

**ოფთალმოლოგიური კერიმეტრი ინტეგრირებული
კომპიუტერული ტექნოლოგიებით**

გიორგი გივილაშვილი, ზვიად ლურწყაია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ოფთალმოლოგიური დაავადებების გამომწვევ მიზეზებად სხვადასხვა ფაქტორები გვევლინება. ოფთალმოლოგიურ გამოკვლევებში პერიმეტრია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე ინფორმატიულ სადიაგნოსტიკო საშუალებას. მის შესაძლებლობებში შედის არა მხოლოდ თითო თვალის ფოტოსენსიტიურობის ხასიათის დადგენა არამედ მხედველობით-ნევროლოგიური გზების ტრავმების სიმძიმის დადგენა. კომპიუტერული ტექნოლოგიების ინტეგრირება პერიმეტრულ სისტემებში მხედველობის არეალში უმნიშვნელო დეფექტის დადგენის საშუალებას იძლევა. პერიმეტრიის სისტემის სენსორული მონიტორით ინტეგრაციის შედეგად შესაძლებელია სისტემის გამარტივებული მართვა. სისტემის სიმართივე და გამოსადეგობა საშუალებას იძლევა მისი გარე-პოსპიტალურ გამოყენებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: ოფთალმოლოგია. პერიმეტრია. მხედველობის ველი. მიკროკონტროლერი.

1. შესავალი

21 საუკუნის განმავლობაში ჩვენ მომსწრენი გავხდით კომუნიკაციების და ინფორმაციული ტექნოლოგიების მკვეთრად გაზრდილი როლისა ყველა სფეროში. ინფორმაციული ტექნოლოგიების და კომუნიკაციების ახალმა შესაძლებლობებმა და ფართო მისაწვდომობამ გარკვეული უარყოფითი ზემოქმედება იქონია იმ დაავადებების განვითარების პროცესებზე, რომელიც გამოწვეულია სპეციფიურ ორგანოებზე ფიზიოლოგიური დატვირთვის გაზრდით. ბოლო წლების განმავლობაში ოფთალმოლოგიური დაავადებების შემთხვევების რიცხვმა როგორც ბავშვებში, ასევე მოზრდილებში მკვეთრი ზრდა განიცადა [1]. ოფთალმოლოგიური დაავადებების გამომწვევ მიზეზებად სხვადასხვა ფაქტორები გვევლინება: თანდაყოლილი დაავადებები, ტრავმატული დაზიანებები, არასასურველი გარემო პირობების ზემოქმედება და მხედველობის ორგანოების არანორმირებული დატვირთვა [2]. მხედველობის უნარის დაქვეითების გამომწვევი მიზეზები მხოლოდ მხედველობის ორგანოების დაავადებებით არ შემოიფერგლება. ისეთი გავრცელებული დაავადებები როგორც არის ნევროლოგიური დაავადებები, დიაბეტი, ათეროსკლეროზი და ა.შ ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს მხედველობის ორგანოს ნორმალურ ფუნქციონირებაზე [3].

ოფთალმოლოგებთან ვიზიტი ძირითადად ხდება მხედველობის გაუარესების შემთხვევაში, რაც მხედველობის არეალის სივრცითი დამახასიათებელი ფაქტორია. მხედველობის არეალს წარმოადგენს სივრცე, რომელსაც ადამიანის თვალი აღიქვამს იმ პირობებში როდესაც მხედველობის ველი არის სტატიკური და ადამიანის მზერა და თავი დაფიქსირებულია. მხედველობის არეალის აღქმა თვალის ბადისებრი გარსის (ბადურის) პერიფერიული ნაწილის ფუნქციაა ხოლო მხედველობის არეალის ფიზიოლოგიური საზღვრები დამოკიდებულია თვალის მხედველობითი ნაწილის და მხედველობითი ცენტრის მდგომარეობაზე.

