

4.2. Parametry przedniego odcinka oka stosowane w diagnostyce jaskry

Judyta Jankowska-Szmul, Anna Nowińska

Ocena anatomii przedniego odcinka, a w szczególności kąta przesączania, jest kluczowym elementem w diagnostyce jaskry. Gonioskopia manualna z użyciem soczewek nagałkowych pozostaje badaniem podstawowym. Optyczna tomografia koherentna (OCT, *optical coherence tomography*) jako badanie uzupełniające pozwala na gonioskopię automatyczną, czyli pomiary w obrębie kąta przesączania oraz komory przedniej. Niewątpliwą zaletą OCT jest możliwość przeprowadzenia tych pomiarów w sposób precyzyjny, nieinwazyjny, powtarzalny, przy nieprzeziernych ośrodkach optycznych oraz niezależnie od doświadczenia i subiektywnej oceny badającego [1, 2].

Złotym standardem w obrazowaniu przedniego odcinka pozostaje aparat domeny czasowej (*time domain*) TD-OCT Visante (Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, California). Zastosowano w nim falę o długości 1310 nm i prędkość skanowania 2048 A-skanów na sekundę; uzyskując rozdzielczość osiową 18 μm i poprzeczną 60 μm . Wykorzystana długość fali cechuje się dobrą penetracją przez okolicę rąbka, co pozwala na ocenę komory przedniej i kąta przesączania z dużą dokładnością i powtarzalnością, potwierdzoną w licznych badaniach klinicznych.

Rozdzielczość skanu jest zależna od długości zastosowanej fali świetlnej. Za pomocą fali o krótszej długości w OCT domeny spektralnej (SD-OCT, *spectral domain OCT*) uzyskuje się obrazy o wyższej rozdzielczości, równocześnie jednak zmniejsza się głębokość penetracji fali.

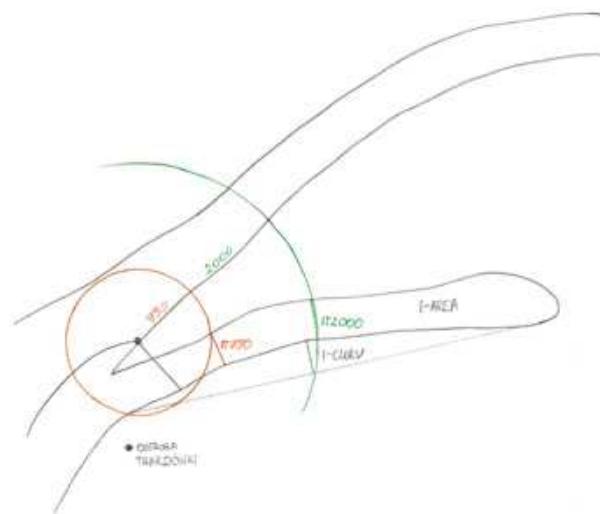
Ponadto obraz kąta przesączania przy użyciu SD-OCT cechuje się obecnością cienia optycznego w obszarze szczytu kąta ze względu na długość zastosowanej fali świetlnej (850 nm), która jest silnie pochłaniana przez twardówkę.

Wprowadzenie urządzenia OCT typu *swept-source* pozwoliło na uzyskanie znacznie dokładniejszych obrazów kąta przesączania. Fala o długości 1310 nm w mniejszym stopniu ulega rozproszeniu na twardówce. Ponadto, zwiększenie prędkości skanowania do 30,000 A-skanów na sekundę pozwala na uzyskanie w zaledwie 2,4 sekundy obrazu kąta na obszarze 360 stopni, w rozdzielczości podłużnej < 10 μm , składającego się ze 128 B-skanów *cross-section*, każdy po 512 A-skanów.

Aparaty OCT kolejnych generacji pozwalają na coraz dokładniejsze obrazowanie struktur kąta przesączania. Punktem wyjścia do pomiarów w obrębie kąta przesączania jest ostroga twardówki, identyfikowana najczęściej jako pogranicze hiperrefleksyjnej twardówki i hiporefleksyjnego mięśnia rzęskowego. Identyfikacja ostrogi twardówki (*scleral spur*) jest możliwa w około 70% skanów wykonanych TD-OCT Visante oraz w 85% skanów wykonanych aparatem SD-OCT Cirrus. Na skanach wykonanych aparatem OCT CASIA (Tomey, Nagoya, Japan), komercyjnie dostępnym modelem *swept-source* OCT przeznaczonym do obrazowania przedniego odcinka, ostroga twardówki jest widoczna w 95–100% skanów, linia Schwalbego – w 68–98% skanów, a kanał Schlemma – w 12–42% skanów. Struktury te są widoczne lepiej w kwadrantach skroniowych i nosowych niż górnych i dolnych [3, 4].

Największą powtarzalnością charakteryzują się wyniki pomiarów dokonanych w kwadrantach skroniowym i nosowym. Ze względu na trudność oznaczania ostrogi twardówki pomiary z kwadrantu dolnego cechuje niższa powtarzalność.

Wybór kwadrantu górnego lub dolnego, płytka komora przednia, mniejsza długość gałki ocznej i za-



Rycina 4.2.1. Schemat kąta przesączania. Zaznaczone są: IA – powierzchnia tęczęwki; IC – krzywizna tęczęwki; ITM, IT2000, IT750 – grubość tęczęwki maksymalna oraz w odległości 2000 μm i 750 μm od ostrogi twardówki.

Tabela 4.2.1. Parametry przedniego odcinka i kąta przesączania stosowane w diagnostyce jaskry [5]

Nazwa parametru	Wyjaśnienie i zastosowanie
ACD (<i>anterior chamber depth</i>)	głębokość komory przedniej
CCT (<i>central corneal thickness</i>)	centralna grubość rogówki
ACD-CCT	miar głębokości komory przedniej mierzony od tylnej powierzchni rogówki
ATA (<i>angle to angle</i>)	odległość od szczytu kąta 0° do szczytu kąta 180°
AC angle 0°/AC angle 180°	szerokość kąta 0°/180°
angle	szerokość kąta leżącego w płaszczyźnie innej niż 0°–180°
scleral spur angle	szerokość kąta mierzona od ostrogi twardówki
TIA (<i>trabecular-iris angle</i>)	szerokość kąta przesączania w stopniach
AOD 500/AOD 750 (<i>angle opening distance</i>)	odcinek prostopadły do linii poprowadzonej wzdłuż siateczki beleczkowania 500 μm lub 750 μm od ostrogi twardówki
TISA 500/TISA 750 (<i>trabecular-iris space area at 500 μm/750 μm</i>)	powierzchnia ograniczona od przodu przez AOD 500 lub AOD 750, z tyłu przez odcinek prostopadły łączący ostrogę twardówki z powierzchnią tęczęwki, od góry przez tylną powierzchnię rogówki, od dołu przez powierzchnię tęczęwki
ARA 500/ARA 750 (<i>angle recess area</i>)	obszar cofnięcia kąta – trójkątna powierzchnia ograniczona od przodu przez AOD 500 lub AOD 750, od góry przez wewnętrzną powierzchnię twardówki, od dołu przez przednią powierzchnię tęczęwki i ciała rzęskowego
IT (<i>iris thickness</i>)	grubość tęczęwki oznaczana w odległości 500, 750, 2000 μm od ostrogi twardówki – wartość maksymalną IT na całej długości tęczęwki oznacza się jako ITM
IA; I-Area (<i>iris area</i>)	powierzchnia przekroju tęczęwki
IC; I-Curv (<i>iris curvature</i>)	krzywizna tęczęwki oznaczana jako maksymalna odległość między nabłonkiem barwnikowym a linią łączącą najbardziej obwodowy i najbardziej centralny punkt nabłonka barwnikowego
ST (<i>scleral thickness</i>)	grubość twardówki mierzona prostopadłe pomiędzy ostrogą twardówki a powierzchnią nadtwardówki
LV (<i>lens vault</i>)	wysklepienie soczewki – odległość pomiędzy biegunem przednim soczewki a linią poziomą łączącą dwie przeciwległe wyznaczone ostrogi twardówki

awansowany wiek pacjenta to czynniki utrudniające identyfikację ostrogi, a w konsekwencji – ograniczającą powtarzalność wyników.

