



Zastosowania śródoperacyjnej aberrometrii w systemie ORA w zabiegach refrakcyjnych – praca przeglądowa i doświadczenia własne

Katarzyna Kuchalska¹, Andrzej Dmitriew^{2,3}

¹Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

²Szpital św. Wojciecha w Poznaniu

³Klinika Okulistyki, Szpital Kliniczny Przemienienia Pańskiego Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

STRESZCZENIE

System ORA (Optiwave Refractive Analysis, Alcon Laboratories, Inc.) jest śródoperacyjnym aberrometrem znajdującym zastosowanie w chirurgii refrakcyjnej soczewki i zaćmy, który umożliwia badanie mocy refrakcyjnej oka bezsoczewkowego i obliczanie wady resztkowej. Celem pracy było zebranie i podsumowanie dotychczasowych publikacji, które opisywały korzyści z zastosowania systemu ORA do przeprowadzania zabiegów refrakcyjnych, oraz przedstawienie doświadczeń własnych.

Przeanalizowano publikacje, które znaleziono poprzez bazy naukowe PubMed i Web of Science. Większość badań dotyczyła porównania efektów obliczeń dokonywanych za pomocą systemu ORA z biometrią przedoperacyjną w zakresie doboru mocy implantowanej soczewki wewnątrzgałkowej oraz mocy resztkowej. Przeważająca liczba pacjentów, u których w trakcie zabiegu zasto-

sowano pomiary ORA, miała wadę resztkową $\leq 0,50$ D, jednakże na podstawie różnych badań można zauważyć, że podobne rezultaty przynosi zastosowanie obliczeń wg wzorów stosowanych przedoperacyjnie. Aberrometr pozwala na lepsze dopasowanie mocy oraz osi cylindra w trakcie zabiegu. Rodzaj wszczepianych soczewek nie ma znaczenia dla oceny efektywności ORA, ale już stosowane w czasie procedur wiskoelastyki mogą wpływać na jej obliczenia.

Na podstawie dotychczas opublikowanych badań można określić, że wyniki uzyskiwane z zastosowaniem ORA są lepsze od tych opartych na obliczeniach za pomocą biometrii przedoperacyjnej. Jednocześnie w badaniach dotyczących soczewek torycznych jednoznacznie podkreśla się korzyści płynące z zastosowania aberrometrii śródoperacyjnej.

SŁOWA KLUCZOWE: aberrometria śródoperacyjna, Alcon, ORA.

WSTĘP

System ORA (Optiwave Refractive Analysis, Alcon Laboratories, Inc.) jest śródoperacyjnym aberrometrem znajdującym zastosowanie w chirurgii refrakcyjnej soczewki i zaćmy [1]. Dzięki pomiarom przedoperacyjnej biometrii i śródoperacyjnej interferometrii Talbot-Moire pozwala zmierzyć moc refrakcyjną oka bezsoczewkowego, oka z soczewką naturalną lub wszczepioną sztuczną oraz przewidzieć wadę resztkową, która pozostanie po wszczepieniu soczewki [1, 2]. Uwzględnia zarówno przedni, jak i tylny astygmatyzm rogówkowy. W przypadku wymiany soczewki z powodu zaćmy przewaga śródoperacyjnej aberrometrii nad przedoperacyjną biometrią polega na możliwości dokonania w czasie zabiegu pomiaru, na który nie będzie mieć wpływu zmieniona przez zaćmę soczewka [1]. Ma to znaczenie również u pacjentów, u których kształt rogówki został zmieniony w przebiegu procedur keratorefrakcyjnych [3, 4]. Ponadto pozwala dopasować ułożenie osi cylindra wszczepianej torycznej soczewki

w czasie rzeczywistym [5]. Działanie systemu ORA może być dodatkowo wsparte przez urządzenie VERION™ w ramach VerifEye Lynk, które robiąc bardzo szczegółowe zdjęcia oka i śledząc naczynia rąbkowe, pozwala wyznaczyć oś astygmatyzmu [6].

Celem pracy jest przedstawienie dotychczasowych badań poświęconych wykorzystaniu systemu ORA do śródoperacyjnego badania mocy refrakcyjnej oka. Zgodnie z wiedzą autorów pracy w polskim oraz w anglojęzycznym piśmiennictwie nie ma jeszcze artykułu zbierającego aktualne dane dotyczące urządzenia do aberrometrii śródoperacyjnej od Alcon Laboratories Inc.

