

Fantastiska ögonbilder

PETRI TOMMILA, SEPPÖ LEMBERG, JUHA HOLOPAINEN OCH KARI KROOTILA

Optisk koherenstomografi av hornhinnan, synnerven och näthinnan (OCT) har väsentligt underlättat diagnostiken av ögonsjukdomar och ökat förståelsen för deras patofysiologi. OCT-avbildning är ofta av största betydelse som stöd för terapibeslut. Det räcker bara några minuter att ta bilden och den icke-invasiva undersökningen är lätt och säker för patienten. Allt detta har hänt under de senaste femton åren – en tidsperiod då OCT har gjort sitt för att stödja oftalmologins enorma utveckling. En angiografikamera som grundar sig på OCT-teknik (OCT-angiografi) och en OCT-apparat för främre segmentet som fogas till operationsmikroskopet är färskt exempel på de ständiga innovationerna inom ögonfotograferingen.

SKRIBENTERNA

Petri Tommila, MKD, är specialläkare i oftalmologi och har verkat på näthinnepolikliniken vid HUCS, Kliniken för ögonsjukdomar ända sedan polikliniken inrättades. Hans forskningsområde är icke-kirurgiska näthinnesjukdomar. Näthinnepolikliniken finns i dag vid HUCS, Västra ögonsjukhuset.

Seppo Lemberg verkar som fotograf vid HUCS, Kliniken för ögonsjukdomar. Hans yrkeskunskap har varit av största vikt vid utvecklandet av bilddiagnostiska metoder för ögonsjukdomar samt för att följa upp den snabba tekniska utvecklingen. Han är för närvarande verksam vid näthinnepolikliniken vid HUCS, Västra ögonsjukhuset.

Juha Holopainen, professor i oftalmologi, är specialistläkare i oftalmologi och ögonkirurg. Han verkar som överläkare på enheten för främre segmentkirurgi vid HUCS, Kliniken för ögonsjukdomar och är dessutom professor i oftalmologi vid Helsingfors universitet. Hans forskningsområde är sjukdomar i ögats främre segment.

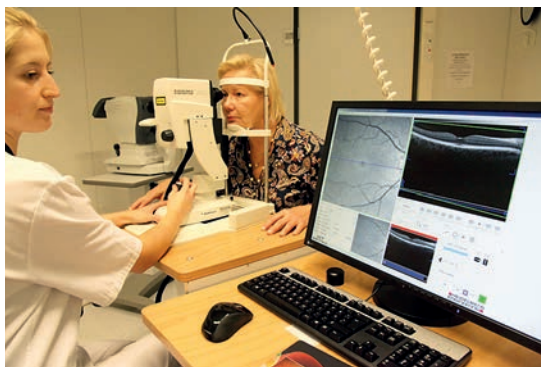
Kari Krootila, docent i oftalmologi och FEBO, är ögonkirurg och verkar som avdelningsöverläkare och ansvarig läkare vid enheten för främre segmentkirurgi vid HUCS, Kliniken för ögonsjukdomar. Hans forskningsarbete inriktar sig på kornea- och kataraktkirurgi.

Diagnostiken av ögonsjukdomar har gått betydligt framåt de senaste femton åren i och med att utvecklade avbildningstekniker ger allt bättre information om ögats olika strukturer. I synnerhet optisk koherenstomografi (OCT = optical coherence tomography) ger noggrannare diagnostik och underlättar de terapeutiska besluten samt uppföljningen av sjukdomar och behandling. OCT är icke-invasiv och att ta bilden räcker från några sekunder till några minuter (Figur 1). Den avbildade strukturen måste dock synas tillräckligt bra.