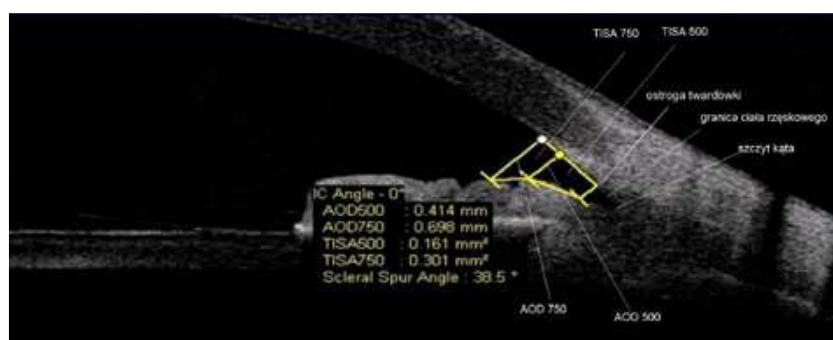
W zależności od generacji aparatu OCT, producenta oraz zainstalowanej wersji oprogramowania dostępne są różne narzędzia pomiarowe. Parametry półautomatyczne o udowodnionym znaczeniu w diagnostyce jaskry zamykającego się kąta to pomiar szerokości kąta w stopniach, pomiar AOD 500 i 750 oraz TISA 500 i 750. Ewentualne dodatkowe pomiary manualne przeprowadza się uniwersalnym narzędziem pomiarowym *caliper*.

Parametry morfometryczne kąta przesączania i przedniego odcinka oka stosowane w diagnostyce oraz w kwalifikacji do sposobu leczenia jaskry

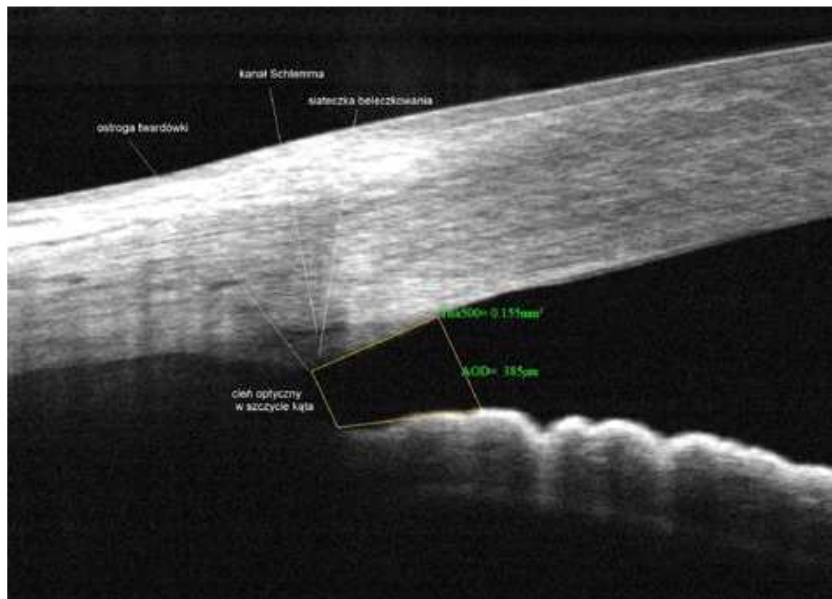
zestawiono w tabeli 4.2.1 oraz przedstawiono na ryc. 4.2.1–4.2.7.