MATERIAŁ I METODY

W celu zebrania publikacji potrzebnych do przygotowania pracy przeanalizowano artykuły znalezione w bazach naukowych PubMed i Web of Science. Wyszukiwane słowa kluczowe to „aberrrometry”, „intraoperative”, „Alcon” oraz „ORA”.

AUTOR DO KORESPONDENCJI

lek. Andrzej Dmitriew, Szpital św. Wojciecha, ul. Bolesława Krzywoustego 114, 61-144 Poznań, e-mail: a.dmitriew@gmail.com

WYNIKI

Znaleziono 9 publikacji dotyczących porównania wyników obliczeń śródoperacyjnej aberrometrii w systemie ORA i biometrii przedoperacyjnej.

Sudhakar i wsp. przeprowadzili badanie 51 oczu u 38 pacjentów, u których wykonano implantację soczewek wewnątrzgałkowych w celu korekcji wady krótkowzrocznej. Przeprowadzono 6 różnych pomiarów biometrii przedoperacyjnej (Hoffer Q, Holladay 2, Hill-RBF, Barrett Universal II, Haigis) oraz śródoperacyjnej aberrometrii i porównano ich wyniki. Śródoperacyjna aberrometria była jedną z trzech metod (oprócz Hoffer Q, Holladay 2), które miały porównywalny, najniższy błąd liczbowy. Różnice w pomiarze mocy refrakcyjnej oka wynoszące $\pm 0,50$ D nie miały znaczenia statystycznego, podobnie $\pm 1,00$ D w przypadku ekwiwalentu sferycznego. Stwierdzono wyższość metody aberracji śródoperacyjnej nad obliczeniami wg formuły Haigis. Pomiar wykonany poprzez Barrett Universal II były spójne z wynikami ORA w 72,50% ($\pm 0,50$ D). Z kolei pomiary Hill-RBF zgadzały się z badaniem aberrometrii w 88,2%. W sytuacji występowania niezgodności pomiędzy pomiarami w ok. 50% przypadków rekomendacje podawane przez śródoperacyjny aberrometr były lepsze, co doprowadziło naukowców do konkluzji, że brakuje istotnych dowodów, aby stwierdzić, że ORA zwiększa skuteczność operacji implantacji soczewki wewnątrzgałkowej [1]. Również badanie, do którego włączono 52 oczu po keratotomii radialnej operowanych z powodu zaćmy, nie wykazało istotnych statystycznie dowodów na istnienie różnicy w efektywności którejś z metod badania [7].

Do kolejnej analizy włączono 118 oczu pacjentów, którzy przeszli operację wszczępienia wewnątrzgałkowo soczewki torycznej. Wyliczenia ORA porównano z biometrią przedoperacyjną (Haigis, Hoffer Q, Barrett). W odniesieniu do resztkowego sferycznego ekwiwalentu ORA charakteryzowała się lepszą przewidywalnością, gdy chodziło o różnicę $\pm 0,25$ D, ale przy większych różnicach efektywność obu metod była porównywalna. W badaniu określono, że przy doborze mocy implantowanej soczewki w przypadku 42% oczu nie było żadnej różnicy między pomiarami wykonanymi przedoperacyjnie i w systemie ORA. U 5 pacjentów sugestie na podstawie pomiarów biometrii przedoperacyjnej były lepsze, a w przypadku kolejnych 5 oczu wyżej oceniono obliczenia dokonane w systemie ORA. Przy obliczeniach dotyczących resztkowego cylindra metoda przedoperacyjna odznaczała się większą skutecznością niż śródoperacyjna aberrometria, jednak przy dobieraniu mocy i osi cylindra lepsze rezultaty osiągnięto za pomocą obliczeń ORA [5].

Inne badanie porównujące ORA z biometrią przedoperacyjną dotyczyło implantacji soczewek wewnątrzgałkowych w korekcji osiowej krótkowzroczności. Do badania włączono 51 oczu. Pomiary w systemie ORA odznaczały się mniejszym błędem niż metody biometrii przedoperacyjnej (Holladay 2, Barrett Universal II, Hill-RBF, Holladay 1 i SRK/T). Zoptymalizowana na obliczanie długości osi metoda Holladay 1 również dała bardzo dobre wyniki. Spośród pozostałych formuł wykorzystanych do obliczeń przed zabiegiem najlepsze wyniki dały Holladay 2, Barrett Universal II, Hill-RBF [2].

W innym projekcie naukowym, do którego włączono 132 oczu, badano efektywność zastosowania aberrometrii śródoperacyjnej w trakcie wszczępienia soczewek wewnątrzgałkowych w chirurgii zaćmy. Porównano wynik tego badania z przedoperacyjnymi pomiarami (Barrett Universal II, Haigis). W 68% przypadków rezultaty były takie same, jednak u 5 pacjentów różnica wynosiła $\geq 1,0$ D. We wszystkich tych 5 przypadkach błąd pomiarowy był mniejszy dla badań przedoperacyjnych. Korzystniej w porównaniu ze śródoperacyjną aberrometrią (27 vs 9) oceniono także pomiary przedoperacyjne w odniesieniu do pozostałych 38 zoperowanych oczu, w przypadku których różnice wynosiły $\pm 0,5$ D. Z perspektywy końcowych wyników 17 oczu miało pooperacyjny sferyczny ekwiwalent większy niż 0,5 D. W 14 przypadkach badania przedoperacyjne i śródoperacyjnej aberrometrii wskazywały na soczewki wewnątrzgałkowe o tej samej mocy, ale w pozostałych przypadkach 2 razy pomiary wykonane śródoperacyjnie były bardziej precyzyjne niż przedoperacyjne [8].

W dużym badaniu obejmującym liczne ośrodki chirurgii refrakcyjnej w Stanach Zjednoczonych, do którego włączono łącznie 6460 oczu operowanych z powodu zaćmy, zaobserwowano, że ORA pozwala lepiej określić moc i uzyskać błąd pomiaru $\leq 0,50$ D u większego odsetka pacjentów (83,4%) niż metody przedoperacyjne (76,5%). Pacjenci biorący udział w badaniu przeszli zabieg wszczępienia soczewek wewnątrzgałkowych, których moc – wg wyników analizy – lepiej określają obliczenia dokonywane w systemie ORA niż wzory stosowane przedoperacyjnie (Holladay 1 i 2, SRK/T). U wszystkich pacjentów zastosowano soczewki toryczne SN6AT [9]. W badaniu, które obejmowało ponad 30 tysięcy oczu, stwierdzono, że wada resztkowa obliczana w systemie ORA jest istotnie statystycznie mniejsza niż w przypadku pomiarów dokonywanych metodami przedoperacyjnymi. Podobne wnioski wyciągnięto również po pogrupowaniu wyników wg typu wszczępianych soczewek [10].

Pomiar w systemie ORA mocy soczewki wszczępianej pacjentom, którzy przeszli wcześniej laserową korekcję wzroku (LASIK), odznacza się większą dokładnością również wg Ianchuleva i wsp. Mediana wady resztkowej uzyskana po wykorzystaniu metody aberrometrii śródoperacyjnej wyniosła 0,35 D, co było istotnie niższym wynikiem niż po zastosowaniu metod Haigis-L (0,53 D) i Shammas (0,51 D) [4].

Woodcock i wsp. przeprowadzili badanie u 121 osób, które wymagały obuocznej wymiany soczewek z powodu zaćmy. Przy implantacji soczewek u części pacjentów opierano się na obliczeniach w systemie ORA, natomiast u pozostałych na stosowanych dotychczas metodach biometrii przedoperacyjnej. Po upływie miesiąca od zabiegu określono odsetek pacjentów z astygmatyzmem resztkowym $\leq 0,50$ D i był on wyższy w przypadku zastosowania pomiaru ORA (89,2% vs 76,6%) [3].

Ostatnie badanie dotyczyło efektywności wykorzystania ORA w chirurgii zaćmy za pomocą femtosekundowego lasera (FLACS) i przedstawia ocenę wyników zabiegu dokonaną miesiąc po operacji. Do badania włączono 99 oczu z astygmatyzmem $\leq 3,00$ D, do których wszczępieno toryczną soczewkę jedno- lub wieloogniskową. Pomiary aberrometrii były zgod-

ne z wynikiem badania wzroku i refrakcji w 89,9% w odniesieniu do sfery, w 93,9% w przypadku korekcji cylindrycznej i 97,0% w odniesieniu do ekwiwalentu sferycznego. Świadczy to o możliwości bardzo skutecznej korekcji astygmatyzmu przy wykorzystaniu aberrometrii śródoperacyjnej w trakcie zabiegów FLACS [11].

DYSKUSJA

Odpowiednie dobranie mocy implantowanej soczewki jest istotne, aby uzyskać oczekiwany efekt zabiegu refrakcyjnego. Dokonanie takich pomiarów może być utrudnione przez zmiany w przednim odcinku oka takie jak zaćma lub konsekwencje wcześniejszych zabiegów keratorefrakcyjnych. Rozwiązaniem w przypadku części tych ograniczeń może być zastosowanie najnowszych urządzeń pozwalających na dokonywanie pomiarów w trakcie zabiegu, należy jednak porównać dokładność ich wyliczeń z wynikami stosowania poszczególnych wzorów.

Według Sudhakar i wsp. ORA jest lepszą metodą obliczania wady resztkowej u pacjentów z krótkowzrocznością niż formuła Haigis [1, 4]. Jednakże w innym badaniu, w którym również wykorzystano formułę Haigis, obserwacje wskazywały na wyższość metody przedoperacyjnej nad ORA [8]. Pozostałe metody (Hoffer Q, Holladay 2, Hill-RBF, Barret Universal II) dają porównywalne [1, 8] lub nieco gorsze wyniki niż ORA [2], chociaż Solomon i wsp. uzyskali lepsze rezultaty

przy zastosowaniu formuły Barrett Universal II niż ORA do obliczania mocy refrakcyjnej oka i resztkowego ekwiwalentu sferycznego [8]. Jest to jedyna cytowana publikacja, której wyniki pokazują większą dokładność biometrii przedoperacyjnej. Optymalizowana metoda Holladay 1 wykazuje wyższość nad pozostałymi metodami biometrii przedoperacyjnej, ale może być uznana za porównywalną z ORA [2]. W badaniu z największą grupą pacjentów zaobserwowano przewagę obliczeń ORA nad metodami przedoperacyjnymi [9, 10]. Zestawiając wszystkie wyniki i biorąc pod uwagę, że uwzględniały różne metody przedoperacyjne, trudno jednoznacznie określić, na ile większą skutecznością charakteryzuje się obliczanie mocy refrakcyjnej oka za pomocą aberrometrii śródoperacyjnej. Niemniej większość projektów badawczych przemawia na korzyść systemu ORA [2–4, 9, 10] lub przynosi podobne wyniki [1, 5, 7] do pomiarów przedoperacyjnych w zakresie obliczania wady resztkowej i określania mocy wszczepianej soczewki.

W przypadku stosowania soczewek torycznych oprócz dobrania właściwych mocy ważne jest odpowiednie ułożenie osi cylindra. Aberrometria śródoperacyjna stanowi istotne wsparcie przy tej procedurze i poprawia wyniki zabiegów korekcji astygmatyzmu. Również dobór mocy cylindra jest efektywniejszy przy wykorzystaniu systemu ORA [5, 11].

W przypadku astygmatyzmu inną stosowaną metodą chirurgicznej korekcji jest manualna keratotomia, którą można przeprowadzić w trakcie zabiegu implantacji soczewki. Wykorzystanie systemu ORA połączonego z urządzeniem VERION™ pozwala lepiej zaplanować miejsce cięć na rogówce i tym samym poprawić wyniki zabiegu [6].

Należy jednak zwrócić uwagę, że niektóre substancje wiskoelastyczne (Discovisc, Amvisc Plus, a także MAE), które wprowadza się do przedniej komory oka w czasie operacji implantacji soczewek wewnątrzgałkowych, mogą wpływać na pomiary dokonywane z zastosowaniem systemu ORA [12]. Cytowane publikacje nie uwzględniały znaczenia wiskoelastyków w obliczeniach. Rodzaj wszczepianej soczewki nie powinien wpływać na efektywność obliczeń [10].

Brakuje danych naukowych dotyczących skuteczności zastosowania ORA u pacjentów ze stożkiem rogówki [2].

Prawie roczne doświadczenia autorów z zastosowaniem aberrometrii śródoperacyjnej ORA w Szpitalu św. Wojciecha w Poznaniu potwierdzają wymienione zalety. System cechuje przede wszystkim możliwość doprecyzowania mocy soczewki, zwłaszcza w przypadku krótkich i nieproporcjonalnych oczu, w których ryzyko wystąpienia błędu refrakcji pooperacyjnej jest największe. Dodatkowo możliwość weryfikacji ustawienia soczewki torycznej i pomiaru wady resztkowej pomaga osiągnąć wysoką skuteczność korekcji astygmatyzmu, szczególnie w przypadku soczewek torycznych o najwyższej mocy cylindra.

W połączeniu systemów Alcon ORA i VERION™ (VerifEYE Lynk – Vlynk) niezwykle istotna jest ergonomia użycia urządzeń podczas zabiegów, bez konieczności ich nadmiernego wydłużenia (rycina 1). Z kolei wyświetlanie parametrów pomiarowych w mikroskopie ułatwia operatorowi ich korygowanie (rycina 2).



Rycina 1. Połączenie systemów Alcon ORA i VERION™ (VerifEYE Lynk – Vlynk)



Rycina 2. Wyświetlanie parametrów pomiarowych w mikroskopie

WNIOSKI

Podsumowując – istnieją istotne statystycznie dane wskazujące, że wyniki zastosowania aberrometrii śródoperacyjnej do obliczania mocy refrakcyjnej oka oraz wady resztkowej po implantacji soczewki wewnątrzgałkowej są lepsze od tych, które uzyskuje się przy doborze soczewek na podstawie me-

tod przedoperacyjnych. Korzyści płynące z zastosowania systemu ORA są szczególnie wyraźne w przypadku implantacji soczewek torycznych.

OŚWIADCZENIE

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo

1. Sudhakar S, Hill DC, King TS i wsp. Intraoperative aberrometry versus preoperative biometry for intraocular lens power selection in short eyes. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 719-724.
2. Hill DC, Sudhakar S, Hill CS i wsp. Intraoperative aberrometry versus preoperative biometry for intraocular lens power selection in axial myopia. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 505-510.
3. Woodcock M, Lehmann R, Cionni RJ i wsp. Intraoperative aberrometry versus standard preoperative biometry and a toric IOL calculator for bilateral toric IOL implantation with a femtosecond laser: One-month results. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 817-825.
4. Ianchulev T, Hoffer KJ, Yoo SH i wsp. Intraoperative refractive biometry for predicting intraocular lens power calculation after prior myopic refractive surgery. *Ophthalmology* 2014; 121: 56-60.
5. Davison JA, Makari S, Potvin R. Clinically relevant differences in the selection of toric intraocular lens power in normal eyes: preoperative measurement vs intraoperative aberrometry. *Clin Ophthalmol* 2019; 13: 913-920.
6. Chen M, Reinsbach M, Wilbanks ND i wsp. Utilizing intraoperative aberrometry and digital eye tracking to develop a novel nomogram for manual astigmatic keratotomy to effectively decrease mild astigmatism during cataract surgery. *Taiwan J Ophthalmol* 2019; 9: 27-32.
7. Curado SX, Hida WT, Vilar CMC i wsp. Intraoperative aberrometry versus preoperative biometry for IOL power selection after radial keratotomy: a prospective study. *J Refract Surg* 2019; 35: 656-661.
8. Solomon KD, Sandoval HP, Potvin R. Evaluating the relative value of intraoperative aberrometry versus current formulas for toric IOL sphere, cylinder, and orientation planning. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 1430-1435.
9. Cionni RJ, Breen M, Hamilton C i wsp. Retrospective analysis of an intraoperative aberrometry database: a study investigating absolute prediction in eyes implanted with low cylinder power toric intraocular lenses. *Clin Ophthalmol* 2019; 13: 1485-1492.
10. Cionni RJ, Dimalanta R, Breen M i wsp. A large retrospective database analysis comparing outcomes of intraoperative aberrometry with conventional preoperative planning. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44: 1230-1235.
11. Orts P, Piñero DP, Aguilar S i wsp. Efficacy of astigmatic correction after femtosecond laser-guided cataract surgery using intraoperative aberrometry in eyes with low-to-moderate levels of corneal astigmatism. *Int Ophthalmol* 2020; 40: 1181-1189.
12. Masket S, Fram NR, Holladay JT. Influence of ophthalmic viscosurgical devices on intraoperative aberrometry. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 990-994.