ოფთალმოლოგიურ გამოკვლევებში პერიმეტრია ერთ-ერთ ყველაზე ინფორმატიული სადიაგნოსტიკო საშუალებაა. მის შესაძლებლობებში შედის არა მხოლოდ თითო თვალის ფოტოსენსიტიურობის ხასიათის დადგენა, არამედ მხედველობით-ნევროლოგიური გზების ტრავმების სიმძიმის დადგენა.

კინეტიკურ და სტატიკურ პერიმეტრიას, რომლებიც პერიმეტრიის ორი განსხვავებული ტექნოლოგიაა, ახასიათებს დადებითი და უარყოფითი მხარეები რომლებიც გარკვეულ წილად პერიმეტრის დიზაინით არის განპირობებული [4,5]. პერიმეტრი არის ადამიანის მხედველობის

არეალის განმსაზღვრელი ინსტრუმენტი. გამოკვლევის პროცედურის განმავლობაში პაციენტი აფიქსირებს თავის მხედველობას მის წინაშე ცენტრში მოთავსებულ წერტილის მიმართ, რომელიც თავის მხრივ ჰემისფეროს ერთგვაროვან ზედაპირზე არის დისლოცირებული. კვლევის განმავლობაში პაციენტს ჰემისფეროს სხვადასხვა წერტილებიდან მიეწოდება იმპულსები. გამოკვლევის პროცესში პაციენტი მის მიერ აღქმულ ყოველ იმპულს სპეციფიურ დილაკზე თითის დაჭერის მეშვეობით ატყობინებს სისტემას. ამ მეთოდით შესაძლებელია მხედველობის არეალის და მასში არსებული დეფექტების განსაზღვრა.

არსებობს პერიმეტრის სხვადასხვა ტიპები. სტატიკურ პერიმეტრიაში მოძრავი ობიექტი ჩანაცვლებულია მუქ ფონზე/ზედაპირზე დამაგრებული მცირე ზომის სინათლის სხივების წყაროების სისტემის მიერ. იმ შემთხვევაში თუ პაციენტს აღენიშნება მხედველობითი არეალის გარკვეული დაზიანება მას არ შეუძლია სინათლის იმ წყაროებიდან წამოსული სხივების აღქმა რომლის დეტექციისთვის პასუხისმგებელი უბანი აქვს დაზიანებული. თანამედროვე პირობებში იმისათვის რომ განვსაზღვროთ მხედველობის არეალი ხშირად გამოიყენება კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენება. კომპიუტერული ტექნოლოგიების ინტეგრირება პერიმეტრულ სისტემებში მხედველობის არეალში უმნიშვნელო დეფექტის დადგენის საშუალებას იძლევა. ასეთ სისტემებს კომპიუტერიზებული პერიმეტრის სისტემები ეწოდებათ [6].

არსებული არკისებრი და ჰემისფერული კინეტიკური პერიმეტრები იძლევიან საშუალებას განვსაზღვროთ მხედველობის არეალის პერიფერიული საზღვრები და მათი დანაკარგები. მხედველობის არეალის შემოწმების ტესტირება აგრეთვე შესაძლებელია ფერადი და სხვადასხვა ზომის და სიკაშკაშის სტიმულების გამოყენებით. საერთაშორისო ბაზარზე არსებული კომერციული სტატიკური პერიმეტრის სისტემებს („Rodestock“, „Humphrey“, „Octopus“, „Perikom“ და ა.შ) არ გააჩნია სხვადასხვა ზომის სტიმულების ჩვენების შესაძლებლობა. ისინი აღჭურვილია სკრინინგის პროგრამული უზრუნველყოფით, რათა მოახდინოს მხედველობის არეალის განსაზღვრა სტატიკური კომპიუტერული პერიმეტრის მეთოდებით. ბოლო თაობის პერიმეტრები აღჭურვილია შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფით, რაც კინეტიკური იზოპტერპერიმეტრის ჩატარების საშუალებას იძლევა.

