



## REVIEW PAPER / PRACA POGLĄDOWA

Helena Romańczuk<sup>1(A, F, G)</sup>, Artur Mazur<sup>2(A, F, G)</sup>

### Advances in the diagnostics of eye diseases

#### Postępy w diagnostyce chorób oczu

<sup>1</sup> Katedra Pielęgniarstwa, Instytut Pielęgniarstwa i Nauk o Zdrowiu,  
Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski  
<sup>2</sup> Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski

#### ABSTRACT

The advances in the diagnostics of eye diseases have been presented in the work including the optic coherence tomography, confocal microscopy, ultrabiomicroscopy and perimetry.

**Introduction:** The advances in the diagnostics of eye diseases during the last decade of the 20<sup>th</sup> century and in 21<sup>st</sup> century is incomparable with the corresponding, earlier periods of development of that discipline. This can be attributed, inter alia, to the pace of the development of imaging techniques at present at the level close to the histological picture.

**Objective:** The latest methods of diagnosis of changes of the front and back of the eye have been presented in the paper.

**Material and method:** The overview of the current national and foreign literature has been done, mainly for over 10 last years. The following databases have been searched: PubMed and Polska Bibliografia Lekarska.

**Key words:** ophthalmology, diagnostics, optical coherence tomography, perimetry

#### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono postępy w diagnostyce chorób oczu, uwzględniając optyczną koherentną tomografię, mikroskopię konfokalną, ultrabiomikroskopię oraz perymetrię.

**Wstęp:** Postęp w dziedzinie diagnostyki okulistycznej w ostatniej dekadzie XX wieku oraz w XXI wieku jest nieporównywalny z analogicznymi, wcześniejszymi okresami rozwoju tej dyscypliny. Wynika on między innymi z tempa rozwoju technik obrazowania – obecnie już na poziomie zbliżonym do obrazu histologicznego.

**Cel:** W pracy przedstawiono najnowsze metody diagnozowania zmian przedniego i tylnego odcinka oka.

**Materiał i metoda:** Dokonano przeglądu aktualnego piśmiennictwa krajowego i zagranicznego, głównie z ostatnich 10 lat. Przeszukano następujące bazy danych: PubMed i Polska Bibliografia Lekarska.

**Słowa kluczowe:** okulistyka, diagnostyka, optyczna koherentna tomografia, perymetria

**Mailing address / Adres do korespondencji:** Helena Romańczuk, Katedra Pielęgniarstwa, Instytut Pielęgniarstwa i Nauk o Zdrowiu, Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski, Al. mjr. W. Kopisto 2 a, 35-310 Rzeszów, tel.+48 17 851 68 11, e-mail: romanczukhelena@gmail.com

Participation of co-authors / Udział współautorów: A – Author of the concept and objectives of paper / autor koncepcji i założeń pracy; B – collection of data / zbieranie materiału; C – implementation of research / realizacja badań; D – elaborate, analysis and interpretation of data / opracowanie, analiza i interpretacja wyników; E – statistical analysis / analiza statystyczna danych; F – preparation of a manuscript / przygotowanie manuskryptu; G – working out the literature / opracowanie piśmiennictwa; H – obtaining funds / pozyskanie funduszy

Received / Artykuł otrzymano: 8.08.2016 | Accepted / Zaakceptowano do publikacji: 10.09.2016  
Publication date / Data publikacji: december / grudzień 2016

## Analysis of literature

The real revolution in imaging of the eye tissues was brought by **optical coherence tomography** (OCT – optical coherence tomography) [1]. It is modern, non-invasive and contact-free technique of imaging of the eye tissues acting similarly to the ultrasonography, with the only difference that instead of the ultrasound wave, the light wave has been travelling and undergoes reflection on the medium borders. Operating principle is based on the reflected light delay echo measurement and diffused with the use of the interferometer on a clearly defined, mechanically scanned optical path. The received images are characterised by a very high resolution (Figure 1) [2–4].

There are two basic techniques of image generating in OCT. As the first, there were apparatuses produced based on so-called time domain (TD-OCT, Time Domain OCT). The automatic analysis consists of recognising the frequency change if the light spectrum reflection and registering it with the use of the movable mirrors by an apparatus in these devices. There were some devices available on the market, using so-called spectral domain, later on (SD-OCT – Spectral Domain OCT), where instead of mirrors the spectrometer was used. It has a higher axial resolution, faster scanning speed and takes 3D photos. Due to the application of the spectral OCT, the detailed image of particular retina layers corresponding to their histological structure was received, also referred as the biopsy in situ. OCT provides the possibilities of morphological evaluation of the anterior surface of the eye to the level of the ectropion uveae and the rear eyeball section – vitreous humour, retina and optic nerve disc. Nerve fibres layer, retinal pigment epithelium and choroid capillaries are visible in red as structures of the highest reflection factor. Vitreous humour and photoreceptors layer are presented as dark areas, because they weakly reflect light (yellow colour). Structures of the indirect factors of light reflection are marked as yellow-green colour [2, 3, 5].

The OCT examination is reliable, precise and repetitive. It lasts for a short time, and is risk-free, facilitates diagnosis and allows to define indications for pharmacological treatment, laser and operation treatments. It also allows to monitor the course of illness and effects of treatment. Thanks to the OCT examination we can find changes that are not visible in gastroscopic examination, existence of which we suspect after the clinical examination. The main indications for performing the OCT examination are the following: macula degeneration connected with age, glaucoma, diabetic maculopathy, macular oedema, macular hole, cancer lesions, central serous chorioretinopathy, macular edema, vitreous and retinal systems, pigmented moles, qualification to administer anti-VEGF (anti-vascular endothelial growth factor-A) and monitoring of the treatment efficacy [6, 7].

## Analiza piśmiennictwa

Prawdziwą rewolucję w obrazowaniu tkanek oka przyniosła **optyczna koherentna tomografia** (OCT, optical coherence tomography) [1]. Jest to nowoczesna, nieinwazyjna i bezkontaktowa technika obrazowania tkanek oka działająca na podobnej zasadzie jak ultrasonografia, z tą różnicą, że zamiast fali ultradźwiękowej, rozchodzeniu i odbiciu na granicy ośrodków ulega fala świetlna. Zasada działania oparta jest na pomiarze echa opóźnienia światła odbitego i rozproszonego za pomocą interferometru na ściśle określonej, mechanicznie skanowanej drodze optycznej. Otrzymane obrazy charakteryzują się bardzo wysoką rozdzielczością (Ryc. 1) [2–4].

