

(67) Neuroadaptacja a jakość widzenia***Neuroadaptation and quality of vision*****Mariusz Spyra**Z Centrum Okulistycznego BOPOL w Warszawie
Kierownik naukowy: prof. dr hab. n med. Andrzej Stankiewicz

Streszczenie:	<p>Cel: w artykule przedstawiono na podstawie piśmiennictwa wpływ neuroadaptacji na jakość widzenia.</p> <p>Material i metody: na podstawie danych z wielu artykułów można stwierdzić, że u pacjentów z różnym rodzajem aberracji układu optycznego oka występuje zaburzenie neuroadaptacji. W efekcie jakość widzenia i satysfakcja życiowa są u nich znacznie obniżone.</p> <p>Wyniki: leczenie chirurgiczne – czy rogówkowe, czy chirurgia wewnątrzgałkowa – daje znaczną poprawę stanu tych chorych. Keratektomia refrakcyjna i/ lub chirurgia soczewki z wszczepieniem wieloogniskowych soczewek dyfrakcyjnych powodują spadek aberracji układu optycznego oczu i w efekcie poprawę jakości widzenia i życia.</p> <p>Wnioski: na podstawie tych danych można stwierdzić, że spadek aberracji układu optycznego oka powoduje poprawę neuroadaptacji i w konsekwencji daje lepszą jakość widzenia i życia. Obserwacje te wymagają jednak potwierdzenia w dalszych badaniach na reprezentatywnych grupach pacjentów.</p>
Słowa kluczowe:	neuroadaptacja, aberracje optyczne oka, jakość widzenia.
Summary:	<p>Purpose: The aim of this article is to introduce and elaborate upon neuroadaptation and quality of vision in the available literature.</p> <p>Material and methods: The information contents in the article comes from several studies in literature performed on groups of patients with different forms of aberrations and neuroadaptation problems. Visual quality and satisfaction in the most of them were very poor.</p> <p>Results: After surgical treatment – corneal or intraocular, most of patients were highly satisfied. Photorefractive keratectomy and/ or lens surgery using diffractive multifocal lenses gave decrease optical ocular aberrations and improve quality of vision and life.</p> <p>Conclusions: Based on current literature decrease of ocular aberrations gives better neuroadaptation and in consequence improves quality of vision and life. To establish these data, further studies on representative group of patients are necessary.</p>
Key words:	Neuroadaptation, optical aberrations of the eye, quality of vision.

Wstęp

Oko ludzkie jako złożony system optyczny jest źródłem aberracji, które wpływają istotnie na neuroadaptację i tym samym na jakość widzenia. Pacjenci, szczególnie ci, u których różne wady wzroku i tym samym różne aberracje występują w obojgu oczach, skarżą się na obniżenie jakości postrzeganych obrazów nawet w przypadku pełnego wyrównania wad refrakcji zarówno szklami okularowymi, soczewkami kontaktowymi, wszczepami wewnątrzgałkowymi, jak i laserem excimerowym.

Badania ostatnich lat wykazały, że poprawę neuroadaptacji z uzyskaniem jakościowo dobrego widzenia można osiągnąć tylko po znacznym zmniejszeniu aberracji układu optycznego oka, a najlepiej po całkowitym jej zlikwidowaniu (1).

Rodzaje aberracji

Ogólnie aberracje dzielimy na dwie grupy: 1. chromatyczne, które powstają tylko w świetle białym, 2. geometryczne, które powstają również w świetle monochromatycznym (2).

Aberracje chromatyczne są związane z wadą układów optycznych materiału, z którego wykonano soczewkę okularową, i można je usunąć, stosując soczewkę apochromatyczną.

Jednak gdy dotyczą samego układu optycznego oka, mają duży wpływ na neuroadaptację i jakość widzenia.

Dużo poważniejszy problem stanowią aberracje geometryczne, zależne od kształtu powierzchni łamiących i oświetlenia. Od 1857 r., kiedy opisał je Ludwig von Seidel, dzielimy je na pięć typów: aberrację sferyczną, komę, astygmatyzm, zakrzywienie pola i dystorsję.

W aberracji sferycznej, w związku z silniejszym załamaniem przez soczewkę promieni odległych od osi optycznej (strefowych) niż promieni przyosiowych, zamiast obrazu punktu otrzymujemy plamkę kolistą.

Koma pojawia się, gdy po przejściu przez soczewkę promienie świetlne skupiają się w różnych punktach poza osią optyczną. Powoduje ją niesymetryczne załamanie promienia świetlnego części układu łamiącego – górnej i dolnej, a powstający obraz ma kształt przecinka lub komety.

Astygmatyzm z kolei powstaje wtedy, gdy stopień załamania światła przez układ optyczny jest inny, czyli taki, który powoduje odwzorowanie punktu tak, że otrzymuje się obraz elipsy lub koła.

Zakrzywienie pola występuje w przypadku, gdy promienie świetlne wychodzące z różnych punktów obiektu liniowego są

skupione na zakrzywionej powierzchni i obraz płaskiego przedmiotu staje się powierzchnią kulistą.

Z kolei dystorsja pojawia się wtedy, gdy promienie wychodzące z różnych punktów przedmiotu liniowego, ale znajdujących się w tych samych odległościach od siebie, są ogniskowane na powierzchni płaskiej w różnej odległości od osi optycznej. Powstaje wówczas zniekształcenie poduszkowate, gdy odległości rosną, lub beczkowate, gdy odległości maleją.

Od czasów Tscheringa (1884 r.) aberrację można mierzyć (3). Jednak dopiero skonstruowany na przełomie wieków XIX/XX przez Hartmana specjalny ekran, który został zmodyfikowany w 1971 r. przez Snacka, pozwolił na uzyskiwanie obiektywnych pomiarów aberracji. Do celów diagnostycznych w okulistyce urządzenie to zmodyfikował i zaadoptował w 1994 r. Liang (4). Następnie Williams (5) wraz z Liangiem stworzyli precyzyjny, obiektywny aberrometr, który do dzisiaj jest „złotym standardem” w pomiarach aberracji (6).

Jakość widzenia w oku z aberracją

Odpowiedni odbiór wrażeń wzrokowych przez siatkówkę z następowym przekazaniem ich do kory wzrokowej decydują o dobrej jakości widzenia. Budowa fotoreceptorów, ich ułożenie i gęstość – szczególnie w okolicy plamkowej – decydują o czułości siatkówki, pozwalając na osiąganie maksymalnej ostrości (2,0 i więcej na tablicach Snellena) (7,8).

Obecny stan wiedzy nie pozwala jeszcze wytłumaczyć, w jaki sposób ośrodkowy układ nerwowy kompensuje aberrację układu optycznego oka. Nie można też przewidzieć reakcji mózgu na korekcję aberracji wyższego rzędu. Stąd wszystkim okulistom pracującym z pacjentem znana jest liczna grupa pacjentów, którzy dobrze radząc sobie bez korekcji wady refrakcji, skarżą się na pogorszenie jakości widzenia po korekcji wady, niezależnie od tego, jaką metodą korekcji zastosowano (9). Tym niemniej dużo liczniejsza grupa pacjentów po skorygowaniu do minimum aberracji wyższego rzędu uzyskuje docelowo znacznie lepsze ostrość wzroku i jakość widzenia (10).

Badania Portera (11) udowodniły również, że aż 10-15% populacji ludzkiej pomimo optymalnej korekcji wady refrakcji wykazuje aberracje wyższego rzędu układu optycznego oka, które wyraźnie wpływają na jakość widzenia. Autorzy licznych prac donoszą, że znaczący wpływ na jakość stwierdzanych aberracji wyższego rzędu i ich liczbę mają między innymi: zakres akomodacji, średnica źrenicy i jej praca w różnych warunkach oświetlenia, jakość filmu łzowego, struktura rogówki i wiek pacjenta. Szczególnie ten ostatni aspekt jest ostatnio wnikliwie analizowany. W procesie starzenia się organizmu ludzkiego stwierdza się statystycznie znamienne różnice w wartościach aberracji czwartego rzędu i wyższych u pacjentów w różnych grupach wiekowych (12). Wynika to między innymi z procesu krystalizacji soczewki i zmian w rogówce. Stwierdzono dodatnią korelację między wzrostem aberracji wyższego rzędu a stopniem zmętnienia soczewki i zwiększającą się wraz z wiekiem gęstością kory i jądra (13).

Operacje soczewkowe i ich wpływ na jakość widzenia w przypadku istnienia aberracji układu optycznego oka

Coraz powszechniej akceptowana jest idea, aby operacje zaćmy początkowej, w sytuacji gdy ostrość wzroku jest stosunkowo dobra (0,4-0,7), a nawet jeszcze lepsza, przeprowadzać

z zastosowaniem wieloogniskowych soczewek asferycznych (14). Soczewki te neutralizują ujemny wpływ aberracji sferycznych na funkcję widzenia. Jest to szczególnie istotne w warunkach mezopowych, ponieważ aberracje sferyczne rosną, gdy źrenica ulega poszerzeniu. Stąd znany wszystkim chirurgom zaćmy problem z pacjentami, u których po operacji doszło do unieruchomienia źrenicy, czy ograniczenia jej ruchomości.