2. ძირითადი ნაწილი

კომპიუტერული სტატიკური პერიმეტრის მეთოდი მუშავდებოდა და სრულყოფას განიცდიდა ბოლო 20 წლის განმავლობაში. ამ პერიოდში შემაშავდა ცენტრალური და პერიფერიული მხედველობის არეალის გამოკვლევასთან ასოცირებული კვლევითი პროგრამები და სტრატეგიები. განსაზღვრულია რაოდენობრივი ინდიკატორების ინდექსები, რაც იძლევა მიღებული შედეგების მეტად იბიექტურ შეფასებას. კვლევის ტექნოლოგიის სირთულე უკავშირდებოდა დიაგნოსტიკის აუცილებლობასა და სპეციფიურობის როლის გაზრდას. მკვეთრად გაიზარდა ექიმის როლი, რომლის ფარგლებშიც მან სხვადასხვა განმაპირობებელი ფაქტორების გათვალისწინებით უნდა მოახდინოს მიღებული მონაცემების კომპეტენტური შეფასება.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მხედველობის ველის დიაგნოსტიკის კომპიუტერიზებული სისტემა განკუთვნილია მხედველობის არეალის ცენტრალური ნაწილის გამოკვლევისთვის. მისი გამოყენებით შესაძლებელია კვლევების ჩატარება როგორც სტაციონარულ, ასევე არასტაციონარული გარემოებებში. ინტეგრირებულია უნივერსალური მონაცემთა ბაზა, რომელიც ინახავს პაციენტების ტესტირების შედეგებს.

სისტემის ფუნქციონირება შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად, რომლებიც მათზე დაკისრებული ფუნქციების მიხედვით არის განპირობებული:

- სისტემის და გაზომვითი პარამეტრების რეგულირება;
- თვალის ფოტოსენსიტიურობის გაზომვის პროცედურა;

- მონაცემთა დათვალიერება და მათი ანალიზი.

სისტემა შედგება ოთხი ძირითადი მოდულისგან: პერიმეტრის ჰემისფერო, სტიმულების წარმოქმნელი და მკონტროლირებელი მოდული, პაციენტის მზერის მონიტორინგის მოდული და დიაგნოსტიკური მოდული. დამატებით სტრუქტურად შეიძლება აგრეთვე ჩათვალოს პაციენტის ნიკაპის რეგულირებადი დასადები და პაციენტის ინდიკატორი.

1. პერიმეტრის ჰემისფერო დამზადებულია ტრანსპარენტული პლასტიკატისგან. სტიმულის გენერირების საშუალებად გამოყენებულია შუქ დიოდების სისტემა. ჰემისფეროს უკანა ერთგვაროვან მხარეზე 24 მერიდიანის გასწვრივ განლაგებულია 216 ცალი შუქ-დიოდი, რომლებიც 10 ჯგუფის გარშემო ერთიანდებიან.

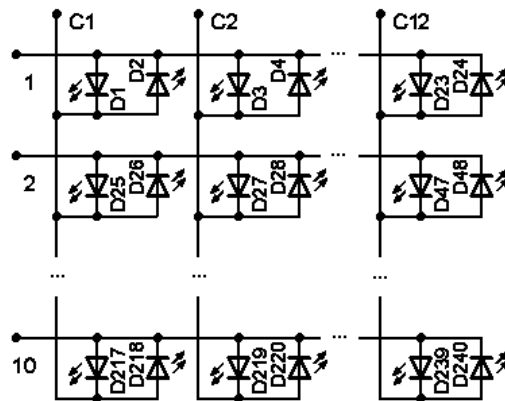
2. მართვის მოდული რომელიც შედგება პერსონალური კომპიუტერისგან და სპეციფიური პროგრამული უზრუნველყოფის მოდულით წარმოადგენს სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე სტიმულების წარმოსაჩენად, რომელიც წინასწარ ექიმი-ოპერატორის მიერ არის შესაბამისად შერჩეული.