Istnieją dwie podstawowe techniki generowania obrazów w OCT. Jako pierwsze wyprodukowano aparaty opierające się na tzw. domenie czasowej (TD-OCT, Time Domain OCT). W tych urządzeniach analiza automatyczna polega na rozpoznawaniu przez aparat zmiany częstotliwości odbicia widma światła i rejestrowania go za pomocą ruchomych zwierciadeł. Później na rynku pojawiły się urządzenia wykorzystujące tzw. domenę spektralną (SD-OCT, Spectral Domain OCT), gdzie zamiast zwierciadeł użyto spektrometru. Ma ono wyższą rozdzielczość osiową, większą szybkość skanowania oraz wykonuje zdjęcia 3D. Dzięki zastosowaniu spektralnego OCT uzyskano szczegółowy obraz poszczególnych warstw siatkówki odpowiadający ich budowie histologicznej, określany także jako biopsja in situ. OCT daje możliwość morfologicznej oceny przedniego odcinka oka do poziomu listka barwnikowego tęczówki i tylnego odcinka gałki ocznej – ciała szklonego, siatkówki i tarczy nerwu wzrokowego. W zależności od właściwości danej struktury – stopnia odbijania lub pochłaniania światła – uzyskuje się obraz prezentowany w skali barwnej. Warstwa włókien nerwowych, nabłonek barwnikowy siatkówki oraz włókniczki naczyń uwidaczniają się na kolor czerwony jako struktury o najwyższym współczynniku odbicia. Ciało szklone i warstwa fotoreceptorów prezentowane są jako obszary ciemne, ponieważ odbijają światło najslabiej (kolor żółty). Struktury o pośrednich współczynnikach odbijania światła zaznaczane są na kolor żółtozielony [2, 3, 5].

Badanie OCT jest wiarygodne, dokładne i powtarzalne. Trwa krótko, pozbawione jest wszelkiego ryzyka, ułatwia diagnozę i pozwala na określenie wskazań do leczenia farmakologicznego, laserowego lub operacyjnego. Pozwala ono także na monitorowanie przebiegu choroby i efektów leczenia. Dzięki badaniu OCT znajdujemy zmiany, których nie widać w badaniu wziernikowym, a których istnienia domyślamy się po badaniu klinicznym. Główne wskazania do wykonania badania OCT to: zwyrodnienie plamki związane z wiekiem, jaskra, makulopatia cukrzycowa, obrzęk plamki, otwór w plamce, zmiany nowotworowe, centralna surowicza chorooidretinopatia, błona nasiatkówkowa, traccje szklone

There are no contraindications for OCT examination, but there are some limitations. Low quality of scans which are not possible to interpret, are received in case of the corneal oedema, significant blurring of lens and the opacity of vitreous humour. A limitation of that examination is also the fairly minor range of light beams penetration deep into the eye, which is 2–3 mm. It is sufficient for retina imaging, however structures lying deeper and on its circumference, at present level are not visible during the examination [3, 8].

At present there is a possibility to evaluate the retina within its full circumference thanks to the use of wide-angle, **scanning laser ophthalmoscopy**. This method allows to take colour pictures of the rear pole and full 200 dpi degrees, red-free images and choroid images, autofluorescence and fluorescein angiography and indocyanine simultaneously. It is especially important at patients with diabetic retinopathy and with inflammations of uvea [9].

The OCT apparatus is also used in evaluation of the structure and pathology of the anterior surface of the eye, mainly cornea. With their ability it is possible to conduct the measurement of any place of cornea using the measurement equipment called „caliper” [10].

The image of the correct cornea in the temporary OCT is characterised by the presence of hyperreflexia central band with width of 1–2 mm. The corneal epithelium is visible on the scan with the strong hyperreflexia tear film and the additional part of cornea, in which you cannot differentiate particular layers. Whereas the scans of spectral 3D-OCT are characterised by the increased image resolution, allowing to separate the Bowman layer. They are also free from the central, hyperreflexia band. The OCT examination can be used in non-translucent cornea. Blood, metal, colorant epithelium block the transition of the light wave, that prevents from performing the examination. The morphological examination and morphometrical one of the anterior section of the eye with the use of the OCT has broad application in clinical practice in order to qualify patients and evaluate the cornea transplant, refractive surgery, evaluation of the dystrophic changes of the cornea, keratoconus, diagnostics, treatment and glaucoma monitoring, for example analysis of the filter sacs in the surgery of glaucoma [10–12].

Currently, apart from the optic coherence tomography, we have new diagnostic techniques of cornea, providing clinically important information. The following are included into the image examinations: confocal microscopy, ultrabiomicroscopy with the use of ultra-sounds of high frequency and measurement of the cornea thickness with the use of different pachymetry techniques.

**Confocal microscopy** is a unique examination allowing to indicate in-vivo images with the resolution of about 2–4  $\mu\text{m}$ , which means in practice the visualisation of single cornea cells and even their intracellular elements. It allows imaging of all cornea layers which is the most important

kowo-siatkówkowe, znamiona barwnikowe, kwalifikacja do podania anty-VEGF (anty-vascular endothelial growth factor-A) oraz monitorowanie skuteczności tego leczenia [6, 7].

Do badania OCT nie ma przeciwwskazań, ale są pewne jego ograniczenia. Niską jakość skanów niemożliwą do interpretacji otrzymujemy w przypadku obrzęku rogówki, znacznego zmętnienia soczewki i nieprzezierności ciała szklistego. Ograniczeniem badania jest także niewielki zakres penetracji promieni światła w głąb oka, który wynosi 2–3 mm. Wystarcza to do obrazowania siatkówki, jednakże struktury leżące głębiej i na jej obwodzie, na obecnym poziomie nie zostają uwidocznione podczas badania [3, 8].

Aktualnie istnieje możliwość oceny siatkówki w obrębie całego jej obwodu dzięki zastosowaniu szerokokątnej, **skaningowej oftalmoskopii laserowej**. Metoda ta umożliwia wykonanie zdjęć kolorowych tylnego bieguna i pełnych 200 stopni, zdjęć bezczerwieniowych i naczyńkowych, autofluorescencji oraz angiografii fluoresceinowej i indocyjaninowej jednocześnie. Jest to szczególnie ważne u pacjentów z retinopatią cukrzycową oraz ze stanami zapalnymi błony naczyniowej [9].

Aparaty OCT wykorzystuje się także w ocenie budowy i patologii przedniego odcinka oka, głównie rogówki. Przy ich pomocy można przeprowadzić pomiar dowolnie wybranego miejsca rogówki, stosując urządzenie pomiarowe „caliper” [10].

