

Badanie wrażliwości na kontrast testerem wzroku Functional Vision Analyzer™ (FVA)

Measuring Contrast Sensitivity with Functional Vision Analyzer™ (FVA)

Joanna Jędrzejczak-Młodziejewska, Alicja Krawczyk, Jacek P. Szaflik

Katedra i Klinika Okulistyki II Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
Samodzielny Publiczny Kliniczny Szpital Okulistyczny w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jerzy Szaflik

Summary: Contrast sensitivity tests are used for assessing of changes in visual pathways and vision quality. Daily visual tasks are performed mainly in a low contrast environment. Purpose of this paper was to evaluate contrast sensitivity under photopic, mesopic and mesopic with glare conditions in patients with different types of aspheric intraocular lenses implanted. Assessment of vision was performed with Optec 5500.

Key words: contrast sensitivity, contrast sensitivity charts, photopic and mesopic conditions, visual functioning, Functional Vision Analyzer™.

Słowa kluczowe: wrażliwość na kontrast, tablice służące do badania wrażliwości na kontrast, warunki fotonowe i mezopowe, funkcjonowanie wzrokowe, tester wzroku.

Wstęp

W codziennej praktyce okulistycznej w celu określenia możliwości wzrokowych badanej osoby najczęściej stosuje się tablice Snellena lub w skali logMAR z optotypami o wysokim kontraście. Znacznie rzadziej wykonuje się badanie ostrości wzroku testami z optotypami o obniżonym kontraście. Badania wrażliwości na kontrast najczęściej są wykonywane podczas badań doświadczalnych lub klinicznych.

Badanie ostrości wzroku wyłącznie w wysokim kontraście często nie jest wystarczające, aby ocenić funkcjonowanie wzrokowe, szczególnie u pacjentów z dużymi wymaganiami odnośnie jakości widzenia. Coraz częściej wykonywane są badania wrażliwości na kontrast u pacjentów z początkowymi objawami schorzeń okulistycznych lub u pacjentów, u których ocena ostrości wzroku tylko w wysokim kontraście nie jest wystarczająca, aby ocenić lub porównać funkcjonowanie wzrokowe pacjenta przed zabiegiem chirurgicznym i po zabiegu takim jak operacja zaćmy czy chirurgia refrakcyjna. Badanie wrażliwości na kontrast jest wykonywane również podczas doboru soczewek kontaktowych, szczególnie u pacjentów z astygmatyzmem, w celu oceny jakości uzyskanego widzenia.

Ocena wrażliwości na kontrast jest wykonywana również u pacjentów starszych, szczególnie u kierowców, którzy mogą mieć prawidłową ostrość wzroku do dali, niewystarczającą jednak, aby dostrzec znaki drogowe, szczególnie we mgle czy w podczas deszczu, gdy obiekty w otoczeniu widoczne są w niskim kontraście.

Wrażliwość oka na kontrast zbadali po raz pierwszy w 1965 roku Campbell i Green, wykorzystując sinusoidalne wzory prążkowe (1).

W 1978 roku Arden przedstawił koncepcję kanałów wzrokowych oddzielnych dla różnych częstotliwości przestrzennych, która znalazła potwierdzenie w wynikach później przeprowadzonych badań (2). Wcześniejsze wzmianki o tej koncepcji pojawiają się u Campbella i Robsona w 1968 (Application of Fourier analysis to the visibility of gratings – J Physiol 197, 551-566). Pisze o tym David B. Elliott w podręczniku Borish's Clinical Refraction (Contrast Sensitivity and Glare Testing (in:) Borish's Clinical Refraction 2006, s. 247).

W 1984 roku Regan i Neima zastosowali tablice z niskokontrastowymi optotypami i prążkami, służące do diagnostyki niektórych schorzeń okulistycznych. Badali oni widzenie u pacjentów z wczesnym stadium cukrzycy, nadciśnieniem ocznym, jaskrą i chorobą Parkinsona. Przypuszczali, że przyczyną spadku wrażliwości na kontrast mogą być patologiczne zmiany na poziomie komórek zwojowych (3).

W tym samym roku Ginsburg opublikował wyniki badań nad zastosowaniem nowych tablic w badaniach wrażliwości na kontrast (4). Podczas współpracy z Air Force zaobserwował, że piloci z taką samą ostrością wzroku wykazywali odmienne funkcjonowanie wzrokowe podczas wykonywania określonych zadań wzrokowych, takich jak obserwacja z samolotu naziemnych obiektów. Tego typu zadania wymagały dobrego funkcjonowania wzrokowego w obniżonym kontraście.

