაჩენას. მაგრამ უკვე მიღებული კომპლექსები უჩვეულოდ სტაბილურია. ასე, მაგალითად, წყალში გახსნილი კომპლექსის დუღილი 5-10 წთ-ის განმავლობაში არ იწვევს ეპრ-ის ხაზების ფორმის, ინტენსიობისა და მდგომარეობის შესაძენვე ცვლილებას.



სურ. 1. პრეპარატ რნმ + შა-ს ეპრ-ის სპექტრი. $\nu=9980\text{მპც}$. ა - შთანთქმის მრუდის პირველი წარმოებული; ბ - შთანთქმის მრუდის ინტეგრალური ფორმა.



სურ. 2. პრეპარატ რმმ + კა-ს ეპრ-ის სპექტრი $\nu=9980\text{მპც}$. ა და ბ იგივეა რაც 1 სურ.

არაჩვეულებრივად საინტერესოა ტემპერატურის გავლენა ამ სპექტრებზე. პარამაგნიტური ნაწილაკების რაოდენობა პრაქტიკულად არ იცვლება ოთახის ტემპერატურიდან დაწყებული $80-100^\circ\text{K}$ -მდე ინტერვალში. ამ უკანასკნელზე შთანთქმის ინტენსიობა ნახტომისებურად ეცემა ნულამდე. ეს მოწმობს იმაზე, რომ მოცემულ შემთხვევაში შეიძლება გარდაქმნების ტიპის გადასვლა ანტიფერომაგნეტიკებში კიურის წერტილში. ეპრ-ის ზაზები ძალიან პგავს ანტიფერომაგნეტიკურ მასალებში ანტიფერომაგნეტიკური რეზონანსის სპექტრებს. ზემოთ აღნიშნული შთანთქმა ნულოვან ველში მოწმობს ძლიერი შიგამოლე-

კულური ველებისა და ანიზოტროპიის არსებობას, რაც ინვეს ენერ-
გეტიკული დონეების „ერთ მთლიანობაში“ შერწყმის მოხსნას და ზეე-
მანის ქვედონეებად დახლეჩას გარე ველის გარეშე.

ეპრ-ის ანალოგიური ხაზები იქნა აღმოჩენილი ნატიურ ლიოფი-
ლიზებულ ქსოვილებში, რომლებიც შეიცავდნენ დიდი რაოდენობით
ნუკლეოპრიტიდებს (ლეიკოციტარული მასალა ახალგაზრდული
ფორმის უჯრედების დიდი შემცველობით, თავის ტვინის ქერქი, ნათხ-
ემის ქერქი, ქერქქვეშა რუხი კვანძები და ნიგრის სუბსტანცია). შთან-
თქმის აბსოლუტური ინტენსიობა ამ შემთხვევაში ნაკლები იყო, მაგ-
რამ ნუკლეოპრიტიდების შემცველობაზე გადაანგარიშებით – იმავე
რიგის, რაც შეინიშნებოდა ხელოვნურ კომპლექსებში.

ამრიგად, მოყვანილი მონაცემები ამტკიცებს, რომ ნატიურ ნუკლე-
ინურ მჟავებში და განსაკუთრებით მათ ცილებთან კომპლექსებში
ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე არსებობს დიდი რაოდენობით ერთმა-
ნეთთან ძლიერად ურთიერთმოქმედი გაუნყვილებელი ელექტრონები,
რომელთა რაოდენობა მხოლოდ მცირედ ნაკლებია მეტალებში თავი-
სუფალი ელექტრონების რაოდენობაზე. ეს ელექტრონული ღრუბელი
უნდა ანიჭებდეს ასეთ სტრუქტურებს სრულიად ახალ თვისებებს. უნ-
და გვახსოვდეს, რომ ყველა ანალოგიები მეტალებთან, ფერომაგნიტი-
კებთან და ანტიფერომაგნიტიკებთან მოცემულ შემთხვევაში რამდე-
ნადმე პირობითია, რადგან ლაპარაკი მიდის ყოველი ცალკეული მო-
ლეკულის შიგნით ლოკალიზებულ ეფექტზე. ფორმით ეპრ-ის ხაზები
გვაგონებს გამტარი ელექტრონების სპექტრს მეტალებში, მაგრამ,
ცხადია, ჩვენს შემთხვევაში არ არის ფერმის დონე და დამაგნიტებაში
მონაწილეობას ღებულობს ყველა გაუნყვილებელი ელექტრონი. სავა-
რაუდოდ ლაპარაკია სრულიად ახალ მოვლენაზე. ანალოგის არარსე-
ბობის გამო ამგვარი სისტემების ფიზიკური და ქიმიური თვისებების
წინასწარმეტყველება *Apriori* შეუძლებელია. ძირითადად მხოლოდ C,
N, O, H და P ატომების შემცველ პოლიმერულ მოლეკულებში გაუნყ-
ვილებელი ელექტრონების უზარმაზარი ღრუბლის არსებობა უაღრე-
სად საკვირველია და ჯერ არ ექვემდებარება ახსნას. ჩვენ დარწმუნე-
ბული ვართ, რომ ჩვენს მიერ აღმოჩენილი მოვლენა მნიშვნელოვან
როლს თამაშობს ბიოლოგიური სტრუქტურებისათვის მათი სპეციფი-
კური თვისებების (მიმართული სინთეზი, მემკვიდრეობითი ნიშნების
გადაცემა, იმუნოსპეციფიკური ცილების სინთეზი, მეხსიერება) მინი-
ჭებაში. ზემოთქმულთან დაკავშირებით უინტერესო არ იქნება გავიხ-
სენოთ მუდმივი მაგნიტური ველის გავლენა ცოცხალ ორგანიზმებზე
და ლეიკოციტებზე, აღნიშნული ბარნოტის და სხვ. შრომებში.

დასასრულს, ავტორები მადლიერებას გამოხატავენ აკად. ნ. ნ. სუ-
მიონოვისა და მეცნიერებათა აკადემიის ნევრ-კორესპონდენტ ვ. ვ. კო-

ევოდსკის მიმართ ჩვენ სტატიაში გადმოცემული შედეგების მეტად სასარგებლო განხილვისათვის.

სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის

ანიზოტროპული სტრუქტურების ლაბორატორია

21.1.1959.“

ზემოთ ციტირებულ შრომაში აღმოჩენილი მოვლენა სრულიად არ ჯდება არა მარტო ნუკლეინმჟავის სტრუქტურაზე არსებულ წარმოდგენაში, არამედ კვანტური ქიმიისა და მაგნიტოქიმიის საყოველთაოდ მიღებულ წარმოდგენებში. ექსპერიმენტალური მონაცემები მეტყველებენ იმაზე, რომ პოლიმერულ სტრუქტურებს, რომლებიც არ შეიცავენ საკუთარ ელექტრონულ გარსზე რამდენადმე მნიშვნელოვანი რაოდენობის იონების მეტალებს გაუწყვილებელი ელექტრონებით, შეუძლიათ ძირითად მდგომარეობაში გააჩნდეთ დიდი რაოდენობის გაუწყვილებელი ელექტრონები, რომელთა ღრუბელი ქმნის მოლეკულაში ძლიერ ანიზოტროპულ შიგა მაგნიტურ ველებს. ეს ველები იწვევს ხაზების გაფართოებას და ასიმეტრიას და ნულოვან გარეგან ველში ენერგეტიკული დონეების მთლიანობის მოსხნას. ეს მოვლენები და აგრეთვე კიურის ანტიფერომაგნიტური ნერტილის არსებობა (სიგნალის მოულოდნელი გაქრობა გარკვეულ დაბალ ტემპერატურაზე), აქამდე შესაძლებლად ითვლებოდა მხოლოდ კრისტალური სტრუქტურებისათვის, რომლებიც შეიცავდნენ მეტალებს გაუწყვილებელი d-ელექტრონებით. აღმოჩენილი ეფექტების მოულოდნელობის გამო ისმება კითხვა, ხომ არ არის ისინი გამონკვეთი პარამაგნიტური და ფერომაგნიტური მინარევებით.

ქვემოთ ჩამოთვლილია ლევ ბლიუმენფელდის არგუმენტები, რომლებიც მოწმობენ აღნიშნული ეფექტის ახსნის შეუძლებლობაზე პარამაგნიტური ან ფერომაგნიტური გაჭუჭყიანებით:

1. რნმ-ს ცილებთან ზემოთ ნახსენები კომპლექსების შემთხვევაში რნმ-სა და ცილის საწყისი პრეპარატები არ იძლეოდნენ ეპრ-ის სიგნალებს. რნმ-სა და ცილების ათჯერადი რაოდენობა, დარჩენილი ნალექზედა სითხეში გამოშრობის შემდეგ ასევე არ იძლეოდა ეპრ-ის სიგნალებს. იმავე საწყისი პრეპარატებისაგან მიღებული კომპლექსები, ოღონდ PH-ის ოდნავ სხვა პირობებში და კომპონენტების კონცენტრაციის სხვა თანაფარდობისას (50% რნმ 16%-ის ნაცვლად) არ იძლევა რეზონანსულ შთანთქმას.

2. პარამაგნიტური გაჭუჭყიანებას გამოორიცხავს თვით მისი სიდიდე. მიღებული ინტეგრალური ინტენსიობის ხაზების მისაღებად აუცილებელია ნიმუშში მინიმუმ 10% Cu^{++} ან 2% F^{+++} იონების შემცველობა. ნიმუშების ელემენტარული ანალიზი აჩვენებს ასეთი გაჭუჭყიანების პრაქტიკულ არარსებობას.

3. ნიმუშების გახურება მშრალ მდგომარეობაში 200°-მდე ინვეს სიგნალების შეუქცევად გაქრობას.

4. დნმ-ს შემთხვევაში წყლის ხსნარის ადუღება ასევე ინვეს ებრ შთანთქმის შეუქცევად გაქრობას, ბოლო ორი პუნქტი გამორიცხავს ეფექტის მინერას როგორც პარამაგნიტურ, ისე ფერომაგნიტურ გაჭუჭყიანებაზე.

5. სიგნალის გაქრობა ტემპერატურის 80°K-მდე ტემპერატურის დანევისას, ებრ შთანთქმის ანალოგიური გაქრობა ანტიფერომაგნეტიკებში კიურის ანფერომაგნეტიკურ წერტილში, ასევე გამორიცხავს აღნიშნული მოვლენის ახსნას ფერომაგნეტიკური დაჭუჭყიანებით.

ყველა ჩამოთვლილი ფაქტი მეტყველებს იმაზე, რომ ლ. ბლიუმენფელდის ნაშრომში აღმოჩენილი ნუკლეინმჟავების ანომალური მაგნიტური თვისებები ახასიათებს პოლიმერულ სტრუქტურებს და არ არის გაჭუჭყიანების შედეგი.

ლ. ბლიუმენფელდმა გამოიკვლია სინთეტიკური პოლიმერების ზოგიერთი კლასი. მათ შემთხვევაში ეფექტები შეინიშნებოდა მყარ ფაზაში. რეზონანსული მრუდების სიფართო და ფორმა, მათი ტემპერატურული ქცევა და აგრეთვე მუდმივი დამაგნიტების მიღწევა ძალიან სუსტ ველებში აჩვენებს, რომ სინთეტიკურ პოლიმერებს ასევე გააჩნიათ მაგნიტური თვისებები, რასაც გაუწყვილებელი ელექტრონები განაპირობებს.

ლ. ბლიუმენფელდმა აგრეთვე დანვრილებით შეისწავლა ნუკლეინმჟავების მაგნიტური თვისებების ცვლილებები დენატურაციის პროცესში, აგრეთვე ცილებთან კომპლექსნარმოქმნის სხვადასხვა პირობებში.

დნმ-ის დენატურაციის ცდებმა აჩვენა, რომ ნუკლეინმჟავების აღმოჩენილი მაგნიტური თვისებები მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია ბიოპოლიმერების მოწესრიგებული ნატიური სტრუქტურით. როგორც სითბური, ისე მჟავური დენატურაცია ინვეს სიგნალის ინტენსიობის დადაბლებას. ცხადია, მაგნიტური რეზონანსის ფართო ხაზების წარმოქმნა ამ შემთხვევაში, ისე როგორც სინთეტიკური პოლიმერების შემთხვევაში, დაკავშირებულია კრისტალური უბნების არსებობასთან, რომლებშიც ცალკეული პურინული და პირმიდინული ფუძეები ქმნიან თითქმის ხაზოვან მოწესრიგებულ სტრუქტურას პარალელური პეტეროციკლებისაგან შემდგარი სვეტის სახით. ნუკლეინმჟავების შემთხვევაში ლაპარაკი მიდის კრისტალურ უბნებზე ერთი მაკრომოლეკულის შიგნით, სინთეტიკური პოლიმერების შემთხვევაში – მთელი მყარი ნიმუშის მესერზე.

ცილებთან კომპლექსის წარმოქმნა, რომელიც ინვეს მაგნიტური რეზონანსის ფართო ხაზის ინტენსიობის მკვეთრ გადიდებას, სავარაუდოდ, ადიდებს შიგამოლეკულური კრისტალური უბნების რიცხვს

და ზომებს. ექსპერიმენტალური მონაცემები მეტყველებენ იმაზე, მაგნიტური რეზონანსის სიგნალის ინტენსიობის გაზრდა კომპლექსწარმოქმნისას, წარმოადგენს სტრუქტურული ცვლილებების შედეგს, და არა ნიმუშში დამატებითი მინარევის არსებობის. უნდა აღინიშნოს, ცილებთან კომპლექსის წარმოქმნა იწვევს ნუკლეინმჟავების არა მარტო მაგნიტური თვისებების, არამედ სხვა თვისებების ცვლილებას.

ლ. ბლიუმენფელდის შემდეგ ნუკლეინმჟავების ფერომაგნიტური თვისებები ექსპერიმენტალურად დაადასტურეს ფრანგმა მეცნიერებმა სადრონმა, დუზუმ, პოლონკიმ. მათ დაადგინეს, რომ მაგნიტური თვისებების გარდა ნუკლეინმჟავებს გააჩნიათ აგრეთვე ელექტრული თვისებები. აქედან გაკეთდა მნიშვნელოვანი დასკვნა. არსებობს მოსაზრება, რომ ეს ნივთიერება როგორც ქრომოსომაში, ისე ნერვული უჯრედის ბირთვში, რომელსაც დაგრძელებული და დახვეული ბოჭკოს ფორმა აქვს, ისევე მოქმედებს, როგორც მაგნიტოფონის ლენტი. ამ ბოჭკოს შემადგენელი ატომური ჯგუფები ტვინის ფსიქიკური მუშაობის იმპულსით, გამონვეული ელექტრომაგნიტური ვიბრაციების ზემოქმედებით ამა თუ იმ ინფორმაციის მიღების მომენტში განლაგდებიან წესით, რომელიც მოქმედებს მაგნიტოფონის ლენტში ცვლადი მაგნიტური ველის მოქმედებისას.

ანალოგიისათვის განვიხილოთ დამაგნიტების პროცესების თეორიის საფუძველი. დღესდღეობით ცნობილია, რომ ყველა ფერომაგნიტური მასალა შედგება დიდი რაოდენობით თვითნებურად დამაგნიტებული უბნების რიცხვისაგან – დომენებისაგან. ყოველი დომენი შეიცავს საკმაოდ დიდი რაოდენობით ატომებს. არადაამაგნიტებულ მასალაში დომენების დამაგნიტების ვექტორები განლაგებულია ყველა მიმართულებით უნესრიგოდ ან იმგვარად, რომ მასალის დამაგნიტება მთლიანობაში არ წარმოიქმნება. დომენის საზღვრებში ატომების მაგნიტური მომენტები ორიენტირებულია პარალელურად. ასე რომ დომენები გარე ველის არარსებობის დროსაც კი დამაგნიტებულია გაჯერებამდე.

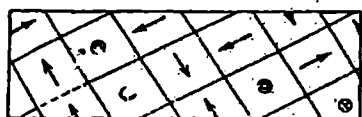
გარე მაგნიტური ველი ცვლის მხოლოდ დამაგნიტების მიმართულებას მოცემულ მოცულობაში და არ მოქმედებს მის სიდიდეზე. ამ დროს ადგილი აქვს ატომების მაგნიტური მომენტების ბრუნვას (თითქუელი ატომის მაგნიტური მომენტი შემობრუნდება თავისი ღერძის ირგვლივ). ყოველი უბნის შიგნით ატომების მაგნიტური მომენტები, რჩებიან რა ერთმანეთის მიმართ პარალელურნი, ორიენტირდებიან მიმართულებით, რომელიც უფრო ახლოსაა გარე ველის მიმართულებასთან.

ყოველი დომენის მაგნიტური მომენტი განისაზღვრება დომენისა და მისი მოცულობის სიდიდით და დამაგნიტების მიმართულებით. სპონტანური დამაგნიტების სიდიდის შეცვლა შეიძლება ტემპერატუ-

რის ცვლილებით ან მაგნიტური ველების ზემოქმედებით. ჩვეულებრივ, მუდმივი ტემპერატურისას დომენის მაგნიტური მომენტი, და შესაბამისად ფერომაგნიტური ნიმუშის დამაგნიტება შეიძლება შეიცვალოს ორი მიზეზით:

1. დამაგნიტებული დომენის მიმართულების შეცვლით – „ბრუნვით“ ან

2. დომენის მოცულობის შეცვლით – „საზღვრის გადახრით“
ორივე ეს პროცესი სქემატურად გამოხატულია სურათზე.



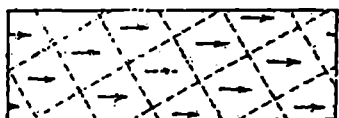
ა



ბ



გ



დ

სურ. 68. კრისტალოგრაფიული ლერძი x ; $\rightarrow$ მაგნიტური ველის მიმართულება. რკინის ტიპის მასალის დამაგნიტებისას დომენური სტრუქტურის ცვლილების სქემა: ა) ნიმუში დამაგნიტებულია, ბ) ნიმუში ნაწილობრივ დამაგნიტებულია (საზღვრების შექცევადი გადახრა), გ) ყველა დომენის დამაგნიტების ვექტორი ერთნაირად ორიენტირებულია, დ) ნიმუში გაჯერებამდე დამაგნიტებულია.

დამაგნიტების პროცესები შეიძლება აგრეთვე გაყოფილ იქნას შეუქცევად და პრაქტიკულად შექცევად იმის მიხედვით, მოცემულ პროცესში ენერგიის დიდი თუ მცირე წილი იფანტება სითბოს სახით.

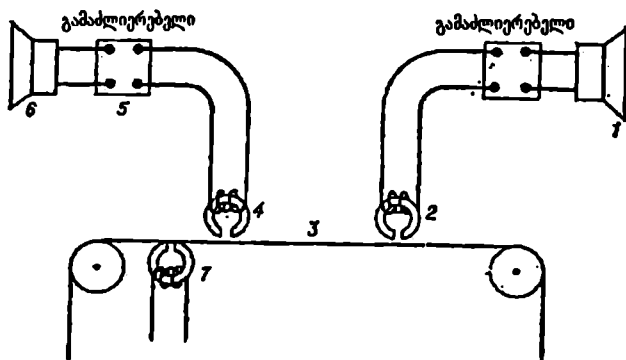
დამაგნიტების მრუდზე სამი ძირითადი უბანი შეიძლება შეეფარდოს დამაგნიტების შემდეგ პროცესებს, რომელთაგან თითოეული მოცემულ უბანზე ძირითად როლს თამაშობს.

1. საზღვრების შექცევადი გადახრა
2. საზღვრების შეუქცევადი გადახრა
3. შექცევადი ბრუნვა

დამაგნიტებისას ბრუნვად ველებში შეიძლება შეგვხვდეს აგრეთვე მეოთხე პროცესი, სახელდობრ შეუქცევადი ბრუნვა.

მაგნეტიზმის გამოყენება ადამიანთა უმრავლესობისათვის კარგად არის ცნობილი ტექნიკაში და ყოფაში მაგნიტოფონებისა და

ვიდეომაგნიტოფონების ფართოდ გავრცელების გამო. მაგნიტური ჩანერის მეთოდში გამოიყენება ფერომაგნიტური მასალების დამაგნიტების მოვლენა. გამოიყენება ფერომაგნეტიკები წვრილი ფხვნილის სახით. ჩვეულებრივ იყენებენ რკინის გამა-ოქსიდს ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), რომელიც იხსნება ლაკში და თანაბარი ფენის სახით დაფარავს აცეტილცელულოზის ლენტის ზედაპირს. ხმოვანების ან გამოსახულების ჩანერა, მისი აღდგენა და აგრეთვე ჩანანერის ნაშლა ხორციელდება ე.წ. მაგნიტური თავაკების დახმარებით. ჩვეულებრივ, მაგნიტური თავაკი წარმოადგენს ტოროიდალურ ელექტრომაგნიტს ძალიან ნატიფი ღრეჩოთი ხმის ან გამოსახულების ჩანერისა და აღდგენისათვის და რამდენადმე უფრო დიდი სიფართის ღრეჩოთი ხმის ან გამოსახულების ნასაშლელად.



სურ. 69. მაგნიტური ხმის ჩამწერისა და ხმის აღმდგენის სქემა.

სურათზე მოყვანილია მაგნიტური ხმის ჩანერის სისტემა. როცა ხდება ჩანერა, ჩამწერი თავაკის სახვევში (1) მოდის მიკროფონიდან (2) ხმოვანი სიხშირის ელექტრული სიგნალი. ამ დროს თავაკის ღრუდან (2) აღძრული მაგნიტური ველი ჩაიკეტება ფერომაგნიტური ფხვნილის ნაწილაკებით ლენტში (3). ფხვნილი მაგნიტდება ჩანერილი ხმის შესაბამისად. ამრიგად, ჩანერილი სიგნალი განუსაზღვრელი დროით ინახება დამაგნიტების სახით ლენტის მაგნიტურ ფენაში. ხმის აღდგენისას მაგნიტური ლენტი მოძრაობს ღრუს გასწვრივ აღმდგენელ მაგნიტურ თავაკთან (4). ლენტის მაგნიტური ველი ჩაიკეტება თავაკის მაგნიტური გამტარით (4), აღძრავს მასში მაგნიტურ ნაკადს, რომელიც ზუსტად იმეორებს ადრე ჩანერილი ხმოვანი სიგნალის ფორმას თავაკის (2) დახმარებით. ამ დროს თავაკში (4) ინდუცირებუ-

ლი ელექტრომაგნიტური ძალა(ებმ) გამაძლიერებლის(5) შემდეგ მოიყვანს მოქმედებაში რეპროდუქტორს(6).

თუ ლენტზე არ მოხდება რაიმე გარე ზემოქმედება (მაგ. ძლიერი მაგნიტური ველების გავლენა, გახურება და ა.შ.), ჩანაწერი განუსაზღვრელი დროით ინახება.

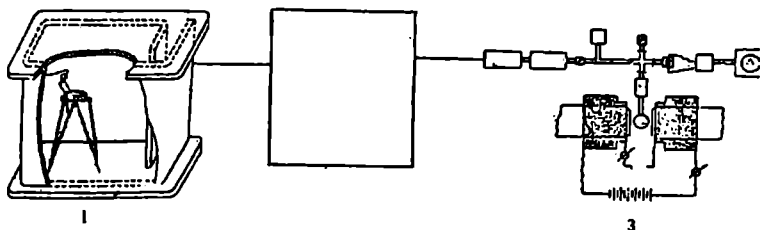
იმისათვის, რომ ლენტი მომზადდეს ახალი ჩანერისათვის, მას მოათავსებენ შემცირებადი ამპლიტუდისა და ულტრაბგერითი სიხშირის ცვლად მაგნიტურ ველში, რომელსაც ქმნის წამშლელი თავაკის (7) ხვეულში მიმდინარე ცვლადი დენი. ეს პროცესი იწვევს ჩანაწერის მატარებლის განმაგნიტებას, ჩანაწერი იშლება და ლენტი მზადაა ახალი ჩანერისათვის. იგივე შეიძლება ითქვას ნუკლეინმჟავის მოლეკულაზე. ადამიანის გარეგნობა, სახის ნაკვთები, მისი მესხიერების ელემენტები, აგრეთვე ქცევის საფუძვლები ჩანერილია მისი ქრომოსომის ნუკლეინმჟავას ბოჭკოზე ამა თუ იმ ელექტრომაგნიტური ვარიაციის ფორმით. ამ დებულების განვითარებისას შეიძლება დასაბუთებულად ჩაითვალოს შემდეგი დასკვნა: თავის ტვინის ქერქის ნერვული უჯრედების ბირთვის ნუკლეინმჟავების მოლეკულებში, როგორც მესხიერების ბირთვებში ინახება ის მრავალფეროვანი ინფორმაცია, რომელიც გადაეცემა ინდივიდის ტვინს მისი გრძნობათა ორგანოებიდან. ეს ინფორმაცია ცნობიერების ორგანოების ანალიზით და სინთეზით დამუშავების შემდეგ რჩება ტვინის მესხიერების ბირთვებში, როგორც თავისებურ საწყობებში, სანამ არ მოვა ტვინის ნებითი იმპულს-ბრძანება, რომელიც დააბრუნებს ამ ინფორმაციას ცნობიერების სფეროში სწორედ მაშინ, როცა გაჩნდება ამის აუცილებლობა.

აქედან ჩვენ შეგვიძლია გაავაკეთოთ კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი დასკვნა ბიოლოგიური რადიოკავშირის თეორიისათვის, იმ მომენტში, როცა ცნობიერების სფეროში შესული ინფორმაცია მუშავდება ერთი ადამიანის ტვინის ნერვული უჯრედების ბირთვში ანალიზისა და სინთეზის პროცესით, ამ უჯრედიდან გარეთ გამოსული რადიაციული გამოსხივება შეიცავს ტალღებს, რომელიც თან სდევს ტვინში ფსიქიკური ინფორმაციის წარმოქმნას. ეს ტალღები არის სწორედ ის ალმგზნები აგენტი, რომელიც მიდის თუნდაც შორ მანძილზე მყოფი მეორე ადამიანის ტვინის ნერვული უჯრედის ბირთვში, ზემოქმედებს ამ ბირთვზე ინდუქციისა და რეზონანსის კანონებით. შედეგად მიიღება შესაბამისი ბირთვისა და უჯრედის გაღიზიანება ამ მეორე ტვინში, იგი ბიძგს აძლევს მის ფსიქიკურ მუშაობას, რომელიც ყველაფერში პირველი ტვინის მუშაობის ანალოგიურია.

ჩვენი ნერვული სისტემის უჯრედების (და ქრომოსომების) ნუკლეინმჟავების მაგნიტური, ელექტრომაგნიტური თვისებების აღმოჩენა უნდა განვიხილოთ როგორც ახალი გზის დასაწყისი, რომელსაც მიე-

ყავართ სხვა უმთავრეს აღმოჩენებამდე, რომლებიც გამოიწვევენ კაცობრიობის სიცოცხლესა და მეცნიერებაში ძირეულ გადატრიალებას, ამ პერსპექტივებზე საუბრისას პარიზის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტმა ფ. პერენმა (9 მაისი 1960 წ.) თქვა: „მე ვთვლი, რომ მეცნიერული აღმოჩენა, რომელზეც მე ეს ეს არის გელაპარაკეთ, სახავს ახალ გეზს ცოცხალი მატერიის მმართველი ძირითადი კანონებისა და მექანიზმების შეცნობისაკენ“.

ამ აღმოჩენის გამოყენება სავსებით შესაძლებელია გენურ ინჟინერიაში ახალი ბიოლოგიური სისტემების მოდელირებისათვის. სკვიდ-მაგნიტომეტრის მიერ აღქმული ერთი ობიექტის მაგნიტური ველი გაივლის გამაძლიერებელთა კასკადს, გაძლიერდება და ეპრ-სპექტრომეტრის საშუალებით რეზონანსულად დაასხივებს მეორე ობიექტს. თუ გავისხენებთ ვლადილ კაზნაჩევის მიერ აღმოჩენილ „სარკისებრ ციტოპათიკურ ეფექტს“, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დეტექტორში მაგნიტური ველი მოახდენს დნმ-ს მოლეკულის ატომების განლაგების ისეთივე ცვლილებას, როგორც ინდუქტორში. შედეგად მივიღებთ ახალი ბიოლოგიური ობიექტის მოდელირებას.

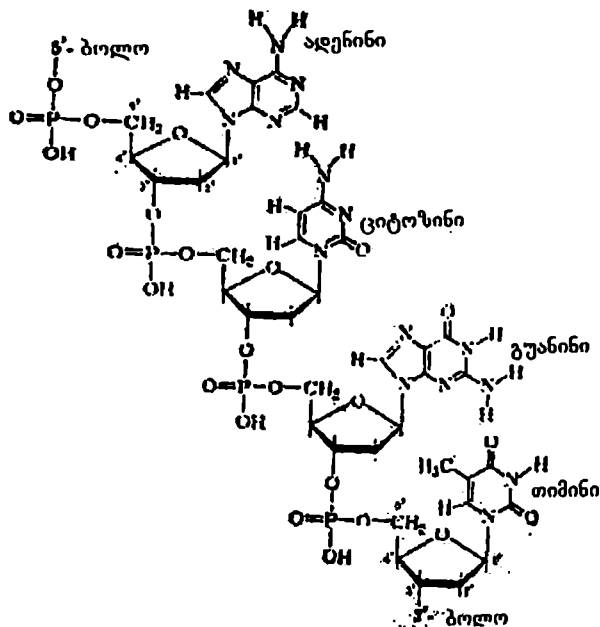


სურ. 70. ახალი ბიოლოგიური ობიექტის მოდულატორი - „ბიოლოგიური მაგნიტოფონი“ 1. ეკრანირებული სკვიდ-მაგნიტომეტრი, 2. გამაძლიერებელთა კასკადი, 3. ეპრ-სპექტრომეტრი

გენეტიკური კოდი. როგორც ცნობილია, ორგანიზმის ნიშან-თვისებებს განსაზღვრავს ინფორმაცია, რომელიც კოდირებულია ბირთვში არსებულ ქრომოსომებში. ქრომოსომა შედგება დესზოქსირიბონუკლეინმჟავას მოლეკულებისაგან(დნმ), ჰისტონური და არა-ჰისტონური ცილებისაგან და რიბონუკლეინის მჟავის მოლეკულებისაგან(რნმ). სტრუქტურული და ფუნქციონალური მემკვიდრეობითობის ერთეულს წარმოადგენს გენი, რომელიც დნმ-ს მოლეკულის მონაკვეთია. ქიმიურად დნმ წარმოადგენს მონონუკლეოტიდების მაღალმოლეკულურ პოლიმერს. დნმ-ს ყოველი ნუკლეოტიდი შედგება ფოსოფორმჟავას ნაშთისაგან, 2d-დეზოქსირიბოზისა და პურინული

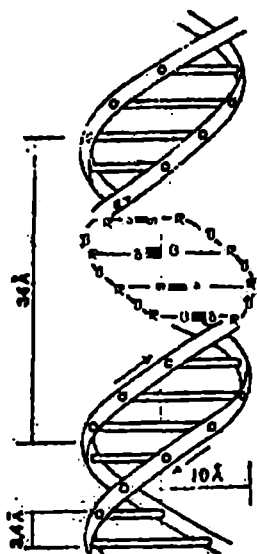
და პირიმიდინული აზოტოვანი ფუძისაგან. ნახშირწყლოვან-ფოსფატური ნაშთი ყველა დნმ-ს მონომერში ერთნაირია, აზოტოვანი ფუძე კი წარმოდგენილია ადენინით(ა), გუანინით(გ), ციტოზინით(ც) ან თიმინით(თ).

მონონუკლეოტიდებში 2d დეზოქსირბოზა შეერთებულია გლიკოზიდური ბმით პირველი ნახშირბადის ატომით აზოტის ატომთან პურინული ფუძის მე-9 მდგომარეობაში (ადენინი ან გუანინი), ან პირმიდინული ფუძის მე-3 მდგომარეობაში (ციტოზინი ან თიმინი). ფოსფორმჟავას ნაშთი ეთერული ბმით უერთდება დეზოქსირბოზას მე-3 ან მე-5 ატომს.

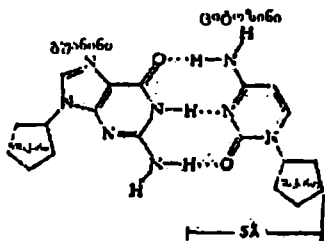
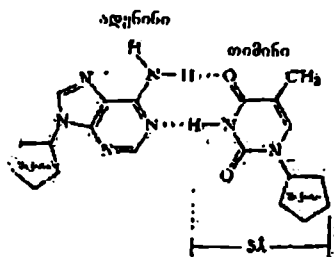


ნუკლეოტიდების შეერთება დნმ-ს მოლეკულაში.

დნმ-ს მოლეკულა წარმოადგენს ორმაგ სპირალს, რომელიც აგებულია ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან. ყოველი ჯაჭვი შედგება ნახშირწყლოვან-ფოსფატური ჩონჩხისაგან.



სურ. 71. დნმ-ს მოლეკულის ორმაგი სპირალი. ა - ადენინი, თ - თიმინი, გ - გუანინი, ც - ციტოზინი, დ - დეზოქსირიბოზა, ფ - ფოსფატი 34Å - სპირალის სიდიდე, 3,4Å - ნუკლეოტიდებს შორის მანძილი. ისრები მიუთითებს სპირალის ხვეულის მიმართულებას.

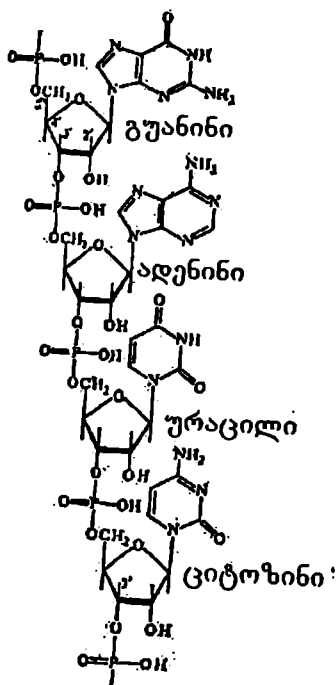


პურინული და პირიმიდინური ფუძეების შეერთება დნმ-ს მოლეკულებში (ნერტილებით აღნიშნულია წყალბადური ბმები).

ნახშირწყლოვან კომპონენტთან შეერთებული აზოტური ფუძეები ორიენტირებულია შიგნით და შეერთებულია ერთმანეთთან წყვილად წყალბადური ბმებით. ამასთან ა - თ-სთან, გ - ც-სთან, ადენინი თიმინთან შეერთებულია ორი წყალბადური ბმით, გუანინი ციტოზინთან სამი წყალბადური ბმით.

რიბონუკლეინის მჟავა(რნმ) წარმოადგენს მაღალმოლეკულურ ნაერთს წრფობრივი სისტემით. მონომერული რგოლები - რიბონუკ-

ლეოტიდები შედგება ფოსფორმჟავას ნაშთისაგან, D-რიბოზისაგან (პენტოზა - ხუთნახშირბადიანი შაქარი). აზოტოვანი ფუძეებისაგან - ადენინი(ა), გუანინი(გ), ციტოზინი(ც) და ურაცილი(უ).

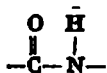


რნმ-ს მოლეკულის ჯაჭვის მონაკვეთი.

მონომერული რგოლები - რიბონუკლეოტიდები - ერთმანეთთან დაკავშირებულია ერთი ნუკლეოტიდის 5'-ფოსფატიტ და შემდგომი ნუკლეოტიდის ნახშირწყლოვანი ნაშთის 3' პიდროქსილით. პირიმიდინები უერთდებიან ნახშირბადის ნაშთს თავისი რგოლის 9 მდგომარეობაში, პურინები 3 მდგომარეობაში. არსებობს როგორც სპირალური, ისე ერთჯაჭვიანი რნმ-ს მოლეკულები. განასხვავებენ ინფორმაციულ, სატრანსპორტო და რიბორომულ რნმ-ს.

გენების ძირითადი ფუნქციაა ცილოვანი მოლეკულების სინთეზის მართვა. ცილების მოლეკულები წარმოადგენს პოლიმერებს, რომლებიც 20 სხვადასხვა ამინომჟავას ნაშთისაგან შედგება. აი ისინი: ალანინი, გლიცინი, ვალინი, ლეიცინი, იზოლეიცინი, პროლინი, ფენილალანინი, თიროზინი, ტრიპტოფანი, სერინი, ტრეონინი, ცისტინი, მეთიონინი, არგინინი, პისტიდინი, ლიზინი, ასპარაგინის მჟავა, გლუტა-

მინის მჟავა. ცილის მორლეკლებში ამინომჟავური ნაშთები ერთმანეთთან შეერთებულია ენ. პეპტიდური ბმით, რომელიც წარმოიქმნება ერთი ამინომჟავას კარბოქსილურ ჯგუფსა და მეორე ამინომჟავას ამინოჯგუფს შორის.



პეპტიდური ბმა

ამინომჟავების რიცხვის მიხედვით ასეთ შენაერთებს ექოდება დი-ტრი-ტეტრაპეპტიდები და ა.შ.

პოლიპეპტიდური ჯაჭვები სივრცულად ხშირად წარმოქმნიან სპირალურ კონფიგურაციებს, რომლებიც შეკავდება წყალბადური ბმების დახმარებით და ქმნის ცილის მეორად სტრუქტურას. დისულფიდური და ეთერული ბმების საშუალებით ექმნება ცილის მესამეული სტრუქტურა (კონფარმაცია) ცილის მონომერული მოლეკულები-საგან იქმნება ცილის მეოთხეული სტრუქტურაც (კომპლექსი).

ამინომჟავების თანმიმდევრობას პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში განსაზღვრავს გენეტიკური ინფორმაცია, რომელიც გადაიცემა დნმ-ს მოლეკულის რეპლიკაციის საშუალებით. დნმ-ს მემკვიდრეობითი ინფორმაციის რეალიზაციას ცხოველმოქმედების პროცესში განაპირობებს 3 ტიპის რნმ: ინფორმაციული (ი - რნმ ან მრნმ), რიბოსომული (რ-რნმ) და ტრანსპორტული (ტრნმ), რომლებიც ფერმენტ რნმ-პოლიმერაზის საშუალებით სინთეზირდებიან დნმ-ზე როგორც მატრიცაზე. ამასთან ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა დნმ-ს მოლეკულაში ერთმნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობის სამივე ტიპის რნმ-ში - ცილის მოლეკულის მაკოდირებელი გენის ინფორმაციის მატარებელია ირნმ. მემკვიდრეობითი ინფორმაციის რეალიზაციის საბოლოო პროდუქტია ცილოვანი მოლეკულების სინთეზი, რომელთა სპეციფიკურობა განისაზღვრება მათში შემავალი ამინომჟავების თანმიმდევრობით.

რამდენადაც დნმ-ს ან რნმ-ს შემადგენლობაში წარმოდგენილია მხოლოდ 4 სხვადასხვა აზოტური ფუძე (დნმ-ში ადენინი(ა), თიმი-ნი(თ), გუანინი(გ) და ციტოზინი(ც). რნმ-ში - ადენინი(ა), ურაცილი(უ), ციტოზინი(ც), გუანინი(გ)), რომელთა თანმიმდევრობა განსაზღვრავს 20 ამინომჟავის თანმიმდევრობას ცილაში, ისმება გენეტიკური კოდის საკითხი - ნუკლეინის მჟავების 4-ასოიანი ალფავიტის ცილების 20-ასოიან ალფავიტში გადაყვანა.

გენის რეალიზაციის პროცესში ადგილი აქვს გენეტიკური ინფორმაციის კოდირებას. გაირკვა, რომ დნმ-ს ჯაჭვში სამი თანმიმ-

დევერულად განლაგებული ნუკლეოტიდი (ტრიპლეთი) აკოდირებს კომპლემენტარულ ტრიპლედს რნმ-ს ჯაჭვში, რომელიც თავის მხრივ აკონტროლებს ამინომჟავების თანმიმდევრობას ცილოვანი მოლეკულის პოლიპეტიდურ ჯაჭვში. დადგენილია, რომ პოლიპეტიდური ჯაჭვის სინთეზირდება დნმ-ს ტრიპლედების განლაგების შესაბამისად. ცნობილია, თითოეულ ამინომჟავას რომელი ტრიპლეთი აკოდირებს. რნმ-ს 64 შესაძლებელი ტრიპლეთიდან 61 აკოდირებს განსაზღვრულ ამინომჟავებს. სამი ტრიპლეთი – უაა, უაგ და უვა – არ აკოდირებს ამინომჟავებს, მაგრამ მათი ფუნქციაა ზრდადი პოლიპეტიდური ჯაჭვის სინთეზის დასრულება. 3 ამინომჟავა – ლეიცინი, არგინინი და სერინი – კოდირდება ექვსი კოდონით, 2 – მეთონინი და ტრიპტოფანი – ერთი კოდონით, დანარჩენი 15 – ორიდან ოთხი კოდონით.

რამდენიმე წლის უკან აშშ-ს მთავრობამ განაცხადა, რომ მთლიანად გაშიფრულია ადამიანის გენეტიკური კოდი. საკითხი ცხადია, ეხება გენებში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობას და არა მათ ფუნქციებს. მაგრამ თუ გამოვალთ დნმ-ს და რნმ-ს მაგნიტური თვისებებიდან, შესაძლებელი გახდება თითოეული ტრიპლედის ელექტრომაგნიტური სიგნალის გარკვევა. შემდგომ კი, თანამედროვე გენური ინჟინერიის პრიმიტიული მეთოდების ნაცვლად გამოყენებული უნდა იქნას გენეტიკური კოდის ელექტრომაგნიტური დაპროგრამება.

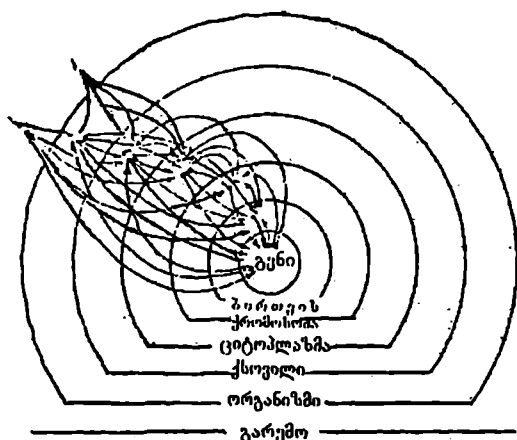
ბიოლოგიის ერთი უმთავრესი გადაუჭრელი პრობლემაა მიზეზები, რომლებიც აიძულებს უჯრედს მიმართულად იმოქმედოს ორგანიზმში, აგრეთვე შერჩევითი ურთიერთქმედება მანძილზე ერთნაირ უჯრედებს შორის. ეს პრობლემა დეტალურადაა განხილული ვეისის (1961) ნაშრომებში, რომელიც განიხილავს შემდეგ საკითხებს:

1. თავისუფალი უჯრედი, რომელსაც შეუძლია იმოქმედოს მრავალი მიმართულებით. რატომ მოქმედებს ხშირად ჯიუტად მხოლოდ ერთი მიმართულებით?

2. რატომ ცნობენ უჯრედები ერთმანეთს და გარემო პირობებს? როგორ პოულობენ ორგანიზმში თავისი „დანიშნულების ადგილს“? რა საშუალებით ჯგუფდებიან უჯრედები ტიპების მიხედვით და ინარჩუნებენ ამ დაჯგუფებას როგორც ორგანიზმში, ისე *in vitro* ცდებში?

3. ნათელია, ასკვნის ვეისი, რომ ამ მოვლენებისათვის დამახასიათებელია იმავე რიგის სპეციფიკურობა, როგორც იმუნური რეაქციებისათვის, ფერმენტების სუბსტრატებთან ურთიერთქმედებისათვის. ქრომოსომების კონიუგაციისათვის, განაყოფიერების, პარაზიტული ინვაზიისა და ფაგოციტოზისათვის. ამრიგად, ფაგოციტოზიდან, მაკრომოლეკულების შთანთქმიდან უჯრედშორის „გაცნობით“ კონტაქტებზე და უჯრედის სუბსტრატთან შერჩევით „მინებებაზე“ გადასვლისას, ჩვენ ვლბულობთ ერთნაირი ბუნების უწყვეტ სპექტრს.

თუ აღწერილი მოვლენების განხილვას მიეუდგებით ლ. ბლიუმენფელდის მიერ აღმოჩენილი ბიოპოლიმერების მაგნიტური თვისებების თვალსაზრისით, იხატება უბრალო, მწყობრი და თვალწარმტაცი სურათი. მართლაც, შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რომ ორგანიზმში არსებობს მრავალფეროვანი ელექტრომაგნიტური ურთიერთობები (უკვე ცნობილ ნეირო-ჰუმორალურ კავშირებთან ერთად) დიფერენცირებული სპეციფიკური „მუშა“ სიხშირეების, ინტენსიობების ინტერვალებისა და კოდირების მეთოდის მიხედვით. ასეთი ურთიერთქმედებები შეიძლება საფუძვლად ედოს არა მარტო უჯრედებს შორის ურთიერთქმედებას, არამედ მაკრომოლეკულებს შორის სპეციფიკურ ურთიერთქმედებას: ფერმენტს და სუბსტრატს შორის, ანტიგენსა და ანტისხეულს, დნმ-სა და რნმ-ს შორის. შესაძლებელია ამგვარი ურთიერთქმედების შედეგად ხორციელდება ცილოვანი მოლეკულების სინთეზის მართვა. საზღვარგარეთ გამოითქვა ჰიპოთეზა ასეთი მართვის შესახებ (New biological effects of R-F 1959), რომელშიც დნმ-ს მოლეკულები განიხილება, როგორც რადიოსიხშირის სიგნალის გენერატორები, რნმ-ს მოლეკულები – როგორც გამაძლიერებლები, ფერმენტები და ამინომჟავები კი – როგორც სპექტრის სხვადასხვა უბანში კოდირებული სიგნალის შემსრულებლები. უჯრედის გარსს მიეკუთვნება ხმაურის ფილტრის როლი.



სურ. 72. ბუნებაში არსებული ელექტრომაგნიტური ურთიერთობის რთული სქემა.

გაზეთა „იუმანიტეზი“ (1960 წ. მაისი) შეაფასა ბიოპოლიმერების ელექტრომაგნიტური თვისებების აღმოჩენა, როგორც ძირეული გა-

დატრიალება კაცობრიობის სიცოცხლეში, არანაკლები, ვიდრე ბირთვული კვლევები და კოსმოსური რაკეტა.

წმ. ენერგიის მიგრაცია

1938 წელს ცნობილმა ფიზიკოსმა პასკუალ იორდანმა გამოთქვა იდეა მრავალი მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური მოვლენის ასხნის შესაძლებლობის შესახებ, თუ დაშვებული იქნებოდა, რომ ბიოპოლიმერების გიგანტურ მოლეკულებს გააჩნიათ მყარი სხეულების თვისებები, ანუ რეგულარულად განლაგებული მოლეკულური ჯგუფების ურთიერთქმედების შედეგად მათში წარმოიქმნება ენერგეტიკული ზონები და შესაძლებელი ხდება ენერგიის მიგრაცია დიდ მანძილზე. ასეთი ვარაუდის ფარგლებში მაგალითისათვის განხილულ იქნა ფერმენტ ურეაზის ფოტოინაქტივაციის მოქმედების სპექტრი, და გამოითქვა რამდენიმე მოსაზრება მუტაციისა და გენების ურთიერთქმედების მექანიზმზე.

1941 წელს ეს იდეა ატაცებულ იქნა ბიოლოგ სცენტ-დიერდის მიერ, რომელმაც წამოაყენა ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად გიგანტურ ბიოლოგიურ მოლეკულებს გააჩნიათ ნახევარგამტარული თვისებები, ანუ აქვთ გამტარი ზონები, რომლებშიც ენერგიის გადატანა ხდება კრისტალებში ელექტროგამტარობის ანალოგიურად.

ამ იდეამ მაშინათვე გამოიწვია დიდი ინტერესი. მრავალი ექსპერიმენტალური შედეგების ასახსნელად საჭირო იყო მოძებნილიყო მექანიზმი, რომლის საშუალებით შესაძლებელი იყო მოლეკულის გასწვრივ ენერგიის მიგრაციის განხორციელება. მაგრამ, რადგან საკითხის თეორიული განხილვა არც ისე წარმატებული აღმოჩნდა, ეს ჰიპოთეზა რიგი წლების განმავლობაში არ დამუშავებულა. ბოლო დროს ჩატარებულმა კვლევებმა ისევ ააღორძინა ამ პრობლემისადმი ინტერესი, ხოლო მრავალმა დამაჯერებელმა შედეგმა აჩვენა ადრე არსებული თეორიული სიძნელების გადალახვის გზები. ამ დაბრკოლებების გადალახვის შემდეგ იხსნება ფართო პერსპექტივები შემდგომი კვლევებისათვის, რომელიც მიგვიყვანს ყველაზე მრავალფეროვან აღმოჩენებამდე.

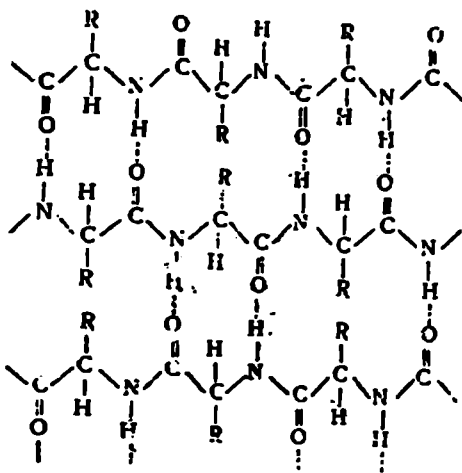
ენერგიის არანაირი ფორმა არ შეიძლება იყოს მობილური, თუ არ არის რაღაც, რასაც შეუძლია მისი გადაცემა. ამიტომ თუ ჩვენ გვინდა ვიპოვოთ ენერგიის ის მობილური ფორმები, რომელთაც შეუძლიათ მონაწილეობა მიიღონ ენერგიის ბიოლოგიური გადაცემის პროცესებში, უნდა განვიხილოთ არა მარტო თვითონ ენერგია, არამედ მისი გადაცემის მექანიზმები. ამ შემთხვევაში ლაპარაკი მიდის მატერიის

მიერ შთანთქმული ენერგიის კვანტზე, რომელიც გადაადგილდება მასში დიდ მანძილებზე თანდათანობითი კლების გარეშე.

თუ ფიზიკურ სისტემას გააჩნია მისი ატომების განლაგებაში მაღალი ხარისხის რეგულარობა, როგორც ამას ადგილი აქვს კრისტალებში, და შესაძლებელია ცილებში და ნუკლეინურ მჟავებში, ატომები ალაგზნებენ ერთიმეორის ორბიტებს და მათი ენერგეტიკული დონეები ირწყმება ენერგიის საერთო, პრაქტიკულად უწყვეტ დისკრეტულ ზოლებში, ან „ზონებში“. თუ ასეთი ზონა შევსებულია, ანუ შეიცავს ელექტრონების მაქსიმალურად შესაძლებელ რიცხვს, ენერგია არ გადაიტანება ამ ელექტრონების მიერ, მაგრამ თუ ზონა არ არის შევსებული, მისი ელექტრონები შეიძლება აჩქარდეს განსაზღვრული მიმართულებით და გადაიტანოს ენერგია. სწორედ ასეთი სახით ატარებს მეტალი ელექტრობას.

თუ ნივთიერებას აქვს მთლიანად შევსებული ზოლები, ხოლო მაღლა განლაგებულია ცარიელი ზოლები, იგი იქნება იზოლატორი, ანუ დიელექტრიკი. მაგრამ თუ მანძილი ზედა შევსებულ ზონასა და ქვედა შეუვსებელ ზონას შორის დიდი არ არის, ელექტრონები შეიძლება გადავიდნენ დაბალი ზონიდან მაღალში, რაც ნივთიერებას გამტარს გახდის. თუ ორ ზონას შორის მცირე მანძილია, სითბური ალგზნებაც საკმარისია, რომ მოხდეს ეს ცვლილება. ასეთ შემთხვევაში ნივთიერება არის „ნახევარგამტარი“. ნივთიერების მიერ შთანთქმულ ფოტონებსაც ასევე შეუძლიათ შექმნან მასში „ფოტოგამტარობა“. სცენტ-დიერდი ჯერ კიდევ 1946 წელს მიუთითებდა, რომ ცილებს, შესაძლოა, ნახევარგამტარების ელექტრონული სტრუქტურის მსგავსი ელექტრონული სტრუქტურა გააჩნიათ.

არსებობს ცილების სტრუქტურის ერთი ასპექტი, რომელსაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ ტიპის მოლეკულებში საერთო დელოკალიზებული ელექტრონების არსებობის პრობლემასთან დაკავშირებით. როგორც ცნობილია ცილის ჩონჩხი წარმოიქმნება პატარა შეუღლებული ელემენტების -C-N- პერიოდული განმეორებით. ეს ელემენტები გაყოფილია ნახშირბადის გაჯერებული ატომებით. შესაბამისად ასეთი ჯაჭვის გასწვრივ არ შეიძლება წარმოიქმნას დელოკალიზებული ელექტრონები. მაგრამ ჯგუფები, რომლებიც პეპტიდურ ბმებს წარმოქმნიან, შეერთებულია მეორადი განივი კავშირებით, სახელდობრ, წყალბადური ბმებით. რადგან წყალბადურ ბმებს შეუძლიათ მონაწილეობის მიღება ელექტრონების დელოკალიზაციაში და შეუღლების ეფექტის გადაცემაში, ასეთი ბადის არსებობა შესაძლებლობას იძლევა ცილის მთელ მოლეკულაში განხორციელდეს ელექტრონების მნიშვნელოვანი დელოკალიზაცია.



სურ. 73. ცილის მოლეკულაში ენერგიის მიგრაცია წყალბადური ბმების ჯაჭვის გასწვრივ.

ევანსმა და გერგელიმ (1949) აჩვენეს, წყალბადურ ბმებს $>N-H \cdots O=C<$ ცილოვან მოლეკულაში მართლაც შეუძლიათ წარმოქმნან საერთომოლეკულური ელექტრონული ორბიტები, რომელზედაც შეიძლება ენერგიის მიგრაცია განხორციელდეს. თუმცა გამოთქმული იყო ეჭვი იმასთან დაკავშირებით, რომ დაბალი შეუვსებელი ზონა ზედა შევსებულისაგან საკმაოდ იყო დაშორებული, რაც სათუოს ხდიდა ელექტრონების გადასვლას გამტარ ზონაში. მაგრამ არსებობს ბიოლოგიური ნივთიერებების ნახევარგამტარული ბუნების ექსპერიმენტული დასაბუთება. ედეიმ, პარფიტმა, პერიმ და ტაისუმმა აღმოაჩინეს ნახევარგამტარული თვისებები ალბუმინის პლაზმაში და ფიბრინოგენში. მანძილი ზედა შევსებულ და ქვედა შეუვსებელ ზონებს შორის უფრო მცირე აღმოჩნდა, ვიდრე ევანსი და გერგელი ვარაუდობდნენ. თანაც დადგენილ იქნა, რომ წყალი ამცირებს ამ შუალედზე ელექტრონის გადასროლისათვის საჭირო ენერგიას.

ვ. არნოლდმა აჩვენა, რომ ქლოროპლასტებს შეუძლიათ დააგროვონ სინათლე, ანუ დააკონსენვონ შთანთქმული ფოტონების ენერგია, რომელსაც ისინი ისევ, გაუზრებისას, ასხივებენ სინათლის სახით. ძნელია ამის ახსნა სხვა გზით, ვიდრე ენერგეტიკული ზონების დაშვებით. ზედა ზონაში ასეთი ელექტრონები „იჩხირებიან მახეში“ ან „მიტაცების დონეში“, ანუ რჩებიან „ორმოში“, საიდანაც ისინი შეიძლება ამოვარდნენ სითბური ალგზნებით. ზონებს შორის ენერგიის სხვაო-

ბის მნიშვნელობა კიდევ უფრო მცირე აღმოჩნდა, ვიდრე ელვის და სხვათა გამოთვლებში, რაც შეუვსებელ ზედა ზონაში ელექტრონის გადასაყვან ენერგიას ხდის ბიოლოგიური შესაძლებლობის ფარგლებში მყოფს.

გამტარობის ზონები არ მთავრდება აუცილებლად ცილოვანი მოლეკულის საზღვარზე. თუ ორ მოლეკულას შორის კონტაქტი საკმაოდ მჭიდროა, მათი ზონები შეიძლება შეერთდნენ და ცილის ცალკეული მოლეკულები შერწყან ერთიან სისტემაში.

სცენტ-დიერდიმ მიუთითა იმაზე, რომ მრავალი აუხსნელი ბიოქიმიური მოვლენა, განსაკუთრებით ენზიმების უბანში, შეიძლება ახსნილი იქნას ენერგიის მიგრაციის დახმარებით. მას მოჰყავს რიგი მაგალითები, რომელთაგან ზოგიერთს ჩვენ განვიხილავთ.

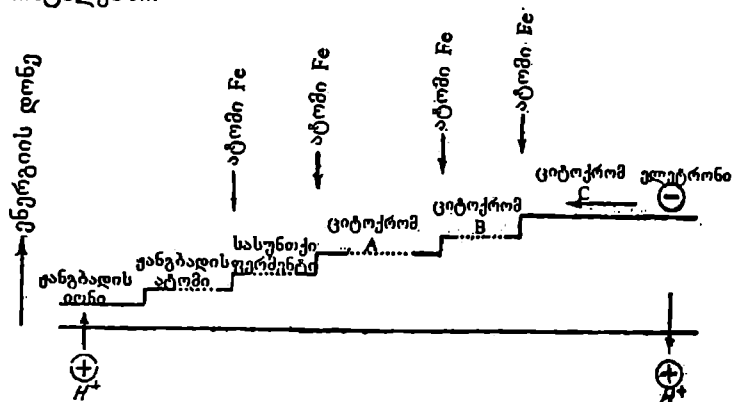
კუნთის კუმშვადობა დაფუძნებულია, როგორც ცნობილია მიოზინის ფიბრილარულ ბუნებაზე. კუნთის მიკროსკოპული ფიბრილარული ძაფები შედგება მიოზინური ჯაჭვების კონებისაგან, კუნთის შეკუმშვისათვის აუცილებელი ენერგია წარმოიშობა ადენოზინტრიფოსფატის დაშლის დროს. ამ უკანასკნელის აქტიურობა დაკავშირებულია მიოზინის მოლეკულასთან. სცენტდიერდის გაზომვებმა აჩვენა, რომ მიოზინის მოლეკულის მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილს გააჩნია ეს აქტივობა. ისმება კითხვა: მიოზინის ერთი მოლეკულიდან განთავისუფლებული ენერგია, როგორ გადადის დანარჩენ მოლეკულებზე? ეს პრობლემა შეიძლება გადანაცვტილ იქნას, თუ ვივარაუდებთ, რომ ენერგიის გადასვლა ხდება მიგრაციის დახმარებით.

განხილულ პროცესებთან მჭიდროდაა დაკავშირებული ის გარემოება, რომ ენზიმები, რომლებიც მონაწილეობენ ჟანგვით პროცესებში ერთი მხრივ, და რძემჟავური დუღილის პროცესებში, მეორე მხრივ იყოფიან ხსნად და უხსნად ენზიმებად. რძემჟავური დუღილის განმაპირობებელი ენზიმები ხსნადია, მაშინ, როცა დამჟანგავი ფერმენტები უხსნადია, ანუ დაკავშირებულია უჯრედის უხსნად ფიბრილურ პროტეინებთან. ეს სხვაობა გასაგები ხდება მოცემული ფერმენტების ფუნქციის თვალსაზრისით, თუ ვივარაუდებთ, რომ დუღილის ენზიმებისაგან განსხვავებით, რომლებიც ხსნარში მოქმედებენ, ცილებთან დაკავშირებული დამჟანგავი ფერმენტების მოლეკულები მიერთებულია ცილის ჩონჩხზე გამავალ ენერგიის ზონაზე და შეუძლია ენერგიის მიგრაციის დახმარებით იმოქმედოს მანძილზე.

განსაკუთრებით საინტერესოა სცენტ-დიერდის მიერ მოყვანილი შემდეგი მაგალითი:

როგორც ცნობილია ზოგიერთი დამჟანგავი ენზიმების მოლეკულები (ციტოქრომ ა, ციტოქრომ ხ, ციტოქრომ ც და ა.შ.), მონაწილეობენ სუნთქვით პროცესებში და წარმოადგენენ დიდ პროტეინულ მოლეკულებს („ენზიმომატარებლებს“), რომელთაგან თითოეულთან და-

კავშირებულია „აქტიური“ პემინური ჯგუფი, რომელიც შეიცავს რკინის ატომს. უკანასკნელი გადადის სამვალენტო მდგომარეობიდან ორვალენტოში (და პირიქით), ანუ აღდგება და იჟანგება. ცნობილია, რომ ცოცხალ უჯრედში ერთი ენზიმის პემინურ ჯგუფს შეუძლია გადასცეს ენერგია სხვა ენზიმების მოლეკულების პემინურ ჯგუფებს. უჯრედულ ნივთიერებაში თავის ადგილას მიმაგრებული ენზიმური მოლეკულა ისე უნდა განლაგებულიყო, რომ მისი პემინური ჯგუფი შეხებოდა სხვა ენზიმურ მოლეკულების პემინურ ჯგუფებს. მაგრამ ასეთი სახით შეიძლება განლაგდეს მხოლოდ ორი ენზიმური მოლეკულა, ხოლო მოლეკულების დიდი ნაწილის ასეთნაირი განლაგება შეუძლებელია. ცხადია, სხვადასხვა ენზიმური მოლეკულების პემინური ჯგუფები განლაგებულია შედარებით დიდ მანძილზე ერთიმეორისაგან. მიუხედავად ამისა, მათ შორის არსებობს ენერგეტიკული ურთიერთქმედება. ეს ერთი შეხედვით გაუგებარი ფაქტი შეიძლება აიხსნას ვარაუდით, რომ სხვადასხვა ენზიმების (ან მათი პემინური ჯგუფების) ცალკეული მოლეკულები შეერთებული არიან ერთმანეთთან მთელ სტრუქტურაზე გამავალი ენერგიის ზოლებით, ანუ აქ არსებობს ენერგიის მანძილზე ისეთივე მოქმედება, როგორც კრისტალებში.

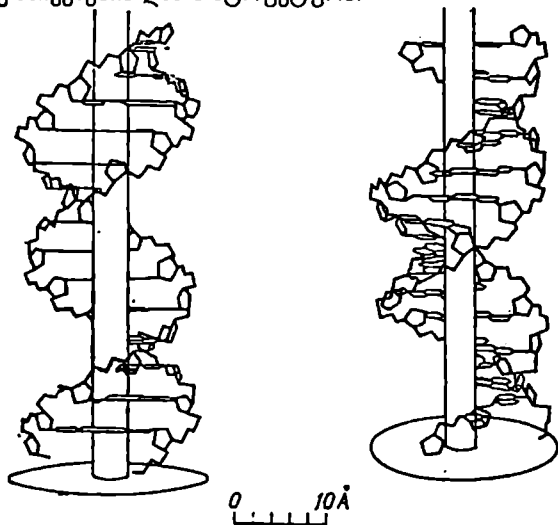


სურ. 74. აერობული უჯრედების დამუანგველ ფერმენტებში ენერგიის მიგრაციისა და ელექტრონების გადაადგილების სქემა.

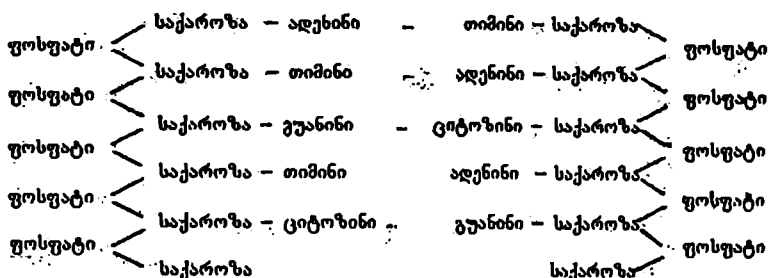
დამუანგველ ენზიმებში ენერგიის არსებობა განსაკუთრებით საინტერესოა, რადგან ამისაგან გამომდინარეობს შემდეგი შედეგი: ცოცხალ ქსოვილში ენერგიის მიგრაციისას ენერგიის გამტარს წარმოადგენს თვითონ ცილოვანი ნივთიერება და გადაცემის მექანიზმი შეესაბამება ენერგიის ელექტრონულ მიგრაციას.

განვიხილოთ ზემოთ მოყვანილი შედეგებისა და დასკვნების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობა დნმ-ს მოლეკულაზე. დნმ-ს მოლეკულა შეიძლება წარმოვიდგინოთ ხვეული კიბის სახით, რომლის გვერდებზე განლაგებულია საქაროზას ფოსფატები, ხოლო საფეხურებს წარმოადგენს ფუძეები (ოთხი სახის პურინული და პირიმიდინული), ერთმანეთთან შეერთებული წყალბადური ბმებით.

ეს სტრუქტურა პირველად გახსნილ იქნა პოლინგის მიერ, ხოლო შემდგომ მოდიფიცირებულ იქნა უტსონისა და კრიკის მიერ. სპირალური მოლეკულის გასწვრივ განლაგებული ოთხი სახის ფუძე წარმოქმნის თავისებურ ოთხასოიან კოდს. ეს ოთხი ასო, აღებული ამა თუ იმ თანმიმდევრობით შეადგენენ უაღრესად ვრცელი „სიცოცხლის ლექსიკონის“ ძალიან გრძელ სიტყვებს და შეიცავენ მნიშვნელოვან ინფორმაციას, რომელიც გამოიყენება ბიოლოგიურ რეაქციებში. ამჟამად მკვლევარებმა პრაქტიკულად გაშიფრეს კოდი, რომელიც თანმიმდევრულად აკავშირებს ნუკლეოტიდებს ნუკლეინურ მჟავებში. სურ. 94-ზე ნაჩვენებია დნმ-ს სტრუქტურა.



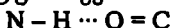
სურ. 75. დნმ-ს მოლეკულის ორმაგი სპირალი. რგოლები და მავთულოვანი კავშირები - აღნიშნავს ფოსფატური ეთერების ჯაჭვს. ფირფიტები მათ შორის - ფუძეებს.



სურ. 76. დნმ-ს ქიმიური სტრუქტურა წყვილი ფუძეების წარმოქმნა ორ-სპირალიანი მოლეკულის ორ ჯაჭვს შორის. პუნქტირით აღნიშნულია წყალბადური ბმები.

თუ გამოვალთ ლ. ბლიუმენფელდის მიერ აღმოჩენილი ნუკლეინური მჟავების ანომალური მაგნიტური თვისებების თვალსაზრისიდან, დნმ-ს მოლეკულა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთლერძიანი კრისტალი ელექტრომაგტარობით ამ ღერძის მიმართულებით, რომელიც ხორციელდება პეტეროციკლების π -ელექტრონებით. დნმ-ს ორმაგი პერიოდული სტრუქტურა იჭიმება მნიშვნელოვან მანძილზე ვერტიკალურად (იგულისხმება დნმ-ს მოლეკულის სრული სიმაღლე), შემდგომ წყდება, აკეთებს სრულ ბრუნს და იშლება სანინალმდეგო მიმართულებით.

ასეთ სტრუქტურაში ენერგიის მიგრაცია შეიძლება განხორციელდეს მისი გვერდითი ჯაჭვების გასწვრივ, როგორც ზევით, ისე ქვევით. ჯაჭვებში შეერთებულია წყალბადური ბმების საშუალებით, რომლებიც ქმნიან ჰორიზონტალურ საფეხურებს. ამ ბმებს შემდეგი სტრუქტურა აქვთ:



სწორედ აქ იქმნება გამტარი ზონა, სადაც ხორციელდება ენერგიის მიგრაცია.

ენერგიის ელექტრონული მიგრაციისაგან განსხვავებით ს. ვაილოვისა და ფ. პერენის მიერ წამოყენებულ იქნა ენერგიის რეზონანსული გადაცემის თეორია მღებავ მოლეკულებს შორის. ასეთი ტიპის ენერგიის გადაცემას არ სჭირდება განსაზღვრული ორგანიზაციის კრისტალური სტრუქტურა, ხოლო ალგზნების ენერგიის გადასაცემად აუცილებელია სამი ძირითადი პირობის შესრულება:

1. ენერგიის დონატორს უნდა ჰქონდეს ფლუორესცენციის უნარი.

2. ენერგიის დონატორის ფლუორესცენციის სპექტრი უნდა გადაიფარებოდეს აქცეპტორის შთანთქმის სპექტრით.

3. ენერგიის დონატორი და აქცეპტორი უნდა იმყოფებოდნენ საკმარისად ახლო მანძილზე ერთმანეთისაგან (არა უმეტეს $100\text{\AA}$)

ყველა ეს პირობა, სავარაუდოდ, სამართლიანია ცილოვანი მოლეკულისათვის.

1. ბანისტერის გათვლების მიხედვით, არომატულ ამინომჟავებს გააჩნიათ შთანთქმა $270 - 275$ ნმ. ისინი უნდა იძლეოდნენ ფლუორესცენციის ულტრაიისფერ უბანში ($300 - 400$ ნმ.). მართლაც შორისა და პარდის შრომებში ნაჩვენებია, რომ არომატულ ამინომჟავებს, ხსნარებსა და ცილოვან მოლეკულებში გააჩნიათ ფლუორესცენცია 350 ნმ. უბანში (ულტრაიისფერი გამოსხივება).

2. ამრიგად არომატული ამინომჟავები ფლუორესცირებენ ულტრაიისფერ უბანში, მეორე მხრივ ამავე უბანში ფიკოციანინის ქრომოფორსა და ჰემს გააჩნიათ ძლიერი შთანთქმა, რითაც აიხსნება ბანისტერის ცდებში ენერგიის 100% მიგრაცია, მეორე პირობაც შესრულებულია.

3. ცილოვანი მოლეკულების ყველაზე დაშორებულ წერტილებს შორის მანძილი არ აღემატება $100\text{\AA}$ -ს.

ამრიგად სამივე პირობა ცილოვანი მოლეკულებისათვის შესრულებულია. მეორე მხრივ ეს მექანიზმი არ მოითხოვს არავითარ დამატებით სტრუქტურულ თავისებურებას ასე, მორისა და პარდის შრომებში ცილების დენატურაციამ არ გამოიწვია ენერგიის გადაცემის ეფექტურობის შემცირება მღებავებზე.

ენერგიის მიგრაციის მაგალითს წარმოადგენს ა. გურვიჩის მიერ აღმოჩენილი მიტოგენეტიკური გამოსხივება, რომელიც წარმოადგენს ძალიან სუსტი ინტენსიობის ულტრაიისფერ სხივებს (15 კვანტი ნუთში ერთი უჯრედის ზედაპირზე). ყველა ცოცხალი ქსოვილი ასხივებს ულტრაიისფერ სხივებს, ხახვის ფესვი გამოასხივებს სხივებს, რომელიც იწვევს ხახვის სხვა ფესვებში უჯრედული დაყოფის (მიტოზის) გაძლიერებას მანძილზე.

თავისი კვლევების საფუძველზე გურვიჩი მივიდა დასკვნამდე, რომ მიტოგენეტიკური გამოსხივებით გამოწვეული სინთეზური რეაქციების ახნისათვის საჭიროა ჯაჭვური რეაქციების არსებობის დაშვება. სხვა სიტყვებით: აქტივაციის ენერგია, მიღებული მიტოგენეტიკური სხივების ერთი კვანტის შთანთქმისას, უნდა გადაეცეს შემდგომ და გამოიწვიოს დიდი რაოდენობით ახალი ქიმიური კავშირების წარმოქმნა. რეაქციების მხოლოდ ასეთი ჯაჭვური ხასიათით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მიუხედავად მიტოგენეტიკური გამოსხივების დაბალი ინტენსიობისა, მისი ბიოქიმიურ დეტექტორზე ზემოქმედებისას მიიღება მაკროსკოპული, ვიზუალურად შესამჩნევი სინთეტიკური (და სხვა ქიმიური) ეფექტები. ეს გვაძლევს საშუალებას ვივარაუდოთ, რომ მიტოგენეტიკური სხივების ზემოქმედებით პოლიპეტი-

დური ჯაჭვების სინთეზისას აქტივაციის ენერგია (ანუ შთანთქმული კვანტის ენერგია) გადაეცემა პროტეინზე მოქმედების ერთი ადგილიდან მეორეს და გამოიყენება არაერთხელ, არამედ მრავალჯერ, რაც ინვესტს დიდი რაოდენობით ახალი, სინთეზირებული კავშირების, ანუ ერთეულის მნიშვნელოვნად აღმატებული მარგი ქმედების კოეფიციენტის თანმიმდევრულ წარმოშობას.

საბოლოოდ ვლელულობთ შემდეგ სურათს.

ენერგიის მიგრაცია განისაზღვრება როგორც კვანტური ენერგიის სპონტანური (ანუ გარე ელექტრული ველებისაგან დამოუკიდებელი) გადაადგილდება დიდ მანძილზე. ამასთან კვანტი გადაადგილდება როგორც მთლიანი, ანუ მოცემული კვანტის ენერგია არ განიცდის თავის გზაზე არსებით თანდათანობით დისიპაციას (გაბნევას).

ენერგიის მიგრაციისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე ისიც, რომ ენერგიის გადაცემა ხდება გარკვეული „მიზანსწრაფით“, ანუ ენერგია გადადის საწყისი წერტილიდან არა ნებისმიერ გარემოცველ ატომზე, არამედ განსაზღვრულ ატომებზე (ან ატომების ჯგუფზე), რომლებიც ენერგიის „მიმღებებს“ წარმოადგენენ.

ენერგიის გაბნევის არარსებობა (უფრო სწორად შეზღუდვა) განვლილი გზის სიდიდის მიუხედავად და გარკვეული „გეგმაზომიერებისა“ და „მიზანმიმართულების“ არსებობა – ეს არის ენერგიის მიგრაციის დამახასიათებელი ნიშნები, რომლებიც ხდიან მას საინტერესოდ სასიცოცხლო პროცესების თავისებურებების ანალიზისათვის.

ბიოლოგიაში და ბიოქიმიაში აღმოჩენილია მრავალი მოვლენა, რომლებიც მიუთითებენ ენერგიის მიგრაციის არსებობაზე. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ პროტეინულ სუბსტანციას ახასიათებს ენერგიის კვანტების დიდ მანძილზე გატარების უნარი, რაც მრავალი ბიოქიმიური ეფექტის ახსნისა და ბიოქიმიური პროცესების ახალი „ენერგეტიკის“ შექმნის იმედს იძლევა.

ენერგიის მიგრაციის პროცესები შეიძლება იყოს მხოლოდ იქ, სადაც მატერიის მიერ გარედან შთანთქმული კვანტი არ გადადის მთლიანად მოცემული სხეულის სითბურ საცავში, არამედ ინახება (გარკვეული დროის განმავლობაში) პოტენციალური ენერგიის სახით. ამით აიხსნება ენერგიის მიგრაციის აღმოჩენა ლუმიინესცენციისა და ფოტოქიმიის უბნებში. მაგრამ აუცილებელი არ არის, მიგრირებული ენერგია აუცილებლად გარედან მოვიდეს, ის შეიძლება წარმოიქმნას სისტემის შიგნით ქიმიური რეაქციის შედეგად. მაგალითად ბიოკატალიზური პროცესების დროს: ენერგიის მიგრაცია დამუხანგველ ფერმენტებში. აქ მიგრირებული ენერგია მოდის არა გარედან, არამედ წარმოიქმნება ჟანგვის შედეგად თვით სისტემაში.

ნილს ბორმა წამოაყენა და პასკუალ იორდანმა დაამუშავა ორგანიზმის „გამაძლიერებელი თეორია“, რომლის თანახმად ყველა ბიო-

ლოგიური მოვლენა იმართება ატომური რიგის პროცესებით. ეს პირველადი ატომური მიკროპროცესები ძლიერდება ორგანიზმის მიერ იმდენად, რომ ბოლოსდაბოლოს იგი გამოიხატება მაკროსკოპული ბიოლოგიური მოვლენის სახით. ნათელია, რომ ასეთ „მმართავ ატომურ მიკროპროცესებსა და მათში წარმოქმნილი ენერგიის გადაცემას ბიოლოგიური სისტემის ერთი ადგილიდან მეორეში აერთიანებს მჭიდრო კავშირი. მიგრაციის საშუალებით არსებული ენერგეტიკული „შორსმოქმედება“ წარმოადგენს ასეთ მანძილზე მართვის რეალიზაციისათვის ერთ ძირითად წინაპირობას.

ვახსენოთ კიდევ ერთი პერსპექტივა, რომელიც იშლება ენერგიის შორსმოქმედების საფუძველზე ცილებსა და სხვა ბიოლოგიურ მოლეკულებში. ბიოფიზიკაში უკვე არაერთხელ დაისვა საკითხი ერთნაირ მოლეკულებსა და ატომურ ჯგუფებს შორის მიზიდულობის ძალის არსებობის შესახებ. იორდანმა აჩვენა ასეთი ძალების პრინციპული შესაძლებლობა რეზონანსის განსაკუთრებულ პირობებში. ისმება კითხვა, შეუძლიათ თუ არა ამ ძალებს პროტეინების საშუალებით დიდ მანძილზე მოქმედება? ეს საკითხი დიდ ინტერესს შეადგენს ჰომოლოგიური ქრომოსომების კონიუგაციის, მარკომოლეკულების ავტორედუპლიკაციისა და მრავალი სხვა მოვლენის ახსნის თვალსაზრისით.

ფიზიკოსი შრედინგერი ამბობს, სიცოცხლის დამახასიათებელი ნიშანია ორგანიზმის მიერ „უარყოფითი ენტროპიის“ გამოყენება, ანუ არა გაბნეული ენერგიის გამოყენება, არამედ გაუბნეველი, „მაღალხარისხიანის“.

ასე, მცენარე შთანთქავს და იყენებს სინათლის ენერგიის კვანტს, რომელიც არ იმყოფება თერმოდინამიკურ წონასწორობაში გარემოსთან, ე.ი. იგი იყენებს მაღალი ხარისხის გაუბნეველ ენერგიას, ამას ისე ახორციელებს, რომ ენერგია არ გადაიქცევა ამ დროს სითბოდ, და გამოიყენება მკაცრად მონესრიგებული აგებულებისა და ენერგიის მაღალი შემცველობის დიდი მოლეკულების წარმოსაქმნელად. მკვდარი მატერიის მიერ კვანტის შთანთქმისას ენერგია ჩვეულებრივ სითბოდ იქცევა, ამის შედეგად ენტროპია იზრდება, მცენარე კი ხელს უშლის ენტროპიის გაზრდას.

ზემოთქმულიდან ცხადია, რა არსებითი მნიშვნელობა აქვს სიცოცხლისათვის ენერგიის მიგრაციას. მისი საშუალებით ორგანიზმის მიერ სადღაც აღქმული „მაღალხარისხიანი“ ენერგია გადაეცემა გაბნევის გარეშე ორგანული ნივთიერების იმ სხვადასხვა უბნებს, სადაც იგი ხელს უწყობს მონესრიგებული სტრუქტურების (დიდი ორგანული მოლეკულების და ა.შ.) წარმოქმნას. ენერგიის გადაცემის ასეთი მექანიზმის გარეშე, რომელიც ხელს უშლის გაბნევას და ნებას აძლევს ენერგიას ისარგებლოს, ასე ვთქვათ, მიზანმიმართული გზებით,

ორგანიზმი ვერ შეძლებდა ეკონომიურად და გეგმაზომიერად გაენა-
წილებინა მის მიერ გარედან აღქმული მაღალხარისხოვანი ენერგია.

§7. პარანორმალური მოვლენები

მეცნიერთა მრავალრიცხოვანი კვლევები ამტკიცებს, რომ ტელეპა-
ტიას, ჰიპნოზს, ლევიტაციას, ტელეკინეზს და სხვა პარაფსიქოლოგი-
ურ მოვლენებს საფუძვლად უდევს ცოცხალი ქსოვილების მაგნეტიზ-
მი. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ პროფესორ ლ. ვასილიე-
ვის მიერ გასული საუკუნის ოციან წლებში ჩატარებული ცდა პერცი-
პიენტის მიერ ინდუქტორის აზრობრივი შთაგონების მიღებაზე მაგ-
ნიტის გავლენის შესახებ. დიდი ზომის მაგნიტს უახლოვებდნენ პერ-
ციპიენტის თავის კეფის მხარეს წამ მანძილზე ისე, რომ ის არ ეხებო-
და თმას. ცდების დროს პერციპიენტმა არ იცოდა როგორ და რის-
თვის გამოიყენებოდა მაგნიტი. აღმოჩნდა, რომ მაგნიტი მოქმედებს
მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა მისი პოლუსები მკაცრად შეესაბამე-
ბა – ერთი თავის მარჯვენა, მეორე – თავის მარცხენა მხარეს. პოლუ-
სების საპირისპირო მდგომარეობისას შთაგონება არ აღიქმებოდა, ეს
ცდები აჩვენებს მაგნიტური ველის გავლენას ადამიანის თავის ტვინის
ქერქში ნერვული პროცესების მიმდინარეობაზე. კერძოდ, ადამიანს
ჰიპნოზის ქვეშ შთაგონებდნენ, რომ ის ხედავს გარკვეულ მხედვე-
ლობით ხატს, სურათს, ფიგურას. ის ნამდვილად ადასტურებდა, რომ
„ხედავს“ მას. ხაზი უნდა გაესვას, რომ შთაგონებადი ფიგურის მხედ-
ველობითი შეგრძნება აღიქმებოდა უშუალოდ ჰიპნოტიკის ტვინში,
უფრო ზუსტად მისი თავის ტვინის ქერქის მხედველობით წილებში.
ამ შემთხვევაში მოცემული მხედველობითი შეგრძნების ტვინში გადა-
ცემა ხდება თვალის ბადურის სინათლისმგრძნობიარე შრიდან. და
როცა ამ მომენტში ჰიპნოტიკის თავის კეფის ნაწილთან მიტანილ მაგ-
ნიტს ოდნავ გვერდით გადახრიდნენ, გადაიხრებოდა და მაჩინჯდებო-
და (ჰიპნოტიკის სიტყვით) მისი ტვინის მიერ აღქმული ფიგურა.

იგივე შეიძლება ითქვას ისეთ საინტერესო ფენომენზე, როგორი-
ცაა ლევიტაცია.

ლევიტაცია არის მოვლენა, რომლის დროსაც ადამიანი ან საგანი
მონყდება მიწას და დაცურავს ჰაერში თავისი ნებით ან შთაგონების
შედეგად, მოძრაობისა და გრავიტაციის ყველა ცნობილი ფიზიკური
კანონის სანაწილამდეგოდ.

აღმოსავლეთში ლევიტაციის მდგომარეობა სავარაუდოდ მიიღ-
ნევა სუნთქვის სპეციალური ტექნიკის დახმარებით. ინდურ ვედებში
აღწერილია ლევიტაციის მრავალი პრაქტიკული სახელმძღვანელო
მითითებები. თუმცა ბევრი ძველინდური სიტყვისა და ცნების მნიშ-

ენელობა დაკარგულია და მათი თანამედროვე ენაზე გადმოთარგმნა შეუძლებელია. რაც შეეხება ძველ ლევიტანტებს, ჩვენამდე მოღწეული მონაცემებით ისინი იწვედნენ ჰაერში ერთი მეტრის სიმაღლეზე. ეს კეთდებოდა რელიგიური ცერემონიების შესრულების დროს. ლევიტაციის უნარი ჰქონდა პერსიელ დერეიშს ჰავდარს. ბრიტანელი მოგზაური ქალი ალექსანდრა დავიდ-ნეელი საკუთარი თვალთა აკვირდებოდა, როგორ აფრინდა ერთ-ერთი ბუდისტელი ბერი ჩანტანგის მაღალმთიანი პლატოდან თავის ქვეშ შეკეცილი ფეხებით უძრავად მჯდარი, გაიფრინა ათობით მეტრი, ხან ეხებოდა მიწას და ხან ისევ აფრინდებოდა.

პირველ, ოფიციალურად დარეგისტრირებულ ლევიტანტებს შორის მოხსენიებულ უნდა იქნას XVI საუკუნეში მცხოვრები ტერეზა ავილიდან. ამ მონაზონის ლევიტაციის მომსწრენი იყვნენ 230 კათოლიკე მღვდელ-მსახურნი. ლევიტაცია ხშირად 30 წუთამდე გრძელდებოდა. 1565 წელს გამოცემულ საკუთარ ავტობიოგრაფიაში ტერეზა ასე აღწერდა ლევიტაციის მომენტს: „აღმაფრენა მოდის, როგორც ხანჯალი, მოულოდნელი და მკვეთრი, და სანამ აზრებს მოიკრებ და გონზე მოხვალ, გგონია, თითქოს ღრუბელს, ან მძლავრ არნიეს საკუთარ ფრთებზე მიჰყავხარ ზეცაში. მე მთლიანად ვაცნობიერებდი საკუთარ თავს, რომ მეხილა, როგორც ვიმყოფებოდი ჰაერში. უნდა ვთქვა, რომ როცა აღმაფრენა მთავრდებოდა, მე ვგრძნობდი არაჩვეულებრივ სიმსუბუქეს მთელ სხეულში, თითქოს მე მთლიანად უწონო ვიყო“



სურ. 77. იოსებ დეზა

ეს აფრენები მას აშინებდა, მაგრამ მას არ შეეძლო მათი შეჩერება.

ყველაზე ცნობილი მფრინავი ადამიანი იყო იოსებ დეზა (1603-1663) კუპერტინელად ნოდებული, სამხრეთ იტალიაში მისი მშობლიური სოფლის სახელწოდების მიხედვით. ის ბავშვობიდანვე გამოირჩეოდა არაჩვეულებრივი ღვთისმოშიშობით და ყველანაირად იგვემავდა თავს, რათა გამოეცადა რელიგიური ექსტაზის მდგომარეობა. პირველად იოსები ჰაერში აფრინდა ნეაპოლში 1638 წელს წმინდა გიორგის ეკლესიაში. წირვის დამთავრების შემდეგ ის გავიდა კუთხეში, რათა ელოცა. მოულოდნელად იოსები მოწყდა იატაკს, აფრინდა საკურთხეველზე და მშვიდად დაეშვა ყვავილებსა და ანთებულ სანთლებს შორის. მან შეჰყვირა, ისევ გადმოფრინდა იატაკზე, მუხლებზე დაეშვა ძახილით „წმინდაო მარიამ“

ერთხელ ეს მოხდა კათოლიკური ეკლესიის მეთაურის თვალწინ. იოსები ჩავიდა რომში, სადაც მას მოუწვევეს აუდიენცია პაპ ურბან VIII-სთან. როცა მისი უწმინდესობა პირველად დაინახა, იოსები ისეთ ალტაცებულ მდგომარეობაში მოვიდა, რომ აფრინდა პაერში და იმდენ ხანს დაფრინავდა, სანამ იქ მყოფმა ფრანცისკანული ორდენის მეთაურმა გრძნობაზე არ მოიყვანა. იოსების ლევიტაციის 100-ზე მეტ შემთხვევას აკვირდებოდნენ მაშინდელი მეცნიერები, რომელთაც დატოვეს ამის შესახებ ოფიციალური ცნობები. ამბობენ, როცა დაინახა, რომ მუშები ვერ დგამდნენ ეკლესიაზე მძიმე ჯვარს, იოსები აფრინდა და დაეხმარა მათ. ზოგჯერ მას ფრენაში თან მიჰყავდა „მგზავრები“, რომელთა შორის იყო ცნობილი ფილოსოფოსი და მათემატიკოსი ლაიბნიცი.

ძნელია უარყოფილ იქნას 200-ზე მეტი წმინდანის მონაზვნობა, რომლებიც წყდებოდნენ მინას. ხშირად ეს ხდებოდა რელიგიური ტრანსისა და ექსტაზის მომენტში. ერთმა ესპანელმა მომლოცველმა გადაუფრინა ფართო მდინარეს, ხოლო ვალენსიის ეპისკოპოსი ერთხელ 12 საათი დაფრინავდა პაერში.

რუსი ლევიტანტებიდან აღანიშნავია სერაფიმ საროვსკი – ნოვგოროდის არქიეპისკოპოსი და ვასილ ბლაჟენნი, რომელმაც ბრბოს თვალწინ მოსკოვის მდინარეს გადაუფრინა.

ცნობილი იტალიელი საეკლესიო მოღვაწეს ბენედიქტე ნურსიელს ჰყავდა მონაფე მაურუსი. ერთხელ მან დაინახა ბავშვი, რომელიც წყალში იხრჩობოდა, იგი გაიქცა მისკენ, ამოიყვანა წყლიდან და ნაპირზე გამოვიდა, როცა უკან მოიხედა, დაინახა, რომ წყალზე გამობოდა და ძალიან შეეშინდა მომხდარის.

ევროპაში მაშინ მძვინვარებდა ინკვიზიცია, რომელიც დევნიდა „მფრინავ ადამიანებს“. ზემოთ ნახსენებ ადამიანებს შედარებით ლმობიერად მოექცნენ: ისინი წმინდანებად ითვლებოდნენ. ძალიან ცუდ ბედში ჩავარდნენ ის უბედური „მფრინავები“, რომლებიც დასავლეთ ევროპის მრავალ ქალაქში ინკვიზიციის სპეციალურ სასწორზე აწონეს და მეტად მცირე წონა აღმოაჩნდათ. მათ მაშინათვე ბრალს სდებდნენ ბნელ ძალასთან კავშირში და კოცონზე დანვას უსჯიდნენ.

მკვლევართა გამოთვლით, წმინდა ინკვიზიციის დროს ასეთი გზით სიცოცხლეს დაეთხოვა არანაკლებ 100000 ადამიანი, რომელთაც ფრენის უნარი ჰქონდათ.

XIX საუკუნის ყველაზე ცნობილი მფრინავი ადამიანი იყო შოტლანდიელი დენიელ დუგლას პიუმი. მას 9 წლის ასაკში გამოუვლინდა საგნების პაერში აწევის არაჩვეულებრივი ნიჭის უნარი. ახლობლებმა შიშისაგან ბიჭი სახლიდან გააგდეს. მაგრამ ყმანვილი არ დაიკარ-

გა, არამედ პირიქით, დროთა განმავლობაში მსოფლიოში ცნობილი მედიუმი გახდა. ერთი ამერიკული გაზეთის რედაქტორი ამგვარად აღწერს მის პირველ ცნობილ გაფრენას: „ჰიუმი მოულოდნელად მოსწყდა იატაკს, რაც სრული მოულოდნელობა იყო მთელი კომპანიისათვის. მე მის ხელს ჩავებლაუჭე და ვხედავდი მის ფეხებს – ისინი ჰაერში დაცურავდნენ მინიდან ერთ ფუტზე. სხვადასხვა გრძნობათა ბრძოლა – შიშისა და აღტაცების მონაცვლეობამ ჰიუმი თავიდან ფეხებამდე ააყანკალა, ჩანდა, რომ იგი მეტყველების უნარს კარგავდა ამ მომენტში. გარკვეული დროის შემდეგ დაეშვა, შემდეგ ისევ აფრინდა. მესამეჯერ ჰიუმი აფრინდა ჭერამდე და მსუბუქად შეეხო მას ხელებითა და ფეხებით“.



სურ. 78 – დენიელ ჰიუმი.

მოგვიანებით ჰიუმმა ისწავლა ლევიტაცია საკუთარი ნებით. ერთ შემთხვევაში, როგორც მოწმეები იხსენებენ, იგი გამოფრინდა მესამე სართულის ფანჯრიდან და სხვა ფანჯარაში დაბრუნდა. 40 წლის განმავლობაში ახდენდა ჰიუმი თავისი უნიკალური უნარის დემონსტრირებას ათასობით მაყურებლის წინაშე, რომელთა შორის იყვნენ: მწერლები თეკერეი და მარკ ტვენი, იმპერატორი ნაპოლეონ III, ცნობილი პოლიტიკური მოღვაწეები, მედიკოსები და მეცნიერები.

მაგნიტური ლევიტაცია კარგა ხანია ცნობილია მეცნიერებისათვის. იგი დაკავშირებულია ზეგამტარობის მოვლენასთან, რომელიც აღმოაჩინა 1911 წელს ჰოლანდიელმა ფიზიკოსმა კამერლინგ-ონესმა. მეცნიერი იკვლევდა ვერცხლისწყლის ნიმუშის წინააღობის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. გამოვლინდა, რომ დაახლოებით 4°K-ზე მეტალის წინააღობა მკვეთრად ეცემა ისეთ მცირე სიდიდემდე, რომ ყველა ცდის მიუხედავად, ვერ მოხერხდა მისი ნულისაგან განსხვავე-

ბა. კამერლინგ-ონესმა ამ უჩვეულო მოვლენას უწოდა ზეგამტარობა, ხოლო ტემპერატურას, რომელზედაც იგი ვლინდება – კრიტიკული ტემპერატურა Tc.

ზეგამტარული მეტალი ამ დროს ხდება დიამანიტური, ანუ შეუღწევადი მაგნიტური ველისათვის. ელექტრონების მაღალკოორდინებული მოძრაობის გამო მაგნიტური ველი ვერ აღწევს ზეგამტარის შინა უბანში. ამ თვისების დემონსტრირება შეიძლება, თუკი მაგნიტი მოთავსდება თხევად ჰელიუმში გაცივებული ზეგამტარული მეტალის შორის ზემოთ. მაგნიტის საკუთარი მაგნიტური ველი ვერ შეაღწევს ზეგამტარის შიგნითა უბანში, მაგნიტი განიდევენება ზეგამტარიდან და იგი თავისუფლად ლევიტირებს ზეგამტარის შრის ზემოთ.



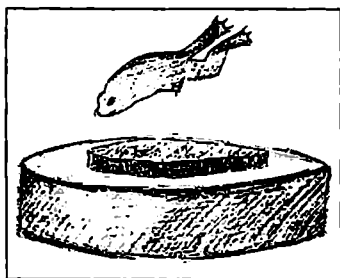
სურ. 79 მაგნიტის ლევიტირება გაცივებული ზეგამტარული მეტალის ზემოთ.

ამ მოვლენამ უკვე პოვა პრაქტიკული გამოყენება მაგალითად ჩინეთში ზეგამტარულ რკინიგზაზე შექმნილ მაგნიტურ ბალიშზე მოძრაობს მატარებელი, რომელსაც გადაჰყავს მგზავრები.²

² მეცნიერთა აზრით, ლევიტაციის პრინციპზეა დაფუძნებული ენ. ამოუცნობი მფრინავი ობიექტების (მფრინავი თევზების) მოძრაობა. ამ ობიექტებს შეუძლიათ მოძრაობა დიდი სისწრაფით, მანევრირება, მოძრაობის მიმართულების სწრაფი შეცვლა, თითქოს ისინი მოკლებულნი არიან წონას და ინერციას.

1975 წელს გამოცემლობა „ნაუკაში“ (მოსკოვი) გამოვიდა მონოგრაფია „კრისტალების ელექტრული აგებულება და ფიზიკური თვისებები“. მისი ავტორები არიან ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი მ. პროტოდიაკონოვი და ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი ი. გერლოვინი. ავტორები ავითარებენ ახალ თეორიას – „ფიზიკური ველის ერთიან თეორიას“, რომელიც, მათი აზრით, ყველაზე სრულად ხსნის ბუნების ფიზიკური კანონების ურთიერთკავშირს და ურთიერთდამოკიდებულებას. როგორც ავტორები თვლიან, ერთიან ფიზიკურ ველს შეადგენს სამი ვექტორი: ელექტრული ვექტორი, მაგნიტური ვექტორი და გრავიტაციული ვექტორი (იგივე ინერციის ვექტორი). ამასთან, აუცილებლობის შემთხვევაში ერთი ვექტორი კომპენსირდება მეორეთი. მაგ. გრავიტაციის ვექტორი შეიძლება კომპენსირდეს ელექტრული ვექტორით და პირიქით. თუ ეს თეორია სწორია, გრავიტაციის ძალა ანუ ინერცია შეიძლება დაყვანილ იქნას ნულამდე მისი ელექტრული ვექტორით მთლიანი კომპენსაციით. ასეთი „უიწვრიო“ სხეული იმოძრაავებს ნებისმიერი სისწრაფით და მანევრირებით, რის საშუალებასაც მისცემს

მაგრამ, როგორც ზემოთ განვიხილეთ, მაგნიტური თვისებები გააჩნია ცოცხალ ორგანიზმებსაც. განსაცვიფრებელი ექსპერიმენტები ჩაატარეს პოლანდიელმა მეცნიერებმა ანდრე გეინის ხელმძღვანელობით. მათ მოახერხეს ჰაერში ცოცხალი ბაყაყის ლევიტირება. ბაყაყი თავსდებოდა თხევად პელიუმში გაცივებული ზეგამტარული კოჭის ზემოთ. მძლავრი ველი ზემოქმედებას ახდენდა პირდაპირ სხეულის უჯრედზე და ქმნიდა მათში მიწის მაგნიტური ველის საპირისპირო მაგნიტურ მომენტს. ასეთი საშუალებით იქმნებოდა გრავიტაციის გამანიტრალელებელი ძალა.



სურ 80. ბაყაყის ლევიტირება ჰაერში.

დოქტორმა ანდრე გეინმა და მისმა კოლეგებმა ქალაქ ნანელის უნივერსიტეტიდან განაცხადეს, რომ მალე თავიანთი აპარატურის დახმარებით ისინი შეძლებენ ჰაერში ასწიონ ნებისმიერი ობიექტი, მათ შორის ადამიანი. ბაყაყზე ექსპერიმენტის შემდეგ ამ მეცნიერებმა წარმატებით ასწიეს ჰაერში ბუტერბროდი, რომელიც სადილის შემდეგ დარჩათ.

აღსანიშნავია აგრეთვე ტელეკინეზის სფეროში ჩატარებული კვლევები. XX საუკუნის 60-იან წლებში აკადემიკოსებმა ი. კობზარევმა და ი. გულიაევმა ჩაატარეს სპეციალური ექსპერიმენტები ცნობილ ექსტრასენს ნინელ კულაგინას მონაწილეობით, რომელსაც შეეძლო მზენით ჰაერში აენია და შეეკავებინა პინგ-პონგის ბურთი. მათ შეძლეს დაედგინათ, რომ მისი ხელებიდან გამოიყოფოდა ელექტრონული მუხტები, რომლებიც ილექებოდა საგანზე. ამ დროს ექსტრასენსის ხელი იყო დამუხტული საპირისპირო ნიშნის ელექტრობით, ხოლო საპირისპირო მუხტები, როგორც ცნობილია, ერთმანეთს იზიდავენ – რის გამოც ბურთი ჰაერში იყო.

მისი ძრავების სიმძლავრე, რასაც ადგილი აქვს ამოუცნობი მფრინავი ობიექტების შემთხვევაში.

იგივე შეიძლება ითქვას ცნობილ ტელეპატ ური გელერზე. მას შეეძლო აზრობრივი შთაგონებით ან რიგ შემთხვევაში ხელის თითების მხოლოდ ნაზი შეხებით აქტიური ზემოქმედება მოეხდინა ცოცხალ და არაცოცხალ მატერიაზე. მან რეალურად გვიჩვენა აზრის ფსიქონერ-გეტიკული ძალა და მისი საკუთარი ნება-სურვილით მართვის შესაძლებლობა.

ური გელერს შეეძლო:

დისტანტიურად ემოქმედა მეტალურ და სხვა საგნებზე, გაელუნა, გაეტეხა, გაეგლიჯა ისინი. თუნდაც ეს საგნები მოთავსებული ყოფილიყო კაფსულაში ან მინის კოლბაში.

გამოეცნო გამოსახულება, რომელიც იმყოფებოდა მაგნიტურ მეხსიერებაში, ტელევიზორის ეკრანზე სიგნალის ნულოვანი ინტენსიობის დროს, დახურულ ორმაგ კონვერტებში.

დამალული საგნების ადგილმდებარეობის მითითება.

კამათლის გაგორებისას გვერდის გამოცნობა.

კომპასის ისრის მოძრაობაში მოყვანა.

მაგნიტომეტრისა და გეიგერის მთვლელის მუშაობის დარღვევა.

გვერდით მყოფი ადამიანის აზრების გამოცნობა.

მთლიანად დახურული ფოტოაპარატის ნეგატივზე საკუთარი გამოსახულების აღბეჭდვა.

საკუთარი ნების მიხედვით შეეძლო შეეცვალა: ტვირთის წონა, რომელიც ავტომატურ სასწორზე იმყოფებოდა; რადიაციის დოზიმეტრის ჩვენება, ელექტროგამზომი მოწყობილობის ისრის მოძრაობა.

შეეძლო ჩაეტარებინა საგნების გაქრობა და მათი ხელახალი აღდგენა წინა ადგილზე.

დაზიანებული საათების მოძრაობაში მოყვანა და დიდი ხნის წინ გაჩერებული საათების ამუშავება.

განეხორციელებინა თვითმფრინავიდან სასარგებლო წიაღისეულის – ნავთობის, ოქროს, ალმასების და ა.შ. ძებნა.

მეცნიერებმა დაწვრილებით გამოიკვლიეს ური გელერის ფენომენი. განსაკუთრებით საინტერესო იყო ის ფაქტი, რომ გეიგერის მთვლელი ური გელერის მიახლოებისას მისი ყურადღების დაძაბვის დროს იწყებდა ტკაცუნს, ხოლო ყურადღების მოდუნებისას ჩერდებოდა. ეს ადასტურებდა გარკვეული ენერგეტიკული ველის არსებობას.

გელერის ფენომენის შესწავლის შედეგების შეჯამებისას პროფესორმა ბომმა განაცხადა: „ამ მოვლენებზე დაკვირვებისას, მე მივედი იმ დასკვნამდე, რომ ყველაფერი ეს გამომდინარეობს ტვინის არაცნობიერი მდგომარეობიდან და რომ ტვინის ცნობიერი მდგომარეობა უფრო ხელს უშლის, ვიდრე ეხმარება“.

არაცნობიერი ფსიქიკის შესახებ

§1. ფსიქოდინამიკა და ფსიქიკური აპარატის სტრუქტურული წყობა

არაცნობიერი წარმოდგენს ფსიქიკური ცხოვრების შინაარსს, რომლის არსებობის შესახებ ადამიანი ან არ ხვდება მოცემულ მომენტში, ან არ იცის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, ან საერთოდ არაფერი არ იცის არასდროს.

არაცნობიერის პრობლემა ძველი დროიდან იპყრობდა მეცნიერების სხვადასხვა სფეროს წარმომადგენელთა ყურადღებას – ფილოსოფოსებისა და ფსიქოლოგების დიდი ნაწილი არათუ აღიარებდა მის არსებობას, არამედ ქმნიდა მთელ ფასეულ კონცეფციებს არაცნობიერი ფსიქიკის შესახებ.

სულიერი სფერო აღმოჩნდება არც ისე დიდი, თუ მკაცრად დავიცავთ შეხედულებას, რომ ჩვენ ვიცნობთ სულს მხოლოდ ცნობიერის გამოვლინებით. ცნობიერებას ჩვენ ვერ დავუკავშირებთ ყველა ფსიქიკურ პროცესებს. ნერვულ-ფსიქიკური პროცესები შეიძლება აგრეთვე არაცნობიერად მიმდინარეობდნენ, თუ მათი ინტენსიობა საკმაოდ დიდი არაა. ასე, მაგალითად, ფიზიკურმა გალიზიანებამ შეიძლება იმოქმედოს ნერვულ სისტემაზე გრძნობიერი აღქმის გარეშე, რომელიც ჩნდება მხოლოდ გამლიზიანებული ძალის მიერ გარკვეული ღზურბლის გადალახვის შემდეგ.

არაცნობიერი ფსიქიკის პრობლემის კვლევაში დიდი როლი ითამაშა ავსტრიელმა ფსიქიატრმა ზ. ფროიდმა. XIX საუკუნის ბოლოს იგი ცდილობდა შემუშავებინა ფსიქიკური დარღვევის მკურნალობის ახალი მეთოდი. ფროიდი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ საჭირო იყო იზოლირებული ფსიქიკური მოვლენების გარეგნული აღწერიდან მის საფუძველში არსებული სიღრმისეული მექანიზმების აღწერაზე გადასვლა. ამაზე დაყრდნობით ფროიდმა შექმნა ფსიქიკური დარღვევების მკურნალობის ახალი მეთოდი – ფსიქოანალიზი, რომელიც გულისხმობს პაციენტის არაცნობიერი ფსიქიკური შინაარსების ცნობიერებამდე დაყვანას. ამ ახალი კონცეფციის წინამორბედი გახდა ე.წ. კათარზისის მეთოდი, შემუშავებული ფროიდისა და ვენელი ექიმის ბრეიერის მიერ. ამ მეთოდმა აჩვენა, რომ შეიძლებოდა ისტერიის განკურნება, თუ პიპნოზის მეშვეობით ვაიძულებთ პაციენტს გაიხსენოს და განიცადოს მის მიერ დავინწყებული ტრავმატული სიტუაცია. მოგვიანებით ფროიდმა შეცვალა პიპნოზი თავისუფალი

ასოციაციების მეთოდით, რომელიც ფსიქონალიზის ტექნიკის საფუძველი გახდა.

ფროიდის მიერ შექმნილი ფსიქონალიზის თეორიის სათავეებთანაა სწავლება ფსიქიკური ენერგიის – ლიბიდოს განაწილებისა და ტრანსფორმაციის შესახებ (ფსიქოდინამიკა) და ფსიქიკური აპარატის სტრუქტურული წყობის თეორია.

ფსიქიკური ენერგია მოქმედებს გარკვეულ არაერთგვაროვან სტრუქტურაში. ფიზიკური ენერგიის ანალოგიურად ფროიდს შემოაქვს ცნება ფსიქიკური ენერგიის რაოდენობაზე (კვანტუმი), მუხტებზე (კატექსისები), ფსიქიკური ენერგიის განაწილებისა და გადაადგილების სხვადასხვა მეთოდებზე.

ფსიქიკური ენერგია ვლინდება სექსუალურ ლტოლვაში – libido. სტრუქტურული თეორიის თვალსაზრისით ფსიქიკური აპარატი არის 3 სისტემის ერთობა, რომელიც მუდმივ ურთიერთქმედებაში იმყოფება.

იგი id – სულიერი აპარატის ყველაზე ღრმა ქვესტრუქტურაა, რომლის შემადგენლობა არაცნობიერია, შეიცავს დაუოკებელ სექსუალურ და აგრესიულ ლტოლვებს, ხელმძღვანელობს სიამოვნების პრინციპით, რომელიც კონფლიქტურ დამოკიდებულებაშია „მე“-სთან და „ზე-მე“-სთან. „იგი“-ში გამოყოფენ ორ ფენას: საკუთრივ არაცნობიერი და ქვეცნობიერი. საკუთრივ არაცნობიერის გაცნობიერება ძირითადად შეუძლებელია. ქვეცნობიერი კი სულიერი ცხოვრების შინაარსია, რომელიც გარკვეულ მომენტში გაუცნობიერებელია, მაგრამ გარკვეული დაძაბვით შეიძლება გაცნობიერდეს, და თუ შეიძლება ითქვას, ტოპოგრაფიულად განლაგებულია არაცნობიერსა და ცნობიერს შორის.

მე ego – ცნობიერი სულიერი ცხოვრების ქვესტრუქტურაა, რომელიც წარმოადგენს შუამავალს იგი-სა და ზე-მეს შორის, ინდივიდსა და რეალობას შორის. ატარებს გარესამყაროს აღქმისა და მასთან ადაპტაციის ფუნქციას, ცდილობს შეუთანხმოს ერთმანეთს იგი და ზე-მე.

ზე-მე – superego სულიერი ცხოვრების სტრუქტურაში უმაღლესი ინსტანციაა – ასრულებს შინაგანი ცენზორის, სინდისის როლს, ფორმირდება ოჯახში და აღზრდის პროცესში, ექვემდებარება და გამოხატავს სოციალური გარემოს მოთხოვნებს.

მე-იდეალი	} ზე-მე Super ego
ც ნ ო ბ ი ე რ ი	
ცენზურა	} მე- ego
ქ გ ე ც ნ ო ბ ი ე რ ი	
საკუთრივ არაცნობიერი	} იგი- id არაცნობიერი

სურ. 81. ფსიქიკური აპარატი ზ. ფროიდის მიხედვით.