Obraz prawidłowej rogówki w czasowej OCT cechuje obecność hiperrefleksyjnego centralnego pasma o szerokości 1–2 mm. Na skanie widać nabłonek rogówki z pokrywającym go silnie hiperrefleksyjnym filmem łzowym oraz pozostałą część rogówki, w której nie można rozróżnić poszczególnych warstw. Natomiast skany spektralnej 3D-OCT cechuje się zwiększoną rozdzielczością obrazu, umożliwiającą wyodrębnienie warstwy Bowmana. Wolne są także od centralnego hiperrefleksyjnego pasma. Badanie OCT można wykonać przy nieprzezierny rogówce. Krew, metal, nabłonek barwnikowy blokują przechodzenie fali świetlnej, co uniemożliwia badanie. Badanie morfologiczne i morfometryczne przedniego odcinka oka za pomocą OCT znajduje szerokie zastosowanie w praktyce klinicznej w celu kwalifikacji pacjentów i oceny przeszczepów rogówki, w chirurgii refrakcyjnej, ocenie zmian dystroficznych rogówki, stożku rogówki, diagnostyce, leczeniu i monitorowaniu jaskry, np. analizie pęcherzyków filtracyjnych w chirurgii jaskry [10–12].

Obecnie, oprócz optycznej koherentnej tomografii dysponujemy nowymi technikami diagnostycznymi rogówki, dostarczającymi istotnych klinicznie informacji. Do badań obrazowych zaliczamy także: mikroskopię konfokalną, ultrabiomikroskopię z wykorzystaniem ultradźwięków o dużych częstotliwościach oraz pomiar grubości rogówki z użyciem różnych technik pachymetrii.

difference in comparison with the mirror microscopy, in which we can evaluate only endothelium, that is one of its layers. This test can also be done in case of decreasing its translucency [13–15].

**Ultrabiomicroscopy** (UBM, ultrabiomicroscopy) this is a method of imaging the structures of the eyeball, where the ultra-sound waves of high frequency from 35–50 MHz has been used. It allows for imaging the tissues with the electronic accuracy up to 0,0484 mm. The penetration of the ultra-sound beam of the UBM apparatus is about 6 mm, which creates the opportunity of full imaging of the anterior section of the eyeball (Figure 2). With the proper technique, with the UBM examination we can image the whole ciliary body and the peripheral retina. UBM differs from OCT with the way of conducting the test and the scope of imaging frame. It needs the earlier eye anaesthetization and application of the immersion gel on its surface. OCT is the contactless examination. The main indications for the UBM diagnosis are the following: objective gonioscopy, evaluation of the frontal part of the eye at non-translucent optical centers, evaluation of the structures behind the iris, evaluation of the filter sacs after glaucoma surgeries, evaluation of the position of the artificial lense and the iris changes (cysts, moles, tumours- their measurements) [16, 17].

Currently, there is a diagnostic device available, which allows within 90 seconds, in both eyes for detailed, complex diagnosis of the frontal part of the eye – Visionix VX120. It allows to perform refractometry and keratometry with the measurement of the aberration of the lower and higher order and gives the full information about the defect of a patient. The picture of the anterior chamber of the eyeball can be taken with the use of the Scheimpflug camera that allows to evaluate the width of the filtrating angle, kappa angle, depth and capacity of the chamber. It also measures the thickness of the cornea in particular places. With the use of the retroillumination we can evaluate the transparency of the lens, and also establish the types of cataract. At people with the artificial lens implanted there is a possibility of evaluation of the implant arrangement. It also performs well in the diagnosis of the keratoconus [9].

The breakthrough within the scope of imaging of the anterior and posterior part of the eyeball is at present the **SWEPT Source OCT** (SS-OCT). The first available device - Deep Range OCT (DRI-OCT) was introduced on the world market in 2013. The apparatus allows for deeper look into the structures of the human eye, showing not only the morphology of the retina, but also particular layers of the choroid and sclera. As the source of the light the tuned lasers are used, receiving the length of the wave of 1050 nm (in SOCT – 850 nm), which allows for the penetration to the areas present below the colour epithelium. The bigger length of the wave also gives the possibility of receiving the better quality of the image at patients with the lower transparency of the optical centers

**Mikroskopia konfokalna** jest unikalnym badaniem pozwalającym na wykazanie przyżyciowych obrazów z rozdzielczością do około 2–4  $\mu\text{m}$ , co w praktyce oznacza wizualizację pojedynczych komórek rogówki, a nawet ich elementów wewnątrzkomórkowych. Umożliwia obrazowanie wszystkich warstw rogówki, co stanowi najistotniejszą różnicę w porównywaniu z mikroskopią lustrzaną, w której możemy oceniać jedynie śródbłonek, czyli jedną jej warstwę. Badanie to można wykonać także w przypadku zmniejszenia jej przezierności [13–15].

**Ultrabiomikroskopia** (UBM, ultrabiomicroscopy) to metoda obrazowania struktur gałki ocznej, gdzie wykorzystuje się falę ultradźwiękową o wysokiej częstotliwości od 35–50 MHz. Umożliwia to obrazowanie tkanek z elektroniczną dokładnością do 0,0484 mm. Penetracja wiązki ultradźwiękowej aparatu UBM wynosi około 6 mm, co stwarza możliwość pełnego zobrazowania przedniego odcinka gałki ocznej (Ryc. 2). Przy odpowiedniej technice, badaniem UBM można zobrazować całe ciało rzęskowe i obwodową siatkówkę. UBM różni się od OCT sposobem przeprowadzania badania oraz zakresem ramki obrazowania. Wymaga wcześniejszego znieczulenia oka i zastosowania żelu imersyjnego na jego powierzchni. OCT jest badaniem bezdotykowym. Główne wskazania do diagnostyki UBM to: obiektywna gonioskopia, ocena przedniego odcinka oka przy nieprzeziernych ośrodkach optycznych, ocena struktur położonych za tęczęwką, ocena pęcherzyków filtracyjnych po operacjach przeciwjaskrowych, ocena położenia sztucznej soczewki oraz zmiany tęczęwki (torbiele, znamiona, guzy – ich pomiary) [16, 17].

W chwili obecnej dostępne jest urządzenie diagnostyczne, które w 90 sekund w obu oczach pozwala na dokonanie kompleksowej diagnostyki przedniego odcinka oka – Visionix VX120. Umożliwia wykonanie refrakcji i keratometrii z pomiarem aberracji niższego i wyższego rzędu, co daje pełną informację o wadzie pacjenta. Można także wykonać zdjęcie przedniej komory oka z wykorzystaniem kamery Scheimpfluga, co pozwala na ocenę szerokości kąta przesączania, kąta kappa, głębokości i objętości komory. Mierzy także grubość rogówki w poszczególnych jej miejscach. Przy pomocy retroilluminationi można oceniać przezierność soczewki, jak również ustalić typ zaćmy. U osób z wszczepioną sztuczną soczewką istnieje możliwość oceny ułożenia wszczepu. Znakomicie sprawdza się także w diagnostyce stożka rogówki [9].

