

**მარტივი სენსომოტორული
რეაქციის ღრვის ბაზოზმა**

**მ. გიგინეიშვილი¹, ო. კეთილაძე²,
თ. მიქელაძე¹, მ. ჩიხლაძე^{2,*}, თ. ხაჩიძე²**

¹ სააქციო საზოგადოება „კურაციო“

თბილისი, საქართველო

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, საქართველო

* chixladze_manana51@mail.ru

მიღებულია 2019 წლის 22 დეკემბერს

ანოტაცია

განმარტებულია ბიოლოგიური ობიექტის სენსომოტორული რეაქციის არსი და ტიპები. მოცემულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფიზიკის სასწავლო ლაბორატორიის ბაზაზე შემუშავებული მარტივი სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის განსაზღვრის მეთოდი. წარმოდგენილია ექსპერიმენტის ელექტრული სქემა.

ადამიანის ქცევის მიხედვით მისი შინაგანი სამყაროს შემეცნების მცდელობას მეტად ხანგრძლივი ისტორია აქვს, მაგრამ ჭეშმარიტად სამეცნიერო გამოკვლევის დაწყებას საფუძველი ჩაეყარა XIX საუკუნის დასაწყისში, როდესაც ივან სეჩენოვმა და სხვა ფიზიოლოგებმა პირველად დააკავშირეს ადამიანის მოტორული (მამოძრავებელი) ფუნქციები ცენტრალური ნერვული სისტემის უმაღლესი ნაწილების ფუნქციებთან. მისი მტკიცებით, „ნერვული სისტემა საქმიანობის მრავალფეროვანი რეგულატორების კრებულს წარმოადგენს“.

გარე სიგნალზე (სტიმულზე) ადამიანის რეაგირების სიჩქარე და სიზუსტე მისი პირველი ფსიქომოტორული მახასიათებელია. ვინაიდან ამა თუ იმ სიგნალზე ადამიანის სენსომოტორული რეაქცია (საპასუხო მოქმედება გამაღიზიანებელზე) არის თითქმის ნებისმიერი შრომითი საქმიანობის შემადგენელი ელემენტი, ამიტომ ამ რეაქციის ხანგრძლივობისა და სიზუსტის შესწავლა ძირეულად მნიშვნელოვანია მრავალი ყოფითი პრობლემის გადაჭრისათვის.

თანამედროვე მედიცინის სერიოზული გამოწვევაა ისეთი დაავადებები, რომლებიც სენსომოტორული რეაქციის დარღვევით მიმდინარეობს. ამ დაავადებებისა და შესაბამისი მდგომარეობების ჩამონათვალი საკმაოდ ვრცელია. მაგალითად,

პოლინეიროპათია გამოწვეულია ისეთი მიზეზებით, როგორიცაა დიაბეტი, აივ-ინფექცია, თირკმლის დაავადებები ბოლო სტადიაზე, ამილოიდოზი, ჰიპოთირეოზი, ვიტამინების დეფიციტი, ლაიმის დაავადება, აუტოიმუნური და ტოქსიური, თანდაყოლილი და იდიოპათიური პროცესები. მოტორული ნეირონების დაავადებას მიეკუთვნება გვერდითი ამიოტროფიული სკლეროზიც. მრავალი ამგვარი დაავადება განუკურნებელია და დღესდღეობით მათი პროგრესირების შეჩერება და პაციენტის მდგომარეობის მართვად პროცედურად ქცევაც კი დიდ წარმატებად ითვლება. სენსომოტორული რეაქცია ვითარდება როგორც იმ სხვადასხვა ფუნქციონალური სისტემების ურთიერთქმედების პროცესი, რომლებიც აღიქვამენ რეალურ სიტუაციას და რეაგირებენ მასზე.

ნერვული მოქმედების რეფლექტორული პრინციპი არ უნდა განვიხილოთ მარტივი სქემის „სტიმული–რეაქცია“ სახით. ეს სქემა მოქმედებს მხოლოდ ორნეირონიან რკალში. უმრავლეს შემთხვევაში ამგვარი რეაქცია სხვადასხვა ინტეგრაციული დონეების მუშაობის შედეგად ინფორმაციის რთული გადამუშავების პროცესია. ნერვულ სისტემაში შესული ინფორმაციის დამუშავება და შერჩეული გადაწყვეტილების რეალიზაცია კონკრეტული მოქმედების სახით შეიძლება დაეყოს შემდეგ ეტაპებად.

ყველაზე პერიფერიული – რეცეპტორულ-ეფექტორული დონე – წარმოდგენილია რეცეპტორული აპარატით და კუნთით. იგი, ერთი მხრივ, უზრუნველყოფს გამღიზიანებლის ენერგიის ტრანსფორმაციას და ნერვული იმპულსის სპეციფიკურ ენერგიას, ხოლო, მეორე მხრივ, ეფექტორულ ნერვულ სიგნალს გადაამუშავებს კუნთოვანი შეკუმშვის ენერგიად.

რეცეპტორული აპარატი აფერენტაციის ძირითადი წყაროა შემდგომი ინტეგრაციული – სეგმენტური დონისათვის. სეგმენტურ დონეში იგულისხმება არა მხოლოდ ზურგის ტვინის სეგმენტი, არამედ თავის შინაარსით „სეგმენტური“ ღეროვანი კომპლექსებიც, რომლებიც თავზურგტვინის ნერვების მგრძნობიარე და მამოძრავებელი ბირთვებისაგან შედგება.

ამ ეტაპზე ხდება რეცეპტორებიდან შემოსული ინფორმაციის კოდირება და გადაცემა ინტეგრაციის უფრო რთულ აპარატში – ქერქქვეშა სტრუქტურებში. ამავედროულად გარკვეულ დონეზე წარჩუნდება სეგმენტური ცენტრების ეფერენტული (მამოძრავებელი) აქტივობაც, რაც უზრუნველყოფს კუნთების შეკუმშვისადმი მზადყოფნის მუდმივობას.

რამდენიმე დამოუკიდებელი აფერენტული არხისა და ქერქქვეშა ეფერენტული (სტრიო-პალიდური) სისტემის მეშვეობით ქერქქვეშა სტრუქტურებში ინფორმაციის დამუშავება ხდება ბევრად უფრო ნატიფად, ვიდრე სეგმენტურში. სტრიო-პალიდურ სისტემას კუნთებთან უშუალო კავშირი არა აქვს, მაგრამ მართავს მათ სეგმენტური ეფერენტული ცენტრების საშუალებით და მონაწილეობს რთული ავტომატიზებული მოძრაობითი აქტების განხორციელებაში, რაც კუნთების სხვადასხვა ჯგუფის შეთანხმებულ მოძრაობას საჭიროებს.

ქერქქვეშა სტრუქტურებიდან ინფორმაცია თავის ტვინის ქერქს გადაეცემა. ქერქისკენ მიმართული იმპულსები თავდაპირველად ხვდება ე.წ. „ქერქის პროექციულ ზონებში“, რომლებშიც აისახება („პროექცირდება“) ინფორმაცია ყველა რეცეპტორული ზონიდან უკვე დამუშავებული სახით. ამ ინფორმაციის ანალიზი და სინთეზი ხორციელდება ქერქის გნოსტიკურ ცენტრებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ აღქმას.

ამგვარად, აფერენტული გზებით თავის ტვინის ქერქში მოხვედრილი ინფორმაცია წინასწარ გადამუშავდება სულ მცირე სამ საფეხურზე: რეცეპტორულ-ეფექტორულზე, სეგმენტურ და ქერქქვეშა დონეებზე. თითოეული ინტეგრაციული დონე დამოუკიდებლად გადაამუშავებს ინფორმაციის ნაწილს და გამოიმუშავებს პასუხს. ინფორმაციის მნიშვნელოვანი ნაწილი კი გადაეცემა ზემდგომ ცენტრებს, რომლებიც ანალოგიურად მუშაობს. აქედან გამომდინარე, ვასკნით, რომ თავის ტვინის ქერქში ხდება მხოლოდ ის სიგნალები, რომლებიც უმაღლეს დონეზე დამუშავებას საჭიროებს. სწორედ მათზეა დამოკიდებული ადამიანის გაცნობიერებული, მიზანმიმართული ქმედებები.

ყველა ცენტრის ურთიერთშეთანხმებული მუშაობის საფუძველზე ყალიბდება ობიექტური წარმოდგენა გარემოსა და თავად ორგანიზმის მდგომარეობის შესახებ. სიტუაციისა და მოცემულ მომენტში მამოძრავებელი სისტემის რეალური შესაძლებლობების ანალიზის შედეგად ყალიბდება „გადაწყვეტილება“ – ე.წ. მოქმედების გეგმა. მისი რეალიზაცია ხდება პრაქსისის ცენტრებით, რომლებიც უზრუნველყოფს მოძრაობითი ავტომატიზმის შერჩევას და თანმიმდევრობას გარემოს შესაბამისად. პრაქსის-ცენტრები მოძრაობითი აქტების მართვის უმაღლესი ცენტრებია და მათ ემორჩილება ქვემდებარე ინტეგრაციულ დონეზე მყოფი ყველა ეფერენტული სისტემა.

ნერვული სისტემის ნორმალური მუშაობისას ეფერენტული სიგნალები ზემოდან ქვემოთ ეშვება ყველა ეტაპის გავლით. სიგნალი გაივლის მაპროექცირებელ მოძრაობით მიდამოს, ქერქქვეშა ეფერენტულ სტრუქტურებს და ნათხემს, სეგმენტურ მამოძრავებელ აპარატს და გადაეცემა კუნთს.

ამა თუ იმ დონეზე დაზიანებისას უნდა დაირღვეს ამ დონის უშუალო გავლენა ქვემდებარე ცენტრებზე და ასევე უნდა გაწყდეს მათი კავშირი ქერქთან, მაგრამ ქერქს გააჩნია ეფერენტაციის დამატებითი არხები, რომლებითაც კუნთებს „ბრძანება“ გადაეცემა დაზიანებული ადგილის გვერდის ავლით. თუ ქერქის ზეგავლენა მაინც შეწყდება ქვემდებარე ინტეგრაციულ დონეებზე, მაშინ ეს უკანასკნელნი გადადიან მუშაობის ავტომატურ რეჟიმზე და მთელ თავის აფერენტულ სიგნალებს გზავნიან საკუთარ ეფერენტულ სისტემებთან.

აფერენტული და ეფერენტული სისტემები მჭიდროდ ურთიერთქმედებენ, ვინაიდან ისინი რეფლექსური რკალის რგოლებს წარმოადგენენ. ამიტომ აფერენტული სისტემის დაზიანებამ შეიძლება რეფლექსური მოქმედების დარღვევა გამოიწვიოს მაშინაც კი, როდესაც ეფერენტული, რეფლექსის რეალიზაციის მუშა აპარატი დაზიანებული არაა.

ნერვული სისტემის რთული, ინტეგრაციული მუშაობა შენიღბულია ცალკეული ფიზიოლოგიური აქტების სიმარტივით. ხშირად მხოლოდ ნერვული ცენტრის ან გამტარი გზების დაზიანებისას ხდება თვალსაჩინო ამა თუ იმ ფუნქციის ორგანიზაციის სირთულე.

სენსომოტორული რეაქცია იყოფა ორ ტიპად. ესენია: მარტივი და რთული. მარტივი რეაქციაა, როცა ადამიანისათვის წინასწარ ცნობილია მოულოდნელი ზემოქმედების სახე – სიგნალი (სინათლე, ბგერა) და საპასუხო მოქმედება. რთული რეაქციაა, როცა ცნობილია სიგნალები და შესაბამისი საპასუხო მოქმედებები, მაგრამ არაა ცნობილი სიგნალთა თანმიმდევრობა. რთული რეაქციის დრო საგრძნობლად აღემატება მარტივი რეაქციის დროს. იგი დამოკიდებულია გამოცდილებაზე, საშიშროების წინასწარ ცოდნაზე, განწყობაზე. იგი იზრდება ავადმყოფობის, წამლების

გამოყენების, ალკოჰოლური სასმელის მიღების, ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილების, გადაღლის, ასაკის გავლენის მიხედვით და ა.შ.

სენსომოტორულ რეაქციას ახასიათებენ სწორი მოქმედებით, სიზუსტით, დროულობით. შეიძლება რეაგირება სწორი იყოს, მაგრამ – ნაადრევი ან პირიქით – სწორი, მაგრამ – დაგვიანებული. ზოგადად რეაქციის დრო ასაკის მატებასთან ერთად იზრდება, მაგრამ გამოცდილება და სიტუაციის პროგნოზირების უნარი აკომპენსირებს შენელებულ რეაქციას.

აშკარაა, რომ სენსომოტორული რეაქციის დრო დამოკიდებულია როგორც ინდივიდუალური ფუნქციონალური სისტემების მდგომარეობაზე, ასევე – გარე პირობებზე, რომლებიც განსაზღვრავს ფუნქციონალური სისტემების მოქმედების პარამეტრებს. ამ პირობების გათვალისწინება ექსპერიმენტის ჩატარებისას საშუალებას იძლევა მივიღოთ მონაცემები რეაქციის დროს სხვადასხვა ფაქტორზე (მაგალითად, სტიმულის სიგნალის სიძლიერეზე, დავალების ლოგიკურ სირთულეზე, საავტომობილო რეაქციის შესრულების სირთულეზე და ა.შ.) დამოკიდებულების შესახებ.

თითოეული სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობა იყოფა ორ ნაწილად. ესენია: ლატენტური (ინკუბაციური) და მოტორული პერიოდი.

ლატენტური პერიოდი მოიცავს დროის შუალედს ბიოლოგიურ ობიექტზე რაიმე გამღიზიანებელი მოქმედების დაწყებიდან საპასუხო რეაქციამდე. ის შედგება შემდეგი ინტერვალებიდან: შესაბამისი რეცეპტორებიდან ნერვული იმპულსების გადაცემა თავის ტვინის ქერქის შესაბამის ზონაში, ინფორმაციის გადამუშავება ცენტრალური ნერვული სისტემის მიერ, საპასუხო რეაქციის გადაწყვეტილების მიღება, ბრძანების გადაცემა შემსრულებელ ორგანოებზე. მარტივი რეაქციის საშუალო ლატენტური პერიოდი სინათლით ზემოქმედებისას არის 0.3 – 0.4 წმ, ბგერითი სიგნალის შემთხვევაში კი 0.15 – 0.20 წმ. ლატენტური პერიოდის ხანგრძლივობით შეიძლება მსჯელობა ნერვული სისტემის დინამიურობაზე.

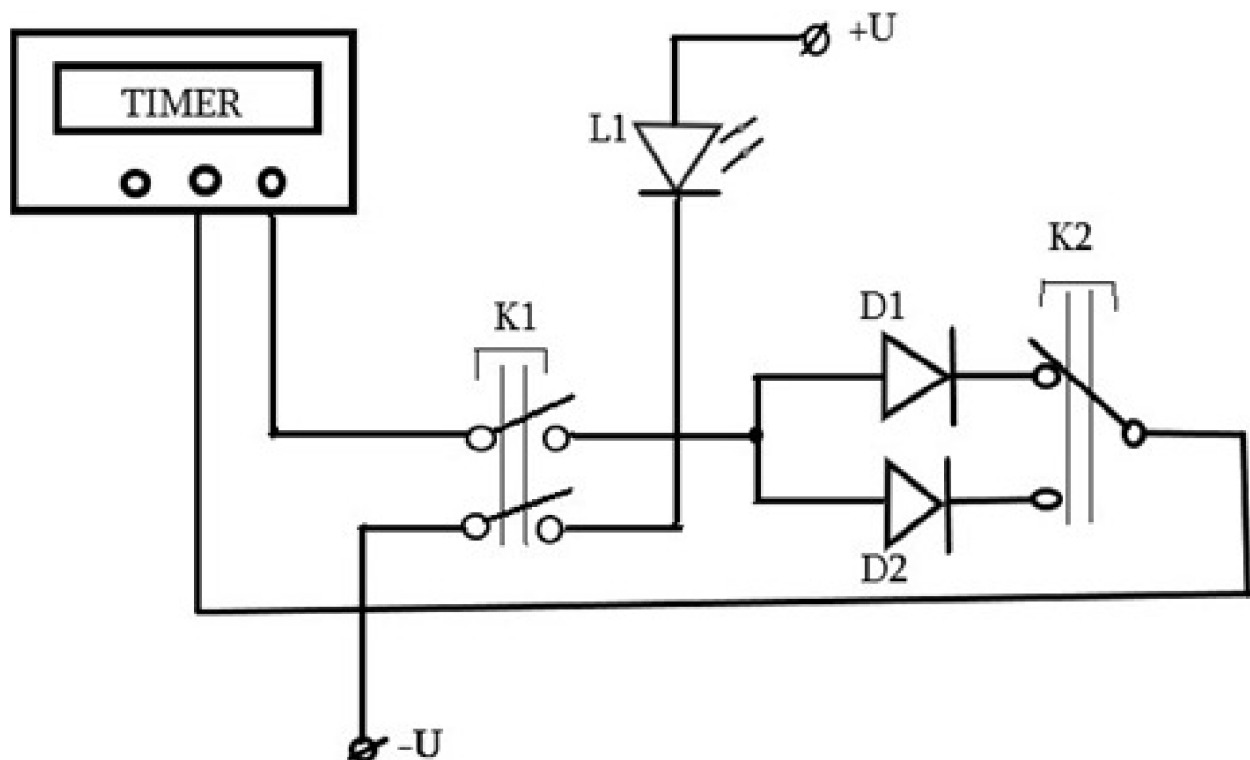
მოტორული პერიოდი საპასუხო მოქმედების ხანგრძლივობაა. ის, თავის მხრივ, შედგება რამდენიმე ინტერვალისაგან: შესაბამისი კუნთების აღზნება, მათი ინერციულობის დაძლევა და შესატყვისი მოქმედების შესრულება. მოტორული პერიოდი, როგორც წესი, აღემატება ლატენტურს.

ადამიანის სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობა განსაკუთრებით მოტორულ ნაწილში, მეტწილად ბუნებრივია (თანდაყოლილია) და მცირედ იცვლება ვარჯიშით. იგი მოწიფული ასაკიდან დაწყებული თანდათან სუსტდება. მოტორული პერიოდის ხანგრძლივობა გადამწყვეტ როლს თამაშობს ისეთი პროფესიებით მუშაობისას (მაგალითად, მფრინავი, ინსტრუქტორი, მემანქანე, ოპერატორი და სხვა), რომლებიც განსაკუთრებით სწრაფი და სწორი გადაწყვეტილების მიღებაზეა ორიენტირებული.

ადამიანის სენსომოტორული რეაქციის მახასიათებლები წარმოდგენას იძლევა მისი პიროვნების რეალური რესურსებისა და რეზერვების შესახებ. ადამიანის სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის გასაზომად გამოყენებული ფრიად განსხვავებული კონსტრუქციის ხელსაწყოების დიდი უმრავლესობა დაფუძნებულია ცნობილ წინააღმდეგობის გავლით კონდენსატორის დამუხტვა-განმუხტვის პროცესის დროის პარამეტრთა გაზომვაზე.

ჩვენი მიზანი იყო ლაბორატორიულ პირობებში სტუდენტებს შეძლებოდათ მარტივი სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის განსაზღვრა. კერძოდ, სინათლის

ან ბგერითი სიგნალების მიღებისას შეესრულებინათ საპასუხო მოქმედება (მაგალითად, გადამრთველის საშუალებით შეეწყვიტათ სიგნალის მოქმედება) და გაეზომათ პროცესის ხანგრძლივობა.



სურათი 1. მარტივი სენსომოტორული რეაქციის ხანგრძლივობის გამზომი სისტემის ელექტრული სქემა.

ამ მიზნით ჩვენ მიერ დამუშავდა ელექტრული სქემა, რომელიც მოცემულია **სურათზე 1**. ელექტრული სქემის ძირითადი ელემენტია რეაქციის დროის აღმრიცხველი TIMER (სიზუსტე 0.01 წმ). სქემაში გამოყენებულია დილაკური ჩამრთველი K1 (გამომცდელის დილაკი) ორი წყვილი კონტაქტით, მისი ჩართვით (სქემაზე კონტაქტების ზედა წყვილი) იკვრება წრედი D1 ნახევარგამტარული დიოდის გავლით და გამშვები სიგნალი მიეწოდება დროის აღმრიცხველ მოწყობილობას, რომელიც იწყებს დროის ათვლას. პარალელურად იკვრება K1 ჩამრთველის კონტაქტების მეორე წყვილიც (სქემაზე ქვედა) და კვების ძაბვა მიეწოდება შუქდიოდურ (LED) ნათურას L1, რომელიც ფაქტიურად მყისიერად ინთება.

ასეთი ტიპის მანათობლების სწრაფმოქმედება ბევრად აღემატება ვარვარების და გაზური განმუხტვის ნათურების სწრაფმოქმედებას. ეს კი მნიშვნელოვანია მოცემული მოწყობილობის ზუსტი ფუნქციონირებისათვის.

მაშასადამე დროის ათვლა და სასიგნალო შუქდიოდური ნათურის ანთება ერთდროულად ხდება. იმისათვის, რომ დროის ათვლის პროცესი შეჩერდეს საჭიროა დროის ამთვლელი მოწყობილობიდან მოვხსნათ პირველი სიგნალი და მივაწოდოთ მეორე. ამის განსახორციელებლად სქემაში ჩართულია დილაკური გადამრთველი K2 (გამოსაცდელის დილაკი), რომელსაც გამოსაცდელი თითს აჭერს ნათურის ანთების დაფიქსირების მომენტში, რის შედეგადაც ითიშება კონტაქტი D1 დიოდთან და წყდება დროის აღმრიცხველ მოწყობილობაზე მიწოდებული სიგნალი, მაგრამ

მომენტალურადვე იკვრება კონტაქტი D2 დიოდთან და უკვე მისი საშუალებით მიეწოდება მეორე სიგნალი დროის აღმრიცხველ მოწყობილობას. დროის ათვლა ჩერდება და მოწყობილობა გვიჩვენებს სენსომოტორული რეაქციის დროს.

დამოწმებანი

- [1] П. И. Сидоров, А. В. Парняков. Введение в клиническую психологию, Том I (Учебник для студентов медицинских вузов), 2000, Москва, Академический Проект – Екатеринбург, Деловая книга.
- [2] დ. უზნაძე. ზოგადი ფსიქოლოგია (ელ-წიგნი), 2000, თბილისი.
- [3] მ. ჩიხლაძე, მ. გიგინეიშვილი, ო. კეთილაძე. სამედიცინო ფიზიკის საფუძვლები, 2018, თბილისი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. ISBN 978–9941–20–998–7 (PDF), სტუ-ის ბიბლიოთეკა: CD–4522.