3. დიაგნოსტირების მოდული იძლევა გმხედველობის არეალის ამსახველი რუქის ციფრულ ფორმატში გამოტანის შესაძლებლობას. დამატებით შესაძლებელია მიღებული მონაცემების ამობეჭდვა და/ან მისი მონაცემთა ბაზაში არქივაცია.

4. პაციენტის მზერის მონიტორინგის მოდული აღჭურვილია ვიდეო კამერის სისტემით რათა თავიდან ავიცილოთ კვლევის დროს კონკრეტული სტიმულით პროვოცირებადი პაციენტის მზერის გაქცევით მიღებული უზუსტო მონაცემების ტესტის შედეგებში ინტერპრეტირება. პროგრამული უზრუნველყოფა იმასსოვრებს ამ კონკრეტულ სტიმულს და იძლევა იმის საშუალებას რომ დამატებითი ტესტის ფარგლებში ხელახლა გამოვიკვლიოთ აღნიშნულ სტიმულზე პაციენტის რეაგირება.

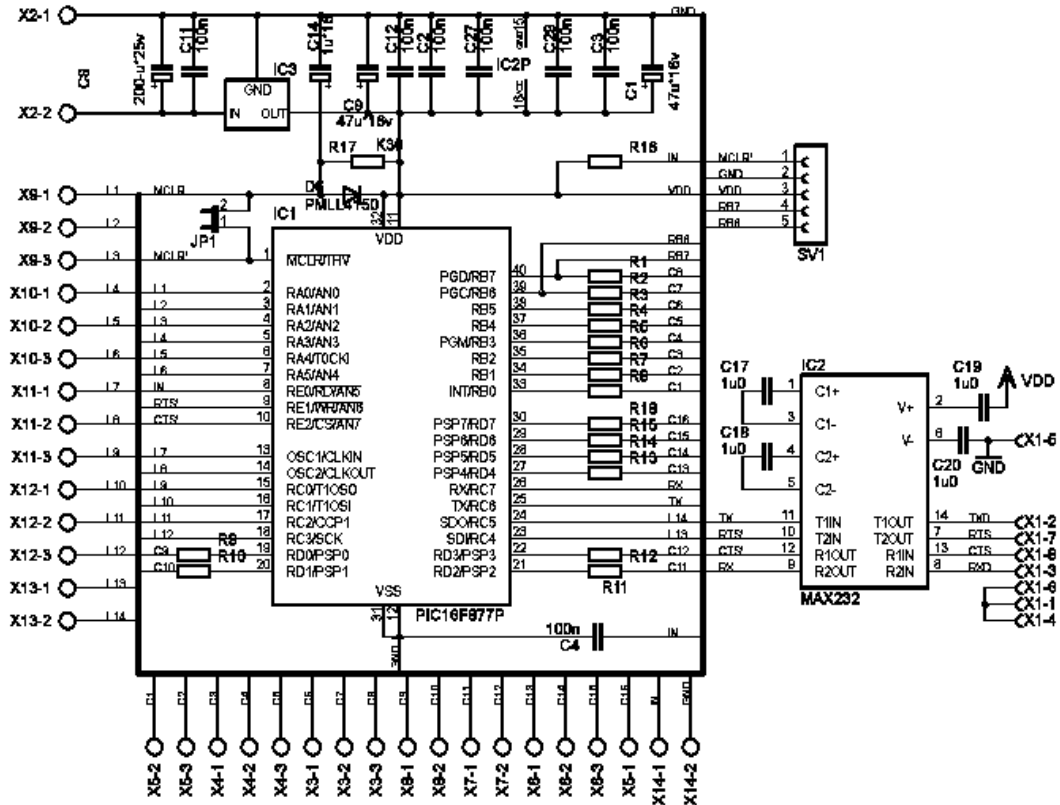
პაციენტის ინდიკატორი გამოიყენება რათა პაციენტმა დანახულ სტიმულზე მოახდინოს რეაგირება, რომელსაც იგი ღილაკზე დაჭერის მეშვეობით აფიქსირებს.