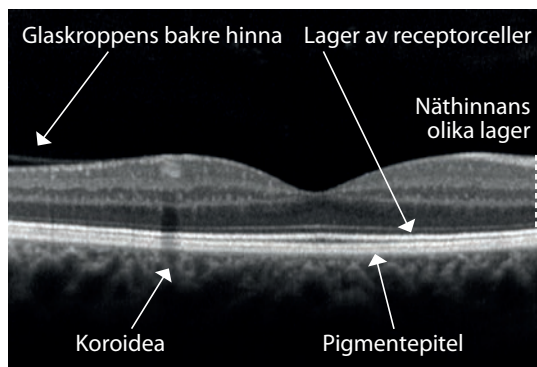
OCT används som primär undersökning vid sjukdomar i näthinnan (retina) och hornhinnan (kornea) samt vid diagnostik och uppföljning av glaukom. Denna artikel koncentrerar sig på OCT:s möjligheter vid näthinnesjukdomar och sjukdomar i ögats främre segment.

Tekniken vid OCT

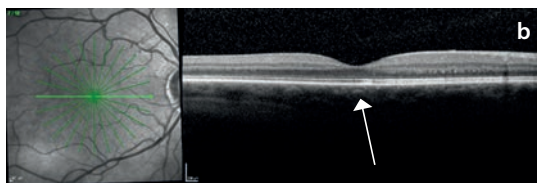
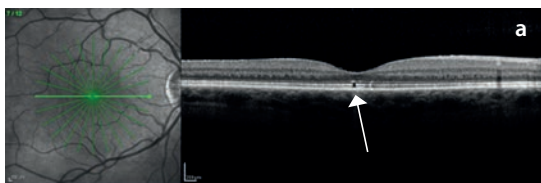
Grunden för OCT är reflektion av koherent infrarött ljus från ögats strukturer. De reflekterade ljusstrålarna antingen minskar eller ökar ljusets amplitud och bildar på så sätt ett optiskt snitt genom ögat. Av dessa snitt bildar datorn en genomskärningsbild av det avbildade objektet. Dagens OCT-apparater (tredje generationen) använder ett spektrum av ljus för avbildning i stället för en specifik våglängd. Det förbättrar bildupplösningen



Figur 1. Så här tas en OCT-bild.



Figur 2. I en OCT-bild av makula syns näthinnans olika lager samt pigmentepitelet, koroidea och glaskroppens bakre hinna.



Figur 3 (a+b). OCT-bilden visar tydligt en ljusskada i makula och hur den läks.

och ger betydligt mer information om det avbildade objektet. De OCT-apparater som används för att avbilda ögats bakre segment använder kortare våglängder, ca 830 nm, än våglängderna som används för det främre segmentet, nämligen 1310 nm. Vid avbildning av ögats främre segment är upplösningen i längdaxelns riktning 10 μm och transversalt 30 μm . Med kortare våglängder som används för avbildning av det bakre segmentet är motsvarande upplösningar 4 μm och 14 μm . Den stora mängden information gör det möjligt att behandla bilderna på många olika sätt, bland annat får man fram tredimensionella bilder och tomografbilder.

OCT vid diagnostik och behandling av sjukdomar i ögonbotten

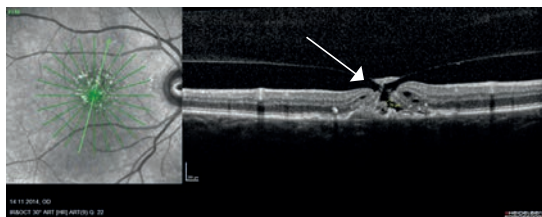
Vid avbildning av makula med OCT kan man förutom näthinnans olika delar också särskilja pigmentepitelet och koroidea (Figur 2). Den goda upplösningen gör det möjligt att exakt lokalisera sjukdomen till olika strukturer i makula och att upptäcka minimala strukturella förändringar. Ett typexempel på detta är ljusskada på området för det skarpa seendet i näthinnan. En sådan skada är svår att påvisa med någon annan undersökningsmetod än riktad OCT (Figur 3a). Den goda bildupplösningen gör det möjligt att följa upp ljusskador på makula (Figur 3b).

Avvikande kontakt mellan glaskroppens bakre hinna och näthinnan kan ge upphov till spänning i näthinnans yta, vilket leder till att det uppstår ett hål i makula (macula loch). Det är först med OCT (Figur 4) som den exakta mekanismen för uppkomsten av makulahålet har kunnat klarläggas. I dag kan man utgående från OCT-bilder bedöma operationsindikationerna vid makulatraktion (1).

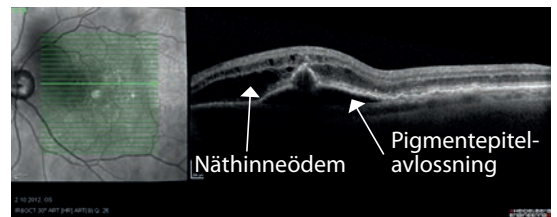
Åldersrelaterad våt makuladegeneration är en sjukdom där OCT-avbildning är en idealisk metod för diagnostik, bedömning av behandlingsbehovet och uppföljning av behandlingseffekten. Vid våt makuladegeneration sker nybildning av kärl (neovaskularisering, CNV) från koroidea in i näthinnan, och makula skadas när kärlen utvidgas och läcker vätska (Figur 5). Behandlingen av våt makuladegeneration går ut på att stoppa processen. Tack vare icke-invasiv och snabb OCT-avbildning av makula kan ett stort antal patienter behandlas och följas upp (Figur 6a och 6b).

Diabetesmakulopati är en annan sjukdom med stor patientvolym där OCT ger betydande fördelar. OCT-bilden gör det snabbare och lättare att bedöma behandlingsindikationerna och att följa upp effekten av behandlingen.

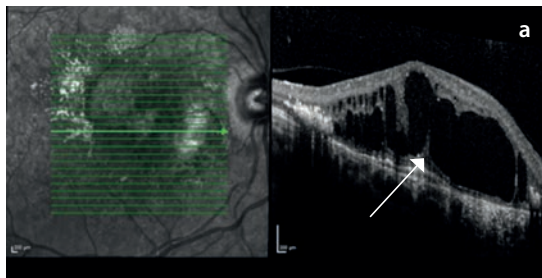
Med hjälp av OCT-bilden kan man exakt lokalisera den patologiska processen i ögonbotten. Behandlingsmetoderna vid näthinneblödningar beror i hög grad på i vilken av



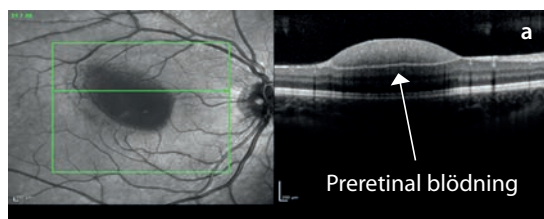
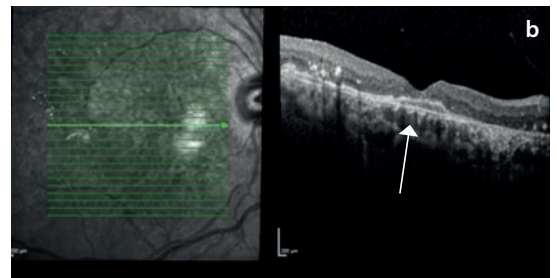
Figur 4. Spänning i glaskroppen gör att makula bryter (macular hole).



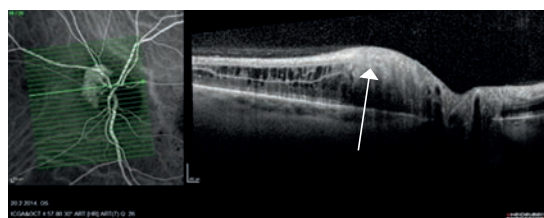
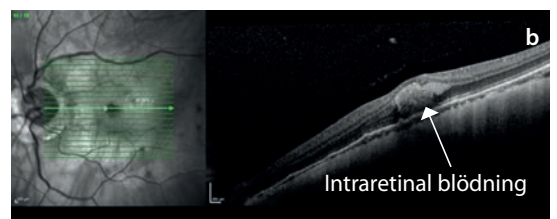
Figur 5. Vätskeläckage gör att näthinnan sväller och pigmentepitelet lossnar.



