

(77)

Konfokalna skaningowa tomografia laserowa (HRT) w diagnostyce i monitorowaniu uszkodzenia jaskrowego nerwu wzrokowego w jaskrze pierwotnej otwartego kąta

Confocal laser scanning tomography (HRT) in diagnosis and monitoring glaucomatous optic nerve damage in primary open angle glaucoma

Joanna Markowska, Wanda Romaniuk, Henryk Kozioł

Z Katedry i Oddziału Klinicznego Chorób Oczu Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach
Wojewódzki Szpital Specjalistyczny nr 5 im. Świętej Barbary w Sosnowcu
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Wanda Romaniuk

Summary: Purpose: The aim of this study was to estimate HRT usefulness in quantitative evaluation of structural glaucomatous optic nerve head damage and in monitoring this atrophy in POAG patients and normal subjects, during 18-monthly follow up.

Material and methods: 130 eyes of 84 patients with primary open angle glaucoma, 52 women (79 eyes) and 32 men (51 eyes) in age 45-70 (mean = 54,69 yrs) and 96 eyes of 48 normal subjects, 33 women (66 eyes) and 15 men (30 eyes) in age 40-70 (mean=51,90 yrs). The ONH- stereometric parameters were examined using confocal laser scanning tomography – HRT (version 2.01).

Results: All of ONH stereometric parameters (except: HVC) statistically significant distinguish glaucoma and normal eyes. The most marked of ONH-parameters are: C/D area ratio, CA, CSM, RA, RV, Mean cup depth, CV, Max cup depth, Mean RNFL thickness, RNFL-csa and DA. Statistically significant changes of all ONH stereometric parameters in primary open angle glaucoma were found during follow up (except: HVC, CV and CSM).

Conclusions: HRT is precise method for ONH-parameters evaluation. All of ONH-stereometric parameters (except HVC) are good markers of quantitative ONH-glaucomatous damage. HRT is valuable and precise method of quantitative monitoring progression of glaucomatous neuropathy.

Słowa kluczowe: jaskra pierwotna otwartego kąta, konfokalna skaningowa tomografia laserowa.

Key words: primary open angle glaucoma, confocal skanning laser tomography.

Jaskra pierwotna otwartego kąta (JPOK) to postępująca neuropatia wzrokowa o wieloczynnikowej etiologii, występująca po 35. roku życia. Cechuje się ona otwartym kątem tęczówkowo-rogowkowym, charakterystycznymi zmianami morfologicznymi głowy nerwu wzrokowego (gnw.), progresywnymi ubytkami w polu widzenia i często podwyższonym ciśnieniem wewnątrzgałkowym (cw.) powyżej górnej granicy statystycznie ustalonej normy. Jest schorzeniem potencjalnie prowadzącym do ślepoty, dlatego wykrycie wczesnego uszkodzenia jaskrowego nerwu wzrokowego, szybkie zastosowanie leczenia i ilościowe monitorowanie ewolucji neuropatii jaskrowej pozwalają na utrzymanie funkcji wzrokowej przez wiele lat. Obserwowany stały wzrost liczby chorych na jaskrę

wynika zarówno ze wzrostu zachorowalności na jaskrę, stałego doskonalenia już istniejących metod diagnostycznych, rozwoju nowoczesnych technologii wykrywania wczesnego uszkodzenia jaskrowego, jak i z wydłużania się życia pacjentów. Obecnie podstawą diagnostyki jaskry jest wykrywanie subklinicznych zmian w warstwie włókien nerwowych siatkówki (wwns.) i gnw. Jedną z metod jest konfokalna skaningowa oftalmoskopia laserowa, reprezentowana przez Heidelberg Retina Tomograph (HRT). Technologia HRT umożliwia dokładną, powtarzalną ocenę obrazów topograficznych gnw., uzyskanych z serii 32 obrazów dwuwymiarowych, będących przekrojami optycznymi badanej struktury w płaszczyźnie ogniskowej, oraz ilościowe monitorowanie subtel-

Parametr	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	P
DA	2,327 ± 0,048	2,151 ± 0,038	0,004
CA	1,211 ± 0,040	0,402 ± 0,029	< 0,001
C/D ar	0,511 ± 0,011	0,181 ± 0,012	< 0,001
RA	1,116 ± 0,028	1,749 ± 0,035	< 0,001
HVC	0,366 ± 0,011	0,380 ± 0,008	0,16
CV	0,437 ± 0,031	0,087 ± 0,090	< 0,001
RV	0,232 ± 0,010	0,454 ± 0,013	< 0,001
MCD	0,360 ± 0,011	0,174 ± 0,008	< 0,001
MxCD	0,797 ± 0,020	0,517 ± 0,023	< 0,001
CSM	-0,073 ± 0,006	-0,224 ± 0,007	< 0,001
M RNFL th	0,188 ± 0,008	0,254 ± 0,005	< 0,001
RNFL csa	1,016 ± 0,043	1,316 ± 0,030	< 0,001
Clas.	-1,801 ± 0,111	2,446 ± 0,147	< 0,001

Tab. I. Parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego w grupie chorych i w grupie kontrolnej oraz wyniki analizy porównawczej (wartość średnia ± SEM i wartość p).

