

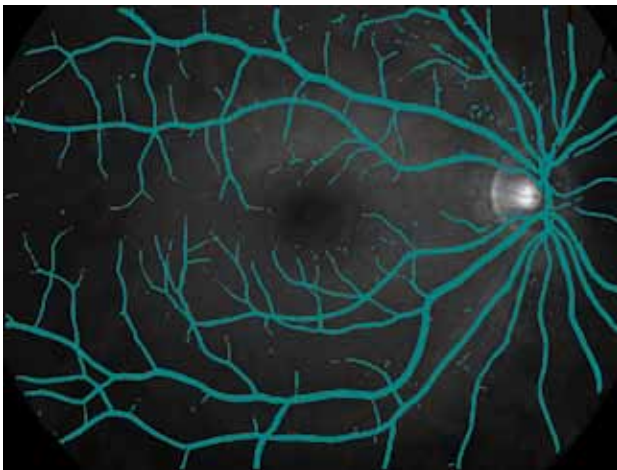


af Sindri Traustason,
Glostrup Hospital

Iltmåling i nethindeblodkar med Oxymap Retinal Oximeter

Oxymap Retinal Oximeter måler iltmætning i nethindens blodkar ikke-invasivt. Systemet består i et konventionelt funduskamera og tager to monokrome billeder samtidigt. Disse billeder bearbejdes af en softwarealgoritme, der automatisk sporer nethindens blodkar og beregner iltmætning samt kardiameter.

Metaboliske ændringer menes at være årsagen til en række patologiske ændringer i nethinden. I de sidste årtier er der sket stor teknologisk udvikling i udstyr til måling af nethindens struktur, f.eks. med optisk koherenstomografi, men der har ikke været så meget fokus på de metaboliske ændringer.



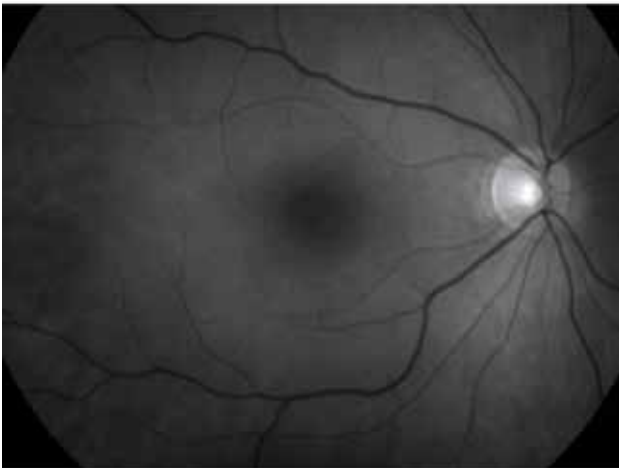
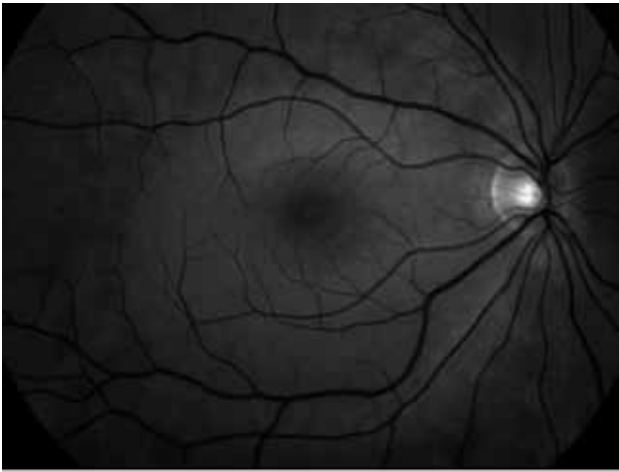
Figur 1. Automatisk sporing af nethindeblokar på et fundusbillede.

Ikke-invasive målinger af den systemiske arteriemætning med fingeroximeter bruges rutinemæssigt i klinikken til monitorering af patienter. Et fingerpulsioximeter måler iltmætningen ved at skinne gennem fingeren og måle absorptionen af lys ved forskellige bølgelængder. Samme princip kan bruges i øjet ved at måle på lys, der reflekteres fra fundus.

Historien for iltmålinger i nethinden går tilbage til 1959, da de første forsøg var lavet ved brug af fotografisk film (Hickam et al. 1959). Metoden kom dog først for alvor på benene efter udviklingen af digital fotografering, idet digitale sensorer kan omsætte lys til et målbart signal på langt mere stabil og lineær måde end muligt med film. Digitale billeder giver også langt flere muligheder for hurtig dataanalyse. Ideen til Oxymap Retinal Oximeter opstod i samarbejde mellem Landspítali Universitets hospital øjenafdeling i Reykjavik og ingeniører på Islands Universitet. Algoritmer, der tidligere var udviklet til analyse af veje og andre strukturer på satellitbilleder, blev optimeret til analyse af fundusbilleder. Denne analyse gav mulighed for automatisk sporing af bl.a. nethindens blodkar (fig 1).