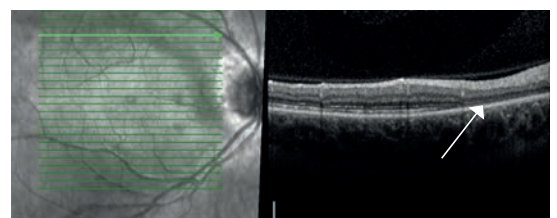
Figur 6 (a+b). Näthinneödem före och efter behandling.



Figur 7 (a+b). Preretinal och intraretinal makulablödning.



Figur 8. Intraretinal vaskulär anomali.



Figur 9. Skada på näthinnans yttre skikt orsakad av AZOOR.

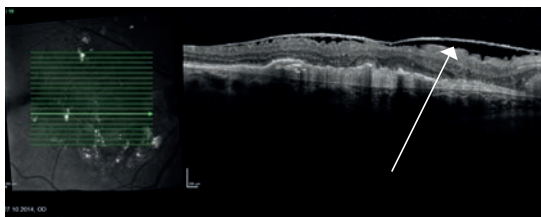
strukturerna makula blödningen har inträffat (Figurerna 7a och 7b). Diagnostiken av skadan och valet av behandlingsmetod underlättas om blodkärlsskador lokaliserar till rätt struktur i ögonbotten (Figur 8). AZOOR (acute zonular occult outer retinopathy) orsakar inflammation i näthinnans yttre skikt. Skada på de yttre skikten syns bra på OCT-bilden (Figur 9). Den epiretinala ärrhinnan växer på näthinnans yta och skadar ytstrukturerna i makula (Figur 10). Det kan ibland vara svårt att kliniskt skilja mellan retinoschis och näthinneavlossning. Med OCT är det lätt att se skillnaden (Figur 11).

Också koroidea under näthinnan syns vid OCT. Det kan ibland vara svårt att skilja mellan serös korioretinopati och våt makuladegenera-

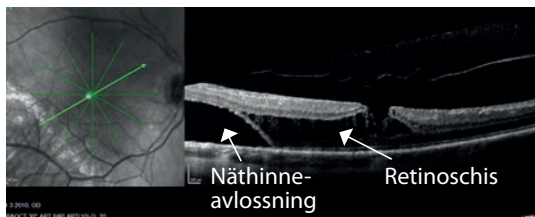
tion. Förtjockad koroidea som förekommer vid serös korioretinopati syns bra på OCT-bilden (Figur 12). En apigmenterad nevus i koroidea kan lätt mätas med OCT (Figur 13).

OCT-avbildning av strukturer i ögats främre segment

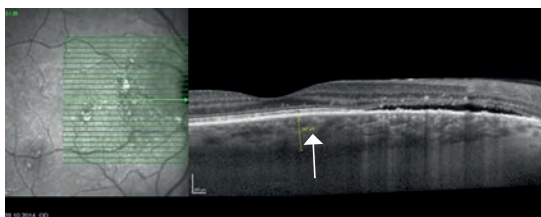
Med OCT-apparaten kan man avbilda tårfilmen på ögats yta, kornea och dess olika lager, de delar av sklera och konjunktiva som ligger nära kornea, främre kammaren, iris främre yta, kammavinkeln och linsens främre yta (Figur 14a). Topografiavbildning kopplad till OCT-apparaten ger en tomografisk bild av kornea som visar dess tjocklek och avvikelser



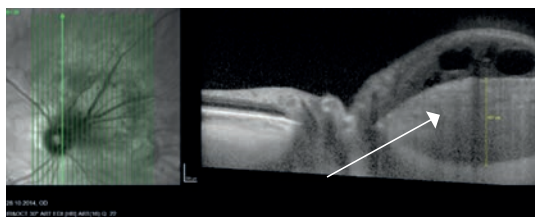
Figur 10. Åtstramande ärrhinna på näthinnsans yta.