Przełomem w zakresie obrazowania przedniego i tylnego odcinka gałki ocznej jest aktualnie **SWEPT Source OCT** (SS-OCT). Pierwsze dostępne urządzenie Deep Range OCT (DRI-OCT) wprowadzono na rynek światowy w 2013 roku. Aparat ten pozwala głębiej zajrzeć w struktury ludzkiego oka, obrazując nie tylko morfologię siatkówki, ale również poszczególne warstwy naczyń i twardówkę. Jako źródło światła wykorzystuje

and unfavourable refraction defect. The huge advantage of the apparatus SS-OCT is the function of automatic measurement of the choroid thickness and creating the thickness maps and capacity maps of that layer in a specific area. Also thanks to receiving the scans of 12 mm wide, it is possible to image on one picture both the area of the macula, and the optic nerve disc. Thanks to the use of the SS-OCT apparatus we can evaluate in details the illnesses of the vitreous and retinal border and illnesses of particular layers of the retina itself [3, 18, 19].

In 2014 the apparatus **angio-OCT** appeared in modern retina and choroid diagnosis, allowing for the visualisation of the blood flow in vessels without using contrast (Figure 3). The AngioVue Imaging System allows for immediate evaluation both the structure of the retina and function of microcirculation. The Angio-OCT is a part of a routine OCT examination OCT with the use of the AngioRetina or AngioDisc scans, and time of obtaining image is about 4 seconds. The OCT angiography is a static method. It detect the flow in the vessels at any time, and the image received is constant and three-dimensional. In the AngioVue there is the automatic segmentation of all layers of blood vessels in the retina. The flow of blood is visible in superficial vascular plexus, deep vascular plexus, at the level of the outer layers of the retina and in choriocapillaris. All these layers are visible simultaneously, and can also be isolated and analysed separately. The main indications for the angio-OCT examination are: diabetic retinopathy, the central vein clot, macular degeneration connected with age and central serum chorioretinopathy. The Angio-OCT allows for better exposure of the vascular irregularities and avascular areas which can be masked by leakage in later stages of fluorescein angiography [3, 20, 21].

The special place shall be devoted to the glaucoma neuropathy. Glaucoma is the second as to the frequency, reason of the blindness in the world. It is therefore very important and essential to detect it early and treat it correctly, which consists on, among others, detailed monitoring of the changes in the field of view. In the OCT we can analyse the topography of the optic nerve disc, a quantitative measure of the layers of the nerve fibres, measurement of the whole thickness of the retina in a macula and the ganglion cell complex (GCC, ganglion cell complex). In the angio-OCT, in a glaucoma, capillaries losses and the reduced blood flow within the eye nerve disc and surrounding nerve fibres, correlate with the thinning of the nerve fibres layer and allow to detect early preperimetric glaucoma [6, 20, 22].

Similarly to the methods of eye imaging there is growing progress in the **perimetry** that is the method of examination of the field of view. The development of the perimetric methods in 21<sup>st</sup>, century will lead to the early detection of glaucoma changes, monitor their evolution and shortening the time of examination, which is

lasery strojone, uzyskując długość fali rzędu 1050 nm (w SOCT – 850 nm), co umożliwia penetrację do obszarów znajdujących się poniżej nabłonka barwnikowego. Większa długość fali daje także możliwość uzyskiwania lepszej jakości obrazu u pacjentów ze zmniejszoną przezrocznością ośrodków optycznych i niesprzyjającą wadą refrakcji. Ogromną zaletą aparatu SS-OCT jest funkcja automatycznego pomiaru grubości naczyniówki oraz tworzenie map grubości i objętości tej warstwy na określonym obszarze. Także dzięki uzyskaniu skanów o szerokości 12 mm możliwe jest zobrazowanie na jednym zdjęciu zarówno obszaru plamki jak i tarczy nerwu wzrokowego. Dzięki użyciu aparatu SS-OCT można dokładniej ocenić choroby pogranicza szkliskowo-siatkówkowego oraz choroby poszczególnych warstw samej siatkówki [3, 18, 19].

W 2014 roku pojawił się w nowoczesnej diagnostyce siatkówki i naczyniówki aparat **angio-OCT**, pozwalający na wizualizację przepływu krwi w naczyniach bez użycia kontrastu (Ryc. 3). AngioVue Imaging System umożliwia jednoczasową ocenę zarówno struktury siatkówki jak i funkcji mikrokrążenia. Angio-OCT jest częścią rutynowego badania OCT z wykorzystaniem skanów AngioRetina lub AngioDisc, a czas uzyskiwania obrazu wynosi około 4 sekund. Angiografia OCT jest metodą statyczną. Wykrywa przepływ w naczyniach w dowolnym czasie, a uzyskany obraz jest stały i trójwymiarowy. W AngioVue dochodzi do automatycznej segmentacji wszystkich warstw naczyń krwionośnych w siatkówce. Widoczny jest przepływ krwi w powierzchniowym splocie naczyniowym, głębokim splocie naczyniowym, na poziomie warstw zewnętrznych siatkówki i w choriokapilarach. Wszystkie te warstwy są widziane jednocześnie, mogą być także wyizolowane i analizowane oddzielnie. Głównymi wskazaniami do badania angio-OCT są: retinopatia cukrzycowa, zakrzep żyły środkowej, zwyrodnienie plamki związane z wiekiem oraz centralna surowicza chorioretinopatia. Angio-OCT pozwala lepiej uwidocznić nieprawidłowości naczyniowe i strefy awaskularne, które w późniejszych fazach angiografii fluoresceinowej mogą być maskowane przeciekiem [3, 20, 21].

Szczególne miejsce należy poświęcić neuropatii jaskrowej. Jaskra jest drugą co do częstości przyczyną ślepoty na świecie. Dlatego tak istotne i ważne jest jej wczesne wykrywanie i prawidłowe leczenie, które między innymi polega na dokładnym monitorowaniu zmian w polu widzenia. W OCT możemy analizować topografię tarczy nerwu wzrokowego, ilościowy pomiar warstwy włókien nerwowych, pomiar całej grubości siatkówki w plamce oraz zespół komórek zwojowych (GCC, ganglion cell complex). W angio-OCT, w jaskrze ubytki kapilarów i zmniejszony przepływ krwi w obrębie tarczy nerwu wzrokowego i otaczających ją włókien nerwowych korelują ze scieżnieniem warstwy włókien nerwowych

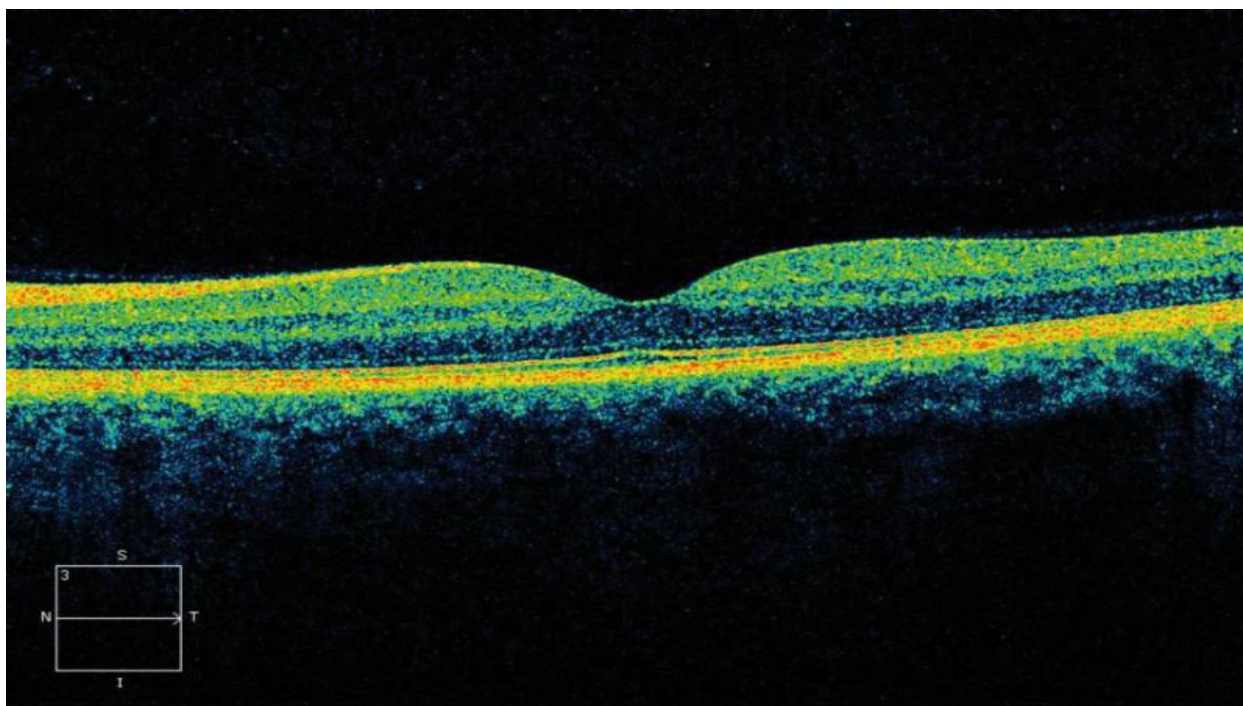


Figure 1. Normal retina in OCT

Rycina 1. Prawidłowy obraz OCT siatkówki

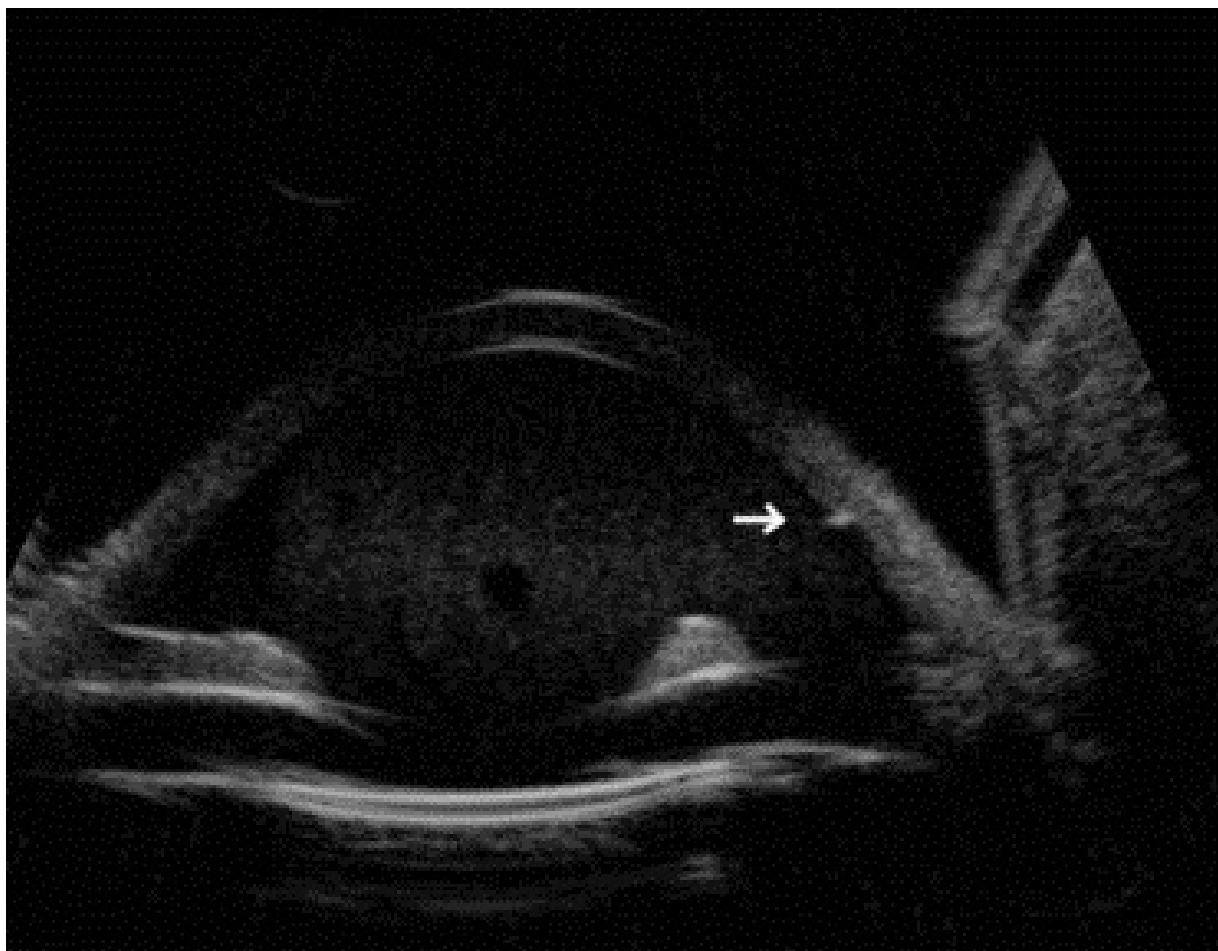


Figure 2. UBM of anterior segmen

Rycina 2. UBM przedniego odcinka oka

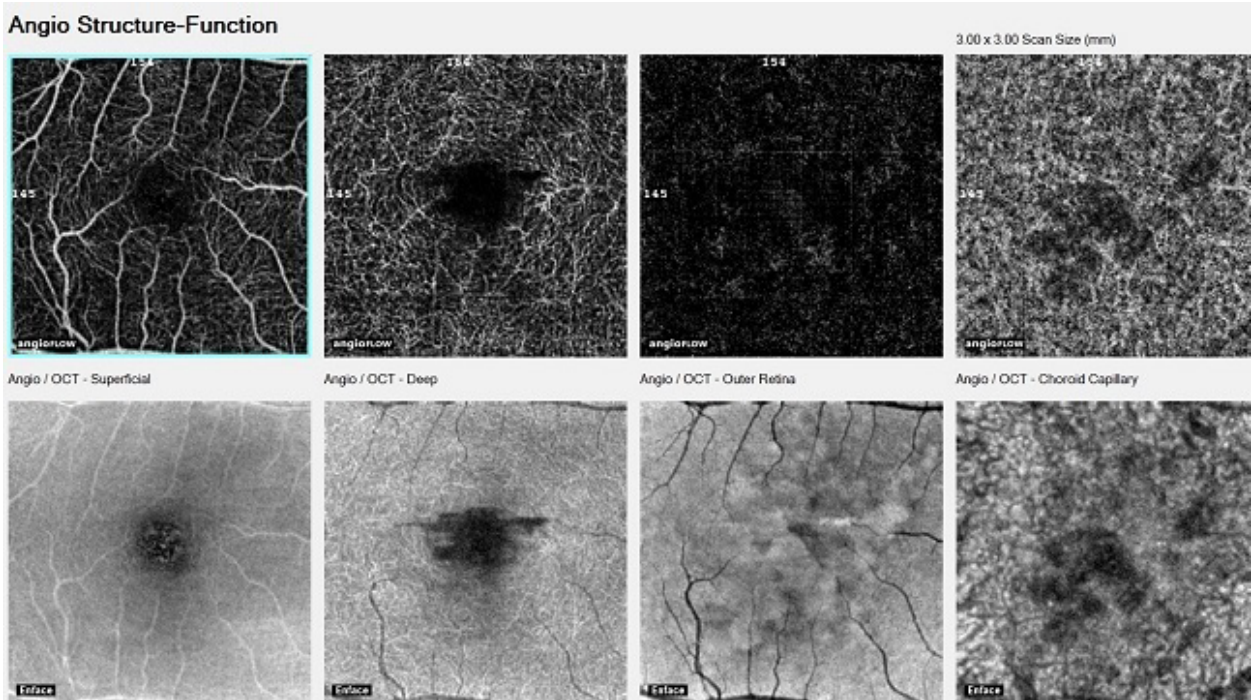


Figure 3. Angio-OCT of macula  
Rycina 3. Angio-OCT plamki

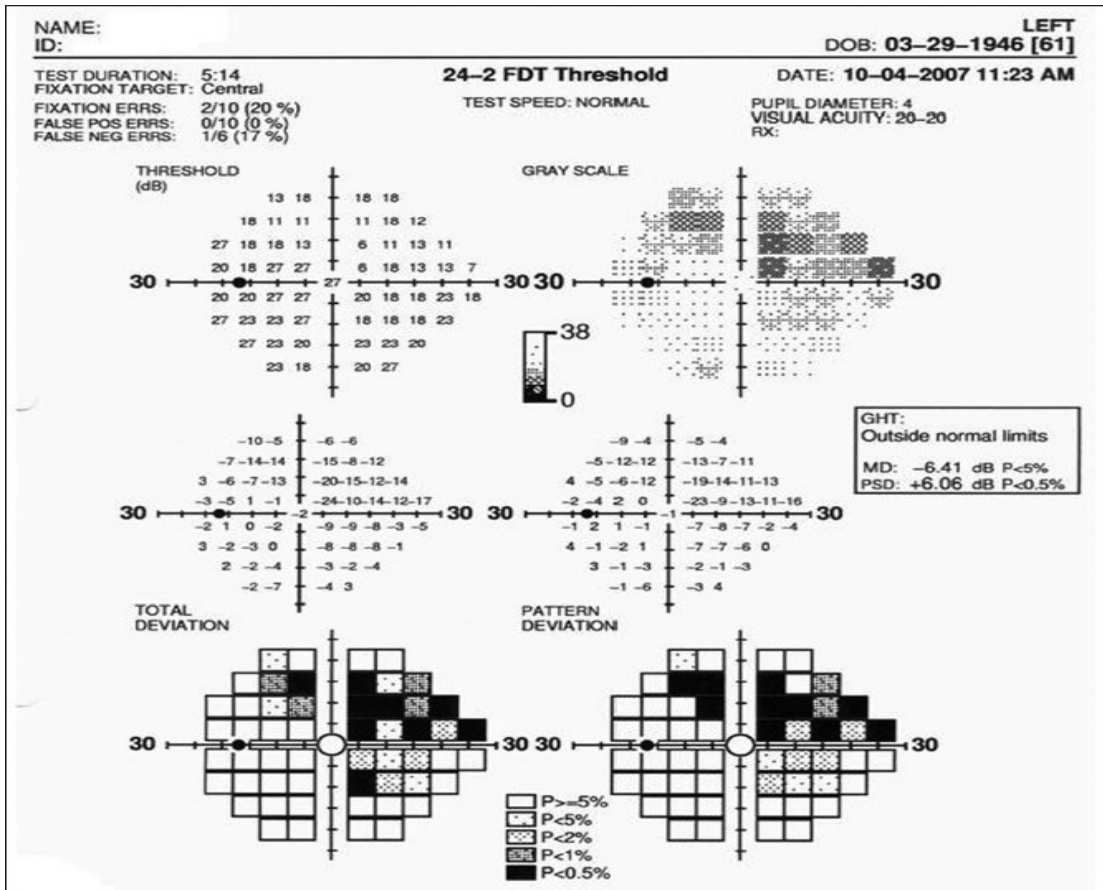


Figure 4. Perimetry FDT  
Rycina 4. Perymetria FDT

still tiring for a patient. The examination of the field of view that have been done so far, are subjective, because a patient decides about pressing the button. A lot depends on the examined person's mood, experience of the perimetrist and also on the surroundings and atmosphere of the examination. Currently there are several main strategies of the perimetric examination used [23].