შუქ-დიოდების შეერთების ელექტრონული სქემა წარმოადგენს 10x24 მატრიცას რომელიც მოითხავს ჩამრთველის არსებობას რომელსაც 34 გამოსასვლელი გააჩნია. შემართებული კონდენსატორების და ჩამრთველი მოწყობილობის გამოსასვლელის რაოდენობების შესამცირებლად ჩვენ ვიყენებთ 10 x 12 შეერთების მატრიცას რომელიც 1-ელ ნახაზზეა მოცემული. მატრიცის გადაკვეთებში ჩასმულია ორი შუქ-დიოდი რომელიც პარალელურად არიან ეერთმანეთთან.



ნახ.1. შუქ-დიოდების მატრიცის ფრაგმენტი

ჩამოთვლილი მოწყობილობის ადგილას გამოყენებული მიკროკონტროლერი PIC15 F887. მიკროკონტროლერი, რომელსაც 5 პორტი გააჩნია უზრუნველყოფს შუქ-დიოდებს შორის არსებულ კავშირს, პერსონალურ კომპიუტერთან კავშირს და კვლევის პარამეტრების შეყვანასთან დაკავშირებულ კავშირს. ჩამოთვლის ძირითადი სქემა მოყვანილია მე-2 ნახაზზე.

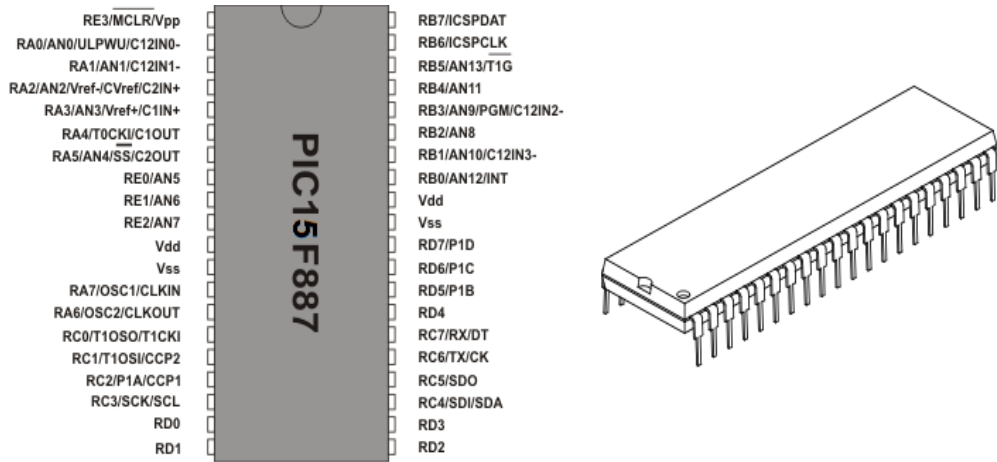


ნახ.2. ჩამოთვლილი მოდულის ძირითადი სქემა

მიკროკონტროლერის გარდა, ჩამოთვლილი მოწყობილობაში ინტეგრირებულია 5V ძაბვის სტაბილიზატორი. სისტემა მუშაობს და იმართება პერსონალური კომპიუტერის მეშვეობით. სტიმულების რაოდენობის და სიკაშკაშის მახასიათებლების განსაზღვრევად პერსონალურ კომპიუტერში დაინსტალირებული პროგრამული უზრუნველყოფა გადასცემს მიკროკონტროლერს შესაბამის ბრძანებებს. მიღებული ბრძანებების შედეგად მიკროკონტროლერი მართავს შუქ-დიოდების სისტემას მისთვის წინასწარ განსაზღვრული სპეციფიკაციის შესაბამისად. სიკაშკაშის შუქ-დიოდების ლუმინესცენციის სიკაშკაშის მართვა უზრუნველყოფილია პულსის ტალღური სიგრძის მოდულაციით.