Jak wykazał to Mester (14), również czułość kontrastu, która gwałtownie obniża się zaraz po operacji zaćmy, powraca szybko (w czasie 3-6 miesięcy) i jest wyraźnie lepsza wtedy, gdy stosuje się soczewki wieloogniskowe, niż wtedy gdy stosuje się soczewki monofokalne. Wydaje się, że jest to wynikiem procesu „uczenia się” i szybszej adaptacji mózgu do nowych warunków.

Obustronne wykonanie operacji zaćmy z użyciem soczewek wieloogniskowych skutkuje lepszym widzeniem stereoskopowym pod warunkiem, że jednocześnie zostanie zlikwidowana anisometropia i zadba się o właściwą pracę źrenicy. Istnieją jednakże publikacje, w których autorzy wykazują, że monowizja w pseudofakii dla wielu pacjentów może być lepszą alternatywą (15). Co zaskakujące, chorzy ci wykazują dosyć dobrą stereoskopię, jest im łatwiej korzystać z samochodu, komputera, a nawet czytania i pracy z bliska. Takie postępowanie operacyjne jest szczególnie wskazane u osób z wyraźnie dominującym jednym okiem (nawet wówczas, gdy wcześniej ostrość wzroku obojga oczu była pełna). Cała neuroadaptacja w ośrodkowym układzie wzrokowym u tych pacjentów jest od lat przygotowana na ten model pracy. Stąd u tych chorych zachodzi konieczność przeprowadzenia dokładnego wywiadu odnośnie funkcji i jakości widzenia w latach przedoperacyjnych. Pacjenci ci z reguły źle znoszą soczewki wieloogniskowe i mogą stanowić problem pooperacyjny. Pomimo wyrównania anisotropii, zmniejszenia bądź likwidacji aberracji ich ośrodkowy układ nerwowy nie przyjmuje nowych warunków, neuroadaptacja nie rozwija się, a jakość widzenia bywa nawet gorsza niż przed operacją, pomimo obiektywnie lepszej funkcji.

Starzenie się oka wpływa na zaburzenia jakościowe i ilościowe filmu łzowego, co prowadzi do aberracji wyższego rzędu. Podawanie sztucznych łez znacząco wpływa na obniżenie, nawet 2-3-krotne, aberracji u tych chorych już 10 minut po zakropleniu leku (16). Ponieważ sama operacja zaćmy też wpływa niekorzystnie na czucie rogówkowe i zaburza film łzowy, stosowanie leków nawilżających po niej wydaje się niezbędne, szczególnie u starszych pacjentów.

Zabiegi na rogówce a jakość widzenia

Dużą część całkowitych aberracji układu optycznego oka stanowią aberracje rogówkowe. Stąd idea, że najlepszą metodą ich wyrównania i poprawy jakości widzenia jest chirurgia refrakcyjna. Niestety, klasyczne zabiegi PRK i LASIK w tych przypadkach zawodziły, albowiem po nich zarówno w krótkowzroczności, jak i nadwzroczności aberracje rogówkowe wzrastały statystycznie znamienne i nawet po roku od zabiegu nie powracały do wartości sprzed zabiegu (17). Dopiero wprowadzenie laserowej korekcji wady wspomaganą aberrometrią pozwoliło na skuteczne obniżenie aberracji geometrycznych. Natomiast nie opracowano jeszcze metody korekcji aberracji chromatycznych, które też znacznie wpływają na jakość widzenia.

Jeszcze nie do końca zbadano problem wpływu rytmu dobowego na jakość widzenia. To, że aberracje wyższego rzędu ulegają zmianom dobowym, zostało wielokrotnie udowodnione. To, że są one zależne od stanu psychofizycznego pacjenta, też nie podlega dziś dyskusji. Natomiast ciągle brakuje odpowiedzi na pytanie, co jest tego powodem i jaka jest rola ośrodkowego układu nerwowego w tym zjawisku, szczególnie jego wyższych pięter. Czy neuroadaptacja, tak ważna cecha naszego mózgu, odgrywa tu istotną rolę?

Badania satysfakcji pacjentów po laserowych zabiegach refrakcyjnych uzupełnianych korekcją aberracji wyższego rzędu to potwierdzają. Obuocznie wykonany zabieg sferocylindryczny nie tylko poprawia ostrość wzroku, ale daje też poprawę czułości postrzegania kontrastu. Na komfort widzenia pacjenta wpływa nie tylko ostrość wzroku, ale jakość widzenia oraz ilość i jakość odbieranych negatywnych doznań. Znaczne ograniczenie lub prawie usunięcie aberracji powodowało, że 2 lata po zabiegu objawy dobowych różnic w jakości i ostrości widzenia podaje trzykrotnie mniej pacjentów niż w grupie kontrolnej (18). Nasz mózg chętnie przyjmuje lepszy odbiór kontrastu i poprawę jakości widzenia. Potwierdzają to również pacjenci po operacjach zaćmy, szczególnie ci, którzy wręcz „domagają się” szybkiej operacji drugiego oka, nawet wtedy, gdy zaćma w drugim oku nie jest zaawansowana (15). Podobne zjawisko można zaobserwować u starszych pacjentów po wszczępieniu soczewek torycznych i u młodszych pacjentów po wszczępieniu soczewek wieloogniskowych (14).