The basic, detailed method of monitoring the glaucoma is still the threshold strategy. Modern apparatuses have accelerated algorithms of the threshold examination, in order to allow for a huge accuracy with the significant shortening of examination time. The most well-known and widespread in the world is the SITA threshold strategy (Swedish Interactive Threshold Algorithm) used in the Humphrey apparatuses and present in the SITA-Standard variant and qucker SITA-Fast and the TOP strategy (Tendency Oriented Perimetry) used in the Octopus apparatuses, and based on the tendency of the neighbouring fields. It means that if a patient sees most of the neighbouring fields, the stimulus presented in another place, so it means that it is the stimulus of lower intensification. Also other parameters have the accelerated threshold strategies facilitating or accelerating the examination. The full threshold strategy – FT (Full Threshold) allows to establish the thresholds defined in the examined places in the area of the field of view by way of presentation of the stimuli of the increased escalation and registration of the first answer of a patient („when can a patient see the stimulus for the first time” [24]. The suprathreshold strategy allows to accelerate the examination, on the basis of the vision standards described for a particular place in population of healthy people [25]. The stimulus presented as the first, is a suprathreshold stimulus usually visible by 95-99% population of healthy people depending on the database offered by the equipment producer. Next stimuli are of the higher escalation (if a patient did not see the threshold stimulus) or of the low one (if he could see).

The most modern strategies of the perimetric examination is also GATE (German Adaptive Thresholding Estimation), which selectively localise areas in the field of view of the patient, which were characterised with the lower sensitivity to the stimulus in previous examinations, and tests them with additional impulses or introduces additional locations, allowing thereby for proper determination of the scotoma range in the field of view. It is based on the perimetry oriented on scotoma (SCOPE, scotoma oriented perimetry). It allows for detailed monitoring of scotoma changes within the time [23, 26, 27].

Another strategy of the perimetric examination is VFI (Visual field index), which presents the condition of the retina as the percentage of the field of view in comparison with the correlated age of the field of view in a certain location. It allows for evaluation of each location depending on the age of a patient and the distance from the macula and comparing them with the previous examinations.

i pozwalają na wczesne wykrycie jaskry preperymetrycznej [6, 20, 22].

Podobnie jak w metodach obrazowania oka dokonuje się coraz większy postęp w **perymetrii**, czyli metodzie badania pola widzenia. Rozwój metod perymetrycznych w XXI wieku będzie prowadził w kierunku jak najwcześniejszego wykrywania zmian jaskrowych, śledzenia ich ewolucji oraz skrócenia czasu badania, które nadal jest męczące dla pacjenta. Dotychczas wykonywane badania pola widzenia są subiektywne, gdyż pacjent decyduje o przyciśnięciu przycisku. Dużo zależy od samopoczucia badanego, doświadczenia perymetrysty, jak również od otoczenia i atmosfery badania. Obecnie wykorzystuje się kilka głównych strategii badania perymetrycznego [23].

Podstawową, dokładną metodą monitorowania jaskry pozostaje nadal strategia progowa. Nowoczesne aparaty posiadają przyspieszone algorytmy badania progowego, aby umożliwić dużą dokładność przy jednocześnie znacznym skróceniu czasu badania. Najbardziej znana i rozpowszechniona na świecie jest progowa strategia SITA (Swedish Interactive Threshold Algorithm) stosowana w aparatach Humphrey i występująca w odmianie SITA-Standard i szybszej SITA-Fast oraz strategia TOP (Tendency Oriented Perimetry) używana w aparatach Octopus, a oparta na tendencji pól sąsiadujących. Oznacza to, że jeżeli pacjent widzi w większości sąsiadujących pól bodziec prezentowany w kolejnym miejscu, to jest on bodźcem o niższym nasileniu. Również inne perymetry posiadają przyspieszone strategie progowe ułatwiające lub przyspieszające badanie. Pełna strategia progowa FT (Full Threshold) pozwala na ustalenie progów czułości określonych badanych miejsc w obszarze pola widzenia na zasadzie prezentacji bodźców o wzrastającym nasileniu i rejestracji pierwszej odpowiedzi pacjenta („kiedy pacjent po raz pierwszy widzi bodziec”) [24]. Strategia nadprogowa (Suprathreshold strategy) pozwala na przyspieszenie badania, bazując na normach widzenia określanych dla danego miejsca w populacji osób zdrowych [25]. Bodziec prezentowany jako pierwszy jest bodźcem nadprogowym widzianym zazwyczaj przez 95–99% populacji zdrowych w zależności od bazy danych oferowanej przez producenta sprzętu. Następne bodźce są o wyższym nasileniu (jeżeli pacjent nie zobaczył bodźca progowego) lub o niższym (jeżeli zobaczył).

Do najnowszych strategii badania perymetrycznego zalicza się także GATE (German Adaptive Thresholding Estimation), która wybiórczo lokalizuje obszary w polu widzenia pacjenta, które we wcześniejszych badaniach charakteryzowały się obniżoną czułością na bodziec i testuje je dodatkowymi impulsami lub wprowadza dodatkowe lokalizacje, pozwalając tym samym na dokładne określenie zasięgu mroczków w polu widzenia. Opiera się ona na perymetrii zorientowanej na mroczki (SCOPE, scotoma oriented perimetry). Pozwala na dokładne śledzenie zmian mroczków w czasie [23, 26, 27].



In a perimetry with the use of frequency doubling technology (FDT) the population of cells has been examined called My, constituting about 5% of ganglion cells deteriorating in early stages of glaucoma (Figure 4).

In early diagnosis of glaucoma there are also short-term perimetry and perimetry of the critical fusion frequency used CFF (Critical Fusion Frequency, Flicker) [23, 26]. A new diagnostic method of the field of view in illnesses of the retina and macula itself is **microperimetry**, also called fundus perimetry. It links the examination of the retina sensitivity with the colour digital image of the bottom of the eye. The basic function of the microperimeter is the examination of the retina sensitivity in a demanded location. Indications for performing the microperimetric examination include the illnesses of the retina and macula of the degenerative, vascular, inflammatory and genetic nature. An extremely useful function of the microperimeter is the automatic analysis of fixation and possibility of the automatic repeated examination in chosen time interval, when the apparatus uses exactly the same settings of the examination parameters, which were used with the previous examination [28, 29, 30].

Kolejną strategią badania perymetrycznego jest VFI (Visual field index), która przedstawia stan siatkówki jako procent pola widzenia w porównaniu ze skorelowanym z wiekiem polem widzenia w danej lokalizacji. Pozwala to na ocenę każdej lokalizacji w zależności od wieku pacjenta i odległości od plamki oraz porównanie z poprzednimi badaniami.

W perymetrii z zastosowaniem technologii zdwojonej częstotliwości (FDT) badana jest populacja komórek My, stanowiąca około 5% komórek zwojowych ulegająca uszkodzeniu we wczesnych stadiach jaskry (Ryc. 4).