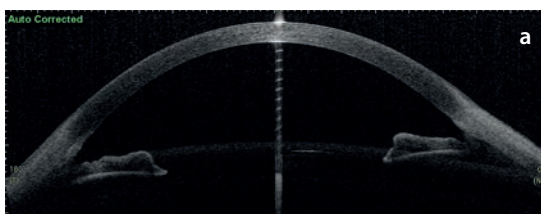
Figur 11. OCT-bilden visar skillnaden mellan näthinneavlossning och retinoschisis.



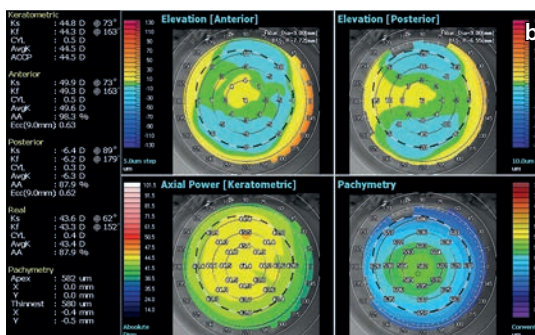
Figur 12. Förtjockning av koroidea i samband med serös korioretinopati.



Figur 13. Nevus i koroidea



Figur 14. a) På OCT-bilden syns kornea, kammarvinkeln, iris, främre kammaren och en del av linsens främre yta. b) På tomografibilden av kornea syns avvikelser i främre och bakre ytans form (övre raden), brytningsförmågan (vänster nere) och tjocklek (höger nere).

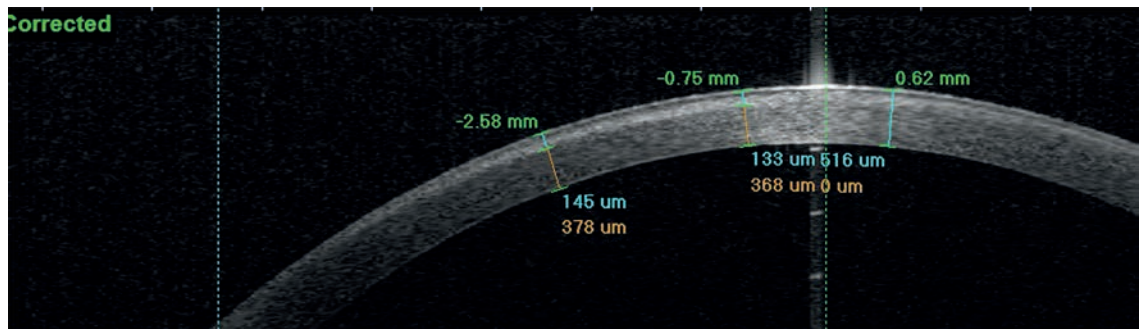


i främre och bakre ytans form (Figur 14b). OCT-avbildning av ögats främre segment går snabbt och man har därför kunnat avbilda och diagnostisera strukturella avvikelser i främre segmentet till och med hos nyfödda vid några dagars ålder (3).

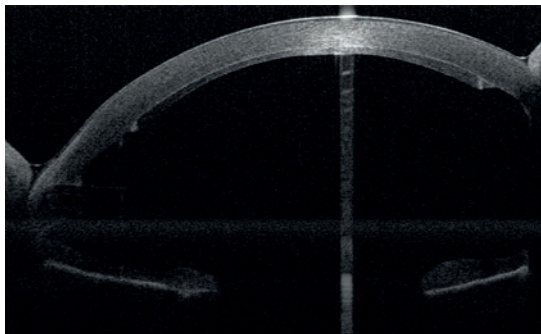
OCT-avbildning kan visa tjockleken av tårffilmen på kornea utgående från höjden av tårvätskepelaren mot kornea. Fördelen jämfört med andra undersökningsmetoder är att ögats yta inte vidrörs, vilket kan orsaka en reflektorisk förändring av tårvätskeproduktionen. Vid förändringar i sklera och konjunktiva nära korneas kant ger OCT information om hur utbredd och djup förändringen är, till exempel vid pterygium, efter tillstånd efter

operativa ingrepp på området och degenerativa förändringar vid gränsen mellan kornea och sklera.