ფროიდი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ფსიქიკური ტრავმული შემთხვევები, აფექტური განცდები, განუზოციელებელი სურვილები და ლტოლვები მხოლოდ ერთი შესედეით ქრებიან ფსიქიკიდან. რეალურად ისინი განიცდიან დათრგუნვას, განიდევნებიან ცნობიერიდან არაცნობიერ სფეროში. ვერ პოულობს რა პირდაპირ გამოსავალს ცნობიერში, დათრგუნული მასალა განაგრძობს აქტიურ ზემოქმედებას ფსიქიკურ ცხოვრებაზე, თავს იჩენს შენიღბულ, „დაშიფრულ“ ფორმაში სიზმრების, ნევროტული სიმპტომების, შეცდომების, ხუმრობების, გადატანილი ემოციებისა და თავისუფალი ასოციაციის სახით. ეს წარმონაქმნები ჩნდება დათრგუნული ლტოლვის შეტაკებით ცნობიერი მე-ს დაცვის მექანიზმთან – ცენზურასთან.

ფსიქიკური დარღვევების სიმპტომები, ფროიდის აზრით, სიმბოლურ ფორმაში გამოხატავენ მის გამომწვევ რეალურ კონფლიქტს, კერძოდ სექსუალური ლტოლვის დათრგუნვას.

შგავსი შინაგანი სტრუქტურა აქვს სიზმრებს. ის, რაც ჩნდება ცნობიერში, როგორც სიზმრის სურათი, მხოლოდ არაცნობიერი ფსიქიკის ანაბეჭდს წარმოადგენს, დაპირისპირებულ ფსიქიკურ ძალთა – დათრგუნული, განდევნილი მასალისა და ცენზურის ბრძოლას. ფროიდის აზრით, სიზმარი დათრგუნული სურვილების „პალუცინაციური“ სიმბოლური გამოხატულებაა.

მცდარ მოქმედებებს მიეკუთვნება უზუსტობანი მეტყველების, წერის, კითხვის დროს, საგნების დაკარგვა, მესხიერების ლალატი. მცდარი მოქმედებების წარმოშობას ფროიდი ხსნის ურთიერთსაწინააღმდეგო სურვილების შეტაკებით და ვლინდება ასეთ თავისებურ

ფორმაში ადამიანის ნების სანინაალმდეგოდ. შეცდომა ესაა სურვილი, რომლის დაფარვას ადამიანი ცდილობს.

იგივე მექანიზმი შეინიშნება ხუმრობებისა და მეტაფორული გამოთქმების წარმოქმნისას, თუმცა გარკვეული სხვაობით: აქ ცნობიერი მე დროებით ხსნის თავის დამცველ ოპერაციებს, რაც იწვევს გარღვევას ლოგიკურის წინა, პირველყოფილი აზროვნების ეტაპზე, რაც არაცნობიერს ახასიათებს. შემდგომ ფროიდი და განსაკუთრებით მისი მიმდევრები პოულობენ იდენტური შინაარსის სტრუქტურებს ფანტაზიებში და მათ საფუძველზე აღმოცენებულ მითებსა და მხატვრულ ლიტერატურაში.

ფროიდის მონაფე იყო შვეიცარიელი ფსიქიატრი კარლ გუსტავ იუნგი, რომელმაც რიგი შესწორებები შეიტანა ფროიდის მოძღვრებაში. როგორც ცნობილია ფროიდი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებდა სექსუალურ ლტოლვას. ადამიანის მოღვაწეობის სხვადასხვა მხარეს და მათ შორის უმნიშვნელოვანესს, კულტურას, იგი განიხილავდა, როგორც დათრგუნული სექსუალობის ავადმყოფურ შედეგს. იუნგი არ ეთანხმება ამ მოსაზრებას. იგი თვლის, რომ კულტურა, ესთეტიკა ადამიანის არაცნობიერში ლიბიდოსაგან დამოუკიდებლად არსებობს. ეს არის წინაპრებისაგან მიღებული მითოლოგიური შინაარსის, არქაული მოტივების, სიმბოლოების სისტემა, რომელსაც იუნგი „არქეტიპებს“ უწოდებს.

გარდა ამისა იუნგი ავითარებს ფროიდის თეზისს მასობრივი ფსიქოლოგიის შესახებ. იუნგის აზრით არაცნობიერი ფსიქიკა არა მარტო ინდივიდისათვის, არამედ მასისთვისაც არის დამახასიათებელი. მას შემოაქვს კოლექტიური არაცნობიერის ცნება.

§2. დ. უზნაძის განწყობის თეორია

დახმარება, რომელიც გაუწია დ. უზნაძის იდეებმა ფსიქოანალიზის თეორიას, მდგომარეობს იმაში, რომ მათ მოგვცეს ცნება, რომელმაც არაცნობიერი უმაღლესი ნერვული მოქმედების ძირითადი ფუნქციის შეცნობა გაგვიადვილა. განვიხილოთ „განწყობის“ ცნება ფსიქოლოგიური და ნეიროფიზიოლოგიური თვლასაზრისით.

დ. უზნაძის სკოლაში „განწყობის“ ფენომენის დემონსტრაციისათვის ჩატარებული ექსპერიმენტი შემდეგში მდგომარეობს: საცდელ პირს რამდენჯერმე აძლევენ თითოეულ ხელში თანაბარი წონის ბურთულებს, რომელთაც სხვადასხვა მოცულობა აქვთ. მცირე მოცულობის ბურთულებს ყოველთვის აძლევენ ერთიდაიმავე ხელში. შემდგომ საცდელ პირს აძლევენ ერთნაირი წონისა და მოცულობის ბურთულებს. კითხვაზე, რომელი ბურთულაა უფრო დიდი, გამოსაცდელი

პასუხობს, რომ უფრო დიდი ბურთულაა იმ ხელში, რომელიც ადრე მცირე ზომის ბურთულებს ლებულობდა. როგორია ამ ილუზიის ბუნება? მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტებმა მოგვცეს შემდეგი პასუხი.

როგორც დ. უზნაძე ამბობს, ილუზიის საფუძველში ძევს განსაკუთრებული „შინაგანი მდგომარეობა“, ან სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციონალური მდგომარეობის განსაკუთრებული ცვლილება. ამ მდგომარეობის ანალიზი ავლენს, რომ განწყობა წარმოადგენს საცდელი პირის თავისებურ რეაქციას გარეგან გაღიზიანებაზე. იგი განპირობებულია ცდების სერიით. სხვა ცდებში უზნაძემ აჩვენა, რომ განწყობა შეიძლება წარმოიქმნას ორგანიზმის შინაგანი გარემოდან მოსულ გაღიზიანებაზეც. ფორმირების შემდეგ, განწყობა წარჩუნდება გარკვეული დროის განმავლობაში და შეიძლება გამოვლენილ იქნეს შესაბამისი ექსპერიმენტების დახმარებით, მაგრამ საცდელი პირის მიერ უშუალოდ არ ცნობიერდება და არ აღიქმება. მიუხედავად ამისა, ეს მდგომარეობა გავლენას ახდენს შემდგომში გაცნობიერებულ განცდებზე და განსაზღვრავს ზოგიერთ შემთხვევაში მათ ხასიათს და დინამიკას. განწყობა ადვილად ვრცელდება ერთი სისტემიდან სხვებში, რომლებზედაც კრიტიკული ცდის წინ ზემოქმედება უშუალოდ არ მოუხდენიათ (მაგალითად კუნთებიდან მხედველობით სისტემაში და ა.შ.).

ნერვული სისტემის ფუნქციონალური მდგომარეობის ამ უშუალოდ შეუგრძნობელი და გაუცნობიერებელი ცვლილების აღსანიშნავად დ. უზნაძემ გამოიყენა ცნება „განწყობა“.

უზნაძე მუდმივად ხაზს უსვამს განწყობის გაუცნობიერებლობას, როგორც მის უმნიშვნელოვანეს თავისებურებას. ნაშრომში „განწყობის ფსიქოლოგიის ექსპერიმენტალური საფუძვლები“ იგი ამბობს: „საცდელ პირში იქმნება გარკვეული სპეციფიკური მდგომარეობა, რომელიც ვერ დახასიათდება, როგორც ცნობიერების რაიმე გამოვლენა. ამ მდგომარეობის განსაკუთრებულობა არის ის, რომ იგი წინ უსწრებს ცნობიერების რაიმე გამოვლენას, განსაზღვრული ფაქტების გამოჩენას... ეს მდგომარეობა, არის რა გაუცნობიერებელი, მაინც წარმოადგენს ცნობიერების განსაზღვრული შინაარსის თავისებურ ტენდენციას. ყველაზე სწორი იქნებოდა ამ მდგომარეობისათვის გვეწოდებინა განწყობა...“ (გვ. 18). „ჩვეულებრივი ფსიქოლოგიური ფაქტების გარდა, ცალკეული ფსიქიკური განცდების გარდა, შეიძლება დავუშვათ... ამ განცდების სუბიექტის მდგომარეობის მოდუსი, მისი, როგორც პიროვნების ესა თუ ის განწყობა... განწყობა არ შეიძლება იყოს სუბიექტის ცნობიერების ცალკეული აქტი... იგი მხოლოდ მოდუსია... ამიტომ სრულიად ბუნებრივია ჩაითვალოს, რომ თუ ჩვენში რაიმე ნამდვილად არაცნობიერად მიმდინარეობს, ეს არის პირველ რიგში ჩვენი განწყობა...“ „უდაოა, რომ ჩვენში არსებობს გარკვეული

მდგომარეობა, რომელიც თვითონ არ არის ცნობიერების შინაარსი, მაგრამ შეუძლია მასზე მოახდინოს ძლიერი ზეგავლენა...“ (გვ. 40).

„განწყობის“ ტიპის მდგომარეობები წარმოიქმნება არა მარტო სპეციალური ლაბორატორიული კვლევების პირობებში, არამედ ბევრად უფრო ფართოდ, ყოველგვარი შემგუებლობითი მოქმედებისას, მიზანსწრაფული ქცევისას.

განწყობა წარმოადგენს მოქმედების ძირითად კომპონენტს და ქცევის მაფორმირებელ ფაქტორს. გარეგანი და შინაგანი სტიმულუბის გავლენით ფორმირებული, როგორც ცენტრალური ნერვული და პერიფერიული წარმონაქმნების ფუნქციონალური მდგომარეობის ცვლილება, განწყობა ახდენს მართვად ზემოქმედებას ნეიროდინამიკაზე, ინვესს ტვინის აქტიურობის სხვადასხვა ფორმის გაშლას და მისით ფსიქოლოგიური მოვლენების განპირობებას.

ეს მოქმედება შეიძლება გამოვლინდეს შედარებით უბრალო სახით, როგორც ბურთულებით სამოდელო ექსპერიმენტისას, მაგრამ შეიძლება მიიღოს უფრო რთული ფორმა. ბურთულებთან ცდებისას განწყობა წარმოიქმნება როგორც კინესთეზიური სტიმულაციისა და გამონეწული (ძირითადად პროპრიორეცეპტორული) გალიზიანების მხარეს შორის გარკვეული კავშირის შეკვრის გამოხატულება. ამ კავშირის დარღვევა ინვესს ილუზიას. განწყობა გამოდის, შესაბამისად, მოცემულ შემთხვევაში როგორც წინანდელი გამოცდილების გარკვეული ორგანიზაციის შედეგი, რომელიც ხდება ქცევის ფაქტორი, რადგან თავად ქმნის დიფერენცირებულ მიდგომას, შერჩევით მზადყოფნას მოსალოდნელი აღქმებისა და მოქმედების მიმართ. ამ აზრით „განწყობის“ ცნება ძალიან ახლოს დგას იმასთან, რაც შემოიტანა გასული საუკუნის 50-იან წლებში რუსმა ფიზიოლოგმა პ. ანოხინმა, როცა ის ლაპარაკობდა „წინმსწრები“ ტიპის ალგზნებებზე, ანუ ნერვულ აქტიურობაზე, რომელიც წინ უსწრებდა ჯერ კიდევ დაუდგომელ მოვლენებს და ამზადებდა პასუხს მოსალოდნელ ზემოქმედებაზე.

იმ სპეციფიკური როლის უფრო ღრმა გაგებისათვის, რომელსაც თამაშობენ გაუცნობიერებელი განწყობები გაცნობიერებული ქცევის რეგულაციის ფაქტორის სახით, აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას მათი შემდეგი თავისებურება. კარგად ცნობილია, რომ ნებისმიერი მიზანსწრაფული მოქმედების ეფექტურობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ამ უკანასკნელის შედარებითი დამოუკიდებლობა შემთხვევით, გარე მოვლენებისაგან, რომლებიც დამაბრკოლებელ ფაქტორს წარმოადგენენ. ამ შედარებითი დამოუკიდებლობის გარეშე ნებისმიერი ორგანიზებული ქცევა დაიშლება, და გადაიქცევა გარე ზემოქმედებაზე მოუწესრიგებელ რეაგირებად, რომლის სტრუქტურა პასიურად გამოხატავს ზემოქმედების პროცესის სტრუქტურას.

დ. უზნაძის სკოლის მიერ შესრულებულ ექსპერიმენტალურ გამოკვლევებში ნათლადაა ნაჩვენები, რომ ასეთი დაშლის ხელის შემშლელი ფაქტორია გაუცნობიერებელი განწყობები, რომელთა მონაწილეობის გამოც ცნობიერად რეგულირებადი ქცევითი ქმედებები ღებულობენ მონესრიგებულ და შეგუებულ ხასიათს. მათი რეგულირებადი ზემოქმედება უზრუნველყოფს მოქმედების მიზანსწრაფულ, გააზრებულ ხასიათს იმის გარეშე, რომ ამ მიზანსწრაფულობის კონტროლი ხორციელდებოდეს მოქმედების განვითარების ყველა ეტაპზე ცნობიერად. აქედან ცხადია, როგორც ამსუბუქებს ცნობიერების მუშაობას გაუცნობიერებელი განწყობების აქტიურობა.

დ. უზნაძე განიხილავს განწყობას როგორც მდგომარეობას, რომელიც ნებისმიერ პირობებში რჩება გაუცნობიერებელი. იგი ხაზს უსვამს: „სუბიექტში მოთხოვნილებისა და მისი დაკმაყოფილების სიტუაციების არსებობისას წარმოიქმნება სპეციფიკური მდგომარეობა, რომელიც შეიძლება დახასიათდეს, როგორც მიდრეკილება. მიმართულება, როგორც მისი მზადყოფნა ამ მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებელი აქტის ჩასადენად... როგორც სრულიად გარკვეული ქმედების განწყობა... განწყობა წარმოადგენს სუბიექტის მოდუსს მისი მოღვაწეობის თითოეულ მოცემულ მომენტში, მთლიან მდგომარეობას, რომელიც პრინციპულად განსხვავდება მისი ყველა დიფერენცირებული ფსიქიკური ძალებისა და უნარებისაგან“. განწყობა დ. უზნაძის მიხედვით, ეს არის მთლიანი მდგომარეობა, რომელიც „არ გამოიხატება სუბიექტის ცნობიერებაში მისი ცალკეული დამოუკიდებელი განცდების სახით. ის თამაშობს თავის როლს, განსაზღვრავს სუბიექტის მუშაობას აქტიური მიმართულებით, როემლსაც იგი მიჰყავს თავისი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისაკენ“. დ. უზნაძის ძირითადი აზრი აქ ნათლადაა გამოხატული. განწყობა არ არის სუბიექტის რომელიღაც კონკრეტული „ფსიქიკური განცდა“, იგი არის სუბიექტის მდგომარეობის მოდუსი, ანუ მისი მზადყოფნა, მიდრეკილება გარკვეული ტიპის განცდების, აღქმების ან მოქმედებისაკენ. სწორედ ამაში მდგომარეობს განწყობის განმასხვავებელი თავისებურება, რაც საშუალებას იძლევა გამოირჩეს იგი სხვა ფსიქოლოგიური კატეგორიებისაგან და განსაზღვრავს მის როლს, როგორც ქცევის ფაქტორს.

განწყობები შეიძლება იყოს მხოლოდ გაუცნობიერებელი და თავიანთ მარეგულირებელ გავლენას ისინი ახდენენ ქცევაზე მის ყველაზე რთულ ფორმაშიც, რაც ადასტურებს არაცნობიერის ფუნქციონალურ ჰეგემონიას და გამოყოფს აზრობრივი რეგულირების უბნებს, რომლებშიც ცნობიერება პრინციპულად ვერ აღწევს. ამით ეს თეორია ხსნის არაცნობიერის ნამდვილ არსს როგორც ფაქტორის, რო-

მელსაც რჩება რეგულაციის ფუნქცია. ეს ფაქტორი არ წარმოადგენს არც აფექტს, არც აზრს, არც მიდრეკილებას.

განწყობის ფსიქოლოგიური თეორია უშუალოდ არაფერს გვუბნება არაცნობიერის ფიზიოლოგიურ საფუძვლებზე. მაგრამ ამის გამო მისი მონაცემების უარყოფა შეცდომა იქნებოდა. ეს თეორია აშუქებს ქცევის ორგანიზაციის ისეთ ასპექტს, რომელიც სხვა ნებისმიერი მიდგომისას ყურადღების მიღმა რჩება. სწორედ ამ გარემოების გათვალისწინებით შეიძლება განწყობის თეორიის ადექვატური შეფასება და სწორი გამოყენება.

§3. არაცნობიერი ფსიქიკის ფიზიოლოგიური საფუძვლები

ისმება კითხვა – შესაძლებელია თუ არა არაცნობიერი ფსიქიკის არსებობის დამტკიცება ანატომიური და ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით?

ფიზიოლოგი ჰერმან ჰელმჰოლცი ჯერ კიდევ XIX საუკუნეში ნაშრომში „ფიზიოლოგიური ოპტიკა“ აღნიშნავდა, რომ პატარა ბავშვი აღიქვამს საგნების ფორმას, მათ სიდიდეს, დაშორებას ისევე ნათლად, როგორც მოზრდილი. მიატრიალებს თავს მათ მხარეს, ხელებით საგანს იტაცებს, საზღვრავს მათ მიმართულებას. ასეთი მოქმედება არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც აზროვნების ნაყოფი, თუმცა ერთი შეხედვით ეს ასე ჩანს. ჰელმჰოლცი ამას უწოდებს სივრცული ხედვის ცალკეული აქტების არაცნობიერ დასკვნებს.

რუსი ფიზიოლოგი ი. სეჩენოვი ამბობს, რომ ადრე ცდილობდნენ ფსიქიკურად ჩაეთვალათ მოლოდინობიერი და მთლიან ნატურალურ პროცესს წყვეტდნენ სანყისს, ე.ი. არაცნობიერს.

როგორც ცნობილია თავმოჭრილი ბაყაყის ზურგის ტვინი, ნერვები და კუნთები ბევრ ხანს ცოცხლობს თავის მოცილების შემდეგ. საკმარისია ბაყაყის კანს უჩხვლიტონ, რომ იგი ფეხს შეანძრევს. ეს არის უნებლიე, ავტომატური მოძრაობის მაგალითი.

ადამიანი მოულოდნელი ხმაურისაგან, შეხებისაგან, ან თვალწინ რაიმე ხატის წარმოჩენისაგან კრთება. ესეც ავტომატური მოძრაობის მაგალითია.

მთვარეულები ჩადიან ძალიან რთულ საპაერო მოგზაურობებს ისეთი მოხერხებით, რასაც ვერ ჩაიდენდა ნათელ ცნობიერებაში მყოფი ადამიანი.

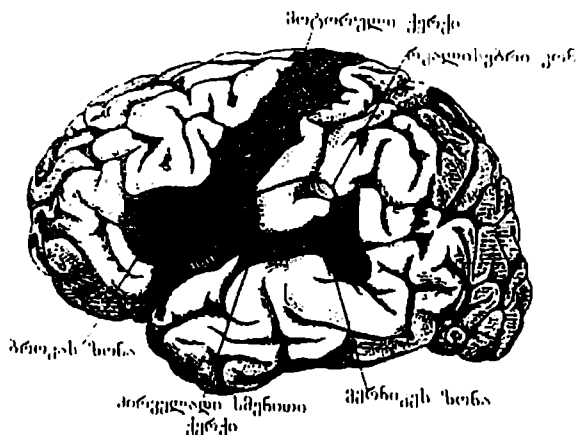
ნარკოტიკებით გაბრუებული ადამიანის, ძილის ან ჰიპნოზურ მდგომარეობაში პირების სულიერი მდგომარეობაც ასევე არაცნობიერი ფსიქიკის გამოვლენის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს. იგივე შეიძლება ითქვას ტელეპათიის და ტელეკინეზის მოვლენებზე.

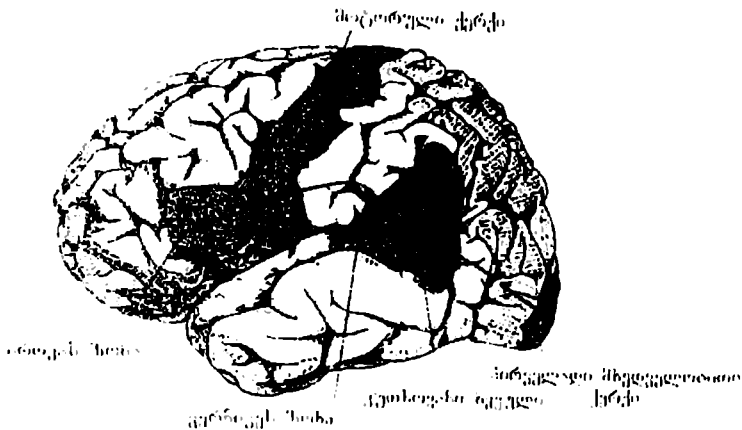
არსებობს რამდენიმე პიპოთეზა არაცნობიერი და ცნობიერი შრეების ანატომიური ლოკალიზაციის შესახებ.

ი. პავლოვი ამტკიცებს, რომ ცნობიერება წარმოადგენს თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების გარკვეული ოპტიმალური ალგზნებადობის მქონე კერას, სადაც ადვილად აღმოცენდება ახალი პირობითი რეფლექსები და ხდება მათი დიფერენცირება. ამავე მომენტში დიდი ჰემისფეროების მთელი დარჩენილი ნაწილი იმყოფება დაბალი ალგზნებადობის მდგომარეობაში. ამ უბნების ფუნქციონირება არის ის, რასაც ჩვენ სუბიექტურად არაცნობიერს, ავტომატურს ვუწოდებთ. მისი ფუნქციაა ადრე გამომუშავებული რეფლექსები სტერეოტიპულად წარმოშობადი სათანადო გალიზიანების ქონის დროს.

უბანი ოპტიმალური მოქმედებით მუდმივად გადაადგილდება დიდი ნახევარსფეროების მთელ სივრცეში ცენტრებს შორის არსებულ კავშირებზე და გარეგან გალიზიანებაზე დამოკიდებულებით. შესაბამისად იცვლება დადაბლებული ალგზნების კერა. პირობითად შეიძლება წარმოვიდგინოთ ჰემისფეროების ზედაპირზე მოძრავი ნათელი ლაქა, გარშემორტყმული ირგვლივ მთელ სივრცეში ჰემისფეროების მეტნაკლებად მნიშვნელოვანი ჩრდილით.

მეორე ვერსიის თანახმად, ცნობიერება ძირითადად ლოკალიზებულია მეორე სასიგნალო სისტემის ცენტრებში – ვერნიკეს ცენტრში – მარცხენა საფეთქლის ზედა ხვეულში (მეტყველების სენსორული ცენტრი), და ბროკას ცენტრში – შუბლის ქვედა ხვეულის უკანა მესამედში (მეტყველების მოტორული ცენტრი). ქერქის დანარჩენი ნაწილი არაცნობიერ სფეროს განეკუთვნება.



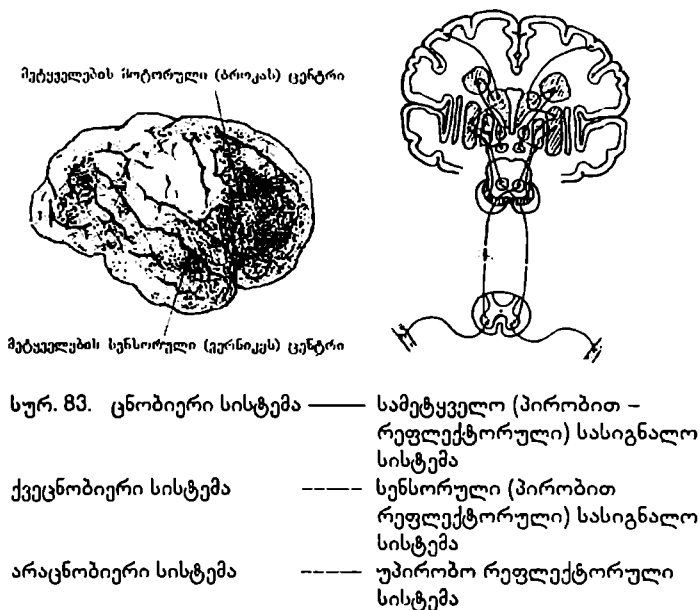


ბ

სურ. 82. მეორადი სასიგნალო სისტემის ცენტრები. ა - როცა სიტყვა აღიქმება, სიგნალები მიდის ყურიდან პირველად სმენით ქერქში, მაგრამ მოცემული სიტყვა ვერ იქნება გაგებული, თუ სიგნალი არ დამუშავდა ახლომდებარე ვერნიკის ზონაში. თუ სიტყვა უნდა იქნას წარმოთქმული, მისი წარმოდგენა გადაეცემა ვერნიკის ზონიდან ბროკას ზონაში წერვული ბოჭკოების ჯგუფით, რომელთაც რკალისებრი კონა ეწოდებათ. ბროკას ზონაში ეს სიტყვა წარმოშობს არტიკულაციის დეტალურ პროგრამას, რომელიც გადაეცემა მოტორული ქერქის სახის ნაწილს. ბ - როცა დანერგილი სიტყვა იკითხება, სიგნალები ჯერ რეგისტრირდება პირველად მხედველობით ქერქში. შემდგომ ისინი, სავარაუდოდ, გადაეცემა კუთხოვან ხვეულს, რომელიც აკავშირებს მოცემული სიტყვის მხედველობით ფორმას შესაბამის სმენით ანალოგთან ვერნიკის ზონაში. სიტყვის წარმოთქმა შემდგომ ხორციელდება იმავე სისტემის ნეირონების დახმარებით, რომელიც ზემოთ იყო ნახსენები (ნ. გემზინდი, „ტვინი“ 1982).

მესამე ვერსიის თანახმად, რომელზედაც ჩვენ ქვემოთ ვრცლად შევჩერდებით, არაცნობიერი ძირითად ქერქქვეშა კვანძებშია ლოკალიზებული. ქერქქვეშა კვანძები მხედველობის ბორცვთან და ბორცვქვეშა წარმონაქმნებთან ერთად წარმოადგენს რთული უპირობო რეფლექსების სუბსტრატს. ასეთი რთული უპირობო რეფლექსები კი ქმნიან უმაღლესი წერვული მოქმედების საფუძველს, მის პირველ ორიენტაციას. ქერქქვეშა კვანძებში განხორციელებულ რთულ რეფლექსებს ეკუთვნის კვების, თავდაცვის, საორიენტაციო, თავისუფლების, მიზნისა და სქესობრივი რეფლექსები. ეს რეფლექსები უპირატესად ჩონჩხის კუნთებით ხორციელდება.

ქერქისა და ქერქვეშა კვანძების მჭიდრო ერთიანი მოქმედება განპირობებულია იმით, რომ უპირობო რეფლექსების საფუძველზე ვითარდება ქერქის პირობითრეფლექსური მოქმედება – ქერქი და ქერქვეშა კვანძები წარმოადგენს ენერგიის წყაროს მთელი უმაღლესი ნერვული მოქმედებისათვის, ხოლო ქერქი ამ ბრმა ძალის რეგულატორია. ქერქვეშა კვანძებიდან იმპულსები ზურგის ტვინის წინა რქების და ტვინის ღეროს მოტორულ ბირთვებს გადაეცემა ექსტრაპირამიდული სისტემის საშუალებით. ექსტრაპირამიდული სისტემა, როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, პირამიდული გზის გარეშე სისტემა და თავის ფუნქციას ასრულებს რეფლექსებით, ადამიანის ნების გარეშე.



დამავალ (ცენტრიდანულ, ეფერენტულ) გზებს მიეკუთვნება ქერქ-ზურგის ტვინის (პირამიდული) და წითელ ბირთვ-ზურგის ტვინის (ექსტრაპირამიდული) გზები. პირამიდული გზის ბოჭკოები იწყება თავის ტვინის წინა ცენტრალური ხვეულის ქერქის V შრის გიგანტური (ბეცის უჯრედები) და დიდი პირამიდული უჯრედებიდან და გადასცემს ჩონჩხის კუნთებს ქერქში აღძრულ ნებელობით იმპულსებს. პირამიდულ სისტემაში არჩევენ ქერქ-ბირთვულ და ქერქ-ზურგის ტვინის გზებს.

ექსტრაპირამიდული გზები ფილოგენეზურად პირამიდულზე ძველია, ადამიანის ორგანიზმში იგი დაკავშირებულია უმაღლეს მოტორულ ცენტრებთან და ექვემდებარება მათ. ექსტრაპირამიდული სისტემაში შედის კუდიანი ოსპისებრი ბირთვები, ზღუდე, ჩენო, მხედველობის ბორცვები, ნითელი ბირთვი, შავი ნივთიერება, მოგრძო ტვინის ოლივის ბირთვი, ნათხემი და რეტიკულარული ფორმაციის ბირთვები. ექსტრაპირამიდული სისტემა არეგულირებს კუნთების ტონუსს და მუშაობს, ქერქის გვერდით ავლით განაგებს ავტომატური მოძრაობების კოორდინირებას, ამზადებს კუნთოვან სისტემას მიზანმიმართული მოქმედებისათვის. ექსტრაპირამიდული სისტემა ბევრად უფრო მდიდარია კავშირებით, ვიდრე პირამიდული.

და ბოლოს მეოთხე ვერსია. ბოლო ათწლეულების კლინიკურ და ექსპერიმენტულ კვლევებში გამოვლინდა ანალიზირებადი პრობლემის სრულიად ახალი ასპექტი. აღმოჩნდა, რომ ცნობიერისა და არაცნობიერის ურთიერთობაში ასახვას ჰპოვებს ტვინის ნახევარსფეროების ფუნქციონალური ასიმეტრია. ნახევარსფეროების განსხვავებული როლი სინამდვილის შეცნობის პროცესში განსაკუთრებით დემონსტრაციულად გამოვლინდა იმ სუბიექტების კვლევისას, რომელთაც გადაიტანეს ტვინის ოპერაციული გაკვეთა (სპერი, გაზანიგა, ბოგენი 1961-70). აღმოჩნდა, რომ თუმცა მარჯვენა ნახევარსფეროში მოსული ინფორმაცია არ ვერბალიზდება და არ ცნობიერდება, იგი გავლენას ახდენს ქცევაზე.

ლენინგრადში ევოლუციური ფიზიოლოგიისა და ბიოქიმიის ინსტიტუტში ნ. ტრაუგოტის მიერ ჩატარდა ფსიქიკური ავადმყოფების ცერებრალური პროცესების კვლევები. ავადმყოფები გადიოდნენ მკურნალობის კურსს მარჯვენა და მარცხენა ნახევარსფეროზე ცალმხრივი ელექტრული ზემოქმედებით. აღმოჩნდა, რომ ცალმხრივი ელექტრული ზემოქმედების შემდეგ 40-60 წუთი ნარჩუნდება ამ ნახევარსფეროს დათრგუნვა, რომელზეც განლაგებული იყო ელექტროდები. ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია ერთი და იგივე სუბიექტის მარცხენა და მარჯვენა ნახევარსფეროს ფუნქციონალური გათიშვის ეფექტები.

ელექტრული ზემოქმედება მარჯვენა ნახევარსფეროზე	ელექტრული ზემოქმედება მარცხენა ნახევარსფეროზე
ღრმად ირღვევა ყველა უშუალო შთაბეჭდილების, არამეტყველებითი გამლიზიანების ანალიზი, განსხვავება, დამახსოვრება გაძნელებულია მულოდიების გამოცნობა და აღდგენა და მუსიკალური ფრაზების განსხვავება, დარღვეულია ჩვეულებრივი საყოფაცხოვრებო ხმაურის გამოცნობა, ნახატის დეფექტის აღმოჩენა, არავერბალირებადი ფიგურების შედარება და დამახსოვრება. მეტყველებითი აქტიურობა ამაღლებულია, სმენა გამახვილებულია, მაგრამ ხმის ინდივიდუალური თავისებურებებისა და ინტონაციის მნიშვნელობის გამოცნობა, ანუ მეტყველების კონკრეტული თავისებურებების შეფასება მკვეთრად დაბლდება. იმავე დროს ავადმყოფის საკუთარი მეტყველება ნაკლებად გამოხატველია. უშუალო შთაბეჭდილებით გამოწვეული ასოციაციების წრე ვიწროვდება, ხოლო ლოგიკური ოპერაციები ლებულობენ ფორმალურ, განყენებულ ხასიათს. ავადმყოფი ვერ ცნობს რა მულოდიას, ცდილობს იგი მიაკუთვნოს რომელიღაც ჟანრს და მისი განსაზღვრება არასწორია.	უხეშად დარღვეულია მეტყველება, დათრგუნულია მეტყველებითი სმენა, ამასთან მარჯვენა ნახევარსფეროსაგან დამოკიდებული ფუნქციების განხორციელების დონე ჩვეულებრივ მდგომარეობასთან შედარებით ამაღლებულია. იქმნება საპირისპირო სურათი. ავადმყოფი აფაზიის დამთავრების შემდეგ, პოულობს მიმზიდველ და ინდივიდუალურად თავისებურ განსაზღვრებებს. ცნობს მულოდიას, სიამოვნებით მღერის, მაგრამ მისი ჟანრის განსაზღვრას არ ცდილობს.

რიცხვების ან ასოების ცხრილის დაჯგუფებისას ავადმყოფი ხელმძღვანელობს სემანტიკური ერთგვაროვნების პრინციპით. უფრო ღრმად ირლვევა და გვიან აღდგება ორიენტირება კონკრეტული მოვლენების სამყაროში, ავადმყოფი ვერ ცნობს ნაცნობ ადამიანებს, ნაცნობ ოთახებს, ვერ საზღვრავს ამინდს და ა.შ.	იყენებს თვალსაჩინო ნიშნებს, მაგ. ერთ ჯგუფს აკუთვნებს ერთნაირი შრიფტის მქონე ასოებს. უფრო ღრმა და ხანგრძლივია შეტევის შემდგომი გათიშვა, უფრო მკვეთრადაა გამოხატული სიფხიზლის დონის დადაბლების ელექტროენცეფალოგრაფიული ნიშნები. უფრო გვიან აღდგება დროში, ადგილში და საკუთარ მდგომარეობაში ორიენტირება.
---	---

მოცემული ფაქტების შეჯამებისას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ცნობიერი მოქმედების ორგანიზებაში მონაწილეობას ლეზულობს ორივე ნახევარსფერო მარცხენას მეთაურობით. ამასთან, არის საფუძველი ვივარაუდოთ, რომ მარჯვენა ნახევარსფეროს თავისებურ ქმედებაში უფრო ძლიერ ვლინდება ცნობიერების მიერ არაკონტროლირებადი მოტივები, ანუ მეტ როლს თამაშობს არაცნობიერი. ამ ასპექტში შეიძლება განვიხილოთ კვლევისას აღმოჩენილი ფაქტი – მარცხენა ნახევარსფეროს გააჩნია დომინირებადი მნიშვნელობა კარგი განწყობის ორგანიზაციაში, ანუ ისეთი განწყობის, რომელიც ხელს უწყობს სიტუაციის ობიექტურ, ფხიზელ შეფასებას.

საქართველოში თავის ტვინის მარჯვენა და მარცხენა ნახევარსფეროების ფუნქციონალური ორგანიზაციის საკითხებზე მნიშვნელოვანი კვლევები ჩატარდა ფიზიოლოგ მ. ცაგარელის მიერ ფსიქიატრიის ინსტიტუტის ბაზაზე. საკითხი ეხება ადამიანის მიერ მხედველობით-სივრცულ აღქმას. გამოვლინდა, რომ ნორმალურ პირობებში მხედველობითი ხატების აღქმა ხორციელდება ორივე ნახევარსფეროს ერთობლივი მუშაობით, რადგან აღქმის პროცესში ისინი ცვლიან ინფორმაციას. მაგრამ თითოეული ნახევარსფეროს წვლილი და მათი ურთიერთქმედება მხედველობითი აღქმისა და ურთიერთქმედების სხვადასხვა ეტაპზე ერთგვაროვანი არ არის.