We wczesnej diagnostyce jaskry stosowana jest także perymetria krótkofalowa i perymetria krytycznej częstotliwości fuzji CFF (Critical Fusion Frequency, Flicker) [23, 26].

Nową metodą diagnostyczną pola widzenia w chorobach siatkówki i samej plamki jest **mikroperymetria**, nazywana także fundus perymetrią. Łączy ona badanie czułości siatkówki z kolorowym cyfrowym zdjęciem dna oka. Podstawową funkcją mikroperymetru jest badanie czułości siatkówki w żądanej lokalizacji. Wskazania do wykonania badania mikroperymetrycznego obejmują schorzenia siatkówki i plamki o charakterze zwyrodnieniowym, naczyniowym, zapalnym i genetycznym. Niezwykle przydatną funkcją mikroperymetru jest automatyczna analiza fiksacji oraz możliwość automatycznego badania powtórnego w wybranym odstępie czasu, kiedy to aparat stosuje dokładnie te same ustawienia parametrów badania, których użyto przy poprzednim badaniu [28, 29, 30].

## Bibliography / Bibliografia

1. Niżankowska MH, Muzyka-Woźniak M, Oficjalska-Młyńczak J. Nowe trendy diagnostyczne i terapeutyczne w okulistyce. *Przew Lek* 2008;1:172-183.
2. Walczyk A, Fryczkowski A. Optyczna koherentna tomografia w diagnostyce i monitorowaniu chorób siatkówki. *Stud Med* 2011;22:45-49.
3. Hautz W, redaktor. OCT i angio-OCT w schorzeniach tylnego odcinka gałki ocznej. Warszawa: MediPage; 2015.
4. Fujimoto JG, Pitris C, Boppart SA et al. Optical Coherence Tomography: An Emerging Technology for Biomedical Imaging and Optical Biopsy. *Neoplasia* 2000;2:9-25.
5. Duchnik M, Machalińska A, Wiszniewska B. Prawidłowe i patologiczne obrazy badania optycznej koherentnej tomografii siatkówki - interpretacja w korelacji z obrazem histologicznym. *Klin Oczna* 2015;117:113-118.
6. Tarczyńska M, Kuźnik-Borkowska A, Kęcik D. Metody obrazowania zmian degeneracyjnych plamki. *Okulistyka* 2015; 18:14-19.
7. Al-Mujaini A, Wali UK, Azeem S. Optical Coherence Tomography: Clinical Applications in Medical Practice. *Oman Med J* 2013;28:86-91.
8. Rozegnał-Madej A, Bielecka E, Żarnowski T. Zastosowanie optycznej koherentnej tomografii w diagnozowaniu i monitorowaniu jaskry. *Okulistyka* 2013;16:58-62.
9. Teper S. Szerokokątna skaningowa oftalmoskopia laserowa w praktyce klinicznej. *CX News* 2015; 3:53.
10. Nowińska A, Wylęgała E, Teper S. Badanie przedniego odcinka oka. Obrazowanie przedniego odcinka oka przy użyciu optycznej koherentnej tomografii - wskazówki do interpretacji. W: Wylęgała E. Optyczna koherentna tomografia. Wrocław, Górnicki Wydawnictwo Medyczne; 2010.
11. Kałużny B, Sołdańska B. Topography and tomography of the cornea. *Kontaktol Opt Okul* 2012;1:5-9.
12. Tarnawska D, Wylęgała E, Nowińska A i wsp. Obrazowanie rogówki za pomocą optycznej koherentnej tomografii - analiza porównawcza czterech aparatów OCT. *Okulistyka* 2009;12:111-114.
13. Kałużny B, Piotrowiak I. Diagnostic techniques in keratoconus. *Kontaktol Opt Okul* 2010;3:5-9.
14. Kubiacyk M. Współczesne metody diagnostyczne w dystrofiach rogówki. *Przeegl Okul* 2011;5:4-5.
15. Tavakoli M, Hossain P, Malik RA. Clinical applications of corneal confocal microscopy. *Clin Ophthalmol* 2008;2:435-445.
16. Tesla P, Jędruch A, Sulak R. UBM w diagnostyce przedniego odcinka gałki ocznej. *Okulistyka* 2008;11:49-56.
17. Ishikawa H, Schuman JS. Anterior segment imaging: ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmol Clin North Am* 2004;17:7-20.

18. Michalewska Z. Swept-source OCT (SS-OCT) czyli jak zajrzeć głębiej? *TopCon News* 2014;3;2-4.
19. Liu JL, Witkin AJ, Adhi M et al. Enhanced Vitreous Imaging in Healthy Eyes Using Swept Source Optical Coherence Tomography. *PLoS One* 2014; 9:7.
20. Gołębiewska J. AngioVue - nowa nieinwazyjna metoda oceny struktury siatkówki i funkcji mikrokrążenia. *Okulistyka* 2015;18:73-74.
21. Ang M, Sim DA, Keane PA et al. Optical Coherence Tomography Angiography for Anterior Segment Vasculature Imaging. *Ophthalmology* 2015;122:1740-7.
22. Bednarski M, Piasecka K, Michalewski J i wsp. SOCT w diagnostyce jaskry. *Okulistyka* 2011; 14:33-36.
23. Przeździecka-Dołyk J. Współczesne możliwości badania pola widzenia. *Przeł Okul* 2013;6:6-7.
24. Yenice O, Temel A. Evaluation of two Humphrey perimetry programs: Full threshold and SITA standard testing strategy for learning effect. *Eur J Ophthalmol* 2005;15:209-212.
25. Artes PH, Henson DB, Harper R et al. Multisampling suprathreshold perimetry: a comparison with conventional suprathreshold and full-threshold strategies by computer simulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:2582-2587.
26. Tesla P. Perymetria automatyczna - nowe możliwości. *Przeł Okul* 2005;4: 2-9.
27. Schiefer U, Pascual P, Edmunds B. Comparison of the New Perimetric GATE Strategy with Conventional Full-Threshold and SITA Standard Strategies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:488–494.
28. Gościńiewicz P, Pieczara E, Romaniuk W. i wsp. Mikroperymetria w okulistyce. *Mag Lek Okul* 2011;5:189-193.
29. Acton JH, Greenstein VC. Fundus-driven perimetry (microperimetry) compared to conventional static automated perimetry: similarities, differences and clinical applications. *Can J Ophthalmol* 2013;48:358–363.
30. Romaniuk W, Gościńiewicz P, Mrukwa-Kominek E. Kliniczne zastosowanie mikroperymetrii – wady i zalety tej metody. Doświadczenia własne. *Post Nauk Med* 2013;12:843-846.