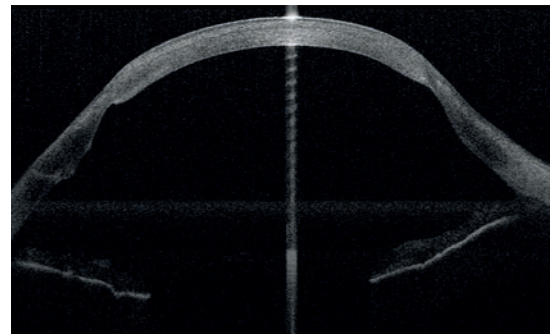
Kirurgiska och icke-kirurgiska sår på kornea avbildas bra med OCT. Bildundersökningen kan användas för att bedöma operationssärs längd och hållfasthet (4, 5). Vid diagnostik av ärrförändringar och sår i kornea och för att planera behandlingen är det till utomordentligt stor hjälp att lätt kunna mäta förändringarnas djup på OCT-bilden (Figur 15). Med OCT kan man få en bild av eventuell avlossning av korneas inre skikt, Descemets membran och endotelcellslagren, i samband med operationer. Efter operativ transplantation av endotelcellslagret kan man med OCT-avbildning bra



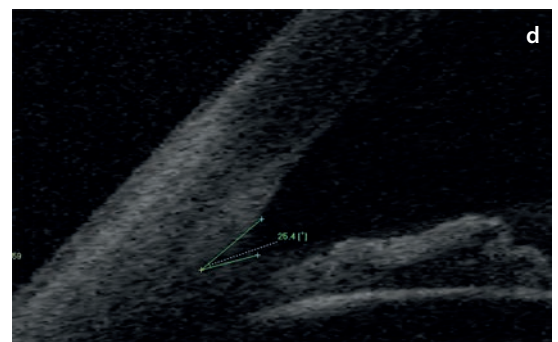
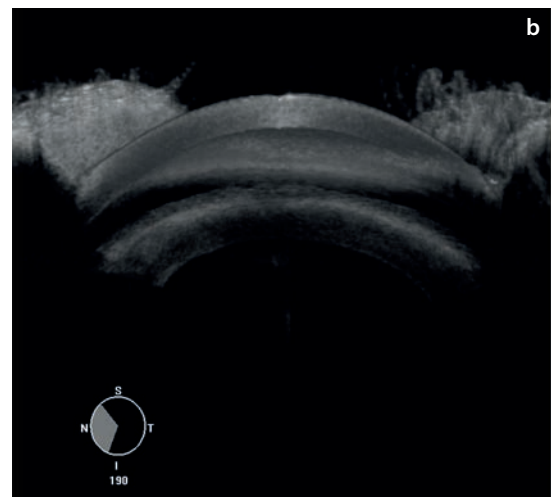
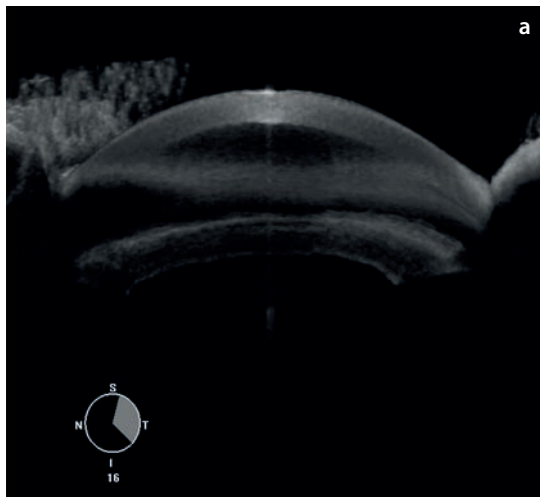
Figur 15. Grubbling nedanför korneas främre yta. Förändringens djup är mätt från korneas yta (133–145 μm).



