

Charakterystyka zaników okołotarczowych za pomocą optycznej koherentej tomografii domeny spektralnej

JUNG HWA NA, BYUNG GIL MOON, KYUNG RIM SUNG, YOUNGROK LEE, MICHAEL S. KOOK

Cel pracy

Celem badania było scharakteryzowanie cech zaników okołotarczowych (peripapillary atrophy, PPA) za pomocą optycznej koherentej tomografii domeny spektralnej (spectral-domain optical coherence tomography, SD-OCT).

Metody

Obrazowanie SD-OCT tarczy nerwu wzrokowego przeprowadzono na oczach osób zdrowych, oczach chorych z podejrzeniem jaskry oraz oczach chorych, u których ustalono rozpoznanie jaskry. Uwidoczniono: obwodową strefę β , warstwę włókien nerwowych siatkówki (retinal nerve fiber layer, RNFL), skrzyżowanie segmentów wewnętrznego i zewnętrznego (inner and outer segments, IS/OS) warstwy fotoreceptorów oraz błonę Brucha z kompleksem nabłonka barwnikowego siatkówki (Bruch membrane/retinal pigment epithelium complex layer, BRL).

Wyniki

Przeprowadzono badania 19 oczu 10 osób. We wszystkich oczach w strefie β PPA obserwowano RNFL, natomiast w żadnym z oczu nie wykazano w tej strefie kompleksu IO/OS. W dwojgu oczu w strefie β nie wykazano BRL. W pięciorgu oczu BRL był niekompletny lub wygięty ku tyłowi w strefie β .

Podsumowanie

W strefie β PPA typowo występowała warstwa RNFL, brakowało natomiast warstwy komórek fotoreceptorowych. Występowanie BRL w strefie β było zmienne.

Słowa kluczowe

błona Brucha, jaskra, zanik okołotarczowy, warstwa włókien nerwowych siatkówki, optyczna koherenta tomografia domeny spektralnej



Zmiany strukturalne poprzedzają nieodwracalny zanik funkcjonalny w oczach dotkniętych jaskrą [1,2]. Dlatego dużą rolę przywiązuje się do wykrywania zmian strukturalnych, umożliwiających wczesne rozpoznanie jaskry.

Diagnostyka strukturalna jaskry tradycyjnie skupia się na ocenie tarczy nerwu wzrokowego i warstwy włókien nerwowych siatkówki (RNFL). Obiektywna i ilościowa ocena obu tych elementów jest przydatna zarówno w rozpoznaniu jaskry, jak i monitorowaniu jej progresji [3-7].

Optyczna koherenta tomografia (optic coherence tomography, OCT) jest nieinwazyjną metodą obrazowania, umożliwiającą ilościową ocenę zarówno tarczy nerwu wzrokowego, jak i RNFL. W ocenie obu tych elementów punktem wyjścia jest określenie obrysu nerwu wzrokowego. Na pomiary parametrów tarczy nerwu wzrokowego, takich jak powierzchnia tarczy nerwu, stosunek średnicy tarczy nerwu wzrokowego do średnicy zagłębienia (cup/disc ratio, C/D) oraz obszaru obręczy neuro-retinalnej, wpływają linie odgraniczające tarczę nerwu wzrokowego. Zasadnicze znaczenie ma również określenie marginesu

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Adres do korespondencji: Kyung Rim Sung, Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, #388-1 Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea; e-mail: sungeye@gmail.com

Korean J Ophthalmol 2010; 24(6):353-359

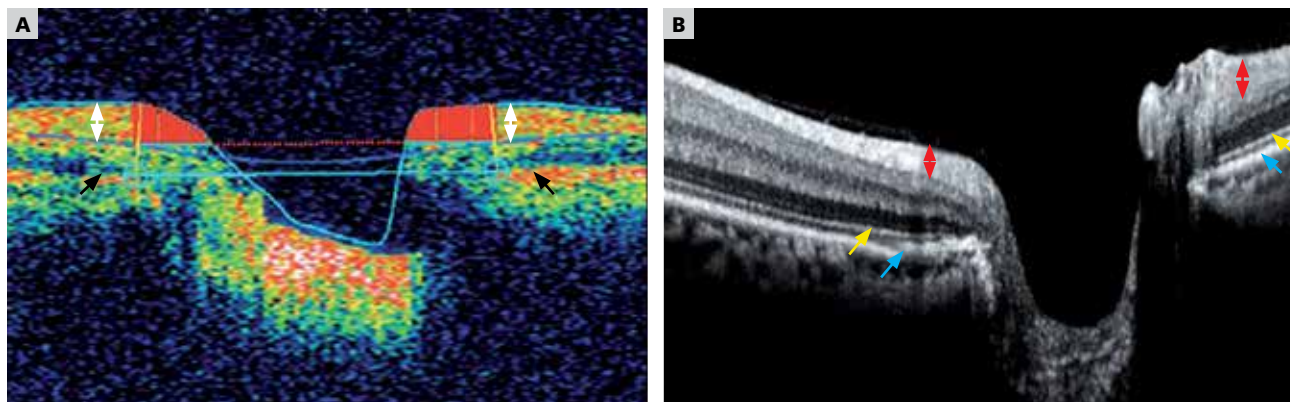
tarczy nerwu wzrokowego przed oceną okołotarczowej warstwy RNFL, fizjologicznie bowiem RNFL jest najgrubsza wokół brzegu tarczy nerwu, po czym im dalej od brzegu, tym staje się cieńsza.

Poprzednie wersje OCT (OCT1, OCT2 i OCT Stratus) automatycznie określały brzeg tarczy nerwu wzrokowego jako granicę między nabłonkiem barwnikowym siatkówki (retinal pigment epithelium, RPE)/warstwą naczyń włosowatych naczyniówki a tkanką otaczającą [8-10]. W celu utworzenia krzywej najbardziej dopasowanej do brzegu tarczy nerwu wzrokowego wersja OCT Stratus wykorzystuje interpolację między 12 punktami pomiarowymi RPE/warstwą naczyń włosowatych naczyniówki, nie zaś bezpośrednie połączenie 12 punktów. Nadal jednak brzeg tarczy jest określany głównie w odniesieniu do granicy RPE/warstwy naczyń włosowatych naczyniówki. Może to stwarzać problemy w oczach z zanikiem okołotarczowym (PPA) tarczy nerwu wzrokowego. Mianem strefy β zaniku okołotarczowego, znajdującej się w pobliżu brzegu tarczy nerwu, określa się obszar pozbawiony RPE lub obszar, na którym występuje zanik RPE z widocznymi dużymi naczyniami błony naczyniowej oraz twardówką [11]. Zanik okołotarczowy można obserwować zarówno w oczach zdrowych, jak i w oczach z rozpoznaną jaskrą, w których zdarza się częściej, a jego przebieg jest cięższy [11-13]. Opisywano, że zwiększenie obszaru PPA może świadczyć o postępie jaskry [14,15]. Zatem PPA nie jest zjawiskiem rzadkim u chorych na jaskrę, choć jego zakres bywa różny.

