

Az emberi szemben fellépő fényszórás vizsgálatára alkalmas kvantitatív és objektív mérőkészülék fejlesztése

Holló Csaba Tamás

A BME Fizikai Intézet Atomfizika Tanszéke részt vett a 2014-2017. között folyó „A szürkehályog hatékony gyógyítását elősegítő orvostechnika kutatás-fejlesztések” projektben. Ennek fő célja a szürkehályogban szenvedő betegek részére olyan beültethető (intraokuláris) műanyag szemlencsék (IOL) kifejlesztése, amelyek a jelenlegi megoldásoknál komfortosabb látásérzetet biztosítanak. E projekt keretében a szürkehályog korai felismerésének és számszerűsítésének megvalósítására az Atomfizika Tanszéken egy kísérleti hullámfrontszenzoros berendezés fejlesztése kezdődött. A hullámfrontszenzor egy mikrolencse mátrixból és annak fókuszsíkjaiba helyezett pixelezett detektorból áll. A szürkehályog betegség előrehaladtával a szemlencsében megnövekszik a fényszórás. Jelen esetben a hullámfrontszenzor képeknek azt a tulajdonságát használja ki a mérés, hogy a képeken megjelenő fókuszfoltokba az egyes mikrolencsékre eső fény iránykarakterisztikája képződik le, amiből következtethetünk a fényszórás tulajdonságaira. A készülék funkcionális egységei korábbi diploma- és szakdolgozatmunkák során már elkészültek.

Diplomamunkám során kifejlesztettem egy fizikai szemmodellt az emberi szem jelen mérés szempontjából fontos tulajdonságait figyelembe véve, ami alkalmas szórásmentes, egészséges és szürkehályogos állapot modellezésére. A szemmodellen végzett hullámfrontszenzoros mérések eredményei alapján megállapítottam, hogy a készülék alkalmas a szórás növekedtének vagyis a szürkehályog progresszivitásának detektálására. A mérőberendezést ergonómiai változtatások útján alkalmassá tettem klinikai mérések elvégzésére. Mérőszoftvert fejlesztettem hozzá, ami vezérli a készülék elektronikáját is ezáltal egyszerűen kivitelezhető méréseket tesz lehetővé. Semmelweis Egyetem Szemészeti Klinikáján méréseket végeztem különböző stádiumú szürkehályogos pácienseken. Kidolgoztam egy algoritmust, amivel a mérőkészülékkel felvett hullámfrontszenzor képekből kinyerhető a szemlencse egyes területeire jellemző szórás mértéke, valamint a lencsében előforduló különböző szórású területek eloszlása alapján képes minősíteni a szürkehályog előrehaladottságát.

Az algoritmusom által adott mérőszámot kalibráltam egy erősen szubjektív orvosi besoroláshoz, melyen előzetesen adattisztítást hajtottam végre a szubjektivitás hatásának mérséklésére. Az orvosi besorolás (LOCSIII N) 0-tól (egészséges) 5-ig (súlyos szürkehályog) határoz meg diszkrét kategóriákat, ehhez viszonyítottam a saját folytonos mérőszámomat. Ilyen módon az orvosi besorolástól való eltérés szórása $\pm 0,29$ *kategória*, ami összevethető a LOCSIII standardot leíró cikkben bemutatott igen akkurátus módszerrel elért eredménnyel. A kalibráció eredménye a referencia folytonosabbá tételével javítható, ám a módszer gyakorlati alkalmazhatósága már ezen eredmények alapján is egyértelmű.

Development of a quantitative and objective metrology for measuring light scattering in the human eye

Csaba Tamás Holló

Department of Atomic Physics in Physics Institute BUTE participated in the project „Medical research and development for efficient curing of cataract” between 2014-2017. The aim of the research was the development of intraocular plastic eye lenses for patients suffering from cataract, that provide more comfortable vision than recent ones. Within the project the development of a wavefront sensor based device has been started at Department of Atomic Physics to recognise and quantify early stages of cataract. The Wavefront sensor consists of a microlens array and a CCD detector in its focal plane. As cataract progresses the light scattering in the crystalline lens increases. This measurement takes the advantage of that behind each microlens the focus spot indicates the direction characteristics of light incident on the lens, from which the properties of scattering can be derived. Some functional parts of the device were completed during previous thesis works.

As a part of my work I've developed a physical eye model, bearing in mind the relevant properties of human eye, which is capable of modelling healthy, early and severe cataract stages. The measurements I've proceeded on this model with the wavefront based device proved the suitability for the machine for detecting enhanced scattering caused by cataract. Through ergonomical changes I've made the machine suitable for clinical application. I've developed software that also controls electronics to make handling and measurement process easier. At Ophthalmologic Clinique of Semmelweis University I've carried out measurements on patients suffering from different stages of cataract. I've developed a custom algorithm that is capable of determining the degree of scattering in segments of the human eye lens from the pictures captured by the wavefront sensor. Moreover according to the distribution of areas with different degree of scattering the algorithm quantifies the severity of cataract.

I've calibrated my custom measure to a clinically used subjective method, but beforehand data cleaning was applied to reduce the effect of subjectivity. The clinical method (LOCS III N) rank cataract on a discrete scale from 0 (healthy) to 5 (severe cataract) category. I've compared my continuous measure to this discrete scale, so the standard deviation of the difference between my measure and the clinical categories turned out to be $\pm 0,29$ category. This low value can be compared to those from the article that introduces the LOCSIII standard, where a really accurate method was used. The calibration can be improved by using less discrete reference, even so the result points out the practical application of this wavefront sensor based method.