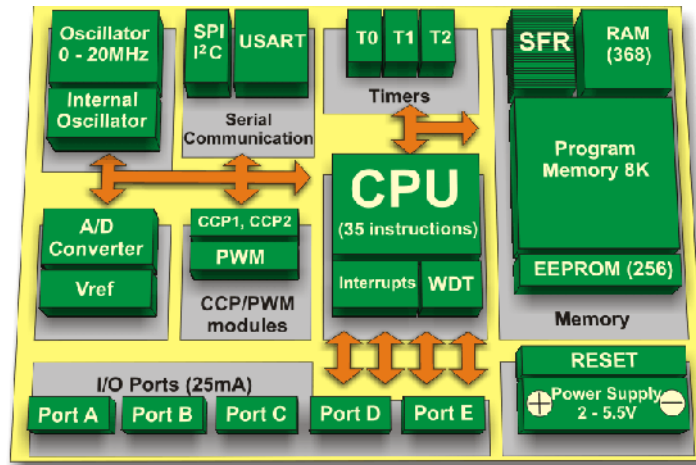
ლუმინესცენტური შუქდიოდის ფიქსაცია მიიღწევა იმ დილაკზე დაჭერით, რომელიც მიერთებულია ზემოხსენებული მიკროკონტროლერის ერთ-ერთ გამოსასვლელზე. სისტემა ფუნქციონირებს პერსონალური კომპიუტერის მეშვეობით, პროგრამული უზრუნველყოფა დაწერილია Quick Basic დაპროგრამების ენაზე რომელიც Visual Studio-ს გარემოში ფუნქციონირებს. თვალის მოძრაობის დეტექციის მოდულის პროგრამული უზრუნველყოფა შესრულებულია C# დაპროგრამების ენის მეშვეობით.

PIC15 F887 მიკროკონტროლერი არის Microchip-ის ერთ-ერთი უახლესი პროდუქტი და შედგება იმ ყველა კომპონენტისგან, რომელიც თანამედროვე მიკროკონტროლერებისთვის არის დამახასიათებელი. ამ ტიპის მიკროკონტროლერი გამოირჩევა მაღალი ხარისხით და მისი გამოყენება შესაძლებელია მრავალ აპლიკაციაში. მე-3 ნახაზზე გამოსახულია მიკროკონტროლერ PIC15 F887-ის სქემა და მისი გამოსასვლელები.



ნახ.3 მიკროკონტროლერი PIC15 F887

მიკროკონტროლერ PIC15 F887 მიკროკონტროლერის სქემური დიაგრამა წარმოდგენილია მე-4 ნახაზზე.

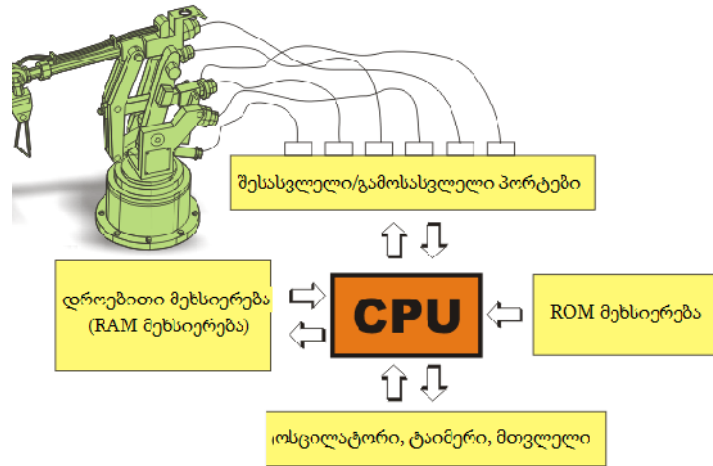


ნახ.4 PIC15 F887 სქემური დიაგრამა

მიკროკონტროლერის ცენტრალური პროცესორი დამზადებულია RISC ტექნოლოგიაზე, რაც მის შერჩევაში მნიშვნელოვანი დამახასიათებელი ფაქტორია. ასეთი ტექნოლოგიის ცენტრალური პროცესორი PIC15F877 მიკროკონტროლერს ანიჭებს ორ დიდ უპირატესობას (ნახ.5):