Niedawno wprowadzone OCT (SD-OCT) domeny spektralnej zapewniają większą rozdzielczość oraz szybsze uzyskiwanie obrazów w porównaniu z oferowanymi dotychczas aparatami. Jeden z dostępnych na rynku SD-OCT, Spectralis OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Niemcy) pozwala na uzyskiwanie kolejnych obrazów 100-krotnie szybciej niż konwencjonalny Stratus OCT. Umożliwia to zgromadzenie znacznie większej liczby danych w krótszym czasie [16]. Zwiększona rozdzielczość obrazowania i nagromadzenie większej liczby danych sprawiają, że otrzymywany obraz otoczenia tarczy nerwu wzrokowego jest znacznie lepszej jakości. Autorzy przeprowadzili zatem badania obrazowe za pomocą SD-OCT i ocenili szczegóły struktur oka u chorych z PPA. Szczególną uwagę zwrócili na obwodową strefę β w oczach zdrowych, oczach z rozpoznaną jaskrą oraz oczach z podejrzeniem jaskry.

Materiał i metody

Do udziału w badaniu włączono kolejnych chorych zgłaszających się do kliniki jaskrowej Asan Medical Center między grudniem 2008 r. a styczniem 2009 r. Wszyscy podpisali wcześniej świadomą zgodę na uczestnictwo. Wszystkie przeprowadzone zabiegi były zgodne z zapisem Deklaracji Helsińskiej, a projekt badania zyskał akceptację Komisji Bioetycznej Asan Medical Center.



Rycina 1. (A) Obraz tarczy nerwu wzrokowego uzyskany za pomocą modułu szybkiego skanu tarczy OCT Stratus. Tyłną granicę siatkówki zaznaczono jako pojedyncze grube czerwone pasmo, wyświetlane w zafalszowanym kolorze (strzałka czarna). Tyłną granicę siatkówki zinterpretowano jako kompleks nabłonka barwnikowego siatkówki (RPE) i połączenia segmentów wewnętrznego oraz zewnętrznego (IS/OS) warstwy fotoreceptorów. Strzałka biała wskazuje warstwę włókien nerwowych siatkówki (RNFL) wokół tarczy. (B) Spektralne obrazy OCT uwiarygodniły tyłną granicę siatkówki złożoną z dwóch warstw, grubszej i cieńszej. Strzałka czerwona wskazuje okołotarczową RNFL. Wewnętrzna cieńszą warstwę zinterpretowano jako połączenie IS/OS warstwy fotoreceptorów (strzałka żółta), natomiast zewnętrzną grubszą warstwę jako błonę Brucha/RPE (strzałka niebieska).

Wszyscy uczestnicy przebyli pełne badanie okulistyczne, w tym ocenę ostrości wzroku, ocenę pola widzenia Humphreya za pomocą szwedzkiego interaktywnego algorytmu progowego 24-2 (Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA), wielokrotne pomiary ciśnienia wewnątrzgałkowego za pomocą tonometru Goldmanna, stereoskopową fotografię tarczy nerwu wzrokowego i OCT w domenie spektralnej. Zebrano też staranny wywiad chorobowy, okulistyczny i rodzinny. Jaskrę rozpoznawano w oczach, w których w co najmniej dwóch kolejnych wiarygodnych badaniach pola widzenia stwierdzano zmiany typowe dla jaskry, występowały też zmiany w tarczy nerwu wzrokowego, niezależnie od wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego. Zmiany jaskrowe tarczy nerwu wzrokowego polegały na powiększeniu zagłębienia (pionowy stosunek średnicy tarczy nerwu wzrokowego do średnicy zagłębienia przekraczał 0,6), różnicy takiego stosunku między oczami przekraczającej 0,2, stwierdzeniu rozlanego lub miejscowego zmniejszenia grubości pierścienia neuro-retinalnego, krwotoku lub uszkodzenia RNFL. Za podejrzenie jaskry przyjęto występowanie zmian jaskrowych w badaniu tarczy nerwu wzrokowego u chorych z prawidłowym wynikiem testu oceniającego pole widzenia. W oczach zdrowych tarcza nerwu wzrokowego wyglądała prawidłowo i wyniki oceny pola widzenia były w normie. Zmiany jaskrowe w polu widzenia rozpoznawano na podstawie spełnienia co najmniej dwóch z następujących kryteriów: 1) występowania skupiska trzech punktów z prawdopodobieństwem mniejszym niż 5% na mapie odchyień od wzorca w co najmniej jednej hemisferze, w tym co najmniej jednego punktu z prawdopodobieństwem mniejszym niż 1% lub skupiska 2 punktów z prawdopodobieństwem mniejszym niż 1%, 2) w teście jaskrowym porównania półkul poziomych uzyskania wyniku poniżej 99% normy wiekowej i 3) w standardowym odchyleniu od wzorca wykraczania poza 95% normy wzorca.

Wśród osób włączonych do badania na podstawie innych kryteriów byli chorzy z wyraźnym zanikiem wokół tarczy nerwu wzrokowego, niezależnie od jego wielkości ocenionej na stereoskopowej fotografii tarczy nerwu. Wyróżniono zaniki okołotarczowe obwodowej strefy α z nieregularnymi zmianami barwnikowymi oraz zaniki w centralnej strefie β z widoczną twardówką i dużymi naczyniami naczyniówki. Występowanie i zasięg centralnej strefy β na fotografii tarczy nerwu wzrokowego oceniali niezależnie trzej eksperci w leczeniu chorych na jaskrę (MSK, KRS i JHN). Do analizy włączono oczy, w których ocenie opinie wszystkich trzech ekspertów pokrywały się.