Tab. I. ONH-stereometric parameters in glaucoma patients and control group and results of comparative analysis (mean value ± SEM and value p).

nyczn zmian topograficznych, zacnozących w czasie, wraz z tworzeniem ich trwałej dokumentacji. Większości parametrów stereometrycznych wwns. i gnw., uzyskiwanych z użyciem HRT, nie można zmierzyć w badaniu klinicznym w biomikroskopie ani pomiarami planimetrycznymi konwencjonalnej fotografii dna oka.

Celem pracy jest ocena przydatności HRT w wykrywaniu jaskrowego uszkodzenia nerwu wzrokowego i w ilościowym monitoro-

waniu jego ewolucji w grupie chorych i grupie kontrolnej w 18-miesięcznym okresie obserwacji.

Materiał i metodyka

Badano 2 grupy pacjentów: grupę chorych na JPOK i grupę kontrolną, złożoną z osób zdrowych. Grupa chorych obejmowała 84 pacjentów (130 oczu): 52 kobiety (79 oczu) i 32 mężczyzn (51 oczu) w wieku od 45 do 70 lat (średnio 54,69 roku), leczonych tylko zachowawczo miejscowo (monoterapią lub terapią skojarzoną β -bloker z 2% roztworem Dorzolamidu), z ostrością wzroku $\geq 5/10$, wadą wzroku ≤ 4 Dsph i 1 D cyl, cw. ≤ 21 mmHg, z szerokością kąta tęczykowo-rogowkowego co najmniej $2^{\circ}/3^{\circ}$ według klasyfikacji Shaffera, regularną nasadą tęczyki według klasyfikacji Spaetha oraz gnw. sklasyfikowaną jako jaskrowa w co najmniej 2 badaniach tomograficznych, wykonanych w odstępie 6 miesięcy.

Z badanej grupy chorych wykluczono pacjentów ze zmianami na dnie oka innymi niż neuropatia jaskrowa, pacjentów jednoocznych i z nieprawidłowym ustawieniem gałek ocznych, z obciążającym wywiadem internistycznym i neurologicznym, długotrwale leczonych sterydami.

Grupa kontrolna obejmowała 48 osób (96 oczu), 33 kobiety (66 oczu) i 15 mężczyzn (30 oczu) w wieku od 40 do 70 lat (średnio 51,90 roku), u których nigdy nie stwierdzono podwyższonego cw., obciążającego wywiadu rodzinnego w kierunku jaskry, przebytych schorzeń okulistycznych i urazów oczu oraz obciążających schorzeń ogólnych. Wszyscy pacjenci w grupie kontrolnej mieli ostrość wzroku $\geq 5/10$, wadę wzroku ≤ 4 Dsph i 1 Dcyl i cw. ≤ 21 mmHg w co najmniej 2 pomiarach. Przedni i tylny odcinek gałki ocznej oraz kąta przesączania były bez zmian patologicznych. HRT głowy nerwu wzrokowego i pole widzenia były prawidłowe w co najmniej 2 badaniach w odstępie 6 miesięcy.

Badanie pacjenta obejmowało wywiad, ocenę ostrości wzroku do dali i bliży bez korekcji i w korekcji, tonometrię aplanacyj-

Parametr	Kobiety (women)			Mężczyźni (men)		
	Jaskra Glaucoma	Kontrola Normal	P	Jaskra Glaucoma men	Kontrola Normal	P
DA	2,340 ± 0,062	2,083 ± 0,046	0,001	2,306 ± 0,077	2,299 ± 0,062	0,9
CA	1,136 ± 0,049	0,390 ± 0,036	< 0,001	1,326 ± 0,064	0,428 ± 0,050	< 0,001
C/D ar	0,475 ± 0,013	0,180 ± 0,015	< 0,001	0,567 ± 0,018	0,183 ± 0,020	< 0,001
RA	1,204 ± 0,032	1,694 ± 0,041	< 0,001	0,980 ± 0,046	1,871 ± 0,063	< 0,001
HVC	0,381 ± 0,012	0,389 ± 0,009	0,6	0,344 ± 0,019	0,361 ± 0,014	0,2
CV	0,389 ± 0,025	0,085 ± 0,011	< 0,001	0,511 ± 0,066	0,091 ± 0,016	< 0,001
RV	0,266 ± 0,012	0,454 ± 0,016	< 0,001	0,179 ± 0,013	0,455 ± 0,023	< 0,001
MCD	0,357 ± 0,012	0,173 ± 0,010	< 0,001	0,377 ± 0,020	0,175 ± 0,015	< 0,001
MxCD	0,798 ± 0,028	0,526 ± 0,028	< 0,001	0,794 ± 0,034	0,498 ± 0,042	< 0,001
CSM	-0,083 ± 0,009	-0,235 ± 0,009	< 0,001	-0,058 ± 0,010	-0,200 ± 0,010	< 0,001
M RNFL th	0,210 ± 0,006	0,263 ± 0,006	< 0,001	0,154 ± 0,013	0,263 ± 0,010	< 0,001
RNFL csa	1,133 ± 0,034	1,341 ± 0,034	0,001	0,835 ± 0,074	1,261 ± 0,059	0,001
Clas.	-1,534 ± 0,174	2,512 ± 0,174	< 0,001	-20215 ± 0,200	2,302 ± 0,275	< 0,001

Tab. II. Parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego w grupie chorych kobiet i mężczyzn i w grupach kontrolnych oraz wyniki analizy porównawczej (wartość średnia ± SEM i wartość p).

Tab. II. ONH-stereometric parameters in glaucoma women and men and control groups and results of comparative analysis (mean value ± SEM, value p).

Parametr	DA ≤ 2 mm ²			DA > 2 mm ²		
	Jaskra Glaucoma	Kontrola Normal	P	Jaskra Glaucoma men	Kontrola Normal	P
DA	1,740 ± 0,041	1,745 ± 0,027	0,4	2,433 ± 0,029	2,347 ± 0,029	0,042
CA	0,843 ± 0,050	0,234 ± 0,031	<0,001	1,257 ± 0,038	0,477 ± 0,035	<0,001
C/D ar	0,478 ± 0,026	0,131 ± 0,016	<0,001	0,514 ± 0,012	0,205 ± 0,015	<0,001
RA	0,897 ± 0,044	1,511 ± 0,030	<0,001	1,176 ± 0,030	1,870 ± 0,045	<0,001
HVC	0,357 ± 0,020	0,362 ± 0,011	0,9	0,372 ± 0,014	0,389 ± 0,010	0,3
CV	0,284 ± 0,030	0,042 ± 0,010	<0,001	0,473 ± 0,045	0,106 ± 0,011	<0,001
RV	0,183 ± 0,015	0,396 ± 0,017	<0,001	0,249 ± 0,012	0,485 ± 0,017	<0,001
MCD	0,325 ± 0,018	0,136 ± 0,012	<0,001	0,381 ± 0,015	0,192 ± 0,010	< 0,001
MxCD	0,745 ± 0,035	0,428 ± 0,037	<0,001	0,830 ± 0,027	0,561 ± 0,028	<0,001
CSM	-0,101 ± 0,011	-0,233 ± 0,013	< 0,001	-0,070 ± 0,007	-0,220 ± 0,009	<0,001
M RNFL th	0,172 ± 0,015	0,247 ± 0,008	0,001	0,199 ± 0,010	0,258 ± 0,007	<0,001
RNFL csa	0,805 ± 0,070	1,152 ± 0,039	0,001	1,100 ± 0,058	1,398 ± 0,037	<0,001
Clas.	-1,939 ± 0,243	2,000 ± 0,193	<0,001	-1,636 ± 0,125	2,700 ± 0,197	<0,001

Tab. III. Parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego w grupie chorych z DA ≤ 2 mm² i > 2 mm² oraz w grupach kontrolnych (wartość średnia ± SEM, wartość p).

Tab. III. ONH-stereometric parameters in glaucoma patients with DA ≤ 2 mm² i > 2 mm² and control groups and results of comparative analysis (mean value ± SEM, value p).

ną, ocenę przedniego odcinka gałki ocznej w biomikroskopie, badanie gonioskopowe, oftalmoskopię pośrednią oraz komputerową perymetrię statyczną. Badanie tomograficzne gnw. przeprowadzono z użyciem konfokalnego skaningowego oftalmoskopu laserowego HRT (wersja 2.01), bez korekcji okularowej pacjenta i soczewek nagałkowych. We wszystkich badaniach stosowano ten sam punkt fiksacji dla oka niebadanego, wielkość pola skanowania 10° x 10° oraz równoległe ustawienie osi optycznej kamery laserowej do osi optycznej badanego oka. Analizowano uśredniony obraz topograficzny uzyskany z 3 pojedynczych obrazów topograficznych. Do obliczania parametrów stereometrycznych gnw. stosowano standardową płaszczyznę referencyjną. Linie konturową brzegu tarczy nerwu wzrokowego rysowano odręcznie. Oceniano następujące parametry stereometryczne gnw.: pole tarczy nerwu wzrokowego (DA), pole zagłębienia (CA), stosunek pola zagłębienia do pola tarczy nerwu wzrokowego (C/D ar), pole pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RA), zmianę wysokości wwns. wzdłuż linii konturowej (HVC), objętość zagłębienia (CV) i objętość pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RV), średnią (MCD) i maksymalną głębokość zagłębienia gnw. (MxCD), przestrzenny kształt zagłębienia (CSM), średnią wysokość wwns. (M. RNFL. th), pole przekroju przez wwns. (RNFL csa), parametr klasyfikacji badanej gnw. na jaskrową lub prawidłową (Clas). Badane grupy chorych i zdrowych podzielono według: płci, stanu refrakcji układu optycznego oka (normowzroczni, nadwzroczni i krótkowzroczni), wieku (<50 lat, 50-60 lat i > 60 lat) i wielkości pola tarczy nerwu wzrokowego (DA do 2 mm² i powyżej 2 mm²). W analizie statystycznej zastosowano ogólnie przyjęty w badaniach medycznych poziom istotności statystycznej p (α) < 0,05. Typ rozkładu sprawdzono testem Kołmogorowa-Smirnowa. W celu porównania dwóch populacji w przypadku rozkładu zbli-

żonego do normalnego stosowano parametryczny test t-Studenta, gdy rozkład odbiegał od normalnego – nieparametryczny test U Manna-Whitneya. By wyznaczyć zależność w dynamice zmian danego parametru pomiędzy badaniem pierwszym i kontrolnym w przypadku rozkładów normalnych korzystano z testu t-Studenta, a w przypadkach odbiegających od normy – z nieparametrycznego testu Wilcoxon.

Wyniki

Wszystkie badane parametry stereometryczne (z wyjątkiem parametru HVC) istotnie statystycznie różnicują chorych i zdrowych. Najsilniejszymi wskaźnikami uszkodzenia jaskrowego są parametry: C/D, CA, RA, CSM, RV, CV, MCD, MxCD, M. RNFL. th, RNFL csa i DA. W grupach, w których podziału dokonano według płci, wielkości DA, rodzaju wady refrakcji i wieku stwierdzono istotnie statystycznie wyższe wartości parametrów: CA, C/D, CV, MCD w grupie chorych niż w grupie kontrolnej i zniżej niższe wartości RA, RV, M. RNFL. th. w grupie chorych niż w grupie kontrolnej. Wyniki przedstawiono w tabelach I-V.

Oceniając przydatność HRT do ilościowego monitorowania uszkodzenia jaskrowego, analizie statystycznej poddano różnicę wartości parametrów stereometrycznych głowy nerwu wzrokowego uzyskanych w badaniu pierwszym (BL) i kontrolnym (FUP) w 18-miesięcznym okresie obserwacji.

W grupie chorych istotnie statystycznie zmieniły się wszystkie parametry z wyjątkiem HVC, CV i CSM. Wyniki przedstawia tabela VI.

Omówienie wyników

Nowe metody obrazowania i oceny zmian topograficznych, oparte na konfokalnej skaningowej tomografii laserowej, pozwalają

na uzyskiwanie parametrów stereometrycznych i klasyfikację badanej gnw. na prawidłową lub jaskrową oraz monitorowanie subtelnych zmian morfologicznych zachodzących w czasie. Większość autorów jest zgodna, że jest to główną zaletą HRT (7,20).

Klasyfikacja gnw. na prawidłową lub jaskrową odbywa się dzięki funkcji analizy różnicującej i analizy porównawczej z normatywną bazą danych oraz różnym algorytmem analizy parametrów stereometrycznych, zwiększającym możliwości zastosowania HRT do oceny uszkodzenia jaskrowego (11).

HRT dysponuje funkcją analizy różnicującej, opartą na ocenie parametrów stereometrycznych najbardziej korzystnych do wykrywania wczesnych zmian perymetrycznych. Łączy też analizę parametrów strukturalnych gnw. i wwns. z analizą parametrów czynnościowych – wskaźników pola widzenia (1,3,11,13). Pozwala to na wczesne rozpoznawanie subtelnych zmian topograficznych, zanim wystąpią zmiany perymetryczne. Parametry strukturalne wwns. i gnw., uzyskiwane w badaniu HRT, są dobrymi i pewnymi wskaźnikami wczesnych zmian strukturalnych w jaskrze (6). Głowa nerwu wzrokowego jako struktura przestrzenna określona jest parametrami stereometrycznymi powierzchni, wysokości i objętości, a HRT mierzy i analizuje wszystkie te parametry. Pomiary dokonywane są względem standardowej płaszczyzny referencyjnej, zdefiniowanej jako płaszczyzna leżąca 50 mikrometrów ku tyłowi od średniej wysokości okołotarczowej powierzchni siatkówki na brzegu tarczy w pęczku tarczowo-plamkowym, obejmującym skroniowy segment kątowy od -4° do -10° . Według Capriolego (4) powodem takiego zdefiniowania płaszczyzny referencyjnej dla pomiarów parametrów stereometrycznych gnw. jest fakt, że sektor ten obejmuje najcieńsze włókna nerwowe, które w przebiegu jaskry najdłużej pozostają nieuszkodzone, a grubość wwns. w tym miejscu wynosi 50 mikrometrów (4). Nie ma ściśle określonych norm dla poszczególnych parametrów stereometrycznych gnw. Uzyskane przez nas średnie warto-

ści parametrów stereometrycznych gnw. w grupach jaskrowej i kontrolnej są porównywalne z wynikami innych autorów (6,11,20). Wyniki naszych badań wykazały, że pomiędzy wartościami wszystkich parametrów stereometrycznych gnw. w grupie chorych i zdrowych oczu, z wyjątkiem parametru HVC ($p = 0,16$), występują istotne statystycznie różnice. Analizując zmiany wartości parametrów stereometrycznych gnw. w 18-miesięcznym okresie obserwacji, stwierdzono, że progresja uszkodzenia jaskrowego reprezentowana jest przez istotnie statystyczny wzrost wartości parametrów: CA ($p = 0,005$) i C/D area ratio ($p = 0,04$) oraz znamienne statystycznie zmniejszenie wartości: RA ($p = 0,006$), RV ($p = 0,012$), Mean RNFL thickness ($p = 0,003$) i RNFL cross section area (0,003). Natomiast zmiana parametrów: HVC ($p = 0,56$), CV ($p = 0,62$) i CSM ($p = 0,27$) jest nieistotna statystycznie. W grupie kontrolnej różnice między wartościami wszystkich parametrów stereometrycznych gnw., zmierzonych w badaniu pierwszym i kontrolnym, są nieistotne statystycznie ($p \geq 0,06$). Uzyskane przez nas wyniki są zgodne z danymi z piśmiennictwa (5,8,9,10,15). Funkcja analizy różnicującej ograniczona jest przez dużą zmienność osobniczą liczby włókien nerwowych, konfiguracji głowy nerwu wzrokowego, wielkości kanału twardówkowego i pola tarczy oraz jej nachylenia (2,4,19).

Potencjalne błędy pomiarowe w HRT mogą wynikać nie tylko z dużej fizjologicznej zmienności osobniczej tarczy (1,3,13), ale również ze znacznej, osobniczej zmienności grubości okołotarczowej wwns. i liczby włókien nerwowych (od 0,7 do $>1,5$ mln włókien) oraz z efektu topograficznego, będącego skutkiem intensywnego odbicia promieni laserowych od brzegu tarczy i zagięcia włókien nerwowych na jej granicy, szczególnie od skroni (12). Niewielka zmienność pomiarów wartości parametrów stereometrycznych może wynikać ze zmienności linii konturowej w trakcie jej transponowania z badania podstawowego na

Parametr	Normowzroczni Emmetropic			Nadwzroczni Hypermetropic			Krótkowzroczni Myopic		
	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	P	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	P	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	P
DA	2,370 ± 0,112	2,083 ± 0,055	0,025	2,405 ± 0,073	2,251 ± 0,060	0,11	2,228 ± 0,067	2,050 ± 0,092	0,2
CA	1,248 ± 0,078	0,336 ± 0,041	<0,001	1,248 ± 0,063	0,478 ± 0,047	<0,001	1,152 ± 0,065	0,355 ± 0,067	<0,001
C/D ar	0,520 ± 0,021	0,160 ± 0,018	<0,001	0,513 ± 0,019	0,206 ± 0,017	<0,001	0,504 ± 0,019	0,165 ± 0,030	<0,001
RA	1,122 ± 0,059	1,747 ± 0,059	<0,001	1,157 ± 0,046	1,774 ± 0,053	<0,001	1,076 ± 0,043	1,696 ± 0,084	<0,001
HVC	0,341 ± 0,016	0,370 ± 0,011	0,2	0,357 ± 0,220	0,395 ± 0,014	0,1	0,394 ± 0,016	0,366 ± 0,013	0,2
CV	0,444 ± 0,039	0,073 ± 0,013	<0,001	0,381 ± 0,028	0,105 ± 0,015	<0,001	0,479 ± 0,070	0,071 ± 0,019	<0,001
RV	0,228 ± 0,017	0,456 ± 0,022	<0,001	0,225 ± 0,018	0,462 ± 0,021	<0,001	0,240 ± 0,015	0,433 ± 0,024	<0,001
MCD	0,367 ± 0,017	0,159 ± 0,012	<0,001	0,327 ± 0,015	0,192 ± 0,013	<0,001	0,394 ± 0,021	0,162 ± 0,022	<0,001
MxCD	0,789 ± 0,032	0,522 ± 0,037	<0,001	0,741 ± 0,034	0,548 ± 0,034	<0,001	0,850 ± 0,035	0,438 ± 0,056	<0,001
CSM	-0,064 ± 0,012	-0,266 ± 0,010	<0,001	-0,082 ± 0,009	-0,205 ± 0,011	<0,001	-0,073 ± 0,011	-0,184 ± 0,010	<0,001
MRNFLth	0,180 ± 0,011	0,260 ± 0,007	<0,001	0,176 ± 0,013	0,252 ± 0,009	<0,001	0,205 ± 0,015	0,249 ± 0,009	0,02
RNFL csa	0,987 ± 0,065	1,326 ± 0,041	<0,001	0,954 ± 0,068	1,335 ± 0,053	<0,001	1,091 ± 0,084	1,251 ± 0,060	0,13
Clas.	-1,933 ± 0,218	2,894 ± 0,249	<0,001	-1,519 ± 0,177	2,366 ± 0,188	<0,001	-1,938 ± 0,182	1,738 ± 0,340	<0,001

Tab. IV. Parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego w grupie chorych normowzrocznych, nadwzrocznych i krótkowzrocznych i w grupach kontrolnych (wartość średnia ± SEM, wartość p).

Tab. IV. ONH-stereometric parameters in emmetropic, myopic and hypermetropic glaucoma patients and control groups and results of comparative analysis (mean value ± SEM, value p).

Parametr	<50			50-60			>60		
	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	p	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	p	Jaskra Glaucoma	Kontrola Control	p
DA	2,415 ± 0,074	2,130 ± 0,056	0,003	2,274 ± 0,091	2,040 ± 0,065	0,04	2,236 ± 0,084	2,272 ± 0,076	0,77
CA	1,163 ± 0,057	0,399 ± 0,040	<0,001	1,210 ± 0,088	0,283 ± 0,058	<0,001	1,279 ± 0,070	0,500 ± 0,054	<0,001
C/D ar	0,470 ± 0,014	0,182 ± 0,017	<0,001	0,525 ± 0,024	0,135 ± 0,026	<0,001	0,561 ± 0,021	0,215 ± 0,019	<0,001
RA	1,251 ± 0,036	1,731 ± 0,053	<0,001	1,063 ± 0,062	1,757 ± 0,071	<0,001	0,958 ± 0,045	1,772 ± 0,066	<0,001
HVC	0,396 ± 0,014	0,377 ± 0,010	0,3	0,380 ± 0,027	0,390 ± 0,016	0,4	0,316 ± 0,017	0,377 ± 0,017	0,019
CV	0,420 ± 0,029	0,090 ± 0,013	<0,001	0,525 ± 0,013	0,056 ± 0,016	<0,001	0,404 ± 0,039	0,105 ± 0,018	<0,001
RV	0,285 ± 0,013	0,458 ± 0,018	<0,001	0,214 ± 0,018	0,475 ± 0,028	<0,001	0,167 ± 0,012	0,433 ± 0,024	<0,001
MCD	0,375 ± 0,014	0,174 ± 0,012	<0,001	0,389 ± 0,031	0,145 ± 0,018	<0,001	0,333 ± 0,017	0,196 ± 0,015	<0,001
MxCD	0,832 ± 0,026	0,534 ± 0,034	<0,001	0,859 ± 0,049	0,429 ± 0,050	<0,001	0,704 ± 0,033	0,559 ± 0,037	0,005
CSM	-0,084 ± 0,010	-0,239 ± 0,010	<0,001	-0,086 ± 0,011	-0,215 ± 0,011	<0,001	-0,051 ± 0,010	-0,205 ± 0,016	<0,001
M RNFL th	0,231 ± 0,009	0,261 ± 0,007	0,008	0,166 ± 0,022	0,266 ± 0,011	<0,001	0,143 ± 0,009	0,234 ± 0,011	<0,001
RNFL csa	1,254 ± 0,048	1,347 ± 0,040	0,1	0,890 ± 0,126	1,336 ± 0,064	0,003	0,761 ± 0,053	1,249 ± 0,061	<0,001
Clas.	-1,735 ± 0,154	2,396 ± 0,222	<0,001	-1,576 ± 0,209	2,596 ± 0,307	<0,001	-2,045 ± 0,222	2,412 ± 0,261	<0,001

Tab. V. Parametry stereometryczne w grupie chorych w wieku <50 lat, 50-60 i >60 lat oraz w grupach kontrolnych (wartość średnia ± SEM i wartość p).

Tab. V. ONH-stereometric parameters in glaucoma patients in age <50, 50-60, >60 yrs and in control Groups and results of comparative analysis (mean value ± SEM, value p).

kontrolne, ale nie ma to wpływu na ogólny kierunek obserwowanych zmian (13).

Większość metod oceny parametrów stereometrycznych gnw. wymaga subiektywnego określenia jej linii konturowej. W jaskrze, gdy okołotarczowa wnns. staje się coraz cieńsza, brzeg wewnętrzny

pięścienia twardówkowego Elschniga widoczny jest coraz wyraźniej, co w wielu przypadkach ułatwia obrysowanie brzegu tarczy (5,13). Również zmiany kierunku ustawienia kamery laserowej w stosunku do badanego oka mogą powodować pewne zmiany w pomiarach parametrów stereometrycznych. Dlatego tak ważne jest zachowanie

Parametr	Badanie pierwsze (Baseline exam)		Badanie kontrolne (Follow-up exam)		BI vs. FUP	
	Wartość średnia ± SEM Mean value ± SEM		Wartość średnia ± SEM Mean value ± SEM			
	Jaskra (Glaucoma)	Kontrola (Control)	Jaskra (Glaucoma)	Kontrola (Control)	Jaskra (Glaucoma)	Kontrola (Control)
Disc area	2,327 ± 0,048	2,151 ± 0,038	2,327 ± 0,048	2,151 ± 0,038	<0,001	0,004
Cup area	1,211 ± 0,040	0,402 ± 0,029	1,239 ± 0,042	0,398 ± 0,029	0,006	0,5
Cup/ disc area ratio	0,511 ± 0,011	0,181 ± 0,012	0,523 ± 0,012	0,180 ± 0,011	0,004	0,6
Rim area	1,116 ± 0,028	1,749 ± 0,035	1,088 ± 0,030	1,754 ± 0,035	0,006	0,4
HVC	0,366 ± 0,011	0,380 ± 0,008	0,370 ± 0,012	0,384 ± 0,008	0,6	0,5
Cup volume	0,437 ± 0,031	0,087 ± 0,090	0,441 ± 0,034	0,084 ± 0,009	0,6	0,3
Rim volume	0,232 ± 0,010	0,454 ± 0,013	0,221 ± 0,010	0,458 ± 0,013	0,012	0,4
Mean cup depth	0,360 ± 0,011	0,174 ± 0,008	0,356 ± 0,011	0,173 ± 0,008	0,006	0,5
Max cup depth	0,797 ± 0,020	0,517 ± 0,023	0,778 ± 0,020	0,518 ± 0,023	0,004	0,9
Cup shape measure	-0,073 ± 0,006	-0,224 ± 0,007	-0,077 ± 0,006	-0,229 ± 0,008	0,3	0,1
Mean RNFL th	0,188 ± 0,008	0,254 ± 0,005	0,178 ± 0,008	0,258 ± 0,006	0,003	0,3
RNFL csa	1,016 ± 0,043	1,316 ± 0,030	0,960 ± 0,046	1,340 ± 0,031	0,003	0,3
Classification	-1,801 ± 0,111	2,446 ± 0,147	-1,908 ± 0,119	2,547 ± 0,147	0,028	0,04

Tab. VI. Parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego w grupie chorych i w grupie kontrolnej, uzyskane w badaniu HRT pierwszym (BL-baseline) i kontrolnym po 18 miesiącach obserwacji (FUP - follow up) oraz porównanie statystyczne (wartość średnia ± SEM, wartość p).

Tab. VI. ONH-stereometric parameters in glaucoma patients and control group in HRT - baseline examination and after 18-month follow up and comparative analysis (mean value ± SEM, value p).

równoległego ustawienia kamery laserowej do osi optycznej badanego oka podczas wszystkich badań kontrolnych w HRT (14).

Na powtarzalność pomiarów w HRT ma wpływ obecność dużych pni naczyniowych na tarczy nerwu wzrokowego, które HRT wlicza do Rim area i Disk area (5,7,16,17,18). Czynniki te mogą w każdej metodzie pomiarowej znacznie ograniczać możliwości różnicowania oczu zdrowych i jaskrowych.

Zaletą HRT jest fakt, że pomiary parametrów stereometrycznych nie zależą od doświadczenia obserwatora, wymagana jest jedynie dokładność określenia linii konturowej. Obiektywizm badania HRT zwiększa funkcja automatycznego transportowania linii konturowej z badania podstawowego na kontrolne i funkcja automatycznego zaznaczenia granicy zagłębienia, bez konieczności subiektywnego jej obrysowywania.

Wnioski

1. Heidelberg Retina Tomograf umożliwia uzyskiwanie trójwymiarowych obrazów topograficznych głowy nerwu wzrokowego i dokładną ocenę wartości jej parametrów stereometrycznych.
2. Wszystkie parametry stereometryczne głowy nerwu wzrokowego (z wyjątkiem HVC) są dobrymi wskaźnikami ilościowego uszkodzenia jaskrowego głowy nerwu wzrokowego.
3. Konfokalna skaningowa tomografia laserowa (HRT) jest wartościową i precyzyjną metodą umożliwiającą ilościowe monitorowanie progresji uszkodzenia jaskrowego.

PIŚMIENICTWO: 1. Bathija R., Zangwill L., Berry C., Sample P. A., Weinreb R. N.: *Detection of early glaucomatous structural damage with confocal scanning laser tomography*. J. Glaucoma, 1998, 7, 121-127. 2. Brigatti L., Caprioli J.: *Correlation of visual field with scanning confocal laser optic disc measurements in glaucoma*. Arch. Ophthalmol., 1995, 113, 1191-1194. 3. Caprioli J.: *Discrimination between normal and glaucomatous eyes*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1992, 33, 153-159. 4. Caprioli J., Miller J. M.: *Measurement of relative nerve fiber layer surface height in glaucoma*. Ophthalmology, 1989, 96, 633-641. 5. Garway-Heath D. F., Poinoosawmy D., Wollstein G., Viswanathan A., Kamal. D. S., Fontana L., Hitchings R. A.: *Inter- and intraobserver variation in the analysis of optic disc images: comparison of the Heidelberg retina tomograph and computer assisted planimetry*. Br. J. Ophthalmol., 1999, 83, 664-669. 6. Jonas J. B., Gusek G. C., Guggenmoos-Holzman I., Nauman G. O. H.: *Variability of real dimension of normal human optic discs*. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol., 1988, 226, 332-336. 7. Jonas J. B.,

Mardin C. Y., Grundler A. E.: *Comparison of measurements of neuroretinal rim area between confocal laser scanning tomography and planimetry of photographs*. Br. J. Ophthalmol., 1998, 82, 362-366. 8. Kamal D. S., Viswanathan A. C., Garway-Heath D. F., Hitchings R. A., Poinoosawmy D., Bunce C.: *Detection of optic disc change with the Heidelberg retina tomograph before confirmed visual change in ocular hypertensives converting to early glaucoma*. Br. J. Ophthalmol., 1999, 83, 290-294. 9. Kono Y., Zangwill L., Sample P. A., Jonas J. B., Emdadi A., Gupta N., Weinreb R. N.: *Relationship between parapapillary atrophy and visual field abnormality in primary open-angle glaucoma*. Am. J. Ophthalmol., 1999, 127, 674-680. 10. Lee V. W., Mok K. H.: *Retinal nerve fiber layer measurement by nerve fiber analyzer in normal subjects and patients with glaucoma*. Ophthalmology, 1999, 106, 1006-1008. 11. Lopez A. A.: *Optic nerve assessment: a clinical endpoint of optic neuropathy*. Eur. J. Ophthalmol., 1999, 9, 37-39. 12. Michelson G., Langhans M. J., Harazny J., Dichtl A.: *Visual field defect and perfusion of the juxtapapillary retina and the neuroretinal rim area in primary open-angle glaucoma*. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol., 1998, 236, 80-85. 13. Mikelberg F. S., Parfitt C. M., Swindale N. V et al.: *Ability of the Heidelberg Retina Tomograph to detect early glaucomatous visual field loss*. J. Glaucoma, 1995, 4, 242-247. 14. Orgul S., Cioffi G. A., Wilson D. J., Bacon D. R., Van Buskirk E. M.: *An endothelin-1 induced model of optic nerve ischemia in the rabbit*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1996, 37, 1860-1869. 15. Teesalu P., Airaksinen P. J., Tuulonen A.: *Blue-on-yellow visual field and retinal nerve fiber layer in ocular hypertension and glaucoma*. Ophthalmology, 1998, 105, 2077-2081. 16. Tielsch J. M., Katz J., Sommer A., Quigley H. A., Javitt J. C.: *Hypertension, perfusion pressure and primary open-angle glaucoma*. Arch. Ophthalmol., 1995, 113, 216-221. 17. Tjon-Fo-Sang M. J., Lemij H. G.: *The sensitivity and specificity of nerve fiber layer measurements in glaucoma as determined with scanning laser polarimetry*. Am. J. Ophthalmol., 1997, 123, 62-69. 18. Weinreb R. N., Shakiba S., Sample P. A., Shahrokhni S., Van Horn S., Garden V. S., Asawaphureekorn S., Zangwill L.: *Association between quantitative nerve fiber layer measurement and visual field loss in glaucoma*. Am. J. Ophthalmol., 1995, 120, 732-738. 19. Weinreb R. N., Zangwill L. M.: *Imaging technologies for assessing neuroprotection in glaucomatous optic neuropathy*. Eur. J. Ophthalmol., 1999, 9, 40-43. 20. Wollstein G., Garway-Heath D. F., Hitchings R. A.: *Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope*. Ophthalmology, 1998, 105, 1557-1563.

Praca wplynęła do Redakcji 10.02.2003 r. (148).

Adres do korespondencji (Reprint requests to):
dr n. med Joanna Markowska
ul. Wolności 514 b/9
41-800 Zabrze