Oxymap Retinal Oximeter kan måle iltmætning i nethindens blodkar og derved give et mål på ilttilførsel og iltekstraktion i nethinden. Arterieblod er normalt lysere i farven end veneblod, og denne farveforskel skyldes primært mængden af oxyhæmoglobin. Metoden bygger på en avanceret analyse af fundusbilleder optaget i den grønne og røde del af spektret. Oxyhæmoglobin har en lavere absorption end ubundet hæmoglobin på bølgelængder, der ligger i den røde ende af lysspektret, hvilket giver en kraftigere rød refleks fra mættet blod end blod, der ikke er mættet.

Udstyret består af en beamsplitter og to digitale ka-



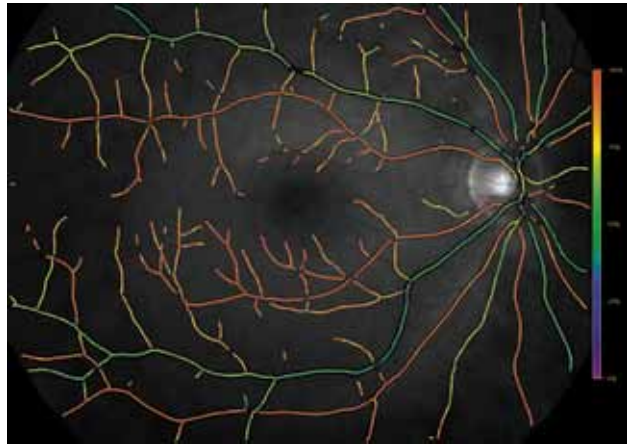
Figur 2. Monokrome fundusbilleder ved 570 nm (øverst) og 600 nm (nederst). Ved 570 nm fremstiller arterier og vener ens, hvorimod forskellen mellem karterne er tydelig på 600 nm.

meraer, der kobles til et konventionelt funduskamera og tager samtidigt to billeder. De to billeder filtreres med snævre lysfiltre på henholdsvis 570 nm og 600 nm (fig 2). Et billede på 570 nm ligner et rødfrit fundusbillede, og på denne bølgelængde er der ingen forskel på arterier og vener. Dette skyldes, at 570 nm er en såkaldt isosbestisk bølgelængde, hvilket betyder, at lysabsorptionen for hæmoglobin og oxyhæmoglobin er den samme.

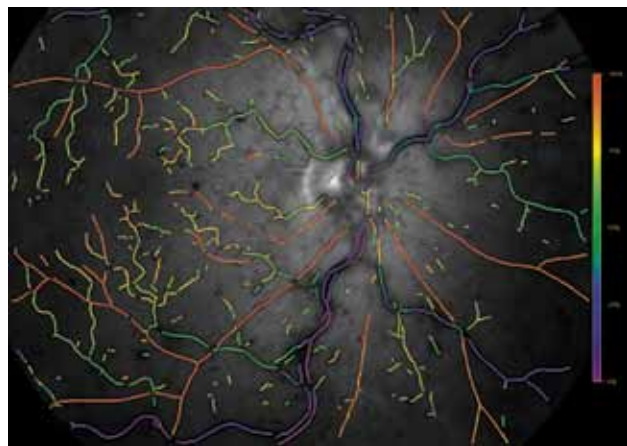
Det andet billede tages på 600 nm, hvor forskellen mellem lysabsorption af de to hæmoglobintyper er stor (van Assendelft 1970). Dette kan tydeligt observeres på fundusbilledet, idet arterierne er langt lysere end venerne. Resultatet præsenteres som en farvekode, der lægges oven på blodkarene for at give overblik over iltmætningen (fig 3). Numeriske værdier for iltmætning og kardiameter kan så trækkes ud ved at vælge enkelte karsegmenter.

Iltmætning hos raske og syge

Normal iltmætning i nethindens blodkar er lidt lavere end andre steder i kroppen og ligger omkring 92 % i arterier og 58 % i vener (Schweitzer et al. 1999). Iltmæt-



Figur 3. Fundusbillede med farvekort, der angiver iltmætning. Normal mætning i nethindens arterier er omkring 92 % og 58 % i vener.



Figur 4. Iltmætning i patient med CRVO. Patienten havde subklinisk makulært ødem, som senere hen udviklede sig til behandlingskrævende cystoid ødem. Allerede ved præsentation kunne der tydeligt måles nedsat iltmætning i de retinale vener.

ning har vist sig at være påvirket i forskellige øjensygdomme. Arterieokklusioner forvolder nedsat iltmætning i nethindens arterier, mens centralveneokklusion medfører nedsat mætning på den venøse side uden betydelig effekt på arterier (Hardarson og Stefansson 2010; Hardarson et al. 2013; Traustason 2013). Diabetisk retinopati og glaukom påvirker iltmætningen i en stigende grad i forbindelse med sygdommenes udvikling (Olafsdottir et al. 2011; Hardarson og Stefansson 2012).