W celu uzyskania obrazu tarczy nerwu wzrokowego został użyty rastrowy moduł skanowania OCT Spectralis,

obejmujący obszar 6 x 6 mm. OCT Spectralis podczas skanowania zbiera dwa obrazy, używając ciągłego podwójnego skanu laserowego, na który składają się obraz w podczerwieni ze skaningowego oftalmoskopu laserowego (SLO) oraz skan OCT. Obrazy SLO wykorzystywano jako referencyjne dla skanów OCT. Zastosowano system aktywnego śledzenia i korekcji ruchów gałek ocznych. Dla każdego oka zebrano skan w postaci trójwymiarowego objętościowego zestawu danych składającego się z 25 linii przekroju. Wszystkie obrazy wykonane na OCT Spectralis zbadali i niezależnie ocenili dwaj eksperci w leczeniu chorych na jaskrę (MSK i KRS). Ponieważ OCT Spectralis nie pozwala na ocenę jakości pomiaru, obrazy uznane subiektywnie za złej jakości wykluczano, jeśli ponad 10% sygnału nie można było przełożyć na dane. W oczach z wąską źrenicą zastosowano farmakologiczne rozszerzenie źrenicy. Wszystkie badania wykonywał ten sam dobrze wyszkolony pracownik (YL).

Obrazy tarczy nerwu wzrokowego uzyskane za pomocą OCT Spectralis szczegółowo ukazują konfigurację warstw tylnej granicy siatkówki. Metoda OCT Stratus, w której obraz tarczy nerwu wzrokowego w trybie szybkim uzyskiwany jest w 128 skanach uwidacznia tylną granicę jako pojedyncze hiperrefleksyjne czerwone pasmo, wyświetlone w zafalszowanym kolorze (ryc. 1A, czarna strzałka). Tylną granicę interpretowano jako kompleks RPE oraz skrzyżowanie przedniego i tylnego segmentu (IS/OS) warstwy fotoreceptorów. Biała strzałka na rycinie 1A wskazuje okołotarczowy RNFL.

Tylna granica siatkówki widoczna na obrazach OCT Spectralis składa się jednak z co najmniej dwóch warstw: węższej i szerszej (ryc. 1B). Czerwona strzałka na rycinie 1B wskazuje okołotarczową RNFL. Za warstwę wewnętrzną uznano połączenie między IS/OS warstwy fotoreceptorów (strzałka żółta), natomiast zewnętrznej warstwie grubszej przypisano granicę między błoną Brucha a nabłonkiem barwnikowym siatkówki (strzałka niebieska) [17]. Z powodu tych trudności w interpretacji, każdy z dwóch ekspertów (MSK i KRS) niezależnie oceniał szczegółowe cechy tylnej granicy oraz RNFL w strefie β PPA oczu zdrowych, z podejrzeniem jaskry i ustalonym rozpoznaniem jaskry, badanych za pomocą OCT Spectralis. Ocenę tę przeprowadzono wzdłuż długich prostych linii poziomych biegnących po stronie skroniowej tarczy nerwu wzrokowego. Dla każdego oka z PPA wybrano pojedynczą reprezentatywną linię skanu. Odnotowywano występowanie lub brak różnych warstw siatkówki (RNFL, kompleksu IS/OS oraz błony Brucha/kompleksu nabłonka barwnikowego siatkówki [BRL]). Ostateczny opis warstw siatkówki jest wynikiem konsensusu.

Wyniki

U 10 kolejnych chorych z PPA zbadano 19 oczu zdrowych, z podejrzeniem jaskry lub ustalonym rozpoznaniem jaskry. W tabeli 1 przedstawiono demograficzne i kliniczne cechy uczestników badania. We wszystkich oczach z PPA w strefie β obserwowano RNLF. W żadnym nie wykazano kompleksu IS/OS w tej strefie, a w dwojgu oczu nie stwierdzono BRL. W 5 oczu w kompleksie BRL występowały zmiany zanikowe oraz tylne wygięcie w strefie β PPA. W tabeli 2 podsumowano wyniki SD-OCT każdego z oczu z PPA. Poniżej opisano kilka wybranych przypadków chorych.

Przypadek 1

Sześcioletniego mężczyznę badano z powodu podejrzenia jaskry. Wszyscy trzech eksperci uznali, że

w jego tarczy nerwu wzrokowego występują cechy jaskry, którym towarzyszy PPA. Zasięg strefy β (czerwona strzałka) i margines tarczy nerwu wzrokowego (niebieska strzałka) zaznaczono po skroniowej stronie tarczy (ryc. 2A). Zanik okołotarczowy dobrze uwidocznił na obrazach SLO w OCT Spectralis (ryc. 2B). Na przekroju tarczy nerwu wzrokowego, ocenianej metodą OCT Spectralis, uwidocznił szczegóły warstw siatkówki z wysoką rozdzielczością. Zasięg strefy β (czerwona strzałka) ukazano na obrazach SLO i obrazach przekrojowych metodą OCT Spectralis. W strefie β PPA z łatwością można było dostrzec RNFL (żółta strzałka) i BRL (zielona strzałka). BRL wokół brzegu tarczy nerwu wzrokowego pozostał nietknięty i wykazywał hiperrefleksyjność. Natomiast kompleksy IS/OS (różowa strzałka) nie występowały w strefie β obszaru PPA (ryc. 2C).

Tabela 1. Demograficzna i kliniczna charakterystyka uczestników badania

Chory nr/oko	Płeć/wiek (lata)	Rozpoznanie	BCVA (ekwiwalent sferyczny)	VF MD (dB)	VF PSD (dB)
1/prawe	M/68	GS	20/30 (1)	0,2	1,32
2/prawe	M/53	GS	20/20 (1,25)	-0,87	1,55
2/lewe	M/53	GS	20/20 (1,25)	-1,12	1,83
3/prawe	K/61	GS	20/30 (2,25)	-0,11	1,23
3/lewe	K/61	GS	20/30 (1,75)	0,58	1,12
4/prawe	M/44	GS	20/20 (-6,75)	0,52	1,36
4/lewe	M/44	GS	20/20 (-6,5)	0,98	1,42
5/prawe	M/44	GS	20/20 (0,25)	-1,89	1,33
5/lewe	M/44	GS	20/25 (0,25)	-1,58	1,35
6/lewe	K/33	G	20/20 (-1,0)	-2,69	1,98
6/lewe	K/33	G	20/20 (-1,5)	-2,17	2,11
7/prawe	K/71	G	20/25 (0,25)	-1,58	2,16
7/lewe	K/71	GS	20/30 (0,5)	-3,65	1,83
8/prawe	M/29	G	20/20 (-7,25)	-2,79	6,99
8/lewe	M/29	G	25/20 (-6,5)	-13,5	12,61
9/prawe	M/36	GS	20/20 (-2,25)	-0,78	1,25
9/lewe	M/36	GS	25/20 (-1,75)	-0,01	1,56
10/prawe	M/57	G	20/25 (-2,0)	-5,76	9,03
10/lewe	M/57	GS	20/20 (-1,25)	-1,79	1,78

BCVA – najlepiej skorygowana ostrość wzroku, VF – pole widzenia, MD – odchylenie średnie, PSD – odchylenie standardowe od wzorca, GS – podejrzenie jaskry, G – jaskra.

Tabela 2. Cechy strefy β obszaru zaniku okołotarczowego obserwowane w optycznej koherentnej tomografii domeny spektralnej w oczach zdrowych, oczach z podejrzeniem jaskry i oczach z jaskrą

Chory nr/oko	Płeć/wiek (lata)	Rozpoznanie	RNFL	Kompleks IS/OS	BRL	Wygięcie BRL
1/prawe	M/68	GS	Tak	Nie	Tak	Nie
2/prawe	M/53	GS	Tak	Nie	Tak	Nie
2/lewe	M/53	GS	Tak	Nie	Tak	Nie
3/prawe	K/61	H	Tak	Nie	Tak	Tak
3/lewe	K/61	GS	Tak	Nie	Tak	Nie
4/prawe	M/44	H	Tak	Nie	Nie	Nie
4/lewe	M/44	GS	Tak	Nie	Nie	Nie
5/prawe	M/44	GS	Tak	Nie	Tak	Tak
5/lewe	M/44	GS	Tak	Nie	Tak	Tak
6/prawe	K/33	G	Tak	Nie	Niepełna	Tak
6/lewe	K/33	G	Tak	Nie	Niepełna	Tak
7/prawe	K/71	G	Tak	Nie	Tak	Nie
7/lewe	K/71	GS	Tak	Nie	Tak	Nie
8/prawe	M/29	G	Tak	Nie	Niepełna	Tak
8/lewe	M/29	G	Tak	Nie	Niepełna	Tak
9/lewe	M/36	GS	Tak	Nie	Tak	Tak
9/lewe	M/36	GS	Tak	Nie	Niepełna	Tak
10/prawe	M/57	G	Tak	Nie	Tak	Nie
10/lewe	M/57	GS	tak	Nie	Tak	Nie

RNFL – warstwa włókien nerwowych siatkówki, IS/OS – wewnętrzny i zewnętrzny segment fotoreceptorów, BRL – błona Brucha/kompleks warstwy nabłonka barwnikowego siatkówki, GS – podejrzenie jaskry, G – jaskra, H – oko zdrowe.

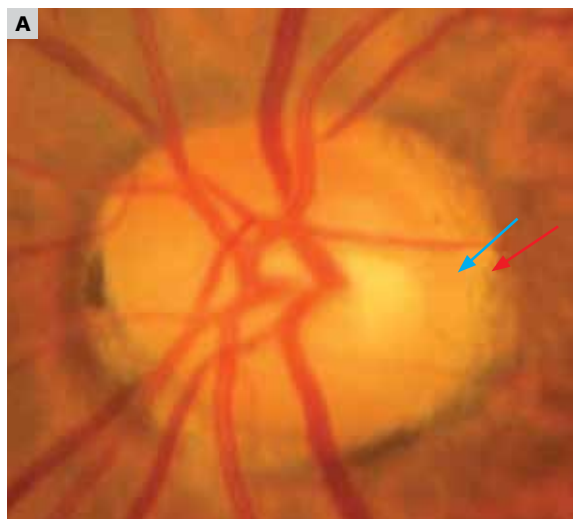
Przypadek 2

U 61-letniej kobiety z prawidłową tarczą nerwu wzrokowego stwierdzono PPA po stronie skroniowej. Zasięg strefy β (czerwona strzałka) i margines tarczy nerwu (niebieska strzałka) ukazano po stronie skroniowej tarczy nerwu wzrokowego (ryc. 3A). Na obrazie SLO OCR Spectralis wyraźnie uwidoczniło PPA (ryc. 3B). Na przekrojach tarczy nerwu wzrokowego skanowanych w strefie β PPA dostrzeżono RNFL (żółta strzałka) i BRL (zielona strzałka), nie wykazano natomiast kompleksów IS/OS (różowa strzałka). BRL był nietknięty i cechował się znaczną hiperrefleksyjnością, ale jego brzeg był nieznacznie wygięty ku tyłowi wokół brzegu tarczy (ryc. 3C). Porównano obraz OCT Spectralis z obrazem tarczy uzyskanym szybką metodą OCT Stratus, na którym również stwierdzono

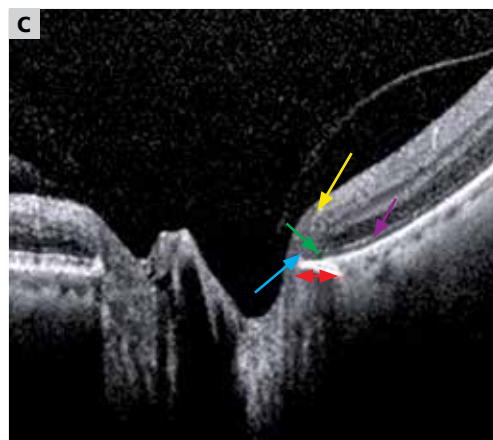
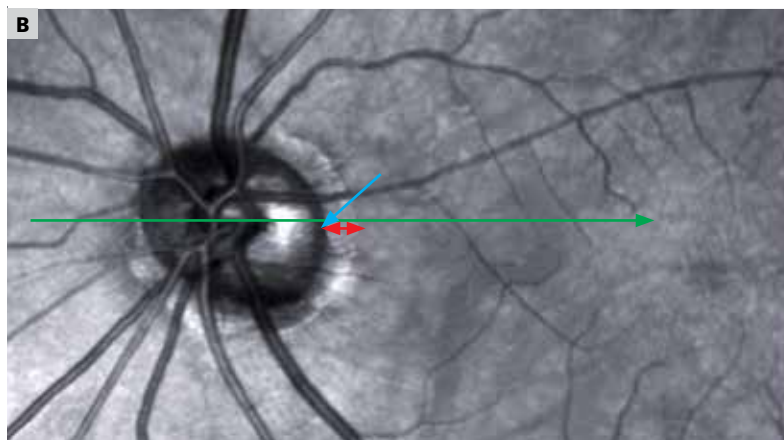
nieznaczne wygięcie BRL ku tyłowi wokół brzegu tarczy (biała strzałka), ale w algorytmie wykrywania granic tarczy nerwu wzrokowego nie udało się określić jej brzegu (ryc. 3D, czarna strzałka).

Przypadek 3

U 29-letniego mężczyzny przeprowadzono badania z powodu podejrzenia jaskry. Badanie tarczy nerwu wzrokowego wykazało zaawansowane poszerzenie zagłębienia tarczy, liczne nieprawidłowości w warstwie włókien nerwowych siatkówki oraz znaczny PPA na fotografii dna oka (ryc. 4A). Zasięg strefy β (czerwona strzałka) oraz brzeg tarczy nerwu wzrokowego (niebieska strzałka) zaznaczono od strony skroniowej (ryc. 4A). Zanik okołotarczowy oraz nieprawidłowości w RNFL obserwowano również



Rycina 2. (A) Przedstawiono zasięg strefy β (strzałka czerwona) i brzeg tarczy nerwu wzrokowego (strzałka niebieska) po stronie skroniowej tarczy w oku, w którym rozpoznano jaskrę. (B) Zanik okołotarczowy (PPA) uwidocznił się w skaningowym oftalmoskopie laserowym (SLO) wykonanym w OCT Spectralis. (C) Zasięg strefy β (strzałka czerwona) opisano na podstawie SLO i przekrojowych obrazów OCT Spectralis. Warstwę włókien nerwowych siatkówki (strzałka żółta) i kompleks błony Brucha z nabłonkiem barwnikowym siatkówki (BRL) (strzałka zielona) uwidocznił się bez trudu w strefie β PPA na obrazach OCT. Wokół tarczy nerwu wzrokowego kompleks BRL był niezmieniony i wykazywał zwiększony współczynnik odbicia. W strefie β obszaru PPA nie uwidocznił się natomiast kompleksów segmentów wewnętrznych i zewnętrznego (strzałka różowa).



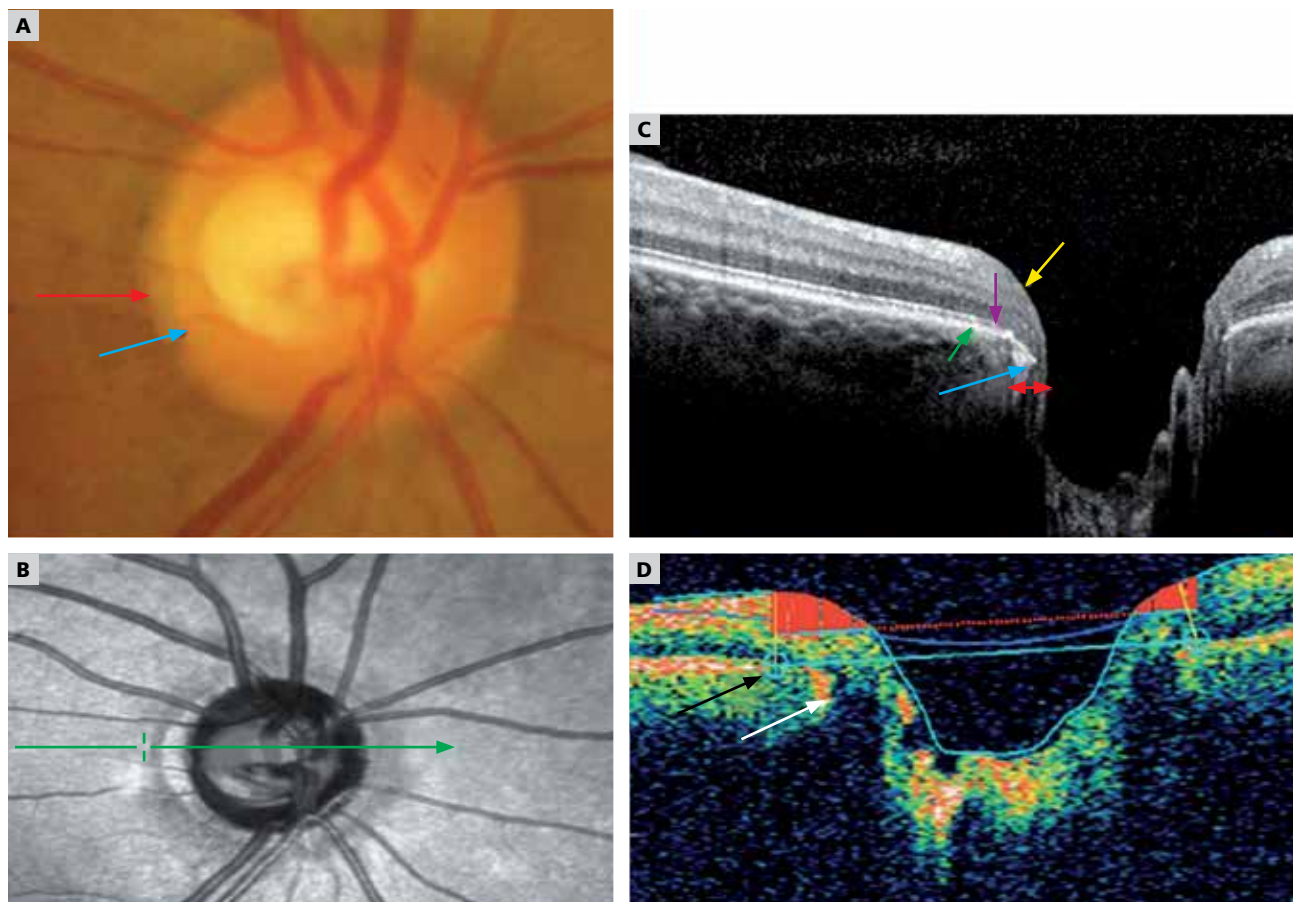
w badaniu SLO OCT Spectralis (ryc. 4B). Na przekroju tarczy nerwu wzrokowego widocznym w badaniu OCT Spectralis RNFL była cieńsza niż linia skanu przechodząca przez nieprawidłowy obszar tej warstwy (ryc. 4B, zielona linia). Niemniej jednak warstwę tę obserwowano w strefie β PPA. Kompleksy IS/OS segmentów wewnętrznych i zewnętrznych (różowa strzałka) nie występowały w tej strefie. Stwierdzono w niej natomiast zanik i wygięcie ku tyłowi BRL (ryc. 4C).

Omówienie

Badając tarczę nerwu wzrokowego metodą OCT Stratus autorzy stwierdzili, że określanie brzegu tarczy jest czasem niedokładne, co może prowadzić do uzyskania nieprawidłowych wyników pomiarów. Być może dlatego analiza tarczy nerwu wzrokowego za pomocą OCT jest

wykorzystywana w badaniach doświadczalnych i klinicznych rzadziej niż analiza RNFL. Niewłaściwe automatyczne określenie brzegów tarczy nerwu wzrokowego można tłumaczyć dwojako. Po pierwsze, chociaż w metodzie OCT Stratus granicę RPE/warstwy naczyń włosowatych naczyńiówki określa się na podstawie algorytmu ustalającego brzeg tarczy nerwu wzrokowego, autorzy wykazali, że u chorych z PPA oznaczenie nie zawsze jest to dokładne [8-10]. Po drugie, zła jakość skanu OCT wokół tarczy może być przyczyną błędów w wykrywaniu brzegu tarczy nerwu wzrokowego.

Struktury oka położone w sąsiedztwie tarczy nerwu wzrokowego są bardzo złożone. Utrudnia to określenie zarysu tarczy. Szybka metoda skanowania tarczy, OCT Stratus, wykonuje zaledwie 128 skanów A podczas każdego przejścia przez tarczę, co sprawia, że rozdzielczość obrazu jest niewielka. Trudno zatem odróżnić złożone struktury znajdujące się wokół tarczy. Zła jakość obrazu



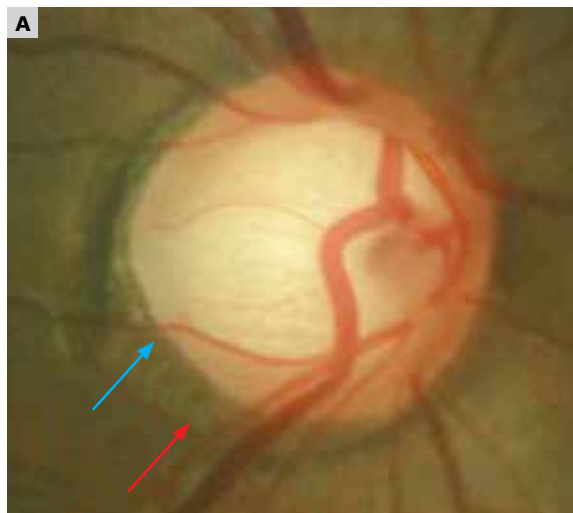
Rycina 3. (A) Przedstawiono zasięg strefy β (strzałka czerwona) i brzeg tarczy nerwu wzrokowego (strzałka niebieska) po stronie skroniowej w oku z prawidłową tarczą nerwu wzrokowego. (B) W skaningowym oftalmoskopie laserowym (SLO) wykonanym w OCT Spectralis znakomicie uwidoczniło zanik okołotarczowy (PPA). (C) Na przekrojach poprzecznych tarczy nerwu wzrokowego, skanowanych za pomocą OCT Spectralis, w strefie β PPA uwidoczniło warstwę włókien nerwowych siatkówki (strzałka żółta) i kompleks błony Brucha z nabłonkiem barwnikowym siatkówki (BRL) (strzałka żółta), nie stwierdzono natomiast kompleksu segmentów wewnętrznego i zewnętrznego (strzałka różowa). Krawędź BRL była nieznacznie wygięta ku tyłowi wokół brzegu tarczy nerwu wzrokowego. (D) W OCT Stratus również uwidoczniło nieznaczne wygięcie BRL ku tyłowi (strzałka biała), którego nie wykryto podczas automatycznej oceny tarczy nerwu wzrokowego (strzałka czarna).

sprawa, że określenie brzegu RPE jest mało wiarygodne. Dlatego autorzy podjęli próbę uwidocznienia złożonych struktur okołotarczowych siatkówki, w tym strefy β , za pomocą metody SD-OCT, cechującej się dużą rozdzielczością.

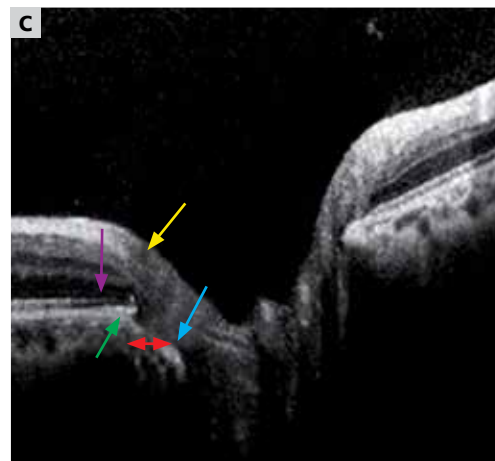
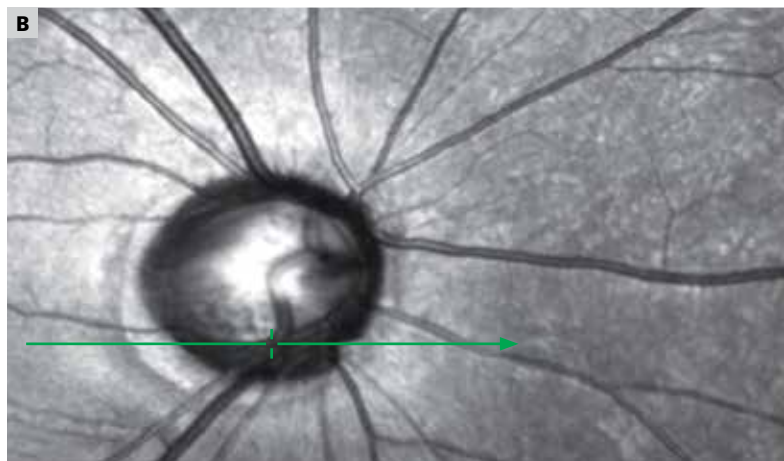
Tak uzyskane obrazy o wysokiej jakości ujawniły różnice w wyglądzie strefy β PPA między zdrową tarczą nerwu wzrokowego a tarczą zmienioną w przebiegu jaskry lub w oczach z podejrzeniem jaskry. Występowanie lub brak pewnych cech były zmienne w różnych oczach z PPA. Powszechnie nie stwierdzano w nich połączenia IS/OS w strefie β , co świadczyło zwykle o braku fotoreceptorów w tej strefie. Innym ważnym spostrzeżeniem była

możliwość uwidocznienia RNFL w strefie β większości obszarów z zanikiem okołotarczowym. Warstwa ta była zatem zachowana, chociaż w przebiegu jaskry stawała się cieńsza.

W 12 spośród 19 oczu autorzy nie wykazali zmian w BRL kompleksach w strefie β obszaru PPA. W niektórych oczach jednak, np. u drugiej z przedstawionych chorych, stwierdzili wygięcie kompleksu BRL/RPE ku tyłowi. Algorytm wykrywania brzegu tarczy za pomocą OCT Stratus może wówczas niedokładnie określić ów brzeg. U opisanego chorego 2 metoda ta nie uwzględniła wygięcia BRL ku tyłowi, przez co niewłaściwie ustalono przebieg brzegu tarczy, która okazała się zbyt duża.



Rycina 4. (A) Przedstawiono zasięg strefy β (strzałka czerwona) i brzeg tarczy nerwu wzrokowego (strzałka niebieska) po stronie skroniowej w oku, w którym stwierdzono zmiany jaskrowe w tarczy nerwu. (B) W skaningowym oftalmoskopie laserowym w OCT Spectralis uwidoczniło również zanik okołotarczowy (PPA) i nieprawidłowości warstwy włókien nerwowych siatkówki (RNFL). Na przekrojach poprzecznych tarczy nerwu wzrokowego, uzyskanych w OCT Spectralis, RNFL była cieńsza, gdy linia skanu przechodziła przez obszar nieprawidłowości tej warstwy (strzałka zielona w części B ryciny), ale pozostawała widoczna w strefie β PPA (strzałka żółta). W strefie tej nie uwidoczniło kompleksu segmentów wewnętrznego i zewnętrznego. Warstwa kompleksu błony Brucha i nabłonka barwnikowego siatkówki wykazywała w strefie β PPA cechy zaniku i była wygięta ku tyłowi (C).



W 7 spośród 19 oczu stwierdzono zmiany zanikowe w obrębie BRL lub nie uwidoczniło go w strefie β obszaru PPA. U trzeciego z opisanych chorych w okolicy tarczy nerwu wzrokowego BRL był cieńszy i wydawał się niepełny, ponadto wygięty nieco ku tyłowi. Spostrzeżenie to jest zgodne z definicją strefy β PPA, zgodnie z którą jest to obszar cechujący się zanikiem RPE i naczyń włosowatych naczyńówki [11]. Oznacza to, że nie można uznać BRL za przydatny marker brzegu tarczy nerwu wzrokowego w oczach z PPA. W takich oczach łatwo popełnić błąd podczas określenia brzegu tarczy za pomocą OCT Stratus.

Pewnym ograniczeniem omawianego badania było to, że autorzy nie określili ilościowo strefy β obszarów PPA i nie porównali tych obszarów z obrazami OCT. Głównym celem badania było jednak wykazanie, jak strefa ta wygląda na obrazach OCT wysokiej jakości. Podobnych danych nigdy wcześniej nie przedstawiono. Autorzy wykazali rów-

niez niejednorodność cech warstw siatkówki w strefie β obszarów PPA.

Podsumowując, w strefach β PPA ocenianych metodą SD-OCT występują drobne różnice strukturalne. Zarówno PPA, jak i brzeg tarczy nerwu wzrokowego odgrywają dużą rolę w rozpoznawaniu jaskry, należy zatem dostosować określenie brzegu tarczy, opierając się na cechach PPA. Wykorzystanie programu komputerowego, określającego brzeg tarczy na podstawie algorytmu, bez uwzględnienia swoistych cech budowy PPA może być niewłaściwe z naukowego punktu widzenia.

Konflikt interesów

Nie zgłoszono żadnych potencjalnych konfliktów interesów związanych z tym artykułem.

© 2010 The Korean Ophthalmological Society. This translation of the article Characterization of Peripapillary Atrophy Using Spectral Domain Optical Coherence Tomography by Jung Hwa Na, Byung Gil Moon, Kyung Rim Sung, Youngrok Lee, Michael S. Kook is reproduced with permission of KJO.

Piśmiennictwo

- 1 Sommer A, Katz J, Quigley HA, et al. Clinically detectable nerve fiber atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol* 1991;109:77-83.
- 2 Quigley HA, Katz J, Derick RJ, et al. An evaluation of optic disc and nerve fiber layer examinations in monitoring progression of early glaucoma damage. *Ophthalmology* 1992;99:19-28.
- 3 Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al. Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1996;103:1889-98.
- 4 Weinreb RN, Shakiba S, Zangwill L. Scanning laser polarimetry to measure the nerve fiber layer of normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 1995;119:627-36.
- 5 Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, Weinreb RN. Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and stratus OCT optical coherence tomograph for the detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004;122:827-37.
- 6 Leung CK, Chan WM, Chong KK, et al. Comparative study of retinal nerve fiber layer measurement by Stratus OCT and GDx VCC. I: correlation analysis in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:3214-20.
- 7 Kanamori A, Nagai-Kusuhara A, Escaño MF, et al. Comparison of confocal scanning laser ophthalmoscopy, scanning laser polarimetry and optical coherence tomography to discriminate ocular hypertension and glaucoma at an early stage. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006;244:58-68.
- 8 Hee MR, Izatt JA, Swanson EA, et al. Optical coherence tomography of the human retina. *Arch Ophthalmol* 1995;113:325-32.
- 9 Schuman JS, Hee MR, Puliafito CA, et al. Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1995;113:586-96.
- 10 Pieroth L, Schuman JS, Hertzmark E, et al. Evaluation of focal defects of the nerve fiber layer using optical coherence tomography. *Ophthalmology* 1999;106:570-9.
- 11 Jonas JB, Naumann GO. Parapapillary chorioretinal atrophy in normal and glaucoma eyes. II. Correlations. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:919-26.
- 12 Jonas JB, Königsreuther KA, Naumann GO. Optic disc histomorphometry in normal eyes and eyes with secondary angle-closure glaucoma. II. Parapapillary region. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1992;230:134-9.
- 13 Jonas JB, Fernández MC, Naumann GO. Glaucomatous parapapillary atrophy. Occurrence and correlations. *Arch Ophthalmol* 1992;110:214-22.
- 14 Araie M, Sekine M, Suzuki Y, Koseki N. Factors contributing to the progression of visual field damage in eyes with normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 1994;101:1440-4.
- 15 Park KH, Tomita G, Liou SY, Kitazawa Y. Correlation between peripapillary atrophy and optic nerve damage in normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 1996;103:1899-906.
- 16 Menke MN, Dabov S, Knecht P, Sturm V. Reproducibility of retinal thickness measurements in healthy subjects using spectralis optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2009;147:467-72.
- 17 Srinivasan VJ, Monson BK, Wojtkowski M, et al. Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh-resolution optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:1571-9.

KOMENTARZ



Prof. dr hab. n. med.
Marta Misiuk-Hojło
Katedra i Klinika Okulistyki,
Akademia Medyczna
we Wrocławiu

■ NOWOCZESNE METODY OBRAZOWANIA I ILOŚCIOWEJ analizy topografii tarczy nerwu II oraz warstwy włókien nerwowych (RNFL), takie jak HRT, GDx lub OCT, stały się bardzo pomocnym narzędziem w diagnostyce i monitorowaniu neuropatii jaskrowej. Nie zastępują one wprawdzie podstawowego badania stosowanego w rozpoznawaniu jaskry i ocenie progresji choroby, jakim jest standardowa perymetria automatyczna (tzw. białe na białym), mogą być jednak wykorzystywane jako badania uzupełniające i właśnie jako takie są rekomendowane przez Europejskie Towarzystwo Jaskrowe (EGS). Podstawową zaletą badań obrazowych jest ich obiektyw-

ność, dostarczanie danych ilościowych oraz konieczność niewielkiej współpracy ze strony pacjenta. Szczególnie przydatne są one właśnie w tej grupie pacjentów, u których mimo kilkakrotnie powtarzanego badania pola widzenia nie udaje się uzyskać wiarygodnego i powtarzalnego wyniku, co – jak wiadomo – nie zdarza się rzadko w praktyce klinicznej.

Nadal jednak nasuwają się wątpliwości, jak dużą wartość przypisywać wynikom badań obrazowych. Czy są one przydatne w diagnostyce pacjentów przysparzających szczególnych trudności diagnostycznych: z wysoką krótkowzrocznością, z pochyłymi tarczami, opadającą ścianą skroniową, dużymi tarczami a także w przypadku występowania okołotarczowego zaniku siatkówkowo-naczyniówkowego (PPA) – czyli wówczas, gdy pomiary ilościowe są przeprowadzane w warunkach zupełnie odmiennych od standardowych.

Autorzy omawianego artykułu postawili sobie za cel scharakteryzowanie cech zaniku okołotarczowego za pomocą optycznej koherentnej tomografii wykorzystującej domenę spektralną (SD-OCT). Obserwując

wyniki pierwszej komercyjnie dostępnej technologii OCT, tj. OCT opartej na domenie czasowej (TD-OCT), stwierdzili bowiem, że automatyczne oznaczanie granic tarczy za pomocą tej technologii jest niedoskonałe, zwłaszcza gdy występuje PPA. Kilka wcześniejszych prac, których autorami są m.in. Medeiros i wsp. oraz Anton i wsp., wykazało, że oznaczanie granic tarczy za pomocą Stratus OCT jest obciążone ryzykiem błędu. W badaniu przeprowadzonym w naszej klinice nieprawidłową identyfikację granic RPE/choriocapilaris zaobserwowano w 30,62% skanów. Niezbędna jest wówczas ręczna korekta lokalizacji granic w celu otrzymania prawidłowych wartości parametrów topograficznych tarczy.

Wiadomo także, że występowanie zaniku okołotarczowego jest dość charakterystycznym zjawiskiem w oczach z jaskrą. W odniesieniu do neuropatii jaskrowej ważniejsza jest strefa β , która – jak uważano do tej pory – jest następstwem zaniku nabłonka barwnikowego i naczyń włosowatych naczyniówki, co sprzyja uwidocznieniu twardówki i dużych naczyń naczyniówki. Wykazano, że powiększanie się obszaru strefy β ma związek z progresją neuropatii jaskrowej. W badaniu Uchidy i wsp. u 75% pacjentów z progresją w obrazie tarczy nerwu II doszło jednocześnie do poszerzenia obszaru zaniku naczyniówki w porównaniu do 14% pacjentów, u których nie odnotowano zmian w wyglądzie tarczy. Autorzy omawianego badania wyszli więc z założenia, że częsta obecność obszaru PPA może być źródłem błędów w identyfikowaniu granic tarczy za pomocą OCT u pacjentów z jaskrą. Postanowili dokładniej

z badać, jakie składowe siatkówki wchodzą w skład tego obszaru, w czym z pomocą przyszła im technologia SD-OCT umożliwiająca uzyskanie skanów o wysokiej rozdzielczości.

Przeanalizowano skany 19 oczu 10 pacjentów (osób zdrowych, z podejrzeniem jaskry i jaskrą). Wyodrębniono następujące warstwy siatkówki i oceniano, czy są one obecne w obrębie stref β : warstwę włókien nerwowych (RNFL), połączenie wewnętrznych i zewnętrznych segmentów fotoreceptorów (IS/OS) oraz połączenie błony Brucha z nabłonkiem barwnikowym (BRL). Zaobserwowano, że warstwa RNFL występowała we wszystkich strefach β , natomiast w żadnej nie uwidoczniono warstwy fotoreceptorów. Różnie prezentowała się warstwa BRL – od całkowitego braku, przez różną morfologię (ścieńczenie lub wygięcie ku tyłowi) aż do wyglądu prawidłowego. Autorzy doszli do wniosku, że strefy β zaniku okołotarczowego nie wykazują jednolitej morfologii, dlatego więc ich wyznaczanie przy użyciu OCT powinno być zindywidualizowane w zależności od charakterystyki danej strefy zaniku. Zastosowanie takiego rozwiązania w praktyce wymaga z pewnością dalszych udoskonaleń technologicznych.

Omawiana praca jest jednym z wielu przykładów, że nie można bezgranicznie zawierzać wynikom zdawałoby się najbardziej zaawansowanych badań pomocniczych. Wszystkie mają swe ograniczenia, o których należy pamiętać. I choć badania obrazowe są niejednokrotnie bardzo pomocne, szczególnie w monitorowaniu progresji jaskry, powinny być zawsze interpretowane jedynie w odniesieniu do całości obrazu klinicznego.