Wykonywanie tzw. czynności dnia codziennego wiąże się z funkcjonowaniem wzrokowym w otoczeniu o niższym kontraście niż ten, który występuje na tablicach do badania ostrości wzroku. Prowadzenie samochodu o zmierzchu

lub w mglisty poranek wymaga innych możliwości wzrokowych niż obserwacja obiektów na ulicy oświetlonej przez słońce. Łatwiej jest znaleźć spinakę do włosów na oświetlonej półce niż w ciemnej szufladzie.

Badanie wrażliwości na kontrast

Różny poziom trudności wykonywanych zadań wzrokowych wynika z różnicy w jasności przedmiotów i ich tła. Przez kontrast rozumiemy stosunek ilości światła odbitego od dwóch znajdujących się obok siebie powierzchni, kontrastem progowym zaś określamy najmniejszą wartość kontrastu konieczną do zauważenia jakiegoś obiektu. Wrażliwość na kontrast jest odwrotnością kontrastu progowego. Przy rozważaniu zagadnień kontrastu najczęściej korzystamy z dwóch wzorów:

Michelsona, gdzie

$$\text{kontrast} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

lub

Webera, gdzie

$$\text{kontrast} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}}$$

L_{\max} = luminancja jaśniejszej powierzchni.

L_{\min} = luminancja ciemniejszej powierzchni.

Jeśli ciemniejsza powierzchnia nie odbija światła, czyli jest czarna, współczynnik będzie równy 1. Ponieważ współczynnik kontrastu jest wyrażany za pomocą procentów, w wymienionym powyżej przypadku będzie wynosił 100%. Jeśli najniższy zauważony kontrast miał 5%, wrażliwość na kontrast będzie równa $100:5 = 20$. Im niższy kontrast możemy dostrzec (1,2%), tym wyższa jest wrażliwość na kontrast ($100:1,2 = 83,3$) (5).

Pomiar wrażliwości na kontrast przypomina pomiar słuchu zapisywany w postaci audiogramu, z którego można odczytać, jak ciche mogą być dźwięki przy danych częstotliwościach, aby były jeszcze słyszalne. Wyniki uzyskane podczas badania słuchu zapisywane są w postaci audiogramu, a w przypadku badania wrażliwości na kontrast otrzymujemy zapis w postaci krzywej wrażliwości na kontrast. Na osi pionowej są naniesione wartości wrażliwości na kontrast (im wyższa wartość, tym lepsza zdolność do zauważania przedmiotów o niższym kontraście). Na osi poziomej znajdują się wartości częstotliwości przestrzennych odniesione do sinusoidalnych fal (podają informację o liczbie jasnych i ciemnych prążków przypadających na stopień kątowy – im więcej drobnych prążków na pewnym obszarze, tym większa częstotliwość przestrzenna). Jeśli badana osoba widzi bardzo drobne prążki o bardzo niskim kontraście, jej układ wzrokowy funkcjonuje prawidłowo. Jeśli zauważa tylko szerokie kontrastowe prążki, w układzie wzrokowym prawdopodobnie występuje dysfunkcja wymagająca dokładniejszego zdiagnozowania. Z krzywej wrażliwości na kontrast można odczytać, jak blade mogą być prążki przy danych częstotliwościach przestrzennych, aby były jeszcze widoczne. W zależności od tego, czy badana osoba ma problem z zauważeniem najbłedszych prążków o częstotliwościach wysokich, średnich czy niskich, można w przybliżeniu określić, czy dysfunkcja dotyczy nerwu wzrokowego, obszaru plamki, czy siatkówki obwodowej.

Podczas badania wrażliwości na kontrast zapisywane są wyniki częstotliwości przestrzennej i poziomu kontra-

stu prezentowanych wzorów prążkowych. Pozwala to na wykreślenie krzywej, której zarówno kształt, jak i położenie w układzie współrzędnych dostarczają nam informacji o stanie układu wzrokowego badanej osoby. Wynik badania wrażliwości na kontrast pomaga w postawieniu diagnozy oraz określeniu rodzaju problemów wzrokowych w codziennym funkcjonowaniu wzrokowym. Badania przeprowadzone na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych poprzedniego stulecia wykazały, że niskie częstotliwości przestrzenne odgrywają zasadniczą rolę w rozpoznawaniu twarzy, a wysokie częstotliwości przestrzenne mają znaczenie w rozpoznawaniu rysów twarzy (6). Pod koniec lat osiemdziesiątych minionego wieku przeprowadzono kolejne badanie, które wykazało, że u pacjentów z obniżoną wrażliwością na kontrast w zakresie średnich i niskich częstotliwości przestrzennych występowała zmniejszona zdolność do zauważania twarzy, znaków drogowych i przedmiotów codziennego użytku. W badaniu tym stwierdzono ważną zależność między częstotliwością przestrzenną a „widzialnością” przedmiotów w realnym otoczeniu (7).

Tester wzroku FVA

Tester wzroku FVA (Functional Vision Analyzer™) służy do oceny funkcjonalnej ostrości wzroku, czyli do oceny możliwości wzrokowych w codziennym funkcjonowaniu w realnym otoczeniu (ryc. 1). Zawiera on test do funkcjonalnej oceny ostrości wzroku, która jest badana za pomocą prążków o różnym kontraście.



Ryc. 1. Tester wzroku Functional Vision Analyzer™.

Fig. 1. Functional Vision Analyzer™.

Urządzenie posiada system oświetlenia diodami LED z mechanizmem autokalibracji do warunków otoczenia, dzięki któremu uzyskujemy jednorodne i powtarzalne oświetlenie testów oraz tła, na którym są wyświetlane. Jest ono zgodne z międzynarodowymi standardami określającymi poziom oświetlenia fotonowego (80 cd/m^2) i mezopowego (3 cd/m^2), dzięki czemu testy są zawsze wykonywane w jednakowych warunkach, a ich wyniki są porównywalne między sobą. Ma to szczególne znaczenie podczas badania wrażliwości na kontrast, ponieważ zapewnia takie samo powtarzalne oświetlenie podczas każdego badania dla każdego pacjenta.

W urzędzeniu są zastosowane dwa systemy soczewek do dali i bliży, dzięki którym uzyskuje się możliwość patrzenia na odległość 40 cm (bliź) i 6 metrów (dal).

Zastosowany system slajdów daje możliwość wyboru własnego zestawu 12 slajdów ze zbioru 150 slajdów. Istnieje możliwość zestawienia slajdów do badań w:

- okulistyce,
- optometrii,
- medycynie pracy,
- szkole,
- praktyce pediatrycznej,
- medycynie sportu,
- zdrowiu publicznym,
- medycynie ogólnej,
- medycynie transportu,
- badaniach kierowców,
- lotnictwie,
- badaniach wrażliwości na kontrast.

Badanie wrażliwości na kontrast może być wykonywane z wykorzystaniem fal sinusoidalnych.

W urzędzeniu znajdują się slajdy służące do pomiaru ostrości wzroku do dali i bliży, jednoocznego i obuocznego. Litery wykorzystywane do pomiaru ostrości wzroku mają taki sam układ jak na tablicach ETDRS, czyli w skali logarytmicznej. Tablice z wielkością optotypów zmieniającą się w skali logarytmicznej dają możliwość precyzyjnego, powtarzalnego pomiaru ostrości wzroku. Jest to standard obowiązujący od 1987 roku (wg ICO) w przypadku pomiarów ostrości wzroku. Badanie ostrości wzroku obuocznie jest bardzo ważne podczas oceny funkcjonalnego widzenia. Daje nam najlepsze wyobrażenie o możliwościach wzrokowych pacjenta w codziennym życiu.

Pomiar wrażliwości na kontrast może być wykonany z zastosowaniem 4 strategii badania, takich jak:

- widzenie nocne bez oślnienia,
- widzenie nocne z oślnieniem,
- widzenie dzienne bez oślnienia,
- widzenie dzienne z oślnieniem,

przy czym każdorazowo oślnienie może być prezentowane w dwóch poziomach intensywności.