Udfordringer ved metoden

Iltmålinger med spektrofotometri er en lovende metode, som har stort potentiale til at blive en del af kliniske undersøgelser i fremtiden, men der er stadig tekniske udfordringer, som skal løses. I den nuværende form er metoden afhængig af billedkvalitet og sensitiv for optiske forstyrrelser som tæt katarakt, corpusuklarheder og blødninger i nethinden. Denne sensitivitet kan i visse tilfælde vanskeliggøre undersøgelser af netop de patientgrupper, som har størst interesse, da iskæmiske øjentil-

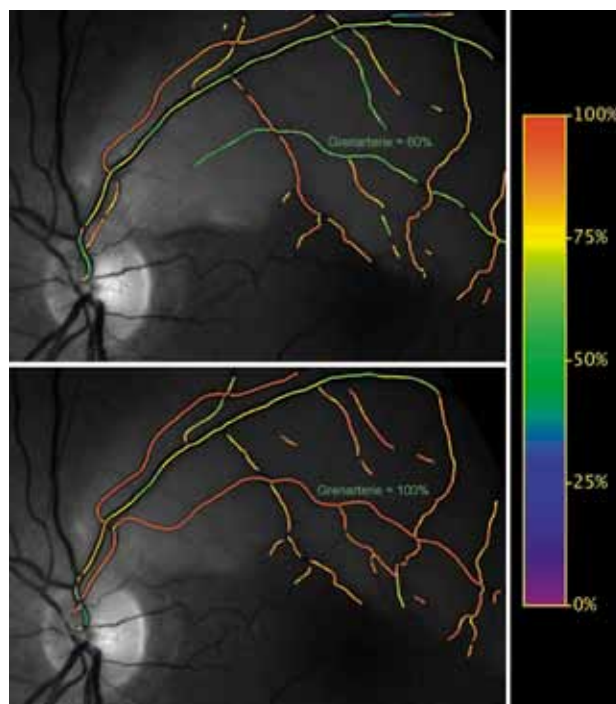
stande ofte er forbundet med blødninger og andre optiske forstyrrelser.

Udover de tekniske udfordringer mangler der stadigvæk mere viden om iltmætning i nethinden, variation af denne i normalpopulationen og sammenhæng mellem iltmætningsværdier og udvikling af forskellige øjensygdomme.

Oxymap Retinal Oximeter er blevet anvendt af Glostrup Hospital Øjenafdeling i omkring fem år til forskning af patienter med veneokklusioner, diabetisk retinopati og amotio samt undersøgelser af systemiske sygdomme og til dyreforsøg på Panum Institutet. Forskning med spektrofotometrisk oximetri foregår nu på over 30 forskningscentre verden over, både med de kommercielle systemer, Oxymap Retinal Oximeter (Oxymap, Reykjavik, Island) og Imedos Vessel Analyser (Imedos, Jena, Tyskland) og med specielt byggede forskningssystemer. Vi kan derfor håbe, at inden for alt for mange år vil muligheden for metaboliske målinger i nethinden finde vej til den kliniske hverdag.

Billeder af grenarteriokklusioner var venligst stillet til rådighed af Sveinn Hákon Harðarson, forsker ved Landspítali Universitetshospital i Reykjavik, Island.

Referencer: www.ofthalmolog.com



Figur 5. Forstørret billede af patient med grenarteriokklusion ved præsentation (øverst) og 8 dage senere (nederst). I den superiotemporale kan man se en tilstoppet arterie, som viser en abnormt lav mætning på 60 %. Ved anden undersøgelse otte dage senere er okklusionen aftaget, og mætningen i arterien kommet op på normalværdi. Billederne er venligst stillet til rådighed af Sveinn Hákon Harðarson.

Litteraturliste

- Hardarson, S. H., A. Elfarsson, et al. (2013). "Retinal oximetry in central retinal artery occlusion." *Acta Ophthalmol* 91(2): 189-190.
- Hardarson, S. H. and E. Stefansson (2010). "Oxygen Saturation in Central Retinal Vein Occlusion." *Am.J.Ophthalmol*.
- Hardarson, S. H. and E. Stefansson (2012). "Retinal oxygen saturation is altered in diabetic retinopathy." *The British journal of ophthalmology* 96(4): 560-563.
- Hickam, J. B., H. O. Sieker, et al. (1959). "Studies of retinal circulation and A-V oxygen difference in man." *Transactions of the American Clinical and Climatological Association* 71: 34-44.
- Olafsdottir, O. B., S. H. Hardarson, et al. (2011). "Retinal oximetry in primary open-angle glaucoma." *Investigative ophthalmology & visual science* 52(9): 6409-6413.
- Schweitzer, D., M. Hammer, et al. (1999). "In vivo measurement of the oxygen saturation of retinal vessels in healthy volunteers." *IEEE Trans Biomed Eng* 46(12).
- Traustason, S. (2013). *Spectrophotometric Retinal Oximetry: Validation in biological settings and clinical applications PhD Thesis, University of Copenhagen.*
- van Assendelft, O. W. (1970). *Spectrophotometry of haemoglobin derivatives. Assen, The Netherlands, Van Gorcum.*