Figur 16. Efter en endoteltransplantationsoperation syns transplantatet som en skilt bågformigt lager på korneas inre yta.



Figur 17. Förtunning av värdkornea på båda sidorna om korneatransplantatet.



Figur 18. Tredimensionell bild av trång (a) och öppen (b) kammarvinkel. Kammarvinkelns utsträckning mätt vid öppen (c) och trång (d) kammarvinkel.

kontrollera hur transplantatet fäster sig vid korneas mellersta del, stromat (Figur 16). Vid planering av eventuell reoperation efter tidigare korneatransplantationer kan man med OCT konstatera förändringar i värdkornea utanför transplantatet som har lett till ett otillfredsställande optiskt resultat (Figur 17). Utgående från bilden kan man planera storleken på transplantatet som används vid reoperationen.

Vid misstanke på glaukom kan man tredimensionellt undersöka hur öppen kammarvinkeln är och vinkelns utsträckning kan mätas på OCT-bilden (Figur 18).

OCT har underlättat och preciserat diagnostiken och den terapeutiska beslutsgången vid ögonsjukdomar. Metoden har också möjliggjort en helt ny metod för uppföljning av behandlingar. Den moderna tekniska utvecklingen öppnar allt fler nya möjligheter att använda optisk koherenstomografi till nytta för ögonpatienterna.

Petri Tommila

petri.tommila@hus.fi

Seppo Lemberg

seppo.lemberg@hus.fi

Juha Holopainen

juha.holopainen@hus.fi

Kari Krootila

kari.krootila@hus.fi

Summary

Fantastic pictures of the eye

Development of optical coherence tomography (OCT) has brought a totally new non-invasive tool to the diagnosis, follow-up, and understanding of pathophysiology of many eye diseases. Convenient for the patient and requiring only a few minutes to perform, OCT is a good example of the immense innovative development in ocular imaging techniques; the latest fruit of this are OCT in combination with a surgical microscope."

Bindningar:

Petri Tommila: Inga bindningar

Seppo Lemberg:

Föreläsningsarvode: Santen Oy, Novartis Oy,

Essmed Finland Oy

Teknisk sakkunnig: Velikuusamo Oy

Juha Holopainen:

Medicinsk sakkunnig: Croma Pharma

Advisory Board: Alcon, Allergan,

Croma Pharma, Santen

Föreläsningsarvode: Alcon, Allergan,

AMO, Santen Oy, Thea

Kari Krootila:

Föreläsningsarvode: Santen Oy, Alcon, AMO

Kongressresor: Zeiss

Sponsorerad forskning: AMO

Aktieinnehav: Orion Oyj, Silmäasema, Fennica Oy

Referenser

1. Duker JS, Kaiser PK et al. The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology*. 2013;120:2611–9.
2. Elman MJ, Aiello P et al. Diabetic Retinopathy Clinical Research Network. Randomized trial evaluating ranibizumab plus prompt or deferred laser or triamcinolone plus prompt laser for diabetic macular edema. *Ophthalmology*. 2010;117:1064–77.
3. Majander AS, Lindahl P et al. Anterior segment optical coherence tomography in congenital corneal opacities. *Ophthalmology*. 2012;119:2450–57.
4. Wetterstrand O, Holopainen JM et al. Treatment of postoperative keratoplasty astigmatism using femtosecond laser-assisted intrastromal relaxing incisions. *J Refract Surg*. 2013;29:378–382.
5. Wetterstrand O, Holopainen JM et al. Femtosecond Laser-Assisted Intrastromal Relaxing Incisions After Penetrating Keratoplasty: Effect of Incision Depth. *J Refract Surg*. 2015;31:474–479.