Wyniki AOD są obarczone najmniejszym błędem w przypadku aproksymowania linii konturu. Wskazywanie ręczne punktów pomiarowych zmniejsza dokładność metody. Parametr TIA wykazuje średnie wartości błędów w zaznaczaniu punktów pomiarowych, bez względu na sposób działania czy rodzaj oprogramowania. TISA natomiast jest obciążona najmniejszym błędem, jeżeli kontur nie jest aproksymowany, a operator bardzo precyzyjnie wskazuje punkty pomiarowe.

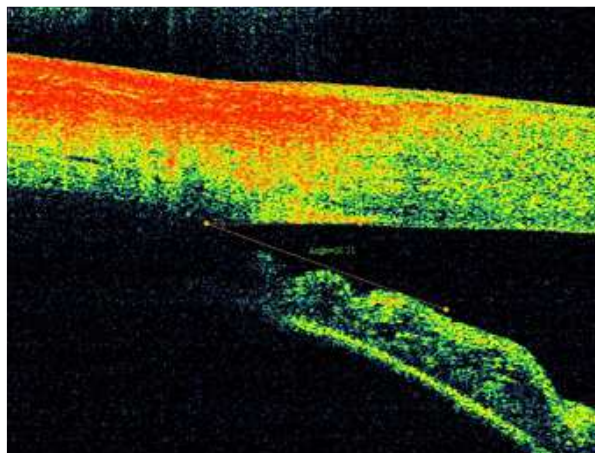
Pomiary szerokości kąta i głębokości komory przedniej za pomocą OCT Visante korelują z klasyfikacją Shaffera i van Hericka, co zestawiono w tabeli 4.2.2.



Rycina 4.2.2. Skan „Anterior Segment Single” OCT Visante zdrowego oka w płaszczyźnie 0°–180°. Widoczny kąt przesączania z zaznaczoną ostrogą twardówki. Oznaczono ostrogę twardówki, siateczkę beleczkowania, szczyt kąta oraz dostępne pomiary morfometryczne: AOD 500, AOD 750, TISA 500, TISA 750, *scleral spur angle*.



Rycina 4.2.3. Skan „Angle” przystawki rogówkowej „CAM-L” RTVue. Widoczny cień optyczny za twardówką przykrywający szczyt kąta i podstawę tęczęwki. Zaznaczono ostrogę twardówki, beleczkowanie, kanał Schlemma oraz pomiary morfometryczne AOD 500 i TISA 500.



Rycina 4.2.4. Skan „Angle” przystawki rogówkowej „CAM-L” RTVue. Widoczny cień optyczny za twardówką przykrywający szczyt kąta i podstawę tęczęwki. Pomiar szerokości kąta przesączania wykonany manualnie.



Rycina 4.2.5. Skan „Angle Analysis” OCT CASIA zdrowego oka w płaszczyźnie 0°–180°, skan poglądowy oraz dostępne narzędzia pomiarowe do szczegółowej analizy dwuwymiarowej oraz rekonstrukcji trójwymiarowej struktur kąta przesączania i przedniego odcinka oka.

Morfologia kąta przesączania zmienia się z wiekiem, co należy wziąć pod uwagę, oceniając zmiany na przestrzeni wieloletniej obserwacji (tabela 4.2.3).

Wartość TIA < 12°, AOD 500 < 191 μm oraz TISA 500 < 0,11 mm² istotnie zwiększa ryzyko zamknięcia kąta przesączania [1]. Zwiększona grubość, krzywiz-

na i powierzchnia tęczęwki jest niezależnym czynnikiem ryzyka zamknięcia kąta przesączania [7].

Gonioskopia automatyczna wykonywana za pomocą AS-OCT charakteryzuje się porównywalną z gonioskopią czułością w wykrywaniu zamknięcia kąta [8].