Badanie jest wykonywane testem FACT™ (The Functional Acuity Contrast Test), z pełną korekcją do dali. Na polach o kształcie koła znajdują się prążki o różnej częstotliwości przestrzennej i różnym kontraście. Koła z prążkami znajdują się w pięciu rzędach (A, B, C, D, E) o różnych, zmniejszających się poziomach kontrastu. W każdym rzędzie znajduje się 9 kół z prążkami o różnej, zmniejszającej się częstotliwości przestrzennej. Prążki są ustawione w jednej z trzech pozycji – górny koniec prążka może być skierowany w prawo (skośnie), w lewo (skośnie), ku górze (pionowo). Wyjątkową cechą testu FACT™ w stosunku do innych testów prążkowych jest opatentowana metoda antyaliasowania, polegająca na wytłumieniu ostrych brzegów prążków, dzięki czemu unika się odpowiedzi fałszywie pozytywnych.

W celu zdiagnozowania zaburzeń widzenia spowodowanych zmianami chorobowymi w obrębie siatkówki, plamki i nerwu wzrokowego może wystarczyć zbadanie odpowiedzi na bodźce o częstotliwości przestrzennej 6 cpd (6 cykli na

stopień). Osoby, u których wrażliwość na kontrast wypada w tym zakresie poniżej normy, należy zbadać z zastosowaniem pozostałych częstotliwości.

Na formularzu wyników badania zaznacza się ostatnią prawidłową odpowiedź pacjenta dla każdego z rzędów, czyli zaznacza się ostatni zauważony wzór prążkowy (o najniższym kontraście i najdrobniejszych prążkach, które były jeszcze widziane). Zaznaczone odpowiedzi pacjenta łączy się linią wyznaczającą krzywą wrażliwości na kontrast. Nieprawidłowe krzywe wrażliwości na kontrast są definiowane następująco:

- krzywa nie mieści się w zakresie normy (szare pole) na formularzu wyników,
- krzywe dla dwojga oczu pacjenta różnią się o więcej niż dwie wartości kontrastu (obrazki prążkowe) w jakiegokolwiek częstotliwości,
- krzywe dla dwojga oczu pacjenta różnią się o więcej niż jedna wartość kontrastu w dwóch sąsiadujących częstotliwościach.

Wczesne zaburzenia widzenia, problemy neurologiczne, patologie siatkówki, plamki, nerwu wzrokowego, zaburzenia refrakcji będą miały różny wpływ na kształt krzywej wrażliwości na kontrast. Zaburzenia dostrzegane w wyższych częstotliwościach przestrzennych zazwyczaj wskazują na patologie plamki oraz wady refrakcji. Niektóre patologie mogą powodować przesunięcie w układzie współrzędnych całej krzywej wrażliwości na kontrast.

Krzywa o prawidłowym przebiegu w zakresie wyższych częstotliwości, a nieprawidłowych wartościach dla częstotliwości średnich wskazuje na prawdopodobieństwo istnienia patologii lub problemów neurologicznych.

W formularzu, w którym zapisuje się wyniki pacjenta, znajduje się pole odpowiadające zakresowi prawidłowych wyników. Wyniki znajdujące się poza normą mogą sugerować występowanie patologii układu wzrokowego. Jeśli krzywa wykreślona dla jednego z oczu znajduje się poniżej krzywej wykresu dla drugiego oka, pacjent powinien być dokładniej przebadany.

FACT™ został stworzony jako pomoc wykorzystywana podczas diagnozowania przyczyn osłabienia widzenia, które w trakcie badania testami opartymi na rozpoznawaniu optotypów o wysokim kontraście (typowe tablice do dali) nie są wykrywane.

Niektóre patologie układu wzrokowego, szczególnie podczas początkowych faz choroby, nie obniżają ostrości wzroku w wysokim kontraście, a obniżają ostrość wzroku w obniżonym kontraście. Takie wyniki znajdują odzwierciedlenie w ostatecznym kształcie krzywej wrażliwości na kontrast i jej położeniu.

Patologie w drogach wzrokowych powodują osłabienie widzenia, które różni się od obniżenia ostrości wzroku spowodowanego samą wadą refrakcji. Uszkodzenie dróg wzrokowych może powodować różne objawy, w zależności od tego, które z włókien nerwowych zostały zajęte przez proces chorobowy. W drogach wzrokowych znajdują się włókna nerwowe odpowiadające za widzenie dużych obiektów w obniżonym kontraście (włókna wielkokomórkowe) i małych obiektów w wysokim kontraście (włókna drobno-komórkowe) (8).