Podsumowanie

Wyrażany w 2000 r. pogląd Applegate'a (19), że usuwanie aberracji wyższego rzędu stanie się nadrzędnym zadaniem nowoczesnej chirurgii okulistycznej, wydaje się więc w pełni uzasadniony. Czy dzięki temu zdołamy przekroczyć granice funkcji widzenia i jego jakości, które wyznaczyła nam natura? Jeśli tak, to za jaką cenę? Jest o pytanie skierowane do neurofizjologów, psychologów i socjologów.

Piśmiennictwo:

- Williams D, Yoon G, Porter J et al.: *Visual benefits of correcting higher order aberrations of the eye*. J Refract Surg 2000, 16, 554-559.
- Charman W: *Wavefront aberration of the eye: a review*. Optom Vis Sci 1991, 68, 574-583.
- Smirnov: *Measurement of wave aberration of human eye*. Biofizika 1961, 6, 687-703.
- Liang J, Grimm B, Goelz S, Bille J: *Objective measurement of the wave aberrations of the human eye using a Shack-Hartmann wavefront sensor*. J Opt Soc Am A 1994, 11, 1947-1957.
- Liang J, Williams D: *Aberrations and retinal image quality of normal human eye*. J Opt Soc Am A 1997, 14, 2873-1883.
- Carvalho L, Chamon W, Schor, Caído de Castro J: *Quantitative comparison of different-shaped wavefront sensors preliminary results for defocus aberrations on a mechanical eye*. Arg Bras Oftalmol 2006, 69, 239-247.
- Thibos L: *The prospects for perfect vision*. J Refract Surg 2000, 16, 540-546.
- Williams D, Coletta N: *Cone spacing and visual resolution limit*. J Opt Soc Am A 1987, 4, 1514-1523.
- Applegate R, Thibos L, Hilmantel G: *Optics of aberroscopy and super vision*. J Cataract Refract Surg 2001, 27, 1093-1107.
- MacRoe S: *Supernormal vision, hypervision, and customized corneal ablation*. J Cataract Refract Surg 2000, 26, 154-157.
- Porter J, Guirao A, Cox I, Williams D: *Monochromatic aberrations of human eye in large population*. J Opt Soc Am A 2001, 18, 1793-1803.
- Calver R, Cox M, Elliot D: *Effect of aging on the monochromatic aberrations of the human eye*. J Opt Soc Am A 1999, 16, 2069-2078.
- Guirao A, Redondo M, Artal P: *Optical aberrations of human cornea as a function of age*. J Opt Soc Am A 2000, 17, 1697-1702.
- Mester U, Hunold W, Wesendahl T, Kayamah H: *Functional outcomes after implantation of Tecnis ZM 900 and Array SA 40 multifocal intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg 2007, 33, 1033-1046.
- Zhang F, Sugar A, Jacobsen G, Collins M: *Visual function and patients satisfaction: Comparison between bilateral diffractive multifocal lenses and monovision pseudophacic*. J Cataract Refract Surg 2011, 37, 446-453.
- Montes-Mico R, Caliz A, Alio J: *Changes in ocular aberrations after instillation of artificial tears in dry-eye patients*. J Cataract Refract Surg 2004, 30, 1649-1652.
- Kohnen T, Mahmoud K, Bühren J: *Comparison of corneal higher-order aberrations induced by myopic and hyperopic LASIK*. Ophthalmology 2005, 112, 1692-1698.
- Wyględowska-Promieńska D: *Laserowa korekcja aberracji wyższego rzędu układu optycznego oka w zabiegach fotokeratektomii refrakcyjnej*. Rozprawa habilitacyjna styczeń 2008, Katowice.
- Applegate R: *Limits to vision: Can we do better than nature?* J Refract Surg 2000, 16, 547-551.

The study was originally received 01.07.2011 (1238)/
Praca wpłynęła do Redakcji 01.07.2011 r. (1238)/
Accepted for publication 31.10.2011/
Zakwalifikowano do druku 31.10.2011 r.

Reprint requests to/ Adres do korespondencji:

lek. med. Mariusz Spyra
Centrum Okulistyczne BOPOL
Aleje Jerozolimskie 123a, lokal 419
02-017 Warszawa
e-mail: marspyra@gmail.com