- ცენტრალურ პროცესორს შეუძლია მხოლოდ 35 მარტივი ინსტრუქციის მიღება და დამუშავება, მაშინ როდესაც სხვა ტიპის მიკროპროცესორების დასაპროგრამებლად აუცილებელია 200 ინსტრუქციების ცოდნა;

- პროგრამის შესრულების დრო ყველა ინსტრუქციის ან ბრძანებისთვის არის ერთნაირი. მიკროკონტროლერის სამუშაო სიჩქარე თუ იქნება განსაზღვრული როგორც 200 MHz, თითოეული ბრძანების ან ინსტრუქციის შესრულებისათვის საკმარისი იქნება 200 ნანოწამი.



ნახ.5. მიკროპროცესორ PIC15F877-ის მეხსიერება

ინტეგრირებული კომპიუტერული პერიმეტრის სისტემისთვის შერჩეულია მინიკომპიუტერი, რომელიც ჩამონტაჟებული იქნება პერიმეტრის სისტემის ჰემისფეროში (ნახ.6). მინიკომპიუტერზე შესაძლებელი იქნება პერიმეტრის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის ჩაწერა



ნახ.6. მინიკომპიუტერი XCY L-20Y

მინიკომპიუტერის ექსტერნალური პორტები საშუალებას მოგცემს პერიმეტრის კვლევადან მიღებული მონაცემების პრინტერზე ამოვბეჭდოთ, მოვახდინოთ მათი გადაგზავნა როგორც უსადენო ასევე სადენიანი ქსელის მეშვეობით და ა.შ. პერიმეტრის სისტემის სენსორული მონიტორით ინტეგრაციის შედეგად შესაძლებელია სისტემის გამარტივებული მართვა.

პერიმეტრის სისტემის სენსორული მონიტორით ინტეგრაციის შედეგად შესაძლებელია სისტემის გამარტივებული მართვა. სენსორული ეკრანის მეშვეობით პერიმეტრზე მომუშავე ექიმ-ოპერატორს საშუალება მიცემა პაციენტის დარეგისტრირება, მისი მონაცემების შეყვანა, გამოსაკვლევი თვალის და კვლევის პარამეტრების შერჩევა და ა.შ. პროგრამული ნაწილი, ისევე როგორც პერიმეტრული მონაცემები საშუალებას იძლევა პაციენტის დემოგრაფიული მონაცემების, დიაგნოზის და სხვა მნიშვნელოვანი ინფორმაციის არქივაციის საშუალებას. ამ ტიპის მონაცემები ავტომატურად ინახება მეხსიერებაში, რათა საჭიროების შემთხვევაში მოხდეს მათი გამოძახება.

3. დასკვნა

სისტემის სიმარტივე და გამოსადეგობა საშუალებას იძლევა მის გარე-ჰოსპიტალურ გამოყენებაშიც, რის შემთხვევაშიც შესაძლებელია კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების გადაგზავნა ცენტრალიზებულ მონაცემთა ბაზაში, რომელზეც წვდომა ექნებათ ექიმებს. კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების განხილვის შემდეგ ექიმს საშუალება მიეცემა მედიკამენტების გამოსაწერად ან სამკურნალო გეგმის (ოპერაციული ინტერვენციის) დასაგეგმად. სისტემის ოპერირებისას შესაძლებელია შემდეგი პარამეტრების ვარირება: პაციენტის თვალს და პერიმეტრის ჰემისფეროზე განლაგებული შუქ-დიოდებს შორის არსებული მანძილი, მარცხენა ან მარჯვენა თვალის გამოკვლევა (OD, OS), ფონის ფერი, სტიმულის სიდიდე და სტიმულების წარმოჩენებს შორის არსებული ინტერვალის ვარირება, პროგრამაში გათვალისწინებულია მხედველობის ფიქსირების მართვის მექანიზმი, რაც გულისხმობს სტიმულის მიწოდებას ბრმა წერტილში (სტიმული რომელსაც პაციენტი ფიქსირებული მზერის პირობებში ვერ უნდა აფიქსირებდეს, ოპტიკური ნერვის დისლოკაციის გამო). ეს მექანიზმი დამატებით სანდობას უჩენს მიღებულ მონაცემებს და არსებულ გამოკვლევას.