Zaburzenia widzenia na różnych poziomach częstotliwości przestrzennych w przebiegu różnych schorzeń okulistycznych

Do obniżenia wrażliwości na kontrast w zakresie wysokich częstotliwości przestrzennych dochodzi w przebiegu zaćmy. Wraz z postępem zmętnienia soczewki ulega zmniejszeniu wrażliwość na kontrast w zakresie niskich, średnich i wysokich częstotliwości przestrzennych. Badania wykonywane w warunkach olśnienia powodują dodatkowe obniżenie wrażliwości na kontrast.

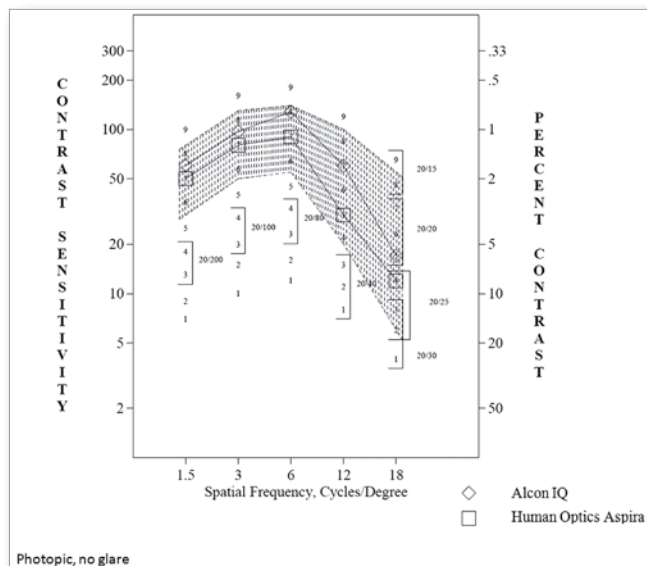
Obniżenie wrażliwości na kontrast w zakresie wysokich i średnich częstotliwości przestrzennych może być spowodowane wadami refrakcji, w tym resztkowym, niewyrównanym astygmatyzmem (im większa jest wada refrakcji, tym bardziej są zaznaczone zmiany w zakresie wysokich i średnich częstotliwości), osadami na soczewkach kontaktowych.

W przebiegu jaskry, retinopatii cukrzycowej, neuropatii nerwu wzrokowego, degeneracji plamki, zapalenia nerwu wzrokowego, niedowidzenia spadek wrażliwości na kontrast może dotyczyć niskich i średnich częstotliwości przestrzennych (9). W przebiegu jaskry najbardziej jednak obniża się w zakresie średnich częstotliwości (10). Zmiany w podobnym zakresie częstotliwości występują w przebiegu stwardnienia rozsianego.

Ibuprofen uszkadzając nerw wzrokowy, może powodować zaburzenia wrażliwości na kontrast (11).

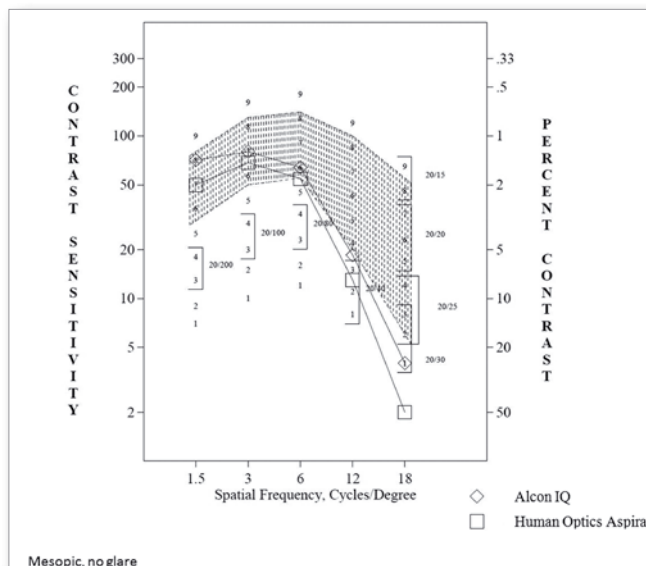
Badanie wrażliwości na kontrast przeprowadzone u pacjentów, którym wszczepiono różne rodzaje soczewek wewnątrzgałkowych

Pacjenci po operacji zaćmy, mimo uzyskanych dobrych ostrości wzroku, wykazują różny stopień satysfakcji z funkcjonowania wzrokowego w codziennym życiu. Różnice w zadowoleniu z funkcjonowania wzrokowego mogą mieć swoje źródło w różnej wrażliwości na kontrast poszczegól-