მარჯვენა ნახევარსფეროს მხედველობითი სახეები ინახავენ მონაცემებს ობიექტის სტრუქტურაზე და მისი გარესამყაროს კონკრეტულ თავისებურებებზე. ეს სახეები ინფორმაციულად უფრო მდიდარია და მათი გამოყენების სფერო კონკრეტულ აზროვნებაში უფრო ფართოა. მარცხენა ნახევარსფეროს მხედველობითი სახეები ხასიათდებიან უფრო მაღალი აბსტრაგირების ხარისხით. ისინი მოკლებული

არიან კონკრეტულ დეტალებს. ეს ხელს უწყობს უფრო მაღალი რიგის აბსტრაქციებზე გადასვლას – ცნებების ფორმირებას.

მ. ცაგარელმა დაადგინა რომ ქრონიკულ ალკოპოლიკებში ტვინის ელექტრული აქტივობით გამოწვეული დათრგუნვა და ემოციურად უარყოფითი სიტყვის გავლენა მიუთითებს ლიმბური სტრუქტურების (ჰიპოკამპი, ნუშისებრი სხეული, ჰიპოთალამუსი) დეფიციტზე მხედველობით-სივრცული ალქმისას.

უარყოფითი ემოცია იწვევს ელექტრულ აქტივაციას უფრო მეტად მარჯვენა ნახევარსფეროში, ვიდრე მარცხენაში.

დადებითი ემოცია ხელს უწყობს მეხსიერებაში ფიგურა- ეტალონის სახის განმტკიცებას, მაშინ, როცა უარყოფითი ემოცია ხელს უშლის ადამიანის პერცეფციულ ქმედებებს ალქმის გაძნელებულ პირობებში.

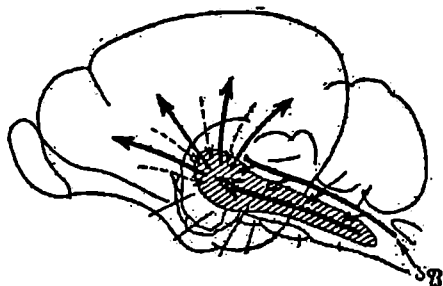
მ. ცაგარელი თვლის რომ მარჯვენა ნახევარსფერო მეტწილად დაკავშირებულია სახეების მხედველობით- სივრცულ ალქმასთან, მარცხენა- ვერბალურ სემანტიკურ ალქმასთან.

§4. ცენტრენცეფალური სისტემის თეორია

ქართველმა ფიზიოლოგმა ი. ბერიტაშვილმა ჯერ კიდევ 1937 წელს გამოთქვა ვარაუდი რეტიკულური სისტემის ფუნქციებზე. მისი აზრით, ამ სისტემის მოქმედებას დიდი მნიშვნელობა აქვს ზურგისა და თავის ტვინის ცხოველმყოფელობისათვის. ი. ბერიტაშვილმა ყურადღება მიაქცია რეტიკულური სისტემის თავისებურ აღნაგობას და მის მჭიდრო კავშირს ზურგის ტვინთან და თავის ტვინის სხვადასხვა განყოფილებებთან. ი. ბერიტაშვილის აზრით, რეტიკულური სისტემა პირდაპირ კავშირშია ზურგისა და თავის ტვინში მიმდინარე ალგზნებისა და შეკავების პროცესებთან.

ახალი კონცეფციები თანამედროვე ნევროლოგიაში დაკავშირებულია ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაციის ფუნქციონალური მნიშვნელობის შესწავლის საქმეში მიღწეულ დიდ წარმატებებთან. რეტიკულურ ფორმაციაში არსებობს სუნთქვის, არტერიული წნევის, საკვების მონელებისა და სხეულის კუნთოვანი ტონუსის მარეგულირებელი ცენტრები. მასში ხორციელდება ვისცერო-სომატური ფუნქციების ინტეგრაცია. ელექტროფიზიოლოგიური კვლევებით დადგენილია, რომ ექსტერო- პროპრიო- და ენტერორეცეპტული აფერენტული სისტემების გაღიზიანება იწვევს ბიოპოტენციალების ცვლილებებს რეტიკულური ფორმაციის სხვადასხვა განყოფილებებში (მოგრძო და შუა ტვინში, სუბ- და ჰიპოთალამურ წარმონაქმნებში, მხედველობით მორცვის მედიალურ ბირთვში). 1949 წელს მორუციმ

და მეგოუნმა აჩვენეს, რომ რეტიკულური ფორმაციის ამ განყოფილების გალიზიანება იწვევს თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების ქერქის მთელი ზედაპირის დიფუზურ ალგზნებას.



სურ. 84. რეტიკულური ფორმაციის ურთიერთკავშირის სქემა: შავი ისრები – რეტიკულური ფორმაციის გავლენა ტვინის ქერქზე; წყვეტილი ისრები – ტვინის ქერქის გავლენა რეტიკულურ ფორმაციაზე; აფ – აფერენტული იმპულსაცია.

ელექტროენცეფალოგრაფიულად ეს ვლინდება ძილის მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი დიდი ამპლიტუდის მქონე ნელი პოტენციალების შეცვლით მცირე ამპლიტუდის უფრო სწრაფი პოტენციალებით, რაც სიფიზიზლისთვისაა დამახასიათებელი. ამ მოვლენას ეწოდება „გალეიძების რეაქცია“ ან „აქტივაცია“. მის საფუძველზე კანადელმა ნეიროქირურგმა პენფილდმა და მისმა თანამშრომლებმა შექმნეს ცენტრენცეფალური სისტემის თეორია. პენფილდი უთანაბრებს ქერქქვეშა დიფუზურ პროექციულ სისტემას, ანუ ალმავალ რეტიკულურ აქტივირებად სისტემას მის მიერ აღწერილ ცენტრენცეფალურ სისტემასთან, რომელიც, მისი აზრით, წარმოადგენს ცენტრალური ნერვული სისტემის უმაღლეს ინტეგრაციულ დონეს, რომელიც არა მარტო აერთიანებს თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების ქერქის მთელ მოქმედებას, არამედ განსაზღვრავს ადამიანის ცნობიერებას („ცნობიერების ცენტრი“).

ცენტრენცეფალური სისტემა პენფილდის მიხედვით შედგება ნეირონების ფართოდ განტოტვილი ბადისაგან, რომელიც თანაბარწილად აკავშირებს ტვინის ლეროვან ნაწილს და მხედველობის ბორცვს თავის ტვინის ორივე ნახევარსფეროსთან. მასში ხდება ყველა სახის მგრძნობელობის შეჯამება და შერწყმა და ისეთი რთული ფიქტიური მოვლენების განხორციელება, როგორიცაა მეხსიერება, მოგონება და თვით ცნობიერება. პენფილდი მიდის იმ დასკვნამდე, რომ არსებობს ტვინის განსაკუთრებული ნაწილი, რომლის მთლიანობა აუცი-

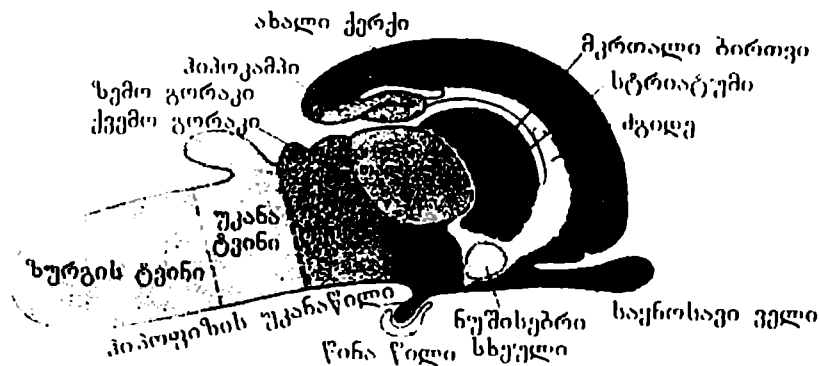
ლებელია ცნობიერების განხორციელებისათვის. ამ უბანში უნდა არსებობდეს ნერვული მოქმედების ინტეგრაციის უმაღლესი დონე.

ამ მთავარი უბნიდან გამოდის ნერვული იმპულსები, რომლებიც დამატებით აღძრავენ მოქმედებისაკენ მოტორულ ქერქს. ამ უბანში მოედინება აფერენტული იმპულსები ქერქიდან და მხედველობის ბორცვიდან. როცა ეს უბანი შენახულია და ნორმალურად ფუნქციონირებს, შესაძლებელია აღქმა და ნებელობითი მოქმედება, რაც ცნობიერების არსებობის ძირითად მაჩვენებელს წარმოადგენს.

უფრო მკაფიოდ ცნობიერების ღეროვან დონეზე ინტეგრაციის კონცეფციაზე პენფილდმა გამოთქვა კანადის საერთაშორისო სიმპოზიუმზე ცნობიერების ტვინის მექანიზმების საკითხების შესახებ (1953). „ჩემი დაკვირვებებიდან სულ უფრო და უფრო ნათელი ხდება, რომ უნდა არსებობდეს საბოლოო ფუნქციონალური ინტეგრაციის ასეთი უბანი – რომელშიც აღიძვრება ნერვული იმპულსების ნაკადი, რაც იწვევს ნებელობით აქტიურობას. უბანი, სადაც მგრძნობიარე გზები მთავრდება ნერვული წრეებით და რომელშიც ინფორმაცია, რომელიც მიეკუთვნება წარსულის გამოცდილებას, არის ხელმისაწვდომი; უბანი, რომელშიც უნდა მოიძებნოს ის ნერვული მექანიზმები, რომელიც აუცილებელია გონებრივი აქტიურობის არსებობისათვის, აუცილებელია ეფერენტული იმპულსების ნაკადის დასაწყებად, რაც ცნობიერებაში მყოფი ადამიანის ნებელობით მოქმედებას იწვევს... ამ ინტეგრაციის ყველაზე მთავარი ნაწილი არ არის თავის ტვინის ქერქში. ტრანსკორტიკალური ასოციაციური გზები მისთვის უმნიშვნელოა. ქერქის ნებისმიერი უბანი შეიძლება მოცილებულ იქნას, მაგრამ ეს არ იწვევს ცნობიერების დაკარგვას. მეორე მხრივ ტვინის ღეროს დაზიანება იწვევს ცნობიერების დაკარგვას“.

თავის ტვინის დაზიანებისა და ეპილეფსიის განვითარების მექანიზმების შესწავლის საფუძველზე პენფილდი მიდის დასკვნამდე, რომ ცნობიერების აუცილებელი სუბსტრატი დევს ქერქის გარეთ, სავარაუდოდ შუამდებარე ტვინში. პენფილდი თავის შეხედულებას ასაბუთებს ადამიანის ტვინზე ოპერაციაზე დაკვირვების შედეგებით. დადგენილ იქნა, რომ თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების ქერქის ზოგიერთი ზონის ელექტრული გაღიზიანება არ იწვევს ცნობიერების ცვლილებას, რაიმე რთულ განცდას, მოგონებას, მაშინ როცა ქერქქვეშა წარმონაქმნების, მაგალითად რეტიკულური ფორმაციის ასეთივე გაღიზიანება აღადგენს ადამიანის წარსული ცხოვრებიდან მთელ სურათებს, დიდი ხნის დავიწყებულ მოგონებებს. ამის საფუძველზე პენფილდი ამტკიცებს, რომ ცნობიერების უმაღლესი ინტეგრაციის დონეს წარმოადგენს თავის ტვინის დიენცეფალურ-ღეროვანი წარმონაქმნები, კერძოდ ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაცია,

და არა თავის ტვინის ქერქი, რადგან ამ უკანასკნელის არცერთი უბნის მოკვეთა არ იწვევს ცნობიერების დაკარგვას.



სურ. 85. ტვინი დაყოფილია წინა, შუა და უკანა ნაწილებად. უკანა ტვინში შედის ნათხემი, შუა ტვინს შეადგენს ზემო და ქვემო გორაკები. წინა ტვინის აგებულება უფრო რთულია. მისი გარეთა ნაწილი - ნახევარსფერო, რომლის ზედაპირი ტვინის ქერქის ნაოჭიანი პლასტია, რომელიც შეიცავს პიპოკამპს, ახალ ქერქს და საყნოსავ ველებს. ნახევარსფეროს შიგნით განლაგებულია სხეულები, ზოლიანი სხეული იყოფა მკრთალ ბირთვად და სტრიატუმად, რომელიც შეიცავს კუდიან ბირთვს და ოსპისებრ ბირთვს. წინა ტვინის დანარჩენი ნაწილი - შუამდებარე ტვინია, იგი შედგება თალამუსისა და პიპოთალამუსისაგან, რომელიც უერთდება პიპოფიზარულ კომპლექსს (უ ნაუტა, მ. ფე-ირდაგი „ტვინი“ 1982).

თავის ტვინის ქერქის მეორეხარისხოვანი უბნების ფართო ექსტირპაციები, ჩატარებული კეროვანი ქერქული ეპილეფსიის ოპერატიული მკურნალობისას, ადასტურებს, რომ ქერქის ქვეგანყოფილებების ფუნქციები დამოკიდებულია ყოველი უბნის ქერქქვეშა კვანძებთან კავშირებზე. გვერდით განლაგებული სხეულების წრიული ამოკვეთა არ უკარგავს ადამიანს სენსორული ინფორმაციის აღქმის შესაძლებლობას, რომელიც აღწევს მხედველობით ან სომატურ ხვეულებს. ქერქის ასეთივე წრიული ამოკვეთა არ ცვლის პრეცენტრალური სხეულის ფუნქციებს, რომელიც ხელის ან ენის მოძრაობას განაგებს.

თუ ადამიანს შეუძლია გამოიყენოს პრეცენტრალური სხეული თავისი მოტორული აქტიურობისათვის მის წინ და უკან განლაგებული სხეულების მოკვეთის შემდეგ, ეს ნიშნავს, რომ ნებელობითი მოძრაობის ბუნება დამოკიდებულია ნერვული იმპულსების ნაკადისაგან,

რომელიც წარმოიქმნება რომელიღაც განსაზღვრულ ქერქქვეშა ცენტრალურ უბანში ანუ ტვინის ღეროს უმაღლესი განყოფილების რუხ ნივთიერებაში. ნეიროფიზიოლოგების ამოცანაა განსაზღვრონ ქერქქვეშა სტრუქტურებში გამავალი გზები, რომლებიც ატარებენ მოტორულ და სენსორულ იმპულსებს.

ქერქში არის ორი ძირითადი უბანი (დომინირებად ნახევარსფეროში), დაკავშირებული ადამიანის მეტყველებასთან, მაგრამ ამ ორ უბანს ან მათ შორის განლაგებული ხვეულების ექსტრიპაცია არ იწვევს აფაზიას მანამდე, სანამ ამ „მეტყველების“ ხვეულებს აქვთ კავშირი ქვემდებარე რუხ ნივთიერებასთან. ეს უბანი, სავარაუდოდ, შეესაბამება თალამუსის მარცხენა ნილს.

პენფილდი თვლის, რომ დიდი ხანია დადგა დრო, როცა გაბედულად უნდა უარეყოთ პრიმიტიული კონცეფცია იმაზე, რომ სხვადასხვანაირი ქცევა აიხსნება სენსორული გზების პირდაპირ ქერქთან კავშირითა და კორტიკოსპინალური მოტორული გზების მიერ ქერქის დატოვებით ყოველგვარი ცენტრალურ ნახევარსფეროთშორისი ორგანიზაციისა და ინტეგრაციის გარეშე.

პენფილდის მოსაზრებას იზიარებს ცნობილი ამერიკელი ნეიროფიზიოლოგი ლივინგსტონი. ნაშრომში „ტვინის მექანიზმები და ცნობიერება“ იგი წერს, რომ ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაცია არა მარტო მონაწილეობს ცნობიერების დონის განსაზღვრაში საკუთარი ალგზნების თვისებით, არამედ შეიცავს ცნობიერებას გრძნობითი კონტროლის საშუალებით. ლივინგსტონი ამტკიცებს, რომ აფერენტული აქტიურობის ცენტრალური კონტროლი და სენსორული მექანიზმები დაკავშირებული პირობითრეფლექსურ მოქმედებასთან, წარმოდგენილია რეტიკულარულ ფორმაციაში. ამრიგად, თავის ტვინის ქერქი კარგავს თავის წამყვან მნიშვნელობას. ტვინის ქერქის ისეთი უბნები, როგორიცაა სენსორული, მოტორული, ასოციაციური, ლიმბური და ზოგიერთი სხვა პროეცირდება ტვინის ღეროს რეტიკულურ ფორმაციაში, სადაც ისინი ურთიერთქმედებენ აფერენტულ იმპულსაციასთან.

ამრიგად, ლივინგსტონის აზრით რეტიკულარული ფორმაცია კი არ პროეცირდება თავის ტვინის ქერქის ველებზე, არამედ ტვინის ქერქის სხვადასხვა ველები პროეცირდება რეტიკულურ ფორმაციაზე. შესაბამისად უკანასკნელს უნდა მიენიჭოს წამყვანი როლი ფსიქიკურ და ინტეგრაციულ ქმედებაში.

პენფილდის აზრს ასევე იზიარებს სხვა წამყვანი უცხოელი მეცნიერები. ბიშოპი (1958) განიხილავს თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების ქერქს, როგორიც რეტიკულარული ფორმაციის ქერქულ კომპონენტს. ფესარი (1954) თვლის, რომ თუმცა ტვინი მუშაობს როგორც ერთი მთლიანი და ცნობიერება დაკავშირებულია მის საერთო

აქტიურობასთან, ალქმის ინტეგრაციის უმაღლესი ხარისხი ხორციელდება ტვინის იმ უბნის დონეზე, რომელსაც პენფილმა უწოდა ცენტრენცეფალური სისტემა.

საინტერესოა გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში ჩატარებული უმბახის (1964) ცდები. სტერეოტაქსიკური მოწყობილობებისა და თერმოკოაგულატორების საშუალებით მან რამდენიმე ათას ავადმყოფს, რომლებსაც ანუხებდათ უძლიერესი ტკივილები, ეპილექსიის შეტევები და სხვადასხვა მოძრაობითი დარღვევები, ჩაუტარა ქერქქეშა ბირთვებისა და გამტარი ნერვული სისტემების გათიშვა. ტვინის კლინიკურმა და მრავალრიცხოვანმა ელექტროფიზიოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ელექტროკოაგულაციის შემდეგ ავადმყოფებს ეწყებოდათ ფსიქიკის, ცნობიერებისა და რიგი ვისცერალური და ვეგეტატიური ფუნქციების (სისხლის მიმოქცევა, სუნთქვა და სხვ.) ხანმოკლე ცვლილებები. ეს ეფექტები იქმნება თალამუსის, პალიდუმის და სხვა ინტრაცერებრალური სტრუქტურების სხვადასხვა ნაწილების გაღიზიანებისა და გამორთვისას. მეზოდინცეფალური სტრუქტურების გათიშვისას ზემოხსენებულ ფსიქოსომატურ ცვლილებებს აქვს არა მარტო მწვავე, არამედ ქრონიკული ხასიათი, თუმცა ავადმყოფთა ჯანმრთელობის მდგომარეობაში, თუ ვიმსჯელებთ ავადმყოფობის მთავარი სიმპტომით, შეინიშნება აშკარა გაუმჯობესება და სრული გამოჯანმრთელებაც კი.

ალსანიშნავია აგრეთვე ჰესის კვლევები (1963), რომლებიც მეთოდურად ჰგავს ზემოხსენებულს. ავადმყოფებში ჩანერგილი ელექტროდებით (სულ 39 ელექტროდი ცალკეულ შემთხვევაში ორი წლის ვადით) კუდიან ბირთვში, სეპტალურ უბანში, ჰიპოთალამუსში, სახურავსა და ჰიპოკამპში შეისწავლებოდა კავშირი ელექტროენცეფალოგრაფით რეგისტრირებად ტვინის მოქმედებასა და ფსიქიკურ მოვლენებს შორის. დადგენილ იქნა, რომ ქცევითი რეაქციები ყოველთვის დაკავშირებულია ბიოელექტრულ აქტიურობასთან ჰიპოკამპ-სეპტალურ უბანში. ცნობიერებაში მყოფი ადამიანის ფსიქიკაში, გარდა გახალისებისა და სიამოვნებისა, შუა ტვინის, ჰიპოკამპისა და ნუშისებრი სხეულის გაღიზიანებისას იქმნება დისკომფორტის გრძნობა, ხოლო კუდიანი ბირთვის გაღიზიანებისას – ძილიანობა.

ჯეფერსონმა (1962), რომელთანაც პენფილდი 30 წლის განმავლობაში მრავალჯერ განიხილავდა ცნობიერების საფუძვლებს და რომელიც, როგორც პენფილდი, თვლის, რომ სწორედ ტვინის ღერო არის ცნობიერების პირველადი დარღვევის ადგილი, განაცხადა: „ვაღიარებ, რომ ჯერ კიდევ 3 თუ 4 წლის წინ ვთვლიდი, რომ კარგად მესმის კონცეფცია რეტიკულურ ფორმაციაზე, მაგრამ ახლა ვთვლი, იგი გადაიქცა სისტემად, რომელიც, როგორც მსხვილი და ზრდადი ბიზნესი იცილებს თავისი გზიდან ყველა კონკურენტს... მე მქონდა ბედნიერება

დავკვირვებოდი, თუ საფეთქლის წილების, წითელი ბირთვის, ჰიპოფიზის, ნათხემის ცალკეული ფუნქციები თითქოს როგორ „დნებოდა“ რეტიკულურ სისტემაში. არის იმის საფრთხეც, რომ სიმპათიკური ნერვული სისტემაც შთანთქმული იქნება მის მიერ, როგორც დამხმარე სისტემა. შეიძლება თამამად ითქვას, და ეს არ იქნება აბსურდი, რომ ტვინის რომელმაც ნაწილმაც არ უნდა მიიპყროს მკვლევარების ყურადღება, იგი აღმოჩნდება რეტიკულური სისტემის ნაწილი“.

ცნობიერების ქერქქვეშა წარმონაქმნებთან დაკავშირება ნიშნავს ქცევით რეაქციებში ქვეცნობიერის გადამწყვეტი მნიშვნელობის დასაბუთებას. ეს ადასტურებს ფროიდის კონცეფციას იმის შესახებ, რომ ადამიანის უმაღლესი ნერვული მოქმედება განპირობებულია შინაგანი ინტუიციური იმპულსებით, ინსტიქტებით, ქვეცნობიერი მოტივებით.

§5. პირობითი რეფლექსების წარმოქმნის ახალი თეორია

პირობითი რეფლექსების შეკვრის პრობლემას პრინციპული მნიშვნელობა აქვს უმაღლესი ნერვული მოქმედების ფიზიოლოგიისათვის. პირობითრეფლექსური მოქმედების ფორმირების ძირითად კანონს წარმოადგენს მოცემული გამღიზიანებლის ორგანიზმის ნებისმიერ თანდაყოლილ მოქმედებასთან: კვებით, თავდაცვით, სქესობრივ, ორიენტირებად და ა.შ. დროებითი კავშირის ფორმირების კანონი. ამ ძირითადი კანონის თვალსაზრისით უმაღლესი ცხოველის, განსაკუთრებით ადამიანის მთელი სიცოცხლე შედგება სხვადასხვა ბიოლოგიური ხარისხის უპირობო გაღიზიანებათა საფუძველზე სულ ახალ-ახალი პირობითი კავშირების განუწყვეტელი ფორმირებისაგან.

ბოლო დროს ზოგიერთ ნეიროფიზიოლოგს მინიმუმამდე დაჰყავს კორტიკალური მექანიზმების როლი პირობითი რეფლექსების წარმოქმნაში, და პირველ პლანზე აყენებს ქერქქვეშა შეკვრის მნიშვნელობას. მათი აზრით დიდი ნახევარსფეროების ქერქი რეაქციაში ჩაირთვება მეორადად ქერქქვეშა არასპეციფიკური აქტივირებადი სისტემების მიერ. ფრანგმა ნეიროფიზიოლოგმა გასტომ და როჟემ (1962) წამოაყენეს პირობითრეფლექსური ახალი თეორია, რომელსაც ასაბუთებენ შემდეგი დაკვირვებებით: 1) პირობითი რეფლექსების შენახვა ტვინის ქერქში ერთ-ერთი შემკვრელი ანალიზატორის შენახვისას, 2) დროებითი კავშირის უფრო ადრეული შეკვრა რეტიკულურ ფორმაციაში, ვიდრე დიდი ნახევარსფეროების ქერქში, 3) პირობითი რეფლექსის გაქრობა და უპირობოს შენახვა ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაციის ნაწილობრივი დაშლისას, 4) ვეგეტატიურ-სომატური ხასიათის პირობითი რეფლექსის წარმოქმნის შესაძლებლობა

თავის ტვინის ქერქმოცილებულ ცხოველებში. გასტომ და როჟემ შეისწავლეს თავის ტვინის ელექტრული აქტიურობის ცვლილება პირობითრეფლექსურ მოქმედებასთან დაკავშირებით და მივიდნენ შუა და შუამდებარე ტვინის რეტიკულური ფორმაციის დონეზე პირობითი რეფლექსის შეკვრის მტკიცებამდე. ქერქი კი, მათი აზრით, პირობითი რეფლექსის შეკვრის მექანიზმში ერთვება მეორადად, რითაც ანიჭებს რეფლექსს ლოკალური კომპონენტის ნიშნებს. „შესაბამისად პირობითრეფლექსური მოქმედებისას წარმოქმნილი „დროებითი კავშირები“ და „შეკვრა“ ლოკალიზებული პავლოვისა და მისი სკოლის მიერ ქერქში, ჩვენი თეორიით უნდა იქნეს მიკუთვნებული დიენცეფალურ უბანში“ – აღნიშნავს გასტო.

ასეთ შეხედულებას იზიარებენ ზოგიერთი სხვა ნეიროფიზიოლოგები, მაგალითად დოტი (1963), რომელიც ატარებდა თავის ცდებს ცხოველებზე ასევე ტვინში ჩანერგილი ელექტროდებით. კატებში პირობითი თავდაცვითი რეფლექსის გამომუშავებისას მან შენიშნა, რომ პირობითი რეფლექსის გამომუშავების განსაზღვრულ სტადიაზე პირობითი სიგნალი იწვევს თავის ტვინის ბიოელექტრული აქტიურობის ცვლილებას ჯერ კიდევ მანამდე, სანამ გაჩნდება პირობითრეფლექსური რეაქციების სუნთქვითი და მოძრაობითი კომპონენტები. ბიოელექტრული ცვლილებები, რომლებიც წინ უსწრებს პირობითი რეფლექსის გარეგან გამოვლინებას, წარმოიქმნება შუა ტვინის რეტიკულურ ფორმაციაში, ჰიპოკამპსა და ძგიდეში.

იგივეზე მეტყველებენ ელექტროფიზიოლოგიური მონაცემები, მიღებული ცნობილ კანადელ ნეიროფიზიოლოგ ჯასპერის ლაბორატორიაში (1963). კატებში თავის ტვინში ჩანერგილი ელექტროდებით შეისწავლებოდა დაცვითი პირობითი რეფლექსები. პირობითი გამღიზიანებლის როლს ასრულებდა რიტმული ტკაცუნის 5-20 სიხშირით 1 წამში, ხოლო უპირობოსი – წინა თავის ასეთივე რიტმული ელექტრული გაღიზიანება. ჯერ ქრებოდა რეაქციები ინდიფერენტულ გამღიზიანებელზე: ყოველ საცდელ დღეს წარმოებდა 30-50 ტკაცუნის სერია ელექტრული გაღიზიანების გარეშე, სანამ სმენით ქერქში ტკაცუნით გამოწვეული პოტენციალის ამპლიტუდა არ მცირდებოდა 50 პროცენტით. როცა დაიწყო პირობითი რეფლექსის გამომუშავების ცდები, რომლებშიც ყოველი ტკაცუნიდან 3 წამის შემდეგ ირთებოდა თათის ელექტრული გაღიზიანება, გამოწვეული პოტენციალები თანდათანობით აღდგებოდა საწყის დონემდე, რაც შეინიშნებოდა მე-2 ან მე-3 დღეს. მაგრამ ამავე დროს პირობითი რეფლექსის (თათის შერხევის) გარეგნული გამოვლინება არ ჩანდა, იგი ჩნდებოდა მოგვიანებით.

გასტოს და როჟეს თეორია (1962) გაკრიტიკებულ იქნა, რის შემდეგაც ავტორებმა იგი ოდნავ შეცვალეს. მათ განასხვავეს პირობითი

რეფლექსების ცალკეული კომპონენტების შეკერის დონეები. ასე წარმოიქმნა კონვერგენტულ-პროექციული თეორია, რომლის მიხედვით ვეგეტატიური პირობითი რეფლექსების შეკერა ხდება ტვინის ღეროს დონეზე, ემოციური პირობითი კომპონენტების – *gyrus piriformis*-ის დონეზე და მოტორული პირობითი აქტების – თავის ტვინის დიდი ნახევარსფეროების ქერქის დონეზე.

არსებობს სხვა შრომებიც, რომლებიც ასაბუთებენ გასტოს და როუეს თეორიას. ასე, გენფერტმა და ჰაშკემ (1964) შეძლეს პირობითი თავდაცვითი რეაქციის გამომუშავება კურდღლებში, რომლებიც ურეტანის ნარკოზის ზემოქმედების ქვეშ იმყოფებოდნენ, და ამის საფუძველზე მკვლევარები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ სუბკორტიკალური ნერვული წარმონაქმნები, ძირითადად რეტიკულური ფორმაცია და ლიმბური სისტემა მონაწილეობენ პირობითი თავდაცვითი რეფლექსების წარმოქმნასა და გამაგრებაში. ლიშაკის (1964) ექსპერიმენტალური მონაცემებით წინა ტვინის როსტრალური და ბაზალური სტრუქტურები ღებულობენ მონაწილეობას შინაგანი შეკავების პროცესებში. მ. ნუცუბიძემ (1964) გააკეთა ჰიპოკამპის უმაღლეს ნერვულ მოქმედებაში მონაწილეობის განხილვა, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ჰიპოკამპი მონაწილეობს მრავალ უპირობო რეფლექსურ რეაქციაში, რომელთა ბაზაზე ფორმირდება პირობითი რეფლექსები. ამრიგად, პირობითი რეფლექსების შეკერა რიგი ავტორების აზრით, ხდება ჰიპოკამპის მონაწილეობით. გარდა ამისა იგი ასევე შემაშუბუქებელ გავლენას ტვინის ახალ ქერქზე ტვინის ღეროს რეტიკულური ფორმაციის მსგავსად და ასეთი თვისების გამო ხელს უწყობს დროებითი კავშირის შეკერას და გამაგრებას. მასვე მიეკუთვნება გარკვეული როლი ორიენტირებადი რეფლექსების ჩაქრობის პროცესში და სხვადასხვა სახეობის პირობითი შინაგანი შეკავების შენარჩუნებაში.

ჩეხოსლოვაკელმა მეცნიერებმა გაუტმანმა და იაკუბეცმა (1962) ვირთაგვებზე ცდებისას დაადგინეს, რომ მტკივნეული გაღიზიანების მხოლოდ მოლოდინსაც შეუძლია მათში აამაღლოს გლუკოზის შემცველობა სისხლში და გლიკოგენისა ღვიძლში, დაადაბლოს ასკორბინმჟავა თირკმელზედა ჯირკვლებში, შეამციროს მოძრაობითი აქტიურობა და აამაღლოს გაღვიძების რეაქცია, ანუ სომატური და ვეგეტატიური მოვლენების კომპლექსი, რომელიც ყოველთვის უჩნდებათ ვირთაგვებს მტკივნეული გაღიზიანებისას. შემდეგ მკვლევარები სხვა ჯგუფის ვირთაგვებზე ცდებისას სტერეოტაქსიკული მონეობილობით შლიდნენ თავის ტვინის დიენცეფალური უბნის რეტიკულურ ფორმაციას (შუა ხაზის ბითრვები და ინტრალამინარული ბირთვები) და აკვირდებოდნენ ვეგეტატიური ცვლილებების გამოთქმას (ჰიპერგლიკემია) პირობითრეფლექსურ სიგნალებზე (მომზა-

დება ტკივილით გაღიზიანებაზე). აქედან ავტორები ასკვნიან რეტიკულური ფორმაციის პირობითრეფლექსური რეაქციის ინტეგრაციაში მონაწილეობის შესახებ.

თავის ტვინის ქერქის ქვემოთ განლაგებული ნერვულ წარმონაქმნებს, დაწყებული ლიმბური სისტემის ქერქქვეშა წარმონაქმნებიდან, რეტიკულური ფორმაციიდან, თალამო-ჰიპოთალამური უბნიდან და დამთავრებული ზურგის ტვინის ქვედა განყოფილებით გააჩნიათ უნარი შეკრან დროებითი კავშირი, ანუ ძირითადი და გადამწყვეტი მექანიზმი, რომლის დახმარებით მიმდინარეობდა ორგანული ფორმების შექმნისა და სრულყოფის მთელი პერიოდის განმავლობაში ორგანიზმების განვითარება. სწორედ ასეთ ასპექტში უნდა განვიხილოთ პირობითი რეფლექსების წარმოქმნის შესაძლებლობა ერთუჯრედოვანებში, უმდაბლეს ცხოველებში და უქერქო ანუ უნახევარსფერო ცხოველებში ხელოვნურად შექმნილ ექსპერიმენტალური მოდელების პირობებში.

პირობით რეფლექსებზე მოძღვრების მთელი ისტორიის განმავლობაში ტარდებოდა ცდები, რათა დამტკიცებულიყო, რომ ამ სახის რეფლექსები შეიძლება წარმოიქმნას ქერქმოკვეთილ ცხოველებში (ზელიონი 1928 და სხვ.). განსაკუთრებით წარმატებული აღმოჩნდა ნ. ბელენკოვის მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტებში (1957, 1962, 1964), რომლებშიც ნაჩვენებია იქნა ასეთი შესაძლებლობა არამართო ექსტერორეცეპტული, არამედ ინტერორეცეპტული პირობითი რეფლექსების მიმართ. ნ. ბელენკოვმა დაამტკიცა დროებითი კავშირების ჩაკეტვის შესაძლებლობა ცხოველებში, რომელთაც ექსპერიმენტულად მოცილებული ჰქონდათ თავის ტვინის ქერქი. პირობითი რეფლექსები წარმოიქმნებოდა ინდიფერენტული გამღიზიანებლისა და უპირობო-რეფლექსური რეაქციის გარკვეული რაოდენობით შეთანხმების შემდეგ. იგი ხორციელდება ჰიპოკამპისა და ყნოსვითი ტვინის სხვა ნაწილების (სარტყლოვანი ხვეული, ორბიტალური ქერქი, მსხლისებრი ნილი, ტვინის გამჭვირვალე ძგიდე), აგრეთვე ჰიპოთალამუსის (ნუ-ცუბიძე 1964) მონაწილეობით.

გარდა ამისა გაჩნდა მონაცემები მხოლოდ ზურგის ტვინის მქონე ცხოველებში პირობითი რეფლექსების გამომუშავების შესაძლებლობის შესახებ (Shurnager, Culler 1940). ამ მონაცემების კომენტირებისას ამერიკელმა მეკლევარებმა (Kellog 1947) განაცხადეს, რომ პირობითი რეფლექსების ზურგის ტვინში შეკვრის დამტკიცება წარმოადგენს თანამედროვე ნეიროფიზიოლოგიის ყველაზე მნიშვნელოვან მოვლენას.

ამ ექსპერიმენტებში ძალებზე ზემოქმედებდნენ ელექტრული გაღიზიანებით, რომლის დროსაც ნათლად იყო გამოხატული თათის მოძრაობითი რეაქცია. ის იყო უპირობო-რეფლექსური და შესაბამი-

სად წარმოადგენდა პირობითი რეფლექსის წარმოქმნის საფუძველს. პირობითი გამლიზიანებლის სახით იყენებდნენ კუდის ქვედაზღურ-ბლოვან ელექტრულ გალიზიანებას, რომელიც იყო სუსტი და იზო-ლირებული სახით არ იწვევდა მოძრაობით რეაქციას. შემდგომ ხდე-ბოდა ცხოველის კუდისა და თათის გალიზიანების შეთანხმება. რამ-დენიმე საათის განმავლობაში ასეთი შეთანხმება იყო 1000. ბოლოს კუდის ერთი იზოლირებული ელექტრული გალიზიანება იწვევდა ნა-ხევრადმყესოვანი კუნთის შეკუმშვას. დასამტკიცებლად მითითებუ-ლი იყო აღმოჩენილი მოვლენის დროებით ხასიათზე: კუდის გალიზი-ანების ორ-სამჯერ გამოყენების შემდეგ ეფექტი ქრებოდა.

ამრიგად, ხდებოდა ორი გამლიზიანებლის ზემოქმედების შეთან-ხმება, რომელთაგან ერთი იწვევდა თანდაყოლილ რეაქციას, ხოლო მეორე ასეთ რეაქციას არ იწვევდა და ინდიფერენტული იყო. მოძრა-ობით რეაქციის წარმოქმნა ინდიფერენტული გამლიზიანებლის მოქ-მედებაზე მისი უპირობო გამლიზიანებელთან რიგი შეთანხმებების შემდეგ და გამომუშავებული პირობითი რეფლექსის ჩაქრობამ სა-ფუძველი მისცა ავტორებს ემტკიცებინათ ზურგის ტვინის დონეზეც პირობითი რეფლექსის გამომუშავების შესაძლებლობის შესახებ.

წმ. ორგანიზმის რეაქცია შეუგრძნობელ (სუბსენსორულ) გალიზიანებაზე

გალიზიანების მინიმალურ ინტენსიობას, რომელიც კიდევ ალიქმე-ბა მეორე სასიგნალურ სისტემის მიერ (ანუ განაპირობებს გამლიზია-ნებლის ადეკვატურ სიტყვიერ კვალიფიკაციას), გრძნობათა ორგანო-ების ფიზიოლოგიაში ეწოდება ზღვრული ინტენსიობა, ხოლო საპა-სუხო რეაქციას ამ გამლიზიანებელზე – ზღვრული რეაქცია.

ზოგიერმა მკვლევარმა აჩვენა ცენტრალური ნერვული სისტემის რეაქციის მიღების შესაძლებლობა, სინათლისა და ბგერით გალიზია-ნებზე, რომლის ინტენსიობა ზღვრულზე დაბალია, ანუ იგი არ ალიქ-მება ადამიანის მეორე სასიგნალო სისტემის მიერ. ასეთ გალიზიანე-ბას სუბსენსორული გალიზიანება ეწოდება.

ი. ბერიტაშვილის აზრით, (1969) დიდი ტვინის ქერქს შეუძლია ალიქვას პერიფერიული გალიზიანებები და დაამყაროს დროებითი-კავშირები მათი შეგრძნების გარეშე, მაშასადამე სენსორული ვარ-სკვლავისებრი ნეირონების მონაწილეობის გარეშე. ი.ბერიტაშვილის აზრით, სუსტი, შეუგრძნობელი სტიმულების დროს რეტიკულური სისტემა არასაკმაროდ აქტიურდება, რის გამოც ქერქის სენსორული ვარსკვლავისებრი ნეირონები არ ალიგზნება ამ გამლიზიანებლებით სპეციფიკური გზებით. მაგრამ ქერქის ჩართული პირამიდები ნეირო-

ნებში შეიძლება ალიგზნას შეუგრძნობელი გაღიზიანების დროს. ამ-რიგად ი. ბერიტაშვილი თვლის, რომ სუსტ გამღიზიანებლებს შეუძ-ლიათ დიდი ნახევარსფეროების ქერქზე ზემოქმედება და რეაქციის გამოწვევა როგორც ვარსკვლავისებრი ნეირონებით, ისე მათ გარეშე პირამიდული ჩართული უჯრედებით.

გ. გერშუნიმ პავლოვის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტში ჩაატარა შემდეგი ცდა (1947). საცდელი პირი მოთავსებულ იქნა ბგერაშეუღწე-ვად და ეკრანირებულ კამერაში. უპირობო გამღიზიანებლის სახით გამოიყენება ელექტრული კონტაქტი, რომელშიც ჯანმრთელობისათ-ვის უსაფრთხო დენის სუსტი იმპულსი გადის, რომლის საშუალებით ხდება საცდელი პირის მარცხენა ხელის თითების გაღიზიანება. ბგე-რული გაღიზიანება, რომელიც პირობითი სიგნალის ფუნქციას ას-რულებს, ხდება გამოსაცდელის ყურთან ელექტროდინამიკური ტე-ლეფონის მიტანის საშუალებით. ტელეფონები იკვებება ბგერული სიხშირის პეტეროდინული გენერატორით, გამოიყენებოდა 200-დან 5000 ჰერცამდე ბგერული სიხშირეები. ინტენსიობა იზომებოდა 1 დე-ციბელამდე სიზუსტით.

წარმოქმნილი პირობითი რეაქციების სრულად დახასიათების აუ-ცილებლობის გამო გამოიყენებოდა მეთოდის, რომელიც უზრუნ-ველყოფდა კან-გალვანური რეფლექსის დაუმახინჯებელ ჩანერას და მსჯელობას მის განვითარებაზე დროში და სიდიდეზე, იმავე დროს რეგისტრირდებოდა ტვინის ქერქის ელექტრული რიტმები (ელექ-ტროენცეფალოგრამა).

კანის გალვანური რეაქცია³, რომელიც ვეგეტატიური რეაქციაა და გამოიხატება კანის ორ უბანს შორის პოტენციალთა სხვაობის ცვლი-ლებაში, რეგისტრირდებოდა დენის გამამღიერებლის საშუალებით. მტევნის ხელის გულზე და ზურგზე განლაგებული ელექტროდების დახმარებით ხდებოდა კანის გალვანური რეაქციის გამოყვანა.

ძირითადი რეაქციები ელექტროენცეფალოგრამაში, რომელიც ბგერითი გაღიზიანების შედეგების ანალიზისათვის გამოიყენებოდა, იყო ალფა-რიტმის დათრგუნვა. მაგრამ ალფა-რიტმების მცირედ გა-მოხატვის შემთხვევაში სათვალავში მიიღებოდა ალფა-რიტმების აქ-ტივაცია და ნელი ტალღების ჯგუფისაგან შემდგარი რეაქცია ბგერე-ბის ჩართვაზე.

როცა ირთვება დენი, დარტყმის შეგრძნებისას ადამიანი შეარხევს ხელს. განმეორებითი ცდები ქმნის ხელის შერხევის მდგრად რეფ-ლექსს, მაგრამ აი ცდების პირობები იცვლება: დენის იმპულსის ჩარ-თვამდე ერთი წუთით ადრე მოქმედებაში მოდის კამერაში არსებული

³ ამ მეთოდის ავტორია ქართველი ფიზიოლოგი ი. თარხნიშვილი.

ელექტროდინამიკური ტელეფონი. მისი ხმიანობა იყო შემდეგი ინტენსიობის: 6 დბ ზღვრის ქვემოთ და 5,30 და 70 დბ სმენადობის ზღვრის ზემოთ. ბგერებით ზემოქმედება გრძელდება იმდენსავე ხანს, რამდენსაც დენის ხელზე ზემოქმედება. მაგრამ ადამიანის ყურს არ შეუძლია გაიგოს ეს ხმა, და საცდელ პირს ეჩვენება, რომ კამერაში უნინდებურად აბსოლუტური სიჩუმეა. შეუსმენადი ბგერების იმპულსებისა და ელექტროდენის ერთდროული ზემოქმედების ცდები მეორედებოდა რამდენიმე ათეულჯერ სხვადასხვა ინტერვალებით ცდებს შორის. კამერის გარეთ მყოფი დამკვირვებლები აფიქსირებენ, რომ ყოველი ცდის დროს საცდელი პირი არხევს ხელს. ცვლილებებია მის ელექტროენცეფალოგრამაზე. მაგრამ აი ცდის პირობები იცვლება კიდევ ერთხელ (ისევ საცდელი პირისგან ფარულად): ამჯერად შეუსმენადი ბგერითი იმპულსით ზემოქმედების დროს დენს არ რთავენ. მიუხედავად ამისა დამკვირვებელი აფიქსირებს კანის გალვანურ რეაქციას, ხელის შერხევასა და ცვლილებებს ეეგ-ზე. თუ საცდელ პირს პკითხავენ, რატომ შეარხია მან ხელი, იგი ამბობს, რომ მას მოეჩვენა, თითქოს დაარტყა დენმა. ამრიგად, ჩამოყალიბდა პირობითი რეფლექსი ისეთ მეორად დამატებით გამლიზიანებებზე (სხვადასხვა ინტენსიობის ქვეზღურბლოვან და ზეზღურბლოვან ბგერითი ფაქტორზე). რომელზედაც ორგანიზმის საპასუხო რეაქცია ვლინდება, თუმცა ამ დამატებითი გამლიზიანებლის ანალიზი და სინთეზი ტვინისათვის მიუწვდომელია. შთაბეჭდილება ასეთ სიგნალზე ვერ დავიდა საცდელი პირის ცნობიერებამდე, თუმცა აღქმულ იქნა ნერვული სისტემის მიერ: გამოიწვია საპასუხო რეაქცია. ეს ნიშნავს, რომ ადამიანის ყური მაინც აღიქვამს ზე- და ქვეზღურბლოვან ბგერით გალიზიანებას, მაგრამ ამ სიგნალის ზემოქმედება ხდება მხოლოდ ადამიანის ქვეცნობიერებაზე.

1953 წელს მოსკოვის უმაღლესი ნერვული მოქმედების ინსტიტუტში ვ. სამსონოვამ ჩაატარა ცდა, რომლის ძირითადი ამოცანა მდგომარეობდა სინათლით გალიზიანების ისეთი მინიმალური ზღვრის დადგენაში, რა დროსაც შესაძლებელი იყო მათზე პირობითი რეაქციების გამომუშავება და ამ რეაქციების თავისებურებების შესწავლა. პირობითი კავშირი გამომუშავდებოდა მეტყველებით ან კანის ელექტროგალიზიანებით ზემოქმედებისას, რაც თავდაცვით რეაქციას იწვევდა. ამ დროს რეგისტრირდებოდა პირობითი სამოძრაო და კანის გალვანური საპასუხო რეაქცია.

ცდების ჩასატარებლად შეიქმნა სპეციალური მოწყობილობა და ეკრანირებული, ბგერაშეუღწევადი კამერა, რომელშიც იმყოფებოდა საცდელი პირი.

მონყობილობა შედგებოდა შემდეგი ნაწილებისაგან:

1. სინათლის წყარო-ნათურა. 2. მოძრაობითი რეაქციის დამარეგისტრირებული ხელსაწყო – რეზინის მსხალი, რომელიც საცდელ პირს მარცხენა ხელში ეჭირა. 3. ელექტროდები კანის ელექტრული გაღიზიანებისთვის – თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის გამოსამუშავებლად. 4. კანის გაღვანური რეფლექსის და მარეგისტრირებული ელექტროდები, რომელიც მაგრდებოდა საცდელი პირის მარცხენა მტევნის ზურგისა და ხელისგულის ზედაპირზე. 5. მეტყველებითი ზემოქმედების დამარეგისტრირებული ხელსაწყო, შემდგარი ტელეფონის, ტირატრონის, რელესა და მიკროფონისაგან. 6. ოსცილოგრაფი გამაძლიერებული სქემებით ცდის ყველა ელემენტის ფოტორეგისტრაციისათვის.

სინათლით გაღიზიანება გრძელდებოდა 2 წამი, მაგრამ მეტყველებითი ზემოქმედებისა და კანის ელექტრული გაღიზიანების ზემოქმედების ჩანერის აუცილებლობის გამო, სინათლით გაღიზიანების დამარეგისტრირებული კონტაქტი ირთებოდა მხოლოდ 0,4 წმ. სინათლე ყველა ცდაში იყო წითელი ფერის (6600ნმ). კანის ელექტრული გაღიზიანება ავტომატურად ეთანხმებოდა მეორე წამის განმავლობაში სინათლით გაღიზიანებას.

პირველი ცდის დაწყების წინ საცდელ პირს განათებულ კაბინაში ეძლეოდა ინსტრუქცია იმაზე, რომ გაზომვის დროს, ანუ ბრძანებისას „მოემზადეთ“ მან უნდა უყუროს წითელ საფიქსაციო წერტილს. მას მიეწოდება სინათლის გამღიზიანებელი, იმისათვის, რომ სრულიად ჩაბნელებულ კაბინაში ცდის ჩატარებისას საცდელმა პირმა შეძლოს ორიენტაცია გამღიზიანებლისა და საფიქსაციო წერტილის ურთიერთგანლაგების მიმართ. შემდგომ ის ღებულობდა ინსტრუქციას ეპასუხა ცდის პროცესში დასმული კითხვისათვის – „იყო სინათლე“, „იყო სინათლე და დენი“ და ა.შ.

ცდები მიმდინარეობდა სიბნელეში 40 წუთიანი ადაპტაციისას, რაც უზრუნველყოფდა თვალის რეაქტიულობის მაქსიმალურ ამალღებას, მის ამ მდგომარეობაში, პირობითი რეფლექსების გამომუშავებამდე, განისაზღვრებოდა სინათლით გაღიზიანების მინიმალური ინტენსიობა, რომელიც კიდევ პოულობდა გამობატულებას მეორე სასიგნალო სისტემაში. ეს ხორციელდებოდა მეტყველებითი რეაქციის საფუძველზე გამღიზიანებლის ინტენსიობის გაძლიერებით ან შესუსტებით. სინათლით გაღიზიანების საწყისი ინტენსიობა იყო ისეთი, რომლის დროსაც შემთხვევათა 70%-ში საცდელი პირი პასუხობდა, რომ ის ხედავს სინათლეს. პირობითი რეაქციების გამომუშავებისას სინათლით გაღიზიანების ინტენსიობა მეტყველებითი რეაქციისათვის გამოიყენებოდა როგორც ზედაზღვრული, ზღვრული, ისე ქვედაზღვრული.

პირობითი მამოძრავებელი რეაქციის გამომუშავებისას მეტყველებითი ზემოქმედების დროს საცდელის მარჯვენა ხელში იდებოდა რეზინის მსხალი, ხოლო მარცხენაზე ედებოდა ელექტროდები კანის გალვანური რეაქციის რეგისტრაციისათვის. გაზომვები მიმდინარეობდა შემდეგნაირად: ექსპერიმენტატორი აძლევდა მოცემულ ინტენსიობის სინათლით გალიზიანებას შემდგომი მეტყველებითი ზემოქმედებით – „დააჭირეთ“.

ელექტროთავდაცვითი მეთოდიკით ცდების დროს, სინათლით გალიზიანებაზე მეტყველებითი რეაქციის ზღურბლის განსაზღვრისას, მარჯვენა ხელზე მაგრდებოდა ელექტროდები ელექტრული გალიზიანებისათვის, მარცხენაზე – კანის გალვანური რეფლექსის რეგისტრაციისათვის. შემდეგ შეირჩეოდა დენის ისეთი ძალა, რომლის დროსაც წარმოიქმნებოდა თავდაცვითი რეაქცია.

სინათლით გალიზიანება 2 წამი გრძელდებოდა, მისი მოქმედებიდან ერთი წამის შემდეგ ხდებოდა პირობითი გამლიზიანებლით ზემოქმედება, ცდის განმავლობაში ხდებოდა 30-40 შეთანხმება, შეთანხმებებს შორის ინტერვალი იყო 30-90 წმ.

ცდების შედეგებმა გვაჩვენა, რომ სინათლით გალიზიანების იმდენად მცირე ინტენსიობისას, რომლის დროსაც იგი ძლივს დადის მეორე სასიგნალო სისტემაზე, შეიძლება აღმოჩენილ იქნას მეტყველებითი, სამოძრაო და კანის გალვანური პირობითი რეაქციები. 2) უფრო დაბალი ინტენსიობისას (მეტყველებითი რეაქციის ზღვრიდან 0,8 არ აღინიშნება მეტყველებითი რეაქცია, მაგრამ შეიძლება მიღებულ იქნას მოძრაობითი და კანის გალვანური პირობითი რეაქციები. 3) სინათლით გალიზიანების კიდევ უფრო დაბალი ინტენსიობისას (0,8-0,2 მეტყველებითი რეაქციის ზღვრიდან) გამომუშავდებოდა მხოლოდ პირობითი კანის გალვანური რეაქცია. ამ მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ არსებობს არა ერთი ზღვრული რეაქცია სინათლით გამლიზიანებელზე, არამედ რამდენიმე პირობითი რეფლექსის ზღურბლი, რომლებიც ხასიათდებიან არა მარტო სინათლით გამლიზიანების ინტენსიობით, არამედ პირობითი კავშირის თვისობრივი თავისებურებებით, განსაკუთრებით მისი ეფექტორული გამოხატულებით.

პირველი და მეორე სასიგნალო სისტემის თანადროული და სწორი ურთიერთქმედებისას პირობითი რეაქციის გამომუშავება ხორციელდება სწრაფად და იოლად.

პირობითი რეფლექსების წარმოქმნის თავისებურებები, ალქმის სინატიფე უფრო დამახასიათებელია პირველი სასიგნალო სისტემისათვის – იგი რეაგირებს სინათლით გალიზიანების ისეთ მცირე ინტენსიობებზე, რომლებიც არ ირეკლება მეორე სასიგნალო სისტემაში.

ამავე ხასიათისაა ექსპერიმენტი, რომელიც ჩატარდა აშშ-ში. როგორც ცნობილია ადამიანის თვალი წამში 24 კადრს აღიქვამს. ერთ-

ერთი კინოთეატრის ორ სხვადასხვა დარბაზში ერთდროულად აჩვენეს ერთი და იგივე ფილმი. ერთ-ერთ დარბაზში ნაჩვენებ ფილმში 25-ე კადრად ჩამონატაყუებული იყო მოხარშული სიმინდის გამოსახულება, რომლის დანახვას ბუნებრივია მაყურებელი ვერ ასწრებდა, ხოლო კინოთეატრის წინ მოხარშული სიმინდების გამყიდველი დააყენეს. სეანსის შემდეგ იმ მაყურებელთან, ვინც დამონატაყუებული ფილმი ნახა, თითქმის ყველამ იყიდა სიმინდი, მეორე დარბაზიდან გამოსულთაგან მხოლოდ რამდენიმემ. ამ ცდამ აჩვენა, რომ ადამიანზე ქვეშეცნეულად უდიდესი ზეგავლენის მოხდენა შეიძლება, რაც ასახეს კიდეც აშშ-ს კანონმდებლობაში.

განსაკუთრებით საინტერესო იყო დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ნერვულ სისტემაზე მოქმედების შესწავლა პირობითი რეფლექსების მეთოდის გამოყენებით. ცდა ჩატარებულ იქნა ფ. პეტროვის მიერ 1952 წელს ზოგადი ნერვულ-კუნთოვანი ფიზიოლოგიის ლაბორატორიაში, რომელსაც ხელმძღვანელობდა პარაფსიქოლოგი ლ. ვასილიევი.

ცდები ტარდებოდა 25-დან 40 წლამდე ასაკის ჯანმრთელ პირებზე. საცდელი პირი იმყოფებოდა სპეციალურ კაბინაში. საცდელი პირის თავს ზემოთ პორიზონტალურად ჰკიდებდნენ ელექტრომაგნიტური ველის ვიბრატორს. ვიბრატორსა და საცდელ პირს შორის მანძილი შეიძლებოდა შეცვლილიყო ამა თუ იმ მიმართულებით. ვიბრატორსა და საცდელი პირის თავს შორის იმყოფებოდა ფანერის ჭერი.

ძაბვა ვიბრატორზე აღწევდა 30000 ვოლტს. ელექტრომაგნიტური ველის ჩართვისას ნერვ-კუნთოვანი პრეპარატი იკუმშებოდა 1 მეტრის და მეტ მანძილზე ვიბრატორიდან.

უპირობო გამლიზიანებლის ფუნქციას ასრულებდა ელექტრული დენი. საცდელი პირი დებდა მარცხენა ხელის თითებს (საჩვენებელს და შუას) კაბინაში არსებულ სპეციალურ კლავიშზე და ასე რთავდა პატარა საკონტროლო ნათურას, რომელიც კაბინის გარეთ იმყოფებოდა. საკონტროლო ნათურა საშუალებას აძლევდა კაბინის გარეთ მყოფ ექსპერიმენტატორს დარწმუნებულიყო: დევს თუ არა საცდელი პირის თითები კლავიშზე. დენის გაშვება ხდებოდა საქალაქო ტექნიკური ქსელიდან, ძაბვით 120 ვოლტი და 50 რხევით წამში. რეოსტატის საშუალებით შეიძლებოდა დენის ძალის რეგულირება 0-დან 20 ამპერამდე. დენის გაშვებისას იგი კლავიშიდან გადიოდა საცდელი პირის თითებზე და აიძულებდა მას გამოენია ხელი.

პირობითი რეფლექსის გამოსამუშავებლად ხდებოდა უპირობო გამლიზიანებლის – ელექტრული დენის შეთანხმება ინდიფერენტულ გამლიზიანებელთან დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან. ჯერ ირთებოდა დაბალი სიხშირის ემე 5 წამის განმავლობაში, შემდეგ ხდებოდა თითებზე ელექტრული ზემოქმედება. ხაზგასმით უნდა

ალინიშნოს, რომ ელექტრომაგნიტური ველის ჩართვა ხდებოდა ისე, რომ ეს შეუმჩნეველი ყოფილიყო საცდელი პირისათვის.

შედეგად საცდელ პირებს გამოუმუშავდათ პირობითი რეფლექსი ელექტრომაგნიტურ ველზე – მათ მიერ შეუგრძნობელ სიგნალზე.

გაუცნობიერებელი ალქმის ექსპერიმენტალური კვლევები აქტიურად მიმდინარეობდა სერბსკის ფსიქიატრიული ინსტიტუტის უმაღლესი ნერვული მოქმედების პათოფიზიოლოგიურ ლაბორატორიაში. ამ კვლევებს ხელმძღვანელობდა ე. კოსტანდოვი. ჩატარდა მრავალმრიცხოვანი კვლევები პირობითრეფლექსური ელექტროფიზიოლოგიური და ფსიქოფიზიკური მეთოდების საშუალებით. დამტკიცდა გაუცნობიერებელ დონეზე სემანტიკური ანალიზის შესაძლებლობა და ასოციაციების წარმოქმნა გაუცნობიერებელი ემოციურად მნიშვნელოვანი სიტყვის საშუალებით. თავის ტვინის ქერქის აქტივაცია გაუცნობიერებელი სტიმულის მოქმედებისას გამოვლენილ იქნა ცდებში ემოციურ სიტყვებზე გამოწვეული პოტენციალების რეგისტრაციის დროს.

§7. ძილი და ჰიპნოზი

არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა ძილისა და ჰიპნოზის ფიზიოლოგიაზე.

ი. პავლოვის მიერ ჩამოყალიბებული ძილის თეორიას შეიძლება ეწოდოს ძილის ქერქული თეორია. ამ თეორიის მიხედვით ძილი ვითარდება თავის ტვინის ქერქში განვითარებული შეკავების პროცესის შედეგად, რომელიც ჯერ ირადირდება ქერქში, ხოლო შემდგომ მოიცავს ქერქქვეშა უბნებს. საძილე შეკავების პროცესის გავრცელება გადის რიგ მრავალფეროვან ფაზებს და მდგომარეობებს. ძილის ქერქული წარმოშობა გაგებული უნდა იქნას ქერქისა და ქერქქვეშა უბნების ურთიერთქმედების საფუძველზე. თავის თეორიას პავლოვი ავრცელებს ადამიანზე და უმაღლეს ცხოველებზე, რომელთაც აქვთ თავის ტვინის ქერქი.

მაგრამ არსებობს ექსპერიმენტალური ფაქტები, რომლებიც წინააღმდეგობაში მოდის ძილის ძილის ქერქულ თეორიასთან. თავის ტვინის ქერქმოკვეთილ ძაღლებსა და კატებში აღმოჩენილ იქნა ძილისა და სიფხიზლის მონაცვლეობა. ამასთან შეიმჩნევა ძილის პერიოდის უპირატესობა სიფხიზლის პერიოდთან შედარებით.

ამის გამო, რიგმა კლინიკოსტებმა და ფიზიოლოგებმა წამოაყენეს „ძილის ქერქქვეშა ცენტრის“ თეორია (ეკონომო 1929. პესი 1931. როჟე 1946. ლერმიტი 1948. რუბინო 1949 და სხვ.). ნ. კლეიტმანი (1939) თვლის, რომ ქერქქვეშა უბანში არსებობს სპეციალური „სიფხიზლის

ცენტრი“, რომლის მოქმედებაზეა დამოკიდებული ძილისა და სიფხიზლის მონაცვლეობა. ლერმიტი და ტურნეი (1927) აღიარებენ თავის ტვინის მესამე პარაკუჭის ფსკერზე ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო – ძილის ცენტრისა და სიფხიზლის ცენტრის არსებობას.

ეპიდემური (ლეთარგიული) ენცეფალიტითა და თავის ტვინის ლეროვანი ნაწილის სიმსივნეებით დაავადებულებში ძილიანობის განვითარების რიგმა კლინიკურმა დაკვირვებებმა ზოგიერთი ნევროპათოლოგი მიიყვანა დასკვნამდე ქერქქვეშა ძილის ცენტრის არსებობის შესახებ.

ვ. პესი (1931 წ.) იწვევდა ძილს ელექტრული გაღიზიანებით საცდელ კატებში ჩანერგილი ელექტროდებით თალამური უბნის უკანა ნაწილში (ქერქქვეშა ცენტრის მნიშვნელოვანი ნაწილი). ამ ექსპერიმენტების საფუძველზე პესმა დაასკვნა, რომ ტვინის ამ უბანში იმყოფება „ძილის ქერქქვეშა ცენტრი“. პესმა (1933 წ.) ცხოველებში ძილი ასევე გამოიწვია ტვინის მესამე პარაკუჭის უბანში ერგოტამინის შეყვანით. დემოლმა (1927 წ.) შეიყვანა კალციუმი რუხი ბორცვის უბანში და მიიღო ძილი.

რუსი მკვლევარები ა. ტონკიხი და ე. მოისევეი კატებში ძილს იწვევდნენ მათი ჰიპოთალამური უბნის ელექტრული გაღიზიანებით ჩანერგილი ელექტროდებით. ზოგიერთი მკვლევარი (მაგ. ჯ. ფულტონი, ბეილი და სხვ.) ჰიპოთალამუსის როლს მნიშვნელოვნად თვლიან ძილის ნერვულ მექანიზმში. კონორსკი (1948 წ.) ასევე შესაძლებლად თვლიდა ქერქქვეშა ძილის ცენტრის არსებობას.

ნ. როუანსკის (1949 წ.) მონაცემებით არსებობს ძილის ორი ნერვული მექანიზმი – ქერქული და ქერქქვეშა.

ამრიგად, მარვალრიცხოვანი კლინიკური და ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე რიგი ავტორები მივიდნენ დასკვნამდე ქერქქვეშა ძილის ცენტრის არსებობის შესახებ ტვინის მესამე პარაკუჭის ფსკერზე და თალამო-ჰიპოთალამური უბნის უკანა ნაწილში.

გარდა ამისა, ელექტროფიზიოლოგიური კვლევების შედეგად დადგინდა ძალიან მნიშვნელოვანი ფაქტი. ნეიროგენული სტრუქტურების მაღალი ელექტრული აქტიურობა სიფხიზლის ყველაზე დაბალ დონეზე და ღრმა ძილის დროსაც კი.

ამის შედეგად ნეიროფიზიოლოგია მზად აღმოჩნდა აეთვისებინა ორი ზოგადი იდეა: პირველ რიგში ძილის დროს ქერქული ნეირონების აქტიური მდგომარეობის შესახებ (და შესაბამისად ძილის მექანიზმების დიფუზურ ქერქულ შეკავებასთან შეუთავსებლობა) და მეორე რიგში ტვინის კონკრეტული სისტემების ურთიერთქმედების მნიშვნელოვანი როლი ნეიროგენული აქტიურობის სხვადასხვა ფორმების დროს. უპირველეს ყოვლისა სწორედ ამ ორი იდეის განხილვა მოგვცემს „არაცნობიერის“ გასაღებს.

1963 წელს ლიონში ჩატარდა ნეიროფიზიოლოგთა კოლოკიუმი, სადაც აქტიურად განიხილებოდა ზემოხსენებული იდეები.

მომხსენებლები მანდელი და გოდინი ყურადღებას აქცევდნენ იმას, რომ ძილის დროს ტვინის სისხლის ცირკულაცია არა მარტო არ სუსტდება, არამედ პირიქით ძლიერდება. ტვინის მიერ ჟანგბადის მოხმარება ძილის ფაზის დროს თითქმის იმავე დონეზეა შენარჩუნებული, როგორც სიფხიზლისას. ეს ფაქტები არ ადასტურებს შეკავების განვითარებას ძილის დროს ტვინის სტრუქტურებში. იგი უფრო მეტყველებს გადანაწილების არსებობაზე სხვადასხვა მეტნაკლებად ფუნქციონალურად სპეციფიკურ ტვინის სტრუქტურებს შორის.

კიდევ უფრო მკაფიო მონაცემები წარმოდგენილია ერნანდეს-პეონის მიერ. თავისი ადრინდელი შრომების შედეგების განვითარების საფუძველზე ეს მკვლევარი ცდილობს დაასაბუთოს წარმოდგენა, რომლის მიხედვით ძილი ნებისმიერ ფორმაში წარმოადგენს აქტიურ პროცესს და იგი წარმოიქმნება „გალვიძების სისტემის“ ნეირონებზე „ჰიპნოგენური“ ნეირონული სისტემის შემაკავებელი გავლენის შედეგად. ძილის სხვადასხვა ფორმები, ერნანდეს-პეონის მიხედვით, მხოლოდ გამოხატავს ჰიპნოგენური სისტემის მიერ სიფხიზლის მეზოდიენცეფალური სისტემის დათრგუნვის სხვადასხვა ხარისხს. ერნანდეს-პეონი არ ეთანხმება პავლოვის წარმოდგენას ძილზე, როგორც ქერქში წარმოშობილ და შემდეგ მთელ ტვინში გავრცელებულ შეკავების პროცესზე.

ერთი წლის შემდეგ რომის 1964 წლის სიმპოზიუმზე მორუცის მოხსენებაში სიტუაციას, რომელიც შექმნილი იყო ძილის შესახებ მოძღვრების ირგვლივ ეწოდა „საგანგაშო კრიზისი“ და კვლავ გაეხსენა ხაზი მრავალ შრომაში გამოვლენილ ელექტრული აქტიურობის გაძლიერებას ქერქის ნეირონებში ძილის დროს. აქტიური შეკავება ძილის დროს, მორუცის აზრით, მკაფიოდ ვლინდება მხოლოდ ზურგის ტვინის დონეზე. მისი გამოხატულება იმავე პირობებში ქერქის დონეზე მორუცის აზრით დღემდე არ არის დამტკიცებული. საბოლოოდ მორუცი ხაზს უსვამს, რომ „ქერქული ნეირონების მასობრივი შეკავება, რასაც ამტკიცებდა პავლოვი, არ არსებობს“.

განსაკუთრებით საინტერესოა როსის მონაცემები. ეს მკვლევარი სწავლობდა (კატებში ტვინში ჩანერგილი ელექტროდებით სიფხიზლის, მსუბუქი და ღრმა ძილის პირობებში) მხედველობითი ქერქის პასუხებს დამუხვლილი სხეულის ოპტიკური რადიაციის გაღიზიანებაზე და სენოსმოტორული ქერქის პასუხებს პირამიდული ტრაქტისა და თალამუსის უკანა ვენტრო-ლათერალური ბირთვის გაღიზიანებაზე. პასუხებისა და ნეირონების ალგზნებადობის ალდგენის ციკლის ხანგრძლიობების ამპლიტუდების ანალიზმა გამოავლინა მკაფიოდ გამოხატული ალგზნებადობის ამაღლება ქერქულ ნეირონებში ძი-

ლის დროს, რაც კარგად შეესაბამება იმ ფაქტს, როცა ძილის ღრმა ფაზის დროს შეინიშნება ქერქული ნეირონების ელექტრული აქტიურობის მაღალი დონე და ხდება არა ამ უკანასკნელთა შეკავება, არამედ პირიქით მათი განთავისუფლება სიფხიზლის დროს მოქმედი ჯერ კიდევ დაუდგენელი წარმოშობის შემაკავებელი გავლენისაგან. ამ დებულების დასამტკიცებლად როსი მიმართავს ჯასპერის, არდინის, მორუცის შრომებს, რომლებშიც ასევე ნაჩვენებია, ძილის ღრმა ფაზები დაკავშირებულია ქერქული მუხტების ინტენსიობის მნიშვნელოვან ამალღებასთან.

ლიონის კოლოკვიუმის განმაზოგადებელ დასკვნით დისკუსიაზე ყურადღების ცენტრში აღმოჩნდა საკითხი „დაღმავალ“ (პავლოვის კლასიკურ) და ძილის „აღმავალი“ თეორიის უახლეს ვარიანტს (რომლის მიხედვით ძილის ძირითადი ფაქტორი არის ბულბარული დონის სტრუქტურების გავლენა აქტივირებად რეტიკულურ-კორტკალურ სისტემაზე) შორის ურთიერთქმედებაზე. „აღმავალი“ თეორიის სასარგებლოდ მოსაზრებები გამოთქვას დელმა, კორდეიმ და სხვებმა. მნიშვნელოვნად გაფართოვდა წარმოდგენა ბულბარული დონის პიპნოგენურ სისტემებზე, რომლებიც ახდენენ შემაკავებელ გავლენას სიფხიზლის მეზოდიენცეფალურ სისტემაზე, რითაც გარკვეული ცვლილებები შეიტანეს წარმოდგენაში ძილზე, როგორც დიფუზურ ქერქულ შეკავებაზე. გამოითქვა ზოგადი პრინციპი, რომ ტვინის აქტიურობის სხვადასხვა ფორმის განხილვისას საჭიროა გაანალიზდეს ტვინის ფუნქციონალური სისტემების კონკრეტული ანტაგონისტური ურთიერთქმედებები.

რა მნიშვნელობა აქვს ამ დასკვნებს „არაცნობიერის“ თეორიისათვის? საქმე იმაშია, რომ ინფორმაციის გადამუშავების გაუცნობიერებელი პროცესების არსებობას ადასტურებს ძილის დროს ტვინის მიერ სასარგებლო და ზოგჯერ ძალიან რთული სამუშაოს შესრულების უნარი (ამოცანების ამოხსნა და სხვ.), მაგრამ ძილის აუხსნელი თეორია, რომელიც წამოყენებული იყო პავლოვის მიერ, ბადებდა ეჭვს: შეიძლება თუ არა ინფორმაციის რთული გადამუშავების რაღაც პროცესების რეალური არსებობა დიფუზური შეკავებით შეპყრობილ სტრუქტურებში, რომლებიც გადასული არიან უმოქმედო მდგომარეობაში? ხომ არ იქნება უფრო სწორი ჩაითვალოს, რომ სიფხიზლის დონის დადაბლება, რომელსაც თან ახლავს ქერქული წარმონაქმნების ფიზიოლოგიური აქტიურობის დონის დაქვეითება, გამოხატავს ამ უკანასკნელთა გლობალური ინაქტივაციას, ანუ მათი ნებისმიერი (ცნობიერი თუ არაცნობიერი) შემგუებლობითი მოქმედების შეკავებას? შესაბამისად ინფორმაციის არაცნობიერი გადამუშავების შესახებ ლაპარაკი არასწორია.

ასეთი მოსაზრებები ერთ დროს ძალიან დამაჯერებლად ისმოდა და ძველ ლიტერატურაში ხშირად იყო მოყვანილი. ამჯერად სიტუაცია არსებითად შეიცვალა. ზემოთ მოყვანილი ექსპერიმენტალური მონაცემები ადასტურებენ, რომ ძილის პირობებში შეინიშნება ქერქული ნეირონების მაღალი ელექტრული აქტიურობის სხვადასხვა გამოვლინება (მათი სპონტანური განმუხტვების გახშირება, გამოწვეული პოტენციალების ამპლიტუდების ამაღლება, მათი რეფრაქტერიულობის ფაზის შემოკლება და ა.შ.). ეს აქტივაცია ზოგჯერ იმდენად გამოხატულ ხასიათს ღებულობს, რომ ნამდვილად იქმნება შთაბეჭდილება სიფხიზლის დონის დადაბლების კავშირზე არა ქერქული სტრუქტურების ფუნქციების გლობალურ შეკავებასთან, არამედ პირიქით, ამ სტრუქტურების ელექტროფიზიოლოგიურ „გათავისუფლებასთან“. ეს გარემოება ენერგიულად იქნა მეცნიერთა მიერ გამოყენებული ძილის დროს ტვინის შემგუებლობითი მოქმედებების გამოვლინებების ასახსნელად. ზოგიერთი მეცნიერი განიხილავს ამ ეფექტებს, როგორც ტვინის მიერ შინაგანი და გარეგანი გაღიზიანებების გადაშუშავების გამოხატულებასა და სიზმრის ფორმირებასთან დაკავშირებულ ემოციური რეაგირების რთულ ფორმებს.

იგივე მოვლენები შეიმჩნევა ჰიპნოზის დროს. ჰიპნოზის მოვლენის ფიზიოლოგიური საფუძვლების ახსნა ემყარებოდა ი. პავლოვის მიერ ჩამოყალიბებულ ტრადიციულ შეხედულებას, რომლის თანახმად ჰიპნოზი ასევე წარმოადგენს თავის ტვინში განვითარებული შეკავების პროცესს, ოღონდ ნაწილობრივს. ჰიპნოზი უფრო მცირე ხარისხის შეკავებაა, ვიდრე ძილი. ჰიპნოზურ მდგომარეობას პავლოვი უწოდებს ქერქული უჯრედების მდგომარეობას სიფხიზლესა და საძილე შეკავებას შორის გარდამავალ პერიოდში. ჰიპნოზური ძილი წარმოადგენს ტვინის ქერქის ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროსაც გარდამავალი (ფაზური) მდგომარეობა უკვე გავრცელდა მთელ კინესთეზურ ანალიზატორზე, რომლის შედეგად ნებელობითი ინერვაციის მოქმედება აღმოჩნდა გათიშული და იმყოფება მოძრაობითი სიმშვიდის მდგომარეობაში, უცვლელად ინარჩუნებს ძილის პოზას და მძინარის გარეგნულ პოზას, მაგრამ ამ შემთხვევაში დიდი ნახევარსფეროები მთლიანად არ არიან შეპყრობილი შეკავებით, მათში შეიძლება წარმოიქმნას ალგზნებული პუნქტებიც. „შესაბამისად, – ამბობს პავლოვი, – ჰიპნოზის დროს ლაპარაკი მიდის არა სრულ ძილზე, არამედ პარციალურ ძილზე. ამით განსხვავდება ჰიპნოზური ძილი ჩვეულებრივისაგან“.

და ბოლოს, შთაგონებული ძილი, პავლოვის აზრით წარმოადგენს სიტყვიერი შთაგონებით გამოწვეულ ადამიანის ჰიპნოზურ ძილს, რომელიც განსხვავდება ცხოველის ჰიპნოზური ძილისაგან არა მარტო მისი გამოწვევის მეთოდით (სიტყვიერი შთაგონება), არამედ ე.წ.

რაპორტის (დამძინებელთან სიტყვიერი კავშირის შენარჩუნების უნარის) არსებობით, და აგრეთვე ამალღებული შთაგონებადობის მდგომარეობით. სიტყვიერი შთაგონების გზით მეტყველებით, სამოძრაო, კინესთეზური და სხვა ანალიზატორების ზოგიერთი უბანი შეიძლება გამოვიდეს შეკავების მდგომარეობიდან, რის გამოც შთაგონებული ძილის მდგომარეობაში მყოფ ადამიანში შეიძლება მიღებულ იქნას სიტყვიერი შთაგონების შინაარსის შესაბამისი სხვადასხვა რეაქცია. ასეთია პავლოვის თეორიის არსი.

მრავალი უცხოელი მკვლევარი, განსაკუთრებით აშშ-ში მწვავედ აკრიტიკებს პავლოვის მოძღვრებას ჰიპნოზზე, როგორც ძილის მონათესავე მდგომარეობაზე, ქერქის პარციალური შეკავების მდგომარეობაზე. მათი აზრით, პავლოვის მოძღვრებას ეწინააღმდეგება ჰიპნოზის ელექტროენცეფალოგრამის თავისებურებები, რომლებიც მოწმობენ იმაზე, რომ ჰიპნოზი არ არის ძილი ან რაიმე ძილის მსგავსი.

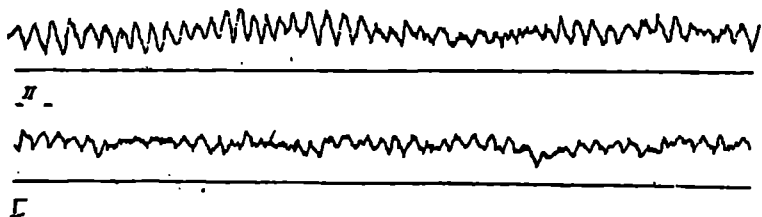
რიგი უცხოელი ავტორის შრომებში (ლუმისი, ჰარვეი და პობარტი 1937; ტომპსონი, ფორბესი და ბოლესი 1937; ლუნდჰოლმი და ლევანბახი 1944; სირნა, 1945; დინესი, 1947; ფორდი და ინგერი 1948; ბარკერი და ბერგუინი 1948, 1949) მოყვანილია მტკიცებები იმაზე, რომ ჰიპნოზი არ ცვლის ტვინის ელექტროაქტიურობას და რომ მის საფუძველში არ ძეგს შეკავების პროცესები. აქედან ზემოხსენებული ავტორები აკეთებენ დასკვნას, რომ ჰიპნოზი არ მიეკუთვნება ძილის მდგომარეობას, რადგან ძილი საკმაოდ დამახასიათებლად ცვლის ტვინის ბიოდენებს.

სხვა ავტორებმა აღმოაჩინეს ჰიპნოზის დროს ტვინის ელექტრული პოტენციალის ცვლილებები, მაგრამ მოჰყავთ წინააღმდეგობრივი მონაცემები; ზოგიერთი მათგანი ჰიპნოზისთვის მახასიათებლად თვლის ტვინის ელექტრული აქტიურობის ამალღებას (ფრენკი, 1938; ფრენკი და კოოპმანი, 1938), სხვები – დადაბლებას (ბლეიკი და ჯერალდი, 1937), მესამენი – ჰიპნოზის დასაწყისში აღნიშნავენ α -რიტმის აქტივაციას მისი შემდგომი შენელებით (მარინესკო, ზაგერი და კრეინდლეი 1937) ან გადასვლას „დესინქრონიზაციაში ნელი ტალღებით (ფრენკი და ტრენი, 1949).

1952 წელს მოსკოვში უმაღლესი ნერვული მოქმედების ფიზიოლოგიისა და პათოლოგიის ლაბორატორიაში (გამგე ფ. მაიოროვი) ა. მარენინას მიერ ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტი, რომლის მიზანი იყო თავის ტვინის პოტენციალების დინამიკის შესწავლა ჰიპნოზური ძილის სხვადასხვა ფაზისას, განსაკუთრებით ყურადღება მიპყრობილ იქნა სომნამბულურ ფაზაზე, რომელიც წარმოადგენს ჰიპნოზის მესამე ყველაზე ღრმა მდგომარეობას. თავის ტვინის პოტენციალების რეგისტრირება წარმოებდა კათოდური ოსცილოგრაფის საშუალებით. გამოყენებულ იქნა ვერცხლის ელექტროდები. აქტიური ელექტროდი

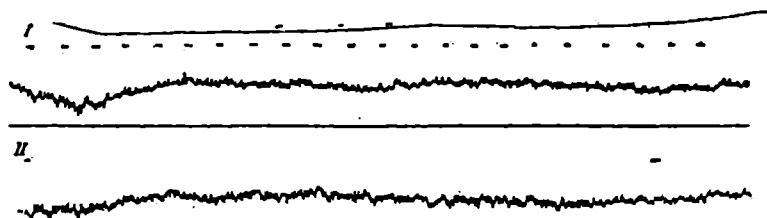
თავსდებოდა კეფაზე, პასიური – ყურის ბიბილოზე. საცდელი პირი იმყოფებოდა ეკრანირებულ კამერაში, იგი იწვა სანოლზე. პოტენციალების რეგისტრაცია წარმოებდა ფოტოობიექტივით კინოლენტაზე. სულ ჩატარებულ იქნა პიპნოზური ძილის 132 გამოკვლევა 51 საცდელ პირზე, რომელთა შორის სომნამბულური ფაზა გამოკვლეულ იქნა 25 საცდელ პირში.

მიღებულმა შედეგებმა ცხადყო, რომ პიპნოზური ძილის არცერთ ფაზაში არ ვლინდება შეკავებითი პროცესები ტვინის ქერქში, რაც შეეხება პიპნოზის პირველ ფაზას, მისი აღმოჩენა ძნელია ელექტროენცეფალოგრაფიული მეთოდით, რადგან ამ დროს გადაღებული პოტენციალები არაფრით არ განსხვავდება ფიზიკური მდგომარეობის პოტენციალებისაგან. პიპნოზის მეორე ფაზაში, როგორც სურათიდან ჩანს, არ არის ღრმა შეკავებითი პროცესების არავითარი ნიშანი.



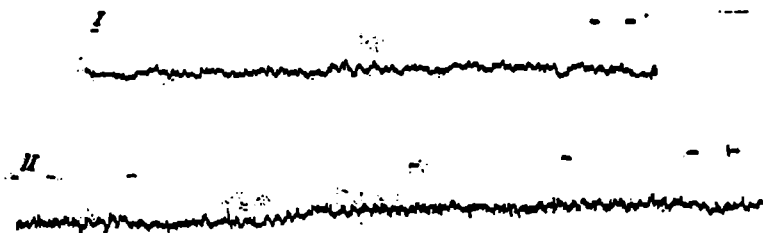
სურ. 86 – | ელექტროენცეფალოგრამა პიპნოზამდე || ელექტროენცეფალოგრამა პიპნოზის მეორე ფაზის დროს.

პიპნოზის მესამე სომნამბულური ფაზის კვლევისას აღმოჩნდა, რომ არსებობს ელექტროენცეფალოგრამის ცვლილებები გადაღებული მსუბუქი მთვლემარე მდგომარეობისას და ღრმა ძილის დროს. პიპნოზური ძილის სომნამბულურ ფაზაში მყოფ საცდელ პირს შთააგონებენ „მსუბუქ მთვლემარე მდგომარეობას“ და იღებენ ელექტროენცეფალოგრამას კეფის უბნიდან. შემდეგ შთაგონებით გადაჰყავთ საცდელი პირი „ღრმა ძილის“ სტადიაში და ასევე იღებენ ელექტროენცეფალოგრამას. აღმოჩნდა, რომ მსუბუქი მთვლემის შთაგონებისას ელექტროენცეფალოგრამაზე დიდდება β -ტალღების ამპლიტუდები და ჩნდება უფრო ხშირი ტალღები. პოტენციალები გახდა უფრო მაღალი, რაც მეტყველებს ტვინის დიდ ელექტრულ აქტივობაზე.



სურ. 87. I სომნამბულური ფაზა - ღრმა ძილი II - ევგ მსუბუქი მთვლემარე მდგომარეობისას.

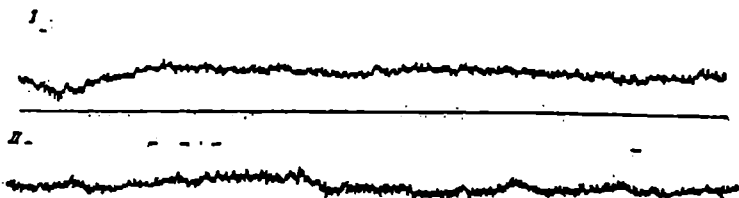
თუ სომნამბულური ფაზის ღრმა ძილის დროს საცდელ პირს უბრძანებენ გაალოს თვალები, ელექტროენცეფალოგრამაზე შეიძლება ვნახოთ β და γ ტალღების მნიშვნელოვანი გადიდება, ანუ ვლინდება დიდი ნახევარსფეროების ქერქის ალგზნებადობის ამალღება.



სურ. 88. I ევგ სომნამბულური ფაზისას II ევგ ღია თვალებისას.

ალგზნებადობის ეს ამალღება მოხდა გაღებული თვალებიდან სინათლის გაღიზიანების გავლენით. მოხდა ქერქის მხედველობითი ზონის თითქოს განთავისუფლება სინათლის გავლენით.

ანალოგიურ შედეგებს ჩვენ ვხედავთ თერაპიული შთაგონებისას. II მრუდზე ჩანს ალგზნებადობის ამალღება ღრმა ჰიპნოზურ ძილთან დაკავშირებულ I მრუდთან შედარებით.



სურ. 89. I ევგ სომნამბულური ფაზისას II - ევგ თერაპიული შთაგონებისას.

ყველა ეს მონაცემი მეტყველებს იმაზე, რომ სომნამბულურ ფაზაში გაღებული თვალებისას, მსუბუქი თვლემის შთაგონებისას ან თერაპიული შთაგონებისას ტვინის ელექტრული აქტიურობა მაღლდება.

ჰიპნოზის სომნამბულურ ფაზაზე ყველაზე გავრცელებული წარმოდგენაა, რომ ის არის „ღრმა ძილის ფაზა“, რომელიც ხასიათდება პალუცინატორული შთაგონების, ამნეზიისა და აგრეთვე პოსტჰიპნოზური შთაგონების განხორციელების შესაძლებლობით.

ტრადიციული ფიზიოლოგიური შეხედულებით ღრმა ძილი წარმოედგინათ, როგორც მდგომარეობა, როცა ქერქში განვითარებულია ექსტენსიური და ინტენსიური საძილე შეკავების ობიექტური ნიშნები. მაგრამ 60-იან წლებში ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ ძილის დროს უფრო საპირისპირო პროცესებს აქვს ადგილი.

ზემოთ მოყვანილი ელექტროენცეფალოგრამებიდან ჩვენ ვხედავთ, ჰიპნოზის სომნამბულურ ფაზაშიც არა აქვს ადგილი ინტენსიურ შეკავებას, რადგან გადაღებული პოტენციალების მდგომარეობა ადვილად გადადის უფრო აქტიურში. არ არის ინტენსიური შეკავება, რადგან ყოველთვის არის რაპორტი – „ქერქის სადარაჯო პუნქტი“. ამიტომ, მცდარია ზოგიერთი კლინიცისტის შეხედულება იმაზე, რომ ჰიპნოზის სომნამბულური ფაზა არის შეკავებითი პროცესის განვითარება ქერქში. სინამდვილეში, ჰიპნოზის სომნამბულური ფაზა გამოირჩევა პოტენციალების რხევების ამპლიტუდების ხშირი ცვლილებებით. მნიშვნელოვნად მაღლდება β და γ ტალღები, ჩნდება და იცვლება ამპლიტუდით უფრო ხშირი ტალღები, ე.ი. მაღლდება ტვინის ელექტრული აქტივობა.

ამრიგად შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ისევე, როგორც ძილის დროს, ჰიპნოზის დროსაც ადგილი აქვს ბულბარულ, ქვეცნობიერ დონეზე არსებული ჰიპნოგენური ნეირონული სისტემის შემაკავებელ გავლენას ქერქქვეშა „სიფხიზლის სისტემის“ ნეირონებზე, რის შედეგადაც ვითარდება ჰიპნოზური მდგომარეობა.

წმ. ფსიქოფიზიკური მონიშნის კონცეფცია

ზ. ფროიდის მიხედვით ემოციური განცდებისა და პირობების მიხედვით ფორმირდება ადამიანის პიროვნება, მისი ქცევა, მიდრეკილებანი, წესი, ფსიქიკური რეაქციები და ა.შ. სიამოვნებისადმი სწრაფვის შედეგად ინფანტილური განცდები, ანუ კომპლექსები არ ქრება, არამედ განიდევნება ცნობიერებიდან ქვეცნობიერ სფეროში, ამასთან

ინარჩუნებს იმ უზარმაზარ ენერგეტიკულ ძალას, რომელსაც ადამიანი იძენს სხვადასხვა ლტოლვის, სურვილის, სწრაფვის წარმოქმნისას.

ასე ხდება ადამიანის არაცნობიერის ფორმირება, რომელიც მთელი ცხოვრების განმავლობაში განსაზღვრავს ფსიქიკური მოქმედების მთელ კომპლექსს, ყოველივე მნიშვნელოვანს და არსებითს ადამიანის ხასიათში. ყოველი დათრგუნული აფექტი, ლტოლვა, რეაქცია ინახება არაცნობიერ სფეროში პოტენცირებულ „კატექსისის“, „ენერგეტიკულ მუხტის სახით“, რომელიც ნარჩუნდება არაცნობიერ სფეროში „ანტიკატექსისური ძალებით“, „ანტიკატექსისით“. ასეთი დათრგუნული ლტოლვებისა და ეფექტების არსებობაზე არაცნობიერ სფეროში და „კატექსისის“ „ანტიკატექსისთან“ მუდმივ ბრძოლაზე მოწმობს გარკვეული სიმრედეები, მოგონებები, შეცდომები მეტყველებისა და წერის დროს, ზოგიერთი ფაქტის დავინწყება და გაუცნობიერებელი ქცევები. ემოციები, ლტოლვები და რეაქციები ამრიგად არ ისპობა, არამედ „ფსიქიკური ენერგიით“ სახით ინახება ადამიანში მრავალი წლის განმავლობაში, რათა შემდგომში რაიმე მიზეზის ზეგავლენით გამოვლინდეს ამა თუ იმ დაავადების სიმპტომსა თუ სინდრომში. ეს დათრგუნული და არაცნობიერში განდევნილი ემოციები, ლტოლვები თუ რეაქციები შეიძლება გამოვლინდეს ჰიპნოზური თუ ფიქოანალიზური სეანსების დროს, რაც ხელს უწყობს კონფლიქტური სიტუაციის განმუხტვას, „ფსიქიკური ენერგიის“ გარკვეული რაოდენობით გარეთ გამოტანას. ამ მეთოდს ეწოდება „კათარზისი“ (განწმენდა) და გამოიყენება ფსიქოანალიტიკოსების, თერაპევტების, ფსიქიატრების, ნევროპათოლოგებისა და მედიცინის სხვა სპეციალისტების სამკურნალო პრაქტიკაში.

ორგანული დაავადებების კავშირს ემოციებთან ფსიქოსომატიკა შეისწავლის. ფსიქოსომატიკის სფეროში მრავალი თეორიაა წამოყენებული. ერთ-ერთი ყველაზე ადრეული და დღემდე მნიშვნელოვანი თეორიული მოდელია – კონვერსიის მოდელი. იგი განიხილავს ორგანული დაავადებების სიმპტომატიკას როგორც დათრგუნული ემოციების სიმბოლიზაციას. ასეთ ასპექტშია აღწერილი კუჭის პეპტიკური წყლული, როგორც „პაციენტში ჩანერგილი დედის აგრესიულობა“, სასუნთქი სისტემის ავადმყოფობანი, როგორც „დედის სიყვარულის მონატრება“, შაქრის დიაბეტი, როგორც ყურადღებისა და ზრუნვის მოთხოვნილება, კანის დაავადებები, როგორც მრისხანებისა და სასონარკვეთის, ასთმატური შეტევა მოზრდილ ადამიანში, როგორც „დედის შეწყვეტილი ძახილი“, ჰიპერტონუსი, როგორც აგრესიული ინსინქტების დაუკმაყოფილებლობა.

განსაკუთრებით დიდი პოპულარობით სარგებლობს ზოგადი ადაპტაციური სინდრომის თეორია, რომელიც ეკუთვნის კანადელ ენდოკრინოლოგ ჰანს სელიეს (1960). სელიეს აზრით არსებობს ჰიპოთა-

ლამუსის კავშირი ჰიპოფიზის წინა წილთან, რაც განაპირობებს ფსიქოლოგიური და ფიზიოლოგიური ფუნქციების ურთიერთკავშირს. სტრესული ზემოქმედება წარმოებს არაცნობიერი სისტემის საშუალებით, ხოლო თალამო-ჰიპოფიზარული და ადრენალინური სისტემები წარმოადგენს აფექტის რეალიზაციის საბოლოო მექანიზმს.

სელიეს თეორიის საფუძველზე ფსიქოსომატიკებმა ჩამოაყალიბეს პათოლოგიური პროცესის განვითარების ფიზიოლოგიური მექანიზმი. აი მისი არსი: უარყოფითი ემოცია იწვევს კონფლიქტურ სიტუაციას ადამიანის არაცნობიერ აზრებში, „მე“, „იგი“ და „ზე-მე“ სისტემაში. ამ კონფლიქტის ეპიცენტრი ტვინის მხედველობით ბორცვშია, საიდანაც უსიამოვნო შეგრძნება ვრცელდება ფსიქიკურ სფეროზე და იწვევს ფსიქიკური რეაქციების ემოციურად შეფერილ კომპლექსს ნერვული სისტემის ვეგეტატიური განყოფილებიდან ვისცერალურ განყოფილებაში და ენდოკრინულ სისტემებში. შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების, ძირითადად ჰიპოფიზის, თირკმელზედა და ფარისებრი ჯირკვლების გამოყოფილი ჰორმონები ასტიმულირებენ გულისა და სისხლძარღვების ჟანგვით, მეტაბოლურ, კუმშვით ფუნქციებს, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის პერისტალტიკას, რაც იწვევს ჰიპერთირეოზს, კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულოვან დაავადებას, ბრონქიალურ ასთმას, ჰიპერტონულ დაავადებას, კოლიტებს და სხვა ფუნქციონალურ და ორგანულ დაავადებებს.

ყველაფერი ეს არის ფსიქოსომატიკური მედიცინის ძირითადი კანონის – ორგანოზე კონვერსიის გამოხატულება (Jelliffe 1939). ითვლება, რომ, როცა ორგანოზე კონვერსია შექცევადია, დაავადებას აქვს ფუნქციონალური ხასიათი, ხოლო როცა შეუქცევადი – ორგანული ხასიათი.

ფსიქოსომატიკურ მედიცინაში გამოხატულება ჰპოვა ფროიდის კონცეფციამაც რეგრესიაზე (საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება), რომელიც ვლინდება ქსოვილებისა და ორგანოების მაღალ რეაქტიულობაში გამლიზიანებელზე, პომეოსტაზის მკვეთრ დარღვევაში. ამ დაავადებების დროს წარმოქმნილ მდგომარეობებს ზოგიერთი ავტორი აღნიშნავს არა როგორც რეგრესიას, არამედ განპირობებულს ორგანიზმის ფუნქციონალური თავისებურებებით, შესაბამისი ფუნქციონალური სისტემების კონსტიტუციონალური თვისებებით. მაგალითად ბრონქიალური ასთმის წარმოქმნა დაკავშირებულია იმასთან, რომ სუნთქვის ორგანოების, როგორც სექსუალური თვისებების მატარებლებს აქვთ თვისება მოგვცენ ნევროტული სინდრომი მოხერხობის ფორმით. ეს ემართებათ პირებს, რომელთაც ახასიათებთ ცხოვრებისეული სისუსტე, ლაბილურობა, შიში, შეუსაბამობა მოთხოვნებსა და მცირე შესაძლებლობებს შორის.

ამასთან განვითარდა ფიზიოლოგიური რეგრესიის კონცეფცია (Szasz 1952). სცასცმა წამოაყენა დებულება რეგრესიულ ინერვაციაზე, როგორც სპეციფიკურად ფუნქციონირებად პარასიმპათიკურ ნერვული სტრუქტურების ამალღებული ალგზნებადობის მდგომარეობაზე. ამ დებულების დასაბუთებისას ავტორი გამოდიოდა იქიდან, რომ პარასიმპათიკური ინერვაცია ორგანიზმში უფრო ადრე ვითარდება, ვიდრე სიმპათიკური და რადგან ფსიქოსომატური დაავადებებისას ნერვული სისტემის პარასიმპათიკური უბნის ალგზნება ამალღებულია, არსებობს საფუძველი განვიხილოთ ეს მოვლენა, როგორც რეგრესია ინფანტილური მდგომარეობისაკენ. მისი აზრით, რეგრესიული ინერვაციის ფენომენს ადგილი აქვს თავის ცხელების, ვაზომოტორული რინიტის, ბრონქიალური ასთმის, კუჭის წყლულოვანი დაავადებების, დიარეის, წყლულოვანი კოლიტის, კორონარული დაავადების, გულის ბლოკადის, ჭინჭრის ციებისა და სხვა ეტიოლოგიითა და პათოგენეზით განსხვავებული დაავადებების დროს. სცასცის დაკვირვებით, ფსიქოსომატური დარღვევებისათვის დამახასიათებელი სინდრომების უმრავლესობა წარმოადგენს ქრონიკულად ლოკალიზებული პარასიმპათიკური ალგზნების გამოსატყულებას.

კონვერსიის კონცეფცია გააკრიტიკა დანბარმა (1954) და მის მაგივრად ჩამოაყალიბა პიროვნების პერსონალური პროფილის კონცეპცია. მან შენიშნა, რომ გარკვეული ფსიქოსომატური დაავადებები კორელილებენ პიროვნების განსაზღვრულ სპეციფიკურ ტიპებთან. მისი აზრით, ამაზე მეტყველებს კლინიკურ-ანამნეზური კვლევები, რომელიც ფროიდის ფსიქოანალიზის მეთოდით ჩატარდა. ამ დაკვირვებების საფუძველზე დანბარმა მოგვცა იმ ავადმყოფების პიროვნებების პროფილის დახასიათებები, რომელთაც აღენიშნებათ წყლულოვანი დაავადება, შაკიკი, მიოკარდიუმის ინფარქტი, ბრონქიალური ასთმა და რიგი სხვა დაავადებები. დანბარის კონცეფცია სრულყოფილ იქნა სხვა ექიმების მიერ და მან შემდგომი სახე მიიღო. დგინდება პიროვნების სამი ტიპი: 1) ზედმეტად მორეაგირე ტიპები, რომელთაც ახასიათებთ წყლულოვანი დაავადება ან კორონარული უკმარობა, 2) არასაკმარის მორეაგირე ტიპები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია წყლულოვანი კოლიტი, დერმატიტი და რევმატული ართრიტები, 3) შეზღუდულად მორეაგირე ტიპები, რომელთაც ახასიათებთ ჰიპერტონული დაავადება, ბრონქიალური ასთმა, შაკიკი და ჰიპერტირეოზი.

ფსიქოსომატურ მედიცინაში დიდი გავრცელება პოვა ასევე ორგანოების სიმბოლური ენის კონცეპციამ (ადლერი 1922), ანუ ორგანოების ხმებმა, რომელთა მიხედვით ორგანოს დაავადების რომელიმე სიმპტომი არის არაცნობიერი აზრების სიმბოლური გამოვლინება. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, სომატური სიმპტომატიკა წარმოადგენს

ფსიქიკური განცდების სიმბოლოს და ეს კავშირი ხორციელდება ორგანოების სიმბოლური ენის საშუალებით. ჯერ კიდევ 1879 წელს ამბობდა პეიჯენი ორგანოების „ენაბლუობის“ შესახებ. ზოგიერთი შინაგანი ორგანოს ფუნქციონალური დაავადების ეს ხატოვანი დახასიათება შევიდა თანამედროვე ფსიქოსომატიკოსების შრომებში, სადაც მტკიცდება, რომ გარკვეული ფსიქიკური ფაქტორები ორგანოების „ენაბლუობას“ იწვევს. შულტც-ჰენკეს სისტემის მიხედვით, გულის დაავადებები სიმბოლურად გამოხატავენ შიშს, ნაწლავების დაავადებები – სიძუნეს, კუჭის დაავადებები – მყვლეფელობას, ღვიძლის დაავადებები – სევდას და ა.შ. ორგანოების შესაბამის სისტემებში ჰაიერის მიხედვით (1925), მოცემულია ფსიქიკური პროცესების გამოხატვის სპეციფიკური თავისებურებები. მაგალითად, ლებინება განიხილება, როგორც ფსიქიკური სიტუაციის მიუღებლობის სიმბოლო, საჭმლის მონელების დარღვევა – კონფლიქტური ფსიქიკური სიტუაციის გადახარშვის შეუძლებლობა, მადის დაკარგვა – ემოციური შიმშილი, კუნთოვანი ტკივილები – აგრესიული იმპულსების შეკავება და ა.შ.

მაგრამ დაავადებათა სიმბოლური გამოხატულება არსებობს არა მარტო სენსომოტორული სისტემების დარღვევებში, არამედ ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მიერ რეგულირებად ფუნქციებში (კლეინი. 1948).

ორგანოთა სიმბოლური ენის კონცეფცია მიესადაგება ძირითადად შინაგანი ორგანოების ფუნქციონალური წარმოშობის პათოლოგიებს. იმ შემთხვევაში, როცა ფუნქციონალურ დარღვევებთან ერთად არსებობს ორგანოს ორგანული დაზიანება, წამოყენებულია რიგი დამატებითი კონცეპციები და ჰიპოთეზები.

ამ კონცეპციებთან მჭიდროდაა დაკავშირებული ვეგეტატიური ნევროზების კონცეპცია, რომელიც დამუშავებულ იქნა ალექსანდერისა და მისი სკოლის მიერ (1953) და შეფასებულია, როგორც მნიშვნელოვანი წვლილი ფსიქოსომატიკის ზოგად თეორიაში.

ალექსანდერი პრინციპში ეთანხმება, რომ ორგანოების სიმბოლური ენის კონცეპცია სწორად ასახავს ორგანოების დაავადებათა წარმოქმნას, მაგრამ ის არ იზიარებს პელიდიეს (1948) და სხვა ავტორთა აზრს, რომლის თანახმად რიგ დაავადებებს, მაგალითად ჰიპერტონიულ დაავადებას, კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულოვან დაავადებას, ბრონქიალურ ასთმას, წყლულოვან კოლიტს ეტიოლოგიური საფუძვლის სახით აქვთ ერთი ან რამდენიმე ფსიქოგენური ფაქტორი – მძვინვარება, ქრონიკული სიძულვილი, შიში, დათრგუნული მტრული განზრახვანი. ალექსანდერის აზრით, ისინი წარმოიქმნებიან მხოლოდ გარკვეული კონფლიქტური სიტუაციების დროს და ხასიათდებიან ემოციურ გაღიზიანებაზე ორგანოს განსაზღვრული

პასუხით. ამა თუ იმ ორგანული დაავადების მქონე ადამიანისათვის დამახასიათებელია არა პიროვნების ტიპი, არამედ ტიპიური კონფლიქტური სიტუაცია, რომელიც შეიძლება წარმოექმნას ინდივიდუუმს სხვადასხვა ტიპის პიროვნებებთან. ყოველ დაავადებაში, ამტკიცებს ალექსანდერი, არსებობს ემოციონალური კონფლიქტის ბირთვი, რომელიც განაპირობებს დაავადების ქრონიკულ მიმდინარეობას. თავად კონფლიქტის თვისებრივი მხარისაგან დამოკიდებულებით ადამიანს წარმოექმნება ესა თუ ის განსაზღვრული ფიზიოლოგიური რეაქცია, მაგალითად, სიცხილი წარმოადგენს პასუხს მხიარულებაზე, სიამოვნებაზე, ტირილი – ნალევლზე, უბედურებაზე და ა.შ. ჰიპერტონია და ტაქიკარდია მძვინვარების, შეკავებული მრისხანებისა და შიშის გამოხატულებაა, ბრონქიალური ასთმის შეტევები კორელირებს დედის ძახილის არაცნობიერ დათრგუნულ იმპულსთან, ხოლო წყლულოვანი დაავადების განვითარება დაკავშირებულია სხვაზე დამოკიდებულების გრძნობასთან. ალექსანდერის აზრით, ფსიქოსომატური დაავადება, ანუ ვეგეტატიური ნევროზი წარმოადგენს ქრონიკულად არსებულ ემოციურ მდგომარეობაზე ორგანოს ფიზიოლოგიურ პასუხს. შეკავებული მრისხანება ცვლილებებს იწვევს ძირითადად კარდიოვასკულარულ სისტემაში. დაახლოების მოთხოვნილება და დახმარების მოპოვების ტენდენცია – კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, ხოლო სპეციფიკური კონფლიქტები სექსუალურ მოთხოვნილებებსა და დამოკიდებულ მდგომარეობას შორის – სასუნთქ აპარატში. აფექტების ერთი ნაწილი რეალიზდება სიმპათიკური ინერვაციის საშუალებით, მეორე ნაწილი – პარასიმპათიკური ინერვაციით. ამიტომ პირველები იწვევენ ჰიპერტონულ დაავადებას, ართრიტს, შაკიკის, დიაბეტს, ჰიპერთირეოზს, ხოლო მეორენი – წყლულოვან დაავადებას, ბრონქიალურ ასთმას, წყლულოვან კოლიტს.

ალექსანდერს და მის თანამშრომლებს აინტერესებდათ: არაცნობიერ სფეროში შეღწეული აგრესიული მისწრაფებანი ერთ შემთხვევაში რატომ იწვევენ სისხლძარღვების ქრონიკულ ჰიპერტონუსს, ჰიპერტონულ დაავადებას, ხოლო სხვა შემთხვევაში – ტაქიკარდიას, ნახშირწყლების ცვლის დარღვევას და რატომ იწვევს პასიურ რეგრესიული მისწრაფებანი კუჭ-ნაწლავის დარღვევებს, ფალარათს, ან ბრონქიალურ ასთმას.

ალექსანდერი ავლებს ანალოგიას ორგანიზმში განსაზღვრული ორგანოების სპეციფიკური დაზიანების უნარის მქონე პათოგენურ მიკრობებსა და ვირუსებსა და გარკვეულ ემოციურ კონფლიქტებს შორის, რომელთაც აქვთ სპეციფიკური მიმართება განსაზღვრული ორგანოების მიმართ. ალექსანდერის სკოლაში მიმდინარეობს მრავალრიცხოვანი კვლევები, სინჯავენ ადამიანების დიდ კონტიგენტს,

მუშავდება სპეციფიკურ კონფლიქტებსა და ორგანულ დაავადებებს შორის კორელაციის დადგენის ახალი მეთოდები.

ვოლფმა და მისმა თანამშრომლებმა (Wolf 1954) წამოაყენეს კონცეფცია ადაპტაციური რეაქციის შესახებ, რომელიც წარმოიქმნება ლტოლვებისა და კონფლიქტების შეკავების შედეგად და აქვს არასპეციფიკური ხასიათი. მათი აზრით, შიშის ან სიძულვილის გრძნობა, რომელიც წარმოიქმნება ემოციური ზემოქმედებისას, მაშინვე რეალიზდება კუჭის, გულის და სხვა შინაგანი ორგანოების ფუნქციების ცვლილებებში, აგრეთვე ქცევით რეაქციებში, ამასთან რეაქციები დამახასიათებელია, როგორც მოცემული ადამიანისათვის, ისე მისი გვარისათვის. გარდა ამისა, ინდივიდუუმს შეიძლება ამაღლებული ჰქონდეს რომელიმე ფიზიოლოგიური სისტემის მგრძნობელობა, მაგ: საყნოსავი, ან გულსისხლძარღვთა, რომელიც სტრესული ზემოქმედების არარსებობისას შეიძლება შეუშინეველი დარჩეს, სტრესის დროს კი შესაბამისად რეაგირებდეს.

გ. ვოლფი ლაპარაკობს სოციალურ ცვლილებებზე, რომლებიც იწვევენ სულ უფრო დიდი ხარისხის „საფრთხის გრძნობას ინდივიდუუმისათვის“. ამასთან ამ სოციალურ ცვლილებებს ის განიხილავს, როგორც სხვადასხვა რიგის სტრესორების ერთობლიობას. ს. მარგოლინი გამოდის ორი ურთიერთმოქმედი საწყისიდან – პიროვნებიდან, რომელიც თვითდამკვიდრებას ესწრაფვის და გარემომცველი სოციალური ფენიდან, რომელიც ეწინააღმდეგება ინდივიდუუმს.

საკმაოდ გავრცელებულია კონცეფცია, დაკავშირებული ზემოხსენებულ კონფლიქტებთან, რომელიც ხსნის მრავალ დაავადებას, როგორც „გაქცევას“ სექსუალური და სოციალური კონფლიქტებისაგან. ამ თვალთახედვით, ავადმყოფობა წარმოადგენს ორგანიზმის დაცვის თავისებურ ფორმას ბიოსოციალური კონფლიქტებისაგან. ყოველგვარ „სოციალურ დეზადაპტაციას“, „ცივილიზაციის ავადმყოფობებს“, „სილატაკისა და ავადმყოფობების მანკიერ წრეს“ საბოლოო ჯამში საფუძვლად უდევს ინსტიტუტური, ფსიქოლოგიური თვისებები, სოციალური ცხოვრებისა და ორგანიზმის ბიოლოგიური რეაქციის რიტმისა და ტემპის დისპროპორცია, ცოცხალი სისტემის გენეტიკური, თუ სხვა რეაქციების შეგუების შეუძლებლობა ახალ სოციალურ გარემოსთან, კოლიზიებთან ფსიქიკურის, არაცნობიერის სფეროში.

აშშ-სა და სხვა ქვეყნების ფსიქოსომატურ მედიცინაში საკმაოდ ფართო გავრცელება ჰპოვა აგრეთვე კონსტიტუციონალურ-მემკვიდრეობითმა კონცეპციამ.

ალვარეცი (1951 წ.) და ზოგიერთი სხვა კლინიცისტი თვლის, რომ ემოციები, ფსიქოგენური ტრავმები, სტრესული გამლიზიანებლები წარმოადგენს ავადმყოფობის არა ძირითად მიზეზს, არამედ მხოლოდ აღმგზნებ ძალას, რომელსაც მოჰყავს ორგანო ავადმყოფურ

მდგომარეობაში მაშინ, როცა ის კონსტიტუციონალურად მგრძნობიარეა დაავადების მიმართ. შესაბამისად, შინაგანი ორგანოების დაავადებები ადამიანში უკვე მომზადებულია მისი კონსტიტუციონალური განვითარებით და სხვადასხვა ტრაუმირებადი ფაქტორების როლი მდგომარეობს მხოლოდ მის პროვოკაციაში. ამ თვალსაზრისით მაგალითად კუჭის წყლულოვანი დაავადების წარმოქმნა განიხილება, როგორც ორი ძირითადი ფაქტორის მონაწილეობის შედეგი – ემოციური და კონსტიტუციონალური. პირველ ფაქტორში იგულისხმება „ცნობიერი და არაცნობიერი აზრების რთული ფსიქოდინამიკა“, მეორეში – „კუჭის მემკვიდრეობითი სისუსტე“.

ალექსანდერის მიხედვით (1953) ჰიპერტონული დაავადება წარმოიქმნება პირებს, რომელთაც მის მიმართ მემკვიდრეობითი მიდრეკილება აქვს. საერთოდ, იგი თვლის, რომ ყოველ ადამიანს აქვს მონყვლადი ადგილი („აქილევსის ქუსლი“), რომელიც მემკვიდრეობით არის განპირობებული. ზოგიერთი მეცნიერის აზრით, უჯრედების, ქსოვილების, ორგანოებისა და ორგანოთა სისტემების მემკვიდრეობითი თავისებურებებით განისაზღვრება მათი სპეციფიკური დაზიანება ემოციური ტრაუმების დროს. ზოგიერთი ორგანული დაავადების წარმოქმნაში მემკვიდრეობითი ფაქტორის როლზე მიუთითებს რიგი უცხოელი მეცნიერების შრომები (ნილი და შელი 1958; Jones 1959; რიეკინი 1960; რაბინოვიჩი და კუბლანოვი 1963).

წყლულოვან დაავადებასთან დაკავშირებით პიროვნების სტრუქტურის შესახებ საინტერესო კვლევები ჩაატარა შვედმა კლინიცისტმა ვრეტმარკმა (1962). მან დაკვირვება ჩაატარა 176 პირზე, რომელთაც ალენიშნებოდათ წყლულოვანი დაავადება და 169 ჯანმრთელ ადამიანზე, რომლებიც საკონტროლო ჯგუფის ფუნქციას არსულებდნენ. გამოკვლეულ იქნა სხვადასხვა ანტროპომეტრული ინდექსები, ხოლო მიღებული მონაცემები სტატისტიკურად დამუშავდა. შედეგად ავტორი მივიდა მტკიცე დასკვნამდე, რომ მემკვიდრეობითი ფაქტორები წარმოადგენს წყლულოვანი დაავადების მნიშვნელოვან მიზეზს. განსაკუთრებით ეს ეხება თორმეტგოჯა ნაწლავს, რომლისთვისაც მონაცემები სტატისტიკურად დამაჯერებელი აღმოჩნდა. ვრეტმარკის დასკვნით ეს დაავადება უჩნდება მაღალი და სუსტი აღნაგობის პირებს.

როგორც არ უნდა განსხვავდებოდეს ფსიქოსომატიკოსების მიდგომები, ყველა მათგანი ფაქტობრივად გამოდის ფსიქოფიზიკური ერთიანობის პრინციპიდან, რომელიც ცნობილი იყო მედიცინასა და ფიზიოლოგიაში დიდი ხნით ადრე ფსიქოსომატიკის წარმოქმნამდე. ამ კონცეფციას ეფუძნება ჰიპოკრატის მოძღვრება ავადმყოფის მთლიანობისა და ინდივიდუალურობის შესახებ. ფსიქიკურისა და სომატურის ურთიერთობაზე, ემოციური, ფსიქიკური გავლენების

როლზე დაავადებების წარმოქმნასა და მიმდინარეობაზე ამბობდნენ ცნობილი მედიკოსები XIX საუკუნეში (ჯეიმს და ბენჯამენ რაში აშშ-ში, კორვიზარი, პინელი, ესკიროლი საფრანგეთში, გრიზინგერი გერმანიაში, ჯეკსონი და როსი დიდ ბრიტანეთში, ვ. ბესტერევი რუსეთში და სხვ.). მაგრამ თანამედროვე დასავლური ფსიქოსომატიკას საფუძვლად უდევს ზ. ფროიდის მოძღვრება. მისი ყველაზე ცნობილი წარმომადგენლები ფ. დანბარი და ფ. ალექსანდერი სწორედ ფროიდის მოძღვრების საფუძველზე აყალიბებენ ფსიქოფიზიკური მონიზმის პრინციპს.

შემთხვევითი არ არის, რომ დასავლეთში დღესდღეობით ფროიდიზმი გასცდა წმინდა კლინიკური დისციპლინის საზღვრებს და გახდა უნივერსალური ფილოსოფიური დოქტრინა ადამიანური ცოდნისა და კულტურის მრავალი სფეროსათვის. ადამიანისათვის სოციალური ფაქტორების პათოგენური მნიშვნელობის ხაზგასმისას ნეოფროიდიზმები აქცენტს აკეთებენ „სიღრმისეული ფსიქოლოგიის“, არაცნობიერი ინსტიქტების დინამიკის, ლტოლვებისა და ემოციური კონფლიქტების შესწავლის აუცილებლობაზე. ფროიდიზმის მოძღვრების ძირითადი დასკვნა არის შემდეგი: ცნობიერი სიცოცხლე ფსიქიკის მხოლოდ მცირე ნაწილია. ადამიანების დიფერენციაცია, როგორც ინდივიდების – ეს ფსიქიკური ზედნაშენია, შექმნილი მემკვიდრეობით არაცნობიერ სტრუქტურაზე, რომელიც ყველა ადამიანისათვის იდენტურია. ეს სუბსტრუქტურა არსებობს რასობრივ არაცნობიერში ჩანერგილი არქაული მემკვიდრეობის სახით და შედგება ტომობრივი მოგონებების, იმპულსების, მისწრაფებებისა და ინსტიქტებისაგან. ეს არქაული მემკვიდრეობა აკონტროლებს ჩვენს აზრებს, მოქმედებას, იძლევა ღრმა და ფარულ მოტივაციას ყველაფრისა, რასაც ჩვენ ვფიქრობთ, ვგრძნობთ, ვლაპარაკობთ, ვაკეთებთ.

საკვანძო საკითხს, რომლის ირგვლივ ათასწლეულების განმავლობაში მიმდინარეობს დისკუსიები მკვლევართა შორის, წარმოადგენს ცნობიერებისა და მისი გარესამყაროსადმი მიმართების პრობლემა.

მატერიალისტები ამტკიცებენ, რომ აზროვნება და ცნობიერება წარმოადგენს მაღალორგანიზირებული მატერიის – თავის ტვინის თვისებებს, ტვინი არეკლავს რეალურ სინამდვილეს და რომ მატერია პირველადია, სული კი მეორადი. მათგან განსხვავებით იდეალისტები აღიარებენ სამყაროს ბიბლიურ წარმოშობას, სულის – პირველობას, მატერიისა და ორგანიზმის მეორადობასა და მისი სულის, ღმერთისაგან წარმოქმნას. იდეალისტები არა მარტო აღიარებენ შინაგანი სამყაროს (იდეები, აზრები, გრძნობები, იმპულსები, ლტოლევები და ა.შ.) აქტიურ როლს, არამედ განიხილავენ მას, როგორც პირველადი ხასიათის მოვლენას, რომელიც არ არის განპირობებული გარესამყაროს ზემოქმედებით.

ჯერ კიდევ 1913 წელს, როცა ინგლისელი ნეიროფიზიოლოგი შერინგტონი გაეცნო მოძღვრებას პირობითი რეფლექსების შესახებ. მან უთხრა ი. პავლოვს, რომ მისი მოძღვრება ვერ იქნება წარმატებული ინგლისში, რადგან მას მატერიალიზმის „სუნი ასდის“. 1934 წელს შერინგტონმა გამოუშვა მონოგრაფია „ტვინი და მისი მექანიზმები“, რომელშიც იგი ეჭვს გამოთქვამს იმის შესახებ, რომ აზრობრივ მოქმედებას რაიმე კავშირი აქვს ტვინთან. ეს დებულება მეცნიერის თავიებურ ფილოსოფიურ კრედოს წარმოადგენს, რომელსაც თავისი მოღვაწეობის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში უცვლელად ინარჩუნებდა.

1938-39 წლებში შერინგტონმა წაიკითხა ლექციების კურსი ედინბურგის მსმენელთა ფართო აუდიტორიის წინაშე, სადაც კიდევ უფრო გააღრმავა თავისი შეხედულება და ამტკიცებდა, რომ ტვინის ფუნქციის ურთულესი ფორმები და ამ ფუნქციის საფუძველში არსებული ფიზიოლოგიური მექანიზმები, სტიმულირდება რომელიღაც განსაკუთრებულ, თავის ტვინს გარეთ არსებული „ფსიქიკური პრინციპით“, რომლის შეცნობა არა მეცნიერების, არამედ თეოლოგიის საკითხია.

და ბოლოს, თავის გარდაცვალებამდე ცოტა ხნით ადრე, გამოჩენილმა ინგლისელმა ნეიროფიზიოლოგმა, რომელიც რამდენიმე ათწლეული სწავლობდა ზურგის ტვინის რეფლექსურ მოქმედებას და შეიტანა მნიშვნელოვანი წვლილი ნეიროფიზიოლოგიის განვითარებაში, გამოაქვეყნა წიგნი „ადამიანი თავის ბუნებაზე“ (შერინგტონი 1942), სადაც ორგანიზმის ნერვულ და სხვა სისტემების ფიზიოლოგიაზე მოყვანილი მრავალრიცხოვანი ფაქტობრივი მასალის გარდა მო-

ცემულია რიგი თეორიული დებულებები, რომლებიც თავისი ხასიათით ავტორის იდეალისტური შეხედულებების რეზიუმირებას ახდენს და მთლიანად მხარს უჭერს ფროიდიზმის მოძღვრებას. შერინგტონი აანალიზებს რეფლექსების დეკარტისეულ გაგებას და აკეთებს დასკვნას, რომ რეფლექსურ მოქმედებაში, მანქანური მოქმედების გარდა, რაზედაც ადრე დეკარტი ლაპარაკობდა, ადგილი აქვს სპონტანურ ენ. ადეტერმინირებულ ქმედებას. გარდა ამისა, ის მიდის დასკვნამდე, განსაკუთრებული, ტვინისაგან დამოუკიდებელი სანწყისის – სულის არსებობის შესახებ. ამავე ნიგნში იგი ამტკიცებს, რომ ტვინი, როგორც სხეულის ნაწილი არ წარმოადგენს ცნობიერების ორგანოს და რომ ფსიქიკური მოვლენები არ შეიძლება მატერიალური სუბსტრატის თვისებად ჩაითვალოს.

შერინგტონი განიხილავს ორგანიზმის ერთიანობას ინტეგრაციის სამი დონის თვალსაზრისით. პირველი დონე წარმოდგენილია ნერვული სისტემით და მისი რეფლექტორული მოქმედებით, მეორე დონე – სულიერი მოქმედებით, რომელიც არ არის დაკავშირებული ნერვულ მოქმედებასთან და დამოუკიდებელია მისგან. სული იყენებს ნერვულ აპარატს, პირველ რიგში თავის ტვინს, უბრალოდ როგორც ბერკეტს. სული ხსნის შიფრს და კითხულობს ტვინის ქერქში მიმდინარე ინფორმაციას და ნერვული მექანიზმების საშუალებით ახორციელებს ქცევით აქტებს. ინტეგრაციის მესამე დონე, ყველაზე მაღალი და მნიშვნელოვანი, წარმოდგენილია სულისა და სხეულის კომპლექსით, სულიერი და სხეულებრივი ქმედებით, რომლებიც ერთმანეთს ავსებენ და ურთიერთკავშირში არიან. მაგრამ ეს კავშირი ჯერ ბუნდოვანი, გაურკვეველია. ის გამოიყურება ისე, როგორც წარმოდგენილი ჰქონდა ჯერ კიდევ არისტოტელს 2000 წლის წინათ. თავად სული (ცნობიერება) ნეიროფიზიოლოგის მტკიცებით წარმოიქმნება „ex nihilo“ – საგან, ანუ არაფრისაგან.

შერინგტონის სკოლამ გააგრძელა თავისი მასწავლებლის შეხედულებების დაცვა. მისი ერთ-ერთი მოწაფე, ნობელის პრემიის ლაურეატი, ცნობილი ნეიროფიზიოლოგი ეკლსი თავის მონოგრაფიაში „ცნობიერების ნეიროფიზიოლოგიური საფუძვლები“ საჭიროდ თვლის მხარი დაუჭიროს შერინგტონის შეხედულებას, როგორც „ყველაზე მისაღებ სანწყის პოსტულატს ცნობიერებისა და ტვინის პრობლემებისადმი მეცნიერულ მიდგომაში“. იგი თვლის, რომ „სული ახდენს ცვლილებას ტვინის მატერიალურ-ენერგეტიკულ სისტემაში, შესაბამისად თვითონ ის უნდა იყოს ამ სისტემის შიგნით“. ცნობიერება არსებობს თავის ტვინისაგან დამოუკიდებლად, ამბობს ეკლსი. მაგრამ მათ შორის შეიძლება იყოს კავშირი, გამოსატყუი ცნობიერების ტვინზე გავლენაში.

ზოგიერთი უცხოელი ფიზიოლოგი და ფსიქოლოგი ამტკიცებს, რომ ინტელექტი არის რომელიღაც არადიფერენცირებული ნერვული ენერგიის ფუნქცია და ფსიქიკური მოვლენები იდუმალი და შეუცნობელია. ამერიკელი ბიოქიმიკოსი პეიჯი (1957) ტვინის ბიოქიმიის ფუნქციონალური პრობლემების განხილვისას ღიად აფიქსირებს თავის უარყოფით დამოკიდებულებას დეტერმინიზმის პრინციპისადმი და ამასთან ამტკიცებს სიცოცხლის შეუცნობელობის თეზისს. იგი თვლის, რომ ცნობიერება დამოუკიდებელია მატერიალური სუბსტრატისაგან, რომ იგი არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც მატერიის ანარეკლი და რომ ნერვული სისტემა აღიქვამს არა რეალურად არსებულ გარესამყაროს, არამედ მხოლოდ „რეალობის სიმბოლოებს“. იგივეს ამტკიცებს ფრანგი ფიზიოლოგი და ფსიქოლოგი პიერონი (1945). „ჩვენ უნდა გავიაზროთ ის, რომ ჩვენი გრძნობათა ორგანოები არ წარმოადგენენ გარე სამყაროში გაღებულ ფანჯრებს და უნდა ვიფიქროთ, რომ ჩვენ ვართ ჩაკეტილნი ჩვენს სუბიექტურ მღვიმეში და არ ვხედავთ გარე სამყაროში არსებულის ჩრდილსაც კი, თუ პლატონის შედარებას გამოვიყენებთ“. პეიჯის აზრით, მეცნიერებმა არ უნდა დაივიწყონ „სულისა და სხეულის დუალიზმის პრობლემა, რომელიც არ შეიძლება გადაწყდეს მატერიალისტური მიდგომით“.

ცნობიერებისა და ყოფიერების ურთიერთმიმართების საკითხი მწვავედ არის დასმული ბერძენი ფილოსოფოსების შრომებში. პლატონი ავითარებს დუალიზმის პრინციპს, სამყარო მისი აზრით შედგება იდეათა სამყაროსა და ფიზიკური, მატერიალური საგანთა სამყაროსაგან. ამასთან იდეათა სამყარო უცვლელი და მარადიულია, ხოლო მატერიალური სამყარო ცვალებადი და წარმავალი. იდეათა სამყარო მატერიალური სამყაროს საფუძველს წარმოადგენს, ადამიანი სულისა და სხეულისაგან შედგება, რომელთა შორის ისეთივე მიმართებაა, როგორც იდეებსა და საგნებს შორის. სული ადამიანის არსებასა და აზროვნებაში ვლინდება. იგი მარადიული და დაუშლელია (მარტივია). სხეული ნაწილებისაგან შემდგარი რთულია, რომელიც იშლება და კვდება. სიკვდილი სულის გათავისუფლებას წარმოადგენს.

ცნობიერებისა და ყოფიერების ამგვარი დუალიზმი შეინიშნება გერმანელი ფილოსოფოსის ი. კანტის შემოქმედებაშიც. კანტი უშვებს „თავისთავად საგნის“ არსებობას, რომელიც პრინციპულად შეუცნობელია. ცნობიერებას გააჩნია გრძნობადობის აპრიორული აუცილებელი ფორმები – დრო და სივრცე, ანალიზისა და სინთეზის უნარი, განსჯის წმინდა ფორმები – ცნება, მსჯელობა, დასკვნა. „თავისთავად საგანი“ ზემოქმედებს ცნობიერებაზე და ინვესს მასში ქაოტურ შეგრძნებებს, რომლებიც მოექცევა დროისა და სივრცის ყალიბში. მიღე-

ბული გრძნობადი მასალისაგან განსჯის ფორმები ქმნიან ჩვენი გამოცდილების საგანს.

ცნობიერებისა და ყოფიერების ერთიანობის, მონიშმის პრინციპს პირველად სრულყოფილი სახით აყალიბებს ფიხტე. იგი უარყოფს „თავისთავად საგნის“ ცნებას და სამყაროს პირველსაწყისად აღიარებს აბსოლუტურ მეს. მე წარმოადგენს მთელ სინამდვილეს. მე იყოფა საკუთრივ მე-დ და არა-მედ. იქმნება მე-საგან არა-მეს რეალურობის დამოუკიდებლობის წარმოდგენა. არა-მე არის რეალური საფუძველი, საგანი თავისთავად. იგი წარმოიდგინება როგორც ტანჯვის საფუძველი, ვითომ რეალური საგანი. მე-ს გამოჰყავს ეს წარმოდგენა თავისი თავიდან წარმოსახვის პროდუქტიული ძალის საშუალებით.

საკუთარი პროდუქტი შეიძლება უცხოდ მოგვეჩვენოს მხოლოდ მე-ს არაცნობიერი შემოქმედებითი მოღვაწეობისას. მხოლოდ ასეთი მოქმედების პროდუქტი ჩანს გარე ობიექტად; არაცნობიერი შემოქმედება არის ცნობიერების საფუძველი და ფესვი. ცნობიერება შესაძლებელია მხოლოდ არაცნობიერის არსებობის პირობით. სანამ ჩვენ წარმოვიდგენთ არაცნობიერად, ჩვენი შემოქმედების პროდუქტები (სახეები) გარემომცველ ობიექტებად გვეჩვენება.

ფიხტეს აზრით, სიზმარი ამტკიცებს ამ დებულების ჭეშმარიტებას, საკუთარი პროდუქტი გვეჩვენება უცხოდ, ჩვენს გარეთ მყოფ ობიექტად.

ფილოსოფოსი შელინგი ავითარებს ფიხტეს აზრს. იგი თვლის, რომ უნდა არსებობდეს ერთი და იგივე შემოქმედებითი ძალა, რომელიც ქმნის ობიექტებს, ახდენს მათ კოპირებას და იძლევა ნიმუშებს მათთვის, ერთი და იგივე ქმედება არაცნობიერ შენებასა და ცნობიერ ლტოლვაში.

სუბიექტურ ინტელექტში არის ესთეტიკური და მხატვრული ქმედება. ხელოვნების იდეალური სამყარო და ობიექტების რეალური სამყარო ერთი და იგივე მხატვრული მოქმედების პროდუქტია, რომელიც არაცნობიერი მოღვაწეობისას ქმნის ბუნების რეალურ სამყაროს, ხოლო ცნობიერი შემოქმედებისას – ხელოვნების ესთეტიკურ სამყაროს. თეორიული ინტელექტი შეიცნობს სამყაროს, პრაქტიკულ ინტელექტს იგი წესრიგში მოჰყავს, მხატვრული ინტელექტი სამყაროს ქმნის.

ცნობიერებისა და მატერიის ერთიანობის კონცეფცია მწვერვალს აღწევს ჰეგელის შემოქმედებაში. ჰეგელისათვის ერთადერთი ნამდვილი არის სული (ცნობიერება) და მის იქით და მისგან დამოუკიდებლად არავითარი საგანი, არავითარი მატერია არ არსებობს. სული გაორდება ერთი მხრივ აზროვნებად (ლოგიკურ იდეად) და მეორე მხრივ ბუნებად. აზროვნება ცდილობს შეიცნოს ბუნება, მან არ იცის ჯერ, რომ ბუნება, ობიექტი თვითონ არის და მისგან დამოუკი-

დებლად არსებული საგანი ილუზიაა. აზროვნება უპირისპირდება გარესამყაროს, ებრძვის მას, შეიცნობს და საბოლოოდ ბუნების დამარცხების შემდეგ ნათელი ხდება, რომ ბუნება თვითონ მასშივე იყო, სული, აზროვნება თავისთავს ებრძოდა და გადაიქცა აბსოლუტურ იდეად. მტკიცდება აზროვნების და რეალობის, სუბიექტურობისა და ობიექტურობის იგივეობა, რაც მონიზმის ძირითადი პრინციპია.

თუ ფილოსოფიაში შექმნილ იქნა მონიზმის თეორია, საბუნების-მეტყველო მეცნიერებებში ეს ჯერ კიდევ პრობლემატურია. ფიზიკოსი ა. აინშტაინი, თავისი ცნობილი ფარდობითობის თეორიის წარმატების შემდეგ შეეჭიდა ამ საკითხს და ცდილობდა ჩამოეყალიბებინა ერთიანი ველის თეორია. როგორც ცნობილია მატერიალურ სამყაროში ძირითადად არსებობს სამი სახის ენერგია – ბირთვული, გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური. ბირთვული ველი აკავებს პროტონებსა და ნეიტრონებს ატომგულში, ელექტრომაგნიტური ველი აკავებს ელექტრონებს ატომგულის ირგვლივ და ხელს უწყობს ატომებიდან მოლეკულების წარმოქმნას. გრავიტაციული ველი ქმნის ობიექტთა ურთიერთმიზიდულობას. ა. აინშტაინი ცდილობდა შეექმნა უნივერსალური თეორია, რომელიც გააერთიანებდა ამ ენერგიებს ერთ საფუძველზე, მაგრამ მისი ცდა კრახით დასრულდა.

აინშტაინის შეცდომა ის იყო, რომ მან არ გაითვალისწინა იდეალისტური ფილოსოფიის ძირითადი დოქტრინა – ცნობიერებისა და მატერიის იგივეობის შესახებ. გარდა ბირთვული, გრავიტაციული და ელექტრომაგნიტური ენერგიებისა, სამყაროში არსებობს ფსიქიკური ენერგია. უფრო მეტიც, სწორედ ფსიქიკური ენერგია უდევს საფუძვლად სამყაროს და ბირთვული, გრავიტაციული და ელექტრომაგნიტური ველებიც მის სახეცვლილებას წარმოადგენენ. ერთიანი ველის თეორია მიიღებს დასრულებულ სახეს, თუ ამ სამი ტიპის ენერგიას დაემატება ფსიქიკური ენერგია და გამოინახება საერთო კანონები, რომლის საფუძველზეც ისინი მოქმედებენ. ცოცხალი ქსოვილების მაგნიტური თვისებები, უკვე ახლა იძლევა საშუალებას აზროვნებიდან ელექტრომაგნიტურ (ტელეპატია) და გრავიტაციულ (ტელეკინეზი, ლევიტაცია) ენერგიებზე გადასვლა მოხდეს. მომავალში მოხდება ბირთვული ველის ამ ველებთან რეზონანსული ურთიერთობის საკითხის გარკვევაც და მაშინ ერთიანი ველის თეორია დასრულებულ სახეს მიიღებს და ადამიანის ხელში ბუნებაზე ბატონობის იარაღი გახდება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. კაციტაძე ზ., ადამიანის ანატომია, თბ., 1993.
2. უზნაძე დ., განწყობის ფსიქოლოგიის ექსპერიმენტული საფუძვლები, თბ., 2004.
3. Аркадьев В. К., Ферромагнитные свойства как функция длины волны. Журн. рус. физ. об-ва. – 1913. 45. 103.
4. Бериташвили И. С. Структура и функции коры большого мозга, 1969 М.
5. Беленков Н. Ю., О функции некоторых анализаторов у животного после удаления коры больших полушарии. Журн. высш. нервн. деятелън. 1957. т VII Вып. 2 ст. 291.
6. Бехтарева Н. П., Бондарчук А. И., Смирнов В. М., Трохачев А. И., Физиология и патфизиология глубоких структур мозга человека. М., 1967.
7. Блюменфельд Л. А., влияние денатурации на спектри пр облучённых белков. 1960.
8. Блюменфельд Л. А., Аномальные магнитные своитво нуклеиновых кислот. Журн. Биофизика 1959 т. IV B5.
9. Блюменфельд Л. А., Об особенностях структуры нуклеиновых кислот и их комплексов с белками. Журн. доклады академии наук СССР. 1959. т. 124. №5.
10. Вавилов С. И., Микроструктура света. М. 1950.
11. Васильев Л. Л., Таинственные явления человеческой психики, М., 1964.
12. Введенский В. Л., Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. М. 1986.
13. Гасто Г., Роже А., Роль „неспецифических“ подкорковых образования в условнорефлекторной деятельности. в сб: некоторые вопросы современной физиологии. М., 1959.
14. Геллер-У., Плэфайр Гай лайон. Эффект Геллера. М. 1991.
15. Гельмгольц Г. Физиологическая оптика. м. 1896.
16. Гершуни Г. В. Изучение субсенсорных реакции при деятельности органов мувст. Физиологический журнал СССР. 1947. т. 23. №4. с. 393.
17. Гортер К. Парамагнитная релаксация. м. 1949.
18. Гуляев П. И. Электроаурограмма нерва, мышцы и сердца лягушки, сердца и мускулатуры человека. Доклады академии наук. 1968. т. 180. №6.
19. Гурвич А. А., Ермеев В. Ф., Карабчиевский Ю. А., Энеретические аспекты митогеретического измучения и его регистрация на фотоэлектрических умножителях. м. 1974.
20. Гурвич А. Г., Гурвич Л. Д. митогенетическое излучения. м. 1934.
21. Гурвич А. Г., Теория биологического поля м. 1944.
22. Дельгадо Х., Мозг и сознание. м. 1971.

23. Джаспер Г., Современные представления о восходящем активирующем действии ретикулярной системы. сб., ретикулярная формация мозга. м. стр. 286.
24. Джефферсон Дж., Ретикулярная формация и клиническая неврология. в сб: ретикулярная формация мозга. м. 1963.
25. Завоиский Е. К., Парамагнитная абсорбция в растворах при параллельных полях ЖЭТФ. 1944. 15 253 344.
26. Кандель Е. И., Функциональная и стереотаксическая нейрохирургия. м. 1981.
27. Кажинский Б. Б., Биологическая радиосвязь. Киев, 1963.
28. Казначеев В. П., Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск. 1985.
29. Кирлиан С. Д., В мире чудесных разрядов. 1957.
30. Кирлиан С. Д., Кирлиан В. Х., Фотографирование и визуальное наблюдение при посредстве токов высокой частоты. Журн. научн. и прикладн. фотографии и кинематографии. 1961. т 6. №6.
31. Конев С. В., Исследование хемилюминесценции биологических систем. Журн. Биофизика. 1961. т. VI, вып. 2.
32. Костандов Э. А. Восприятия и эмоции, 1977, М.
33. Лазарев П. П., Физико-химические основы высшей нервной деятельности. м. 1922.
34. Лайтинен Л., Тойвакка Э., Вилки Ю., Роstralная цингулотомия при психических нарушениях. вopr. нейрохирургии. 1973. Вып. 1.
35. Леонтович А. В. Нейрон как аппарат переменного тока. биол. журнал. 1933. т. II, Вып. 2-3. с 252. 291.
36. Ливингстон Р., Центральный контроль эфферентной активности. в сб: „ ретикулярная формация мозга. м. 1962.
37. Майоров Ф. П., Физиологическая теория сновидения. м. 1951.
38. Макаренко Ю. А. Особенности центральных механизмов при самораздражении. в кн: системная организация физиологических функций. 1969.
39. Маренина Д. И., Изменение потенциалов головного мозга при различных фазах гипноза у человека. Журн. труды инст. физиологии им. И. П. Павлова, 1956, т. V.
40. Мозг. „Мир“. 1982.
41. Неменов М. И., Рентгенотерапия через воздействие на нервную систему. Ленинград, 1950.
42. Нудубидзе М. Д., Об участии гипоталамуса в высшей нервной деятельности. Журн. высш. нервн. деятельности. 1964. т. XIV. Вып 4. с 172.
43. Олдс Дж. Выявления подкрепляющей системы головного мозга методом самораздражения. в кн: ретикулярная формация мозга. м: 1962.
44. Пенфильд У., Эпилепсия и функциональная анатомия головного мозга, м. 1958.

45. Петров Е. С., Хананашвили М. М., Влияние раздельного и одновременного раздражения лимбической структуры на эмоции. Журн. высшей нервной деятельности. 1976 т. XXVI. Вып. 6.
46. Петров Ф. П., Действие электромагнитного поля низкой частоты на высшую нервную деятельность. Журн. труды института физиологии им. И. П. Павлова, т. 1.
47. Пресман А. С., Электромагнитные поля и живая природа, м. 1968.
48. Протодяконов М., Герловин И., Электрическое строение и физические свойства кристаллов. м. 1975.
49. Риль Н. В., Миграция энергии. м. 1948.
50. Самсонова В. Г., Некоторые особенности взаимодействия первой и второй сигнальных систем при выработке условных реакции на световые раздражения слабой интенсивности. Журн. высш. нервной деятельности. 1953, т. III, В 5.
51. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме, 1960.
52. Сент-дьерди А, Биоэнергетика, м. 1960.
53. Сеченов И. М., Патология нервной системы. м. 1866.
54. Тархнишвили И. Р. Избранные сочинения. 1961.
55. Тарусов Б. Н., Сверхслабое свечение биологических систем. м. 1967.
56. Трауготт Н. И., Проблема бессознательного в нейрофизиологических исследованиях. в сб: бессознательное, природы, функции, методы исследования. I т. Тбилиси. 1978.
57. Турлыгин С. Я., О воздействии сантиметровых волн на центральную нервную систему. Журн. Докл. ак. наук. СССР. 1937. т. XVII, №1-2.
58. Фрейд З., Бессознательное, м. 1925.
59. Холодов Ю. А., Мозг в электромагнитных полях, м. 1982.
60. Цагарели М. Г. Межполушарная функциональная организация зрительно-пространственного восприятия человека. Докт. диссертация. Тб. 1995.
61. Юматова Е. А., Кляткин Е. А. Динамика сердечно-сосудистых функций у крыс в условиях эмоциональных реакции самораздражения и избегания. Журн. высш. нервн. деятельности. 1978. XXVIII, Вып 6.

სარჩევი

შესავალი	3
თავი I. თავის ტვინის ელექტრული გაღზიანების მეთოდი	4
§1. საკითხის ისტორია: ტვინში ელექტროდების ჩანერგვა	4
§2. ტვინის ლიმბური სტრუქტურების სტიმულაცია	8
§3. ვეგეტატიური ფუნქციები	16
§4. ცხოველთა ქცევის მართვა	20
§5. ცხოველი სწავლობს თვისტიმულაციას	23
§6. შეკავებითი პროცესები: მატადორი ელექტრული იარაღით	25
§7. ადამიანის ტვინის სტრუქტურა	27
§8. ადამიანის ტვინის მოტორული ცენტრები	34
§9. ადამიანის ტვინის სენსორული ცენტრები	39
§10. ფსიქიკური პროცესების მართვა	45
თავი II. ფსიქოქირურგია	51
§ 1. ლობოტომიის გავრცელება	51
§ 2. სტერეოტაქსიკური მეთოდი	54
§ 3. ფსიქოქირურგიული ოპერაციების სახეები	62
§ 4. აგრესიულობის მკურნალობა ქირურგიული მეთოდით	71
§ 5. ემოციების მართვა	73
§ 6. ზოსე დელგადოს ტრიუმფი	81
თავი III. დისტანტური ურთიერთმედეაზე გიოლოგიურ სისტემაზე	87
§1. ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი	87
§2. ინფორმაციული ურთიერთმედეები ბიოლოგიურ პროცესებში	90
§3. ემვ-ს ზემოქმედება ადამიანზე	93
§4. ტელეპათიის საკითხები	98
§5. მიტოგენეტიკური გამოსხივება	102
§6. მიტოგენეტიკური გამოსხივების ფიზიკური რეგისტრაცია	117
§8. სარკისებრი ციტოპათიკური ეფექტი	134
§9. ფიზიოლოგიური (ეგ ზოტიკური) ლუმინესცენცია	138
§10. ბიოლოგიური ქსოვილების ზესუსტი ნათება	141
§11. კირლიანის ეფექტი	144
§12. ბიოელექტრული ველები	150
§13. ბიომაგნიტური ველები	153
§14. ტვინის მაგნიტური ველები	160
თავი IV. ნუკლეინური მჟავებისა და ცილების ანომალური გაგნიტური თვისებები	174
§1. ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსი	174
§2. კრისტალების ელექტრონული თეორია	179
§3. თავისუფალი რადიკალები	186

§4. პარამაგნიტური რეზონანსი ბიოლოგიაში	189
§5. ბიოპოლიმერების მაგნეტიზმის აღმოჩენა	196
§6. ენერგიის მიგრაცია	213
§7. პარანორმალური მოვლენები	223
თავი V. არაცნობიერი ფსიქიკის შესახებ	230
§1. ფსიქოდინამიკა და ფსიქიკური აპარატის სტრუქტურული წყობა	230
§2. დ. უზნაძის განწყობის თეორია	233
§3. არაცნობიერი ფსიქიკის ფიზიოლოგიური საფუძვლები	237
§4. ცენტრენცეფალური სისტემის თეორია	244
§5. პირობითი რეფლექსების წარმოქმნის ახალი თეორია	250
§6. ორგანიზმის რეაქცია შეუგრძნობელ (სუბსენსორულ) გალიზიანებაზე	254
§7. ძილი და პიპნოზი	260
§8. ფსიქოფიზიკური მონიზმის კონცეფცია	268
პოლონიტყვაობა	277
გამოყენებული ლიტერატურა	282

გირაჲი: 100

უასი სახელშეკრულებო

**დაიბეჟდა თსუ კლასიკური ფილოლოგიის, ბიზანტინისტიკისა და
ნეოგრეცისტიკის ინსტიტუტის სტამბაში
ილია ჭავჭავაძის გამზირი 13**

გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0128, ი. ჯავახიშვილის გზ. 19, ტ: 22 36 09, 8(99) 17 22 30

E-mail: universal@internet.ge