ლიტერატურა:

1. Rohrschneider K., Bültmann S., Springer C. (2008). Use of fundus perimetry (microperimetry) to quantify macular sensitivity. *Prog Retin Eye Res.* 27. 5, pp.36-48.
2. Yodoi Y., Tsujikawa A., Kameda T., Otani A., Tamura H., Mandai M. (2007). Central Retinal Sensitivity Measured with the Micro Perimeter 1 after Photodynamic Therapy for Polypoidal Choroidal Vasculopathy. *American Journal of Ophthalmology.* Vol. Issue 6. pp.984-994.
3. Kenneth S. Shindler. (2009). Retinal Ganglion Cell Loss in Diabetes Associated with Elevated Homocysteine, Department of Ophthalmology. Univ.of Pennsylvania. Scheie Eye Institute, Philadelphia, PA, USA. *Ophthalmology and Eye Diseases.* v1, pp.41-43.
4. Шамшинова А.М., Волков В.В. (1999). Функциональные методы исследования в офтальмологии», Москва. стр.89-105.
5. Стоянова Г.С. (2002). Сравнительная характеристика кинетической и статической периметрии в стационарной и амбулаторной практике у больных глаукомой. *РМЖ.* т. 3.№ 26 стр. 65-67.
6. Bynke H., Heijl A. (2006). Automatic computerized perimetry in the detection of Neurological visual field defects, *Albrecht von Graefes Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie IV.* 1978, Volume 206, Issue 1, pp 11-15.
7. Ozdemir H., Karacorlu S.A., Senturk F., Karacorlu M., Uysal O. (2008). Assessment of macular function by microperimetry in unilateral resolved central serous chorioretinopathy. *Eye (Lond) Eye.* 22, 204-8.
8. Springer C., Bültmann S., Völcker H.E., Rohrschneider K. (2005). Fundus perimetry with Micro Perimeter 1 in normal individuals: Comparison with conventional threshold perimetry. *Ophthalmology.* 112, N8. pp.48-54.

OPHTHALMOLOGIC PERIMETER WITH INTEGRATED COMPUTER TECHNOLOGIES

Gigilashvili Giorgi, Gurtskaia Zviad
Georgian Technical University

Summary

Ophthalmic diseases caused by various factors act as a trigger. Ophthalmologic examinations Perimeter is one of the most informative diagnostic method. Its capacity includes not only visual but also to determine the nature of the photosensitivity of each eye to determine the severity of injuries, neurological roads. Computer technology to integrate the visual area of perimeter systems allow determination of a slight defect. Perimeter system with touchscreen monitor can be the result of the integration of the system with simplified management. The usefulness and simplicity of the system allows for her outer-hospital use.

ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРИМЕТРИЯ С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ КОМПЬЮТЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Гигиладшвили Г., Гурцкая З.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Глазные болезни могут быть вызваны различными факторами, Офтальмологическая Периметрия является одним из самых информативных диагностических методов. Его возможности включает не только визуальную диагностика, но также позволяют определить природу светочувствительности каждого глаза, чтобы определить серьезность ран, неврологических путей. Компьютерная технология, предложена для того чтобы интегрировать визуальную область системы периметра, что позволяет определение даже небольшого дефекта. Система периметра с монитором с сенсорным экраном может быть использована для интеграции системы с упрощенным управлением. Полноценность и простота системы допускают ее использование при вне- больничных условиях.