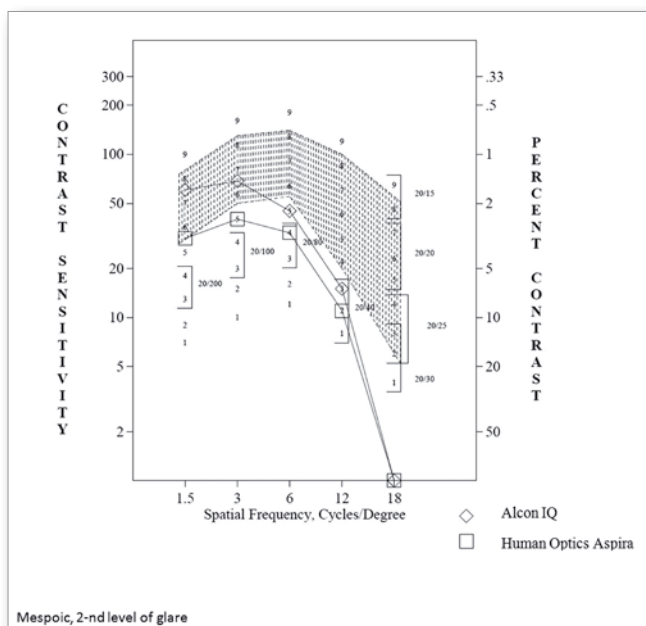
Ryc. 2. Krzywa (romby) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Alcon IQ w warunkach fotopowych bez olśnienia; krzywa (kwadraty) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Human Optics Aspira w warunkach fotopowych bez olśnienia.

Fig. 2. Comparison of the results of the two types IOL under photopic conditions without glare rhombus – Alcon IQ square-Human Optics Aspira.



Ryc. 3. Krzywa (romby) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Alcon IQ w warunkach mezopowych bez olśnienia; krzywa (kwadraty) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Human Optics Aspira w warunkach mezopowych bez olśnienia.

Fig. 3. Comparison of the results of the two types IOL under mesopic conditions without glare rhombus – Alcon IQ square-Human Optics Aspira.



Ryc. 4. Krzywa (romby) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Alcon IQ w warunkach mezopowych z olśnieniem; krzywa (kwadraty) – krzywa wrażliwości na kontrast dla soczewki Human Optics Aspira w warunkach mezopowych z olśnieniem.

Fig. 4. Comparison of the results of the two types IOL under mesopic conditions with glare rhombus – Alcon IQ square-Human Optics Aspira.

gólnych pacjentów, co jest również związane z rodzajem wszczepionej soczewki wewnątrzgałkowej. W warunkach złego oświetlenia, gdy dochodzi do rozszerzenia źrenicy, pacjenci, u których zastosowano konwencjonalne implanty wewnątrzgałkowe o sferycznej krzywiznie, mogą się skarżyć na gorsze widzenie lub problemy z prowadzeniem samochodu. Jest to spowodowane sumowaniem się „pozytywnych” aberracji związanych z budową samej soczewki oraz rogówki. Wykreślenie dla nich krzywej wrażliwości na kontrast

może pomóc w wyjaśnieniu, co jest istotą problemów wzrokowych badanej osoby.

W Klinice Okulistyki II Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego wykonaliśmy pilotażowe badania wrażliwości na kontrast za pomocą aparatu Functional Vision Analyzer™. W badaniu wzięły udział dwie 10-osobowe grupy pacjentów; 40% stanowiły kobiety, 60% – mężczyźni. Były to osoby operowane z powodu zaćmy, bez dodatkowych obciążeń okulistycznych. Pacjentów podzielono na grupy w zależności od rodzaju wszczepionej soczewki wewnątrzgałkowej. Pierwszą grupę stanowili pacjenci, którym wszczepiono soczewkę AcrySof IQ (SN60WF). Pacjentom przypisanym do drugiej grupy wszczepiono model HumanOptics Aspira-aAY. Obie soczewki charakteryzują się asferyczną budową – AcrySof IQ „negatywną” aberracją sferyczną mającą za zadanie niwelować „pozytywne” aberracje pochodzące z rogówki, Aspira-aAY zaś jest soczewką bezaberracyjną niwelującą aberracje sferyczne związane z budową samej soczewki. Obie soczewki są wyposażone w filtry światła niebieskiego i UV. U pacjentów w obu grupach po operacji osiągnięto porównywalne wyniki ostrości wzroku wahające się od 5/5 do 5/6 sc oraz 0,5 do bliżej, używając tablic Snellena. Średnia wieku pacjentów w grupie z wszczepionymi soczewkami AcrySof IQ wynosiła 55 lat, w grupie z soczewką HumanOptics Aspira-aAY zaś – 71 lat. Średnia moc soczewki AcrySof IQ wynosiła 21,00 D, soczewki HumanOptics Aspira-aAY – 23,00 D.

W czasie badania kontrastu wykorzystaliśmy program do badania wrażliwości na kontrast w warunkach fotopowych i mezopowych oraz program z zastosowaniem oślnienia (28 Lux) w warunkach mezopowych. W niniejszej publikacji przedstawiamy wykresy krzywych wrażliwości na kontrast u pacjentów sklasyfikowanych w dwóch grupach.

Lepszą wrażliwość na kontrast uzyskali pacjenci z wszczepionymi soczewkami AcrySof IQ (ryc. 2, 3, 4).

Podsumowanie

Wrażliwość na kontrast informuje o zdolności badanej osoby do odróżnienia widzianego obiektu od tła, w różnych warunkach oświetleniowych. Badanie wrażliwości na kontrast dostarcza dodatkowe informacje o możliwościach wzrokowych pacjenta podczas wykonywania codziennych czynności. Krzywa wrażliwości na kontrast obrazuje faktyczne funkcjonowanie wzrokowe badanej osoby. Pacjenci o tej samej ostrości wzroku badanej w wysokim kontraście mogą mieć różne krzywe wrażliwości na kontrast. Wydaje się także, że badanie ostrości wzroku za pomocą jedynie tablic Snellena przestaje być pomocne w udzielaniu odpowiedzi na pytania związane z jakością widzenia. Badanie

wzroku w obniżonym kontraście umożliwia wychwycenie zmian w układzie wzrokowym występujących w początkowych fazach schorzeń oraz ocenę jakości widzenia po operacji zaćmy u osób, które uzyskują pełną ostrość wzroku. Konstrukcja implantów – soczewek asferycznych – przede wszystkim poprawia jakość widzenia, a tym samym wrażliwość na kontrast (12).

Wyniki przeprowadzonych badań pilotażowych wskazują na zauważalną różnicę między uzyskanymi wrażliwościami na kontrast w zależności od rodzaju wszczepionej soczewki wewnątrzgałkowej. Uzyskane wyniki stanowią jedynie wstępne obserwacje i wymagają objęcia badaniami większej grupy pacjentów.

Piśmiennictwo:

1. Campbell FW, Green DC: *Optical and retinal factors affecting visual acuity*. Journal of Physiology 181, 576-593.
2. Arden GB: *The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance*. British Journal of Ophthalmology 1978, 62, 198-209.
3. Regan D, Neima D: *Low contrast letter charts in early diabetic retinopathy, ocular hypertension, glaucoma, and Parkinson's disease*. Br J of Ophthalmol 1984, 68, 885-888.
4. Ginsburg AP: *A new contrast sensitivity vision test chart*. Amer J Optom Physiol Opt 1984, 61, 403-407.
5. Valberg A: *Light vision color*. John Wiley and Sons 2005, 196-197.
6. Tieger T, Ganz L: *Recognition of faces in the presence of two-dimensional sinusoidal masks*. Perception and Psychophysics 1979, 26, 163-167.
7. Owsley C, Sloane ME: *Contrast sensitivity, acuity, and the perception of 'real-world' targets* British Journal of Ophthalmology 1987, 71, 791-796.
8. Goodale MA, Milner AD: *The visual brain in action*. Oxford University Press 1995, 27, 134.
9. Woods RL, Wood MJ: *The role of contrast sensitivity charts and contrast letter charts in clinical practice*. Clin Exp Optom 1995, 78, 2, 43-57.
10. Arden GB, Jacobson J: *A simple grating test for contrast sensitivity: Preliminary results indicate value in screening for glaucoma*. Invest ophthalmol Vis Sci 1978, 17, 23-32.
11. Ridder WH: *Effect of Ibuprofen on contrast sensitivity*. Optometry and Vision Science ROK1992, 69, 652-655.
12. Packer M, Howard IF, Hoffman RS: *Contrast sensitivity and measuring cataract outcomes*. Ophthalmol Clin N Am 2006, 19, 521-533.