

Warszawa, dn. 20.08.2023 r.

dr hab. n. med. Joanna Gołębowska, prof. WIML
Klinika Okulistyczna
Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej
ul. Krasińskiego 54/56, 01-755 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Justyny Kiermasz

**Ocena wiarygodności pomiarów autorefraktometrycznych bez cykloplegii
u dorosłych i dzieci przy użyciu analizy krótkoczasowej zmiany stanu refrakcji oka**

Promotor: dr hab. Jacek Pniewski

Jedną z najczęstszych przyczyn upośledzenia wzroku (obok zaćmy i jaskry) stanowią nieskorygowane wady refrakcji, które mogą prowadzić do niedowidzenia, a także zwiększają ryzyko wystąpienia m.in.: zwyrodnienia plamki związanego w wiekiem, makulopatii krótkowzrocznej, jaskry. Ocenia się, że do 2050 r. odsetek osób z wadami wzroku i chorobami oczu, upośledzającymi funkcjonowanie układu wzrokowego, a przez to jakość życia, przekroczy globalnie 50%. Regularna opieka specjalisty i pomiar refrakcji dają możliwość odpowiednio wczesnej korekcji lub wdrożenia odpowiedniej terapii, zmniejszającej wielkość wady wzroku. Autorefraktometry to urządzenia do przedmiotowego pomiaru refrakcji oka, szeroko stosowane w badaniach wzroku. Dokładność i powtarzalność pomiarów autorefraktometrycznych była badana od czasu pojawienia się tych urządzeń. Udowodniono, że autorefraktometry nie są wystarczająco dokładne, by zastąpić refrakcję podmiotową. Badano również czynniki, które wpływają na dokładność autorefrakcji i wykazano, że jest mniej dokładna u dzieci niż u dorosłych oraz w badaniu bez porażenia akomodacji. Wiarygodność wyników uzyskiwanych przy użyciu tych urządzeń jest szczegółowo badana w przypadku każdej nowo wprowadzonej techniki pomiaru, jednak mimo zgodności statystycznej nadal wiele urządzeń dostarcza wyniki znacznie odbiegające od rzeczywistej wartości wady. Badania nad autorefraktometrią są cały czas rozwijającą się dziedziną, której celem jest wskazanie możliwości, ale też ograniczeń zastosowania tych urządzeń w praktyce klinicznej. Chęć zgłębienia tego zagadnienia skłoniła Doktorantkę do przeprowadzenia badań naukowych, opisanych w przedstawionej mi do recenzji dysertacji.

Rozprawa doktorska mgr Justyny Kiermasz poświęcona jest tematyce wiarygodności pomiarów autorefraktometrycznych. Podjęcie powyższej tematyki przez Doktorantkę uważam za ważne i celowe przedsięwzięcie naukowe, ponieważ badania te mogą dostarczyć nowych danych w aspekcie ich praktycznego zastosowania w codziennej praktyce optometrycznej i okulistycznej.

Przedstawiona mi do recenzji dysertacja zawiera 200 stron druku, praca składa się z dziewięciu rozdziałów, łącznie z podsumowaniem. Rozdziały poprzedzają streszczenia w języku polskim i angielskim, spis treści oraz wykaz stosowanych skrótów. Piśmiennictwo liczy 137 aktualnych i prawidłowo dobranych pozycji. Materiał dokumentacyjny stanowi 67 rysunków i 33 tabele, ich spis zamyka dysertację.

Tytuł pracy odpowiada poruszanej tematyce.

Wstęp stanowi bardzo obszerne wprowadzenie do tematu rozprawy. Autorka przedstawia w nim definicję refrakcji, szczegółowo opisuje metody pomiaru refrakcji, rodzaje autorefraktometrów, zwracając szczególną uwagę na powtarzalność pomiarów autorefraktometrycznych. Następnie Doktorantka jasno formułuje cele pracy. Głównym celem pracy była ocena wiarygodności pomiarów autorefraktometrycznych bez porażenia akomodacji u dorosłych i dzieci, przy użyciu analizy krótkoczasowej zmiany stanu refrakcji oka. Praca opisuje trzy badania.

- I. Celem pierwszego z nich było porównanie dokładności pomiarów refrakcji bez porażenia akomodacji wykonanych za pomocą 3 różnych urządzeń, opartych na pomiarze różnymi technikami: konwencjonalnego autorefraktometru Nidek ARK 510A, autorefraktometru otwartego pola Shin-Nippon NVision-K 5001 oraz aberrometru Visionix L80 Wave+ w grupie młodych dorosłych.
- II. W drugim badaniu wykorzystano formalizm matematyczny wektorów h . Jego celem była ocena wpływu zaburzeń akomodacji, widzenia obuocznego i powierzchni oka na dokładność autorefrakcji oraz krótkoczasową dynamikę refrakcji oka dla dwóch warunków obserwacji – sztucznego i jednoocznego (w ARK 510A) vs. naturalnego i obuocznego (w NVision-K 5001).
- III. Trzecie badanie opisane w tej pracy zostało przeprowadzone w grupie dzieci szkolnych i nastolatków. Jego celem było porównanie dokładności autorefrakcji bez cykloplegii, uzyskanej przez trzy urządzenia: fotorefraktometr pediatryczny Plusoptix A12C, autorefraktometr konwencjonalny ARK 510A i autorefraktometr otwartego pola NVision-K 5001 oraz zbadanie wpływu zaburzeń akomodacji i widzenia obuocznego na wiarygodność autorefrakcji i krótkoczasową zmienność stanu refrakcji oka.

Doktorantka sformułowała następujące tezy:

Teza 1. Autorefraktometry konwencjonalny ARK 510A, otwartego pola NVision-K 5001 i aberrometr L80 Wave+ dają statystycznie różne wyniki, ale różnice są klinicznie akceptowalne.

Teza 2. Autorefraktometr otwartego pola nie wywołuje miopii instrumentalnej i daje wyniki bardziej nadzwyczajne niż urządzenia ze sztucznym obiektem obserwacji.

Teza 3. Analiza graficzna krótkoczasowej zmienności stanu refrakcji oka przy użyciu formalizmu matematycznego wektorów h umożliwia lepszą analizę zjawisk

zachodzących w układzie wzrokowym podczas pomiaru autorefraktometrem niż oddzielna analiza trzech komponentów zapisu sferocylindrycznego osobno.

Teza 4. Zaburzenia akomodacji, widzenia obuocznego i powierzchni oka mogą prowadzić do klinicznie istotnych różnic między wynikiem refrakcji podmiotowej i przedmiotowej przy użyciu autorefraktometru. Zaburzenia te mogą też prowadzić do dużej i nietypowej zmienności refrakcji w krótkim czasie.

Teza 5. Różnice między refrakcją podmiotową i autorefrakcją bez cykloplegii są większe w grupie dzieci i nastolatków niż w grupie osób dorosłych ze względu na duży zakres akomodacji u dzieci.

W rozdziale 2 Doktorantka szczegółowo opisuje układ optyczny oka z wyszczególnieniem struktur i wartości biometrycznych, które wpływają na refrakcję oka. Zwraca uwagę nieścisłość w opisie budowy rogówki - Autorka zaznacza, że rogówka ma 7 warstw, ale w dalszej części zdania wymienia tylko 6.

W rozdziale 3 Autorka opisuje metody przedmiotowego i podmiotowego pomiaru refrakcji oka, skupiając się w szczególności na konstrukcjach autorefraktometrów oraz procedurach pomiaru refrakcji podmiotowej.

Rozdział 4 przedstawia zagadnienie analizy matematycznej zapisu sferocylindrycznego. Opisano w nim trzy podstawowe formalizmy przeliczania wartości refrakcji z zapisu sferocylindrycznego na taki, który można wykorzystać do obliczeń czy analizy statystycznej. Są to zapis macierzowy, wektory h i wektory fourierowskie.

Rozdział 5 to przegląd literatury. Przedstawia najważniejsze badania poświęcone autorefraktometrii w grupie osób dorosłych oraz dzieci.

Rozdział 6 to opis pierwszego badania przeprowadzonego przez Autorkę tej pracy. Przedstawia porównanie pomiarów refrakcji oka za pomocą trzech różnych modeli autorefraktometrów i refrakcji podmiotowej u młodych dorosłych. Badanie objęło 51 studentów Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (40 kobiet) w wieku 19–23 lata (średni wiek $19,7 \pm 0,9$). Kryteriami wykluczającymi osoby z badania była ostrość wzroku w najlepszej korekcji mniejsza niż 0,8, patologie układu wzrokowego oraz historia chirurgii oka. W badaniu porównano wyniki z konwencjonalnego autorefraktometru ARK 510A, aberrometru L80 Wave+ oraz autorefraktometru otwartego pola NVision-K 5001. W tym badaniu do analizy wykorzystano zapis wektorowy fourierowski. Porównanie wyników z 3 urządzeń nie wykazało istotnych

statystycznie różnic, ale porównanie wyników autorefrakcji z refrakcją podmiotową wykazało różnice. Autorefraktometr otwartego pola dał wyniki najmniej krótkowzroczne i najbliższe refrakcji podmiotowej, a aberrometr wyniki najbardziej krótkowzroczne. Aberrometr okazał się natomiast bardzo dokładny w pomiarze osi i mocy astygmatyzmu (tezy 1 i 2). Autorka zauważyła, że dla pojedynczych przypadków, urządzenia mogą dać wynik różniący się nawet o 1,5 dioptrii od refrakcji subiektywnej. Wyniki tego badania są oryginalne i zostały opublikowane w artykule naukowym J. Wosik, M. Patrzykont, J. Pniewski, *"Comparison of refractive error measurements by three different models of autorefractors and subjective refraction in young adults"*.

Rozdział 7 opisuje drugie badanie przeprowadzone przez Autorkę, poświęcone badaniu krótkoczasowej zmienności stanu refrakcji oka u dorosłych. W badaniu analizowano wpływ warunków obserwacji (sztuczny obiekt vs. naturalny obiekt fiksacji), zaburzeń akomodacji, widzenia obuocznego i stanu powierzchni oka na wiarygodność autorefrakcji oraz typ i wielkość zmienności stanu refrakcji w krótkim czasie wykorzystując formalizm matematyczny wektorów h . W badaniu wzięły udział 64 osoby (38 kobiet) w wieku od 23 do 60 lat (średnia $37,5 \pm 10,8$ lat) związane z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Kryteria włączenia do badania to wiek w zakresie 18–60 lat i bardzo dobry ogólny stan zdrowia. Kryteria wyłączenia z badania to historia urazu lub operacji oka, choroba rogówki, zaćma, jaskra, choroby plamki, zez do dali, brak widzenia stereoskopowego. Refrakcję przedmiotową zmierzono za pomocą konwencjonalnego autorefraktometru ARK 510A i autorefraktometru otwartego pola NVision-K 5001. Analiza statystyczna nie wykazała wpływu zaburzeń akomodacji i widzenia obuocznego na dokładność pomiarów autorefraktometrycznych, ale analiza graficzna indywidualnych przypadków wskazała pewne zależności. Dzięki zastosowaniu formalizmu matematycznego wektorów h zauważono, że autorefraktometr otwartego pola lepiej kontroluje akomodację, dając wyniki bardziej nadwzroczne niż konwencjonalny (teza 2), ale jