

რაში სჭირდებათ ბიოლოგებს გამჭვირვალე ნერვული ქსოვილი

ავტორი რუსუდან თედორაძე

მიმდინარე წლის აპრილში აშშ-ის პრეზიდენტმა ბარაკ ობამამ ოფიციალურად განაცხადა ახალი სამეცნიერო პროგრამის, **BRAIN-ის (ტვინი)**, ამოქმედების შესახებ. „ადამიანის გენომის“ შემდეგ ეს ყველაზე ამბიციური პროექტია; მასში ჩართულია ამერიკის მრავალი ინსტიტუტი, რომელთა მიერ ჩატარებულ სამუშაოებს კოორდინირება გაეწევა. შთამბეჭდავია პროექტის ბიუჯეტიც, რომელიც ათი წლის განმავლობაში სამ მილიარდ დოლარს შეადგენს.

რამდენიმე თვით ადრე ევროკავშირმა დააფინანსა ასეთივე მასშტაბის პროექტი Blue Brain (ცისფერი ტვინი). მისი მიზანი „ვირტუალური ტვინის“ შექმნაა – მძლავრი კომპიუტერული პროგრამისა, რომელიც ცალკეული ნეირონების, მათი კავშირების და შემდეგ მთელი ტვინის მოქმედების მოდელირებას შეძლებს. ყოველივე ამის ფონზე, შეიძლება ითქვას, რომ ნეირობიოლოგია რევოლუციისწინარე მდგომარეობაში იმყოფება.

ჟურნალ Nature-ში აღწერილი იყო ტექნოლოგია, რომლის გამოყენების შემთხვევაში მკვეთრად დაჩქარდება თავის ტვინის შესწავლა. გთავაზობთ სტატიის მოკლე მიმოხილვას.

მეცნიერებმა შეძლეს, ტვინი „გამჭვირვალე“ გაეხადათ, რამაც საშუალება მისცა მათ, მიკროსკოპის ქვეშ შეესწავლათ ცალკეული ნეირონები და მათი კავშირები. მეთოდი არ მოითხოვს უჯრედის ანათალის გაკეთებას, რადგან ნერვულ ქსოვილში სხვადასხვა ტიპის უჯრედები სხვადასხვა ფერად ასხივებენ.

„ტვინი – ეს არის სამყარო, რომელშიც მრავალი უცნობი კონტინენტი და გამოუკვლეველი სივრცეა“, – ასეთი წარწერა აქვს ჭურჭელს, რომელშიც მღრღნელის „უჩინარი“ ტვინია მოთავსებული – სტენფორდის უნივერსიტეტის ნეირობიოლოგებმა შეძლეს, მღრღნელის თავის ტვინის ქსოვილი გამჭვირვალე გაეხადათ და მასში ჩვეულებრივი სინათლის მიკროსკოპის საშუალებით დაკვირვებოდნენ ცალკეულ ნეირონებს, რომლებიც სიბნელეში ყვითელი, წითელი და ლურჯი ფლუორესცენციით ასხივებენ.

სამართლიანობა მოითხოვს ითქვას, რომ ნერვული ქსოვილის გაუფერულების იდეაზე მეცნიერები ათიოდე წელია მუშაობენ და სტენფორდელი ნეიროქირურგები ამ საქმის პიონერები არ არიან, რადგან ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანი შედეგები ჯერ კიდევ 2007 წელს იქნა მიღწეული.

გამჭვირვალობის „სურვილი“

როგორც ცნობილია, ტვინი მორუხო-მოთეთროა. ეს ფერი უჯრედის მემბრანებზე სინათლის სხივის მრავალჯერადი არეკვლის შედეგად წარმოიშობა. ამ თვალსაზრისით ტვინის ქსოვილი არაფრით განსხვავდება, მაგალითად, რძისაგან, სადაც სხივს აირეკლავს სითხეში ემულგირებული ცხიმი.

ნერვული ქსოვილი გამჭვირვალე რომ გახდეს, მასში თითქმის მინიმუმადე უნდა იქნეს დაყვანილი არეკვლა. ამის მისაღწევად მეცნიერები თავდაპირველად ნერვული ქსოვილის მემბრანებს ამატებდნენ დაბალი არეკვლის მქონე ორგანული ნივთიერებების ხსნარებს, მაგრამ ამ მეთოდს აქვს მნიშვნელოვანი ნაკლი, მაგალითად, ხსენებული ნივთიერებების გამოყენება თრგუნავს ფლუორესცენციას, მის გარეშე კი ტვინის გაუმჭვირვალობა აზროს კარგავს, რადგან სწორედ ფლუორესცენციული საღებავების მეშვეობითაა შესაძლებელი ქსოვილის ან რომელიმე უჯრედის მონიშვნა.

ალტერნატიულ გზად შესაძლოა გამოდგეს უჯრედების მემბრანების მოცილება, მაგრამ აქამდე ამ მეთოდს სერიოზულად არავინ ეკიდებოდა, რადგან ამ დროს, გამორიცხული არ არის, ტვინის ქსოვილი არასტრუქტურირებულ „ფაფად“ იქცეს. სტენფორდელი მეცნიერები კი სწორედ ამ გზით წავიდნენ და სამუშაოს მსვლელობის დროს მოახერხეს, პრაქტიკულად შეენარჩუნებინათ ნერვული ქსოვილი და უჯრედული ცილების უმეტესობა. მათი საიდუმლოა სპეციალური მატრიქსები, რომლებიც, ერთი მხრივ, თავის ადგილზე ინარჩუნებს ყველა სტრუქტურას, მეორე მხრივ კი ხელს არ უშლის ფლუორესცენციული ანტისხეულების დიფუზიას.

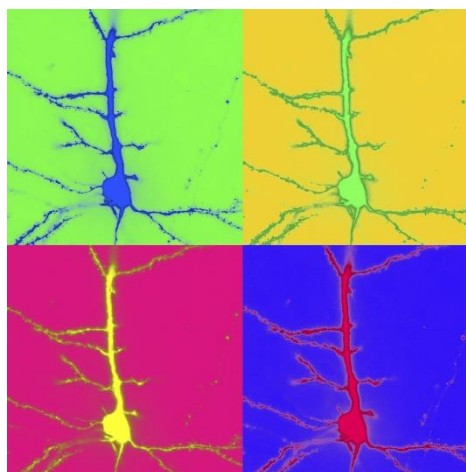
მეცნიერთა მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიის საფუძველზე მღრღნელის ტვინს აჯერებენ სამი ნივთიერებით: ფორმალდეჰიდით, აკრილამიდითა და ბისაკრილამიდით. გარდა ამისა, უმატებენ ნივთიერებას, რომელიც გაცხელებისას პოლიმერიზაციის ინიცირებას ახდენს. პოლიმერიზაციის დროს აკრილამიდი და ბისაკრილამიდი წარმოქმნიან გამჭვირვალე პოლიმერულ ბადეს, ხოლო ფორმალდეჰიდი მასზე ნერვული ქსოვილის ცილებსა და ნუკლეინის მჟავებს „აკერებს“. კვლევის დროს აღმოჩნდა, რომ ლიპიდები, რომელთაგანაც შედგება მემბრანები, არანაირად არ არიან შეერთებულნი პოლიმერულ მატრიცასთან და ამიტომ ძალიან ადვილია მათი მოცილება ზედაპირული აქტიური ნივთიერებებით. მთელი ეს პროცედურა სამ დღეს მოითხოვს; ამის შემდეგ უკვე შეიძლება პრეპარატის მოთავსება ფლუორესცენციული ანტიგენების საღებავის ხსნარში, ერთი კვირის შემდეგ კი მეცნიერები იღებენ „გამჭვირვალე ტვინს“, რომელშიც დასხივებისას სხვადასხვანაირად იწყებს ნათებას.

მეცნიერებმა ახალი ტექნოლოგია გამოსცადეს არა მარტო თავის ტვინზე, არამედ ადამიანის ტვინის ანათალზეც, რომელიც, ტრადიციულად, ინახება ფორმალინში. აღმოჩნდა, რომ ფორმალდეჰიდი სრულიად არ უშლის ხელს გაუფერულებას, ეს კი ნიშნავს, რომ მეცნიერებს თამამად შეუძლიათ შეისწავლონ მსოფლიოს სამეცნიერო ლაბორატორიებში დაცული უამრავი საინტერესო კოლექცია. ბუნებრივია, ადამიანის თავის ტვინის დიდი მოცულობის გამო მისი მთლიანად გაუფერულება ჯერჯერობით შეუძლებელია, მაგრამ ანათლების სისქე უკვე მილიმეტრებით იზომება და არა კლასიკური მიკრომეტრებით. მნიშვნელოვანია ასევე, რომ ახალი მეთოდი იძლევა საშუალებას, შესწავლილ იქნეს არა მარტო შესაბამის ფუნქციასთან დაკავშირებული ცალკეული უჯრედები, არამედ შეიცვალოს მარკერებიც.

რა არის კონექტომა?

კონექტომას უწოდებენ თავის ტვინის ყველა ნეირონს შორის არსებული კავშირების (სინაფსების) ერთობლიობას. როგორც ცნობილია, ადამიანის ტვინში მათი რაოდენობა კვადრილიონს (10^{15}) შეადგენს. ნეირობიოლოგიის სფერო, რომელშიც გამჭვირვალე ტვინს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, კონექტომიკად (გენომიკის მსგავსად) იწოდება.

დღესდღეობით ნეირონული კავშირების სრულფასოვანი მოდელის შექმნა ამბიციურ პროექტად მიიჩნევა, ისევე როგორც თავის დროზე „ადამიანის გენომის“ პროექტში – დნმ-ს ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობის შესწავლა, თუმცა მეცნიერებმა ჯერ კიდევ 1986 წელს წარმატებით სცადეს ჭია *Caenorhabditis elegans*-ის, მის 302 ნეირონს შორის არსებული 700-მდე კავშირის შესწავლა. მეორე მხრივ, თავის ტვინში კვადრილიონი სინაფსის შესწავლა უტოპიურ იდეას ჰგავს, მაგრამ ნუ დაგვავიწყდება – ოცი წლის წინ ადამიანის გენომის სეკვენირებაც ფანტასტიკის სფეროს მიეწერებოდა.



სურათზე:

მღრღნელის გაუფერულებული ტვინი
ფლურესცენციული ნათებით

კონექტომის პროექტის ლოგო

მომზადებულია ჟურნალ *Nature*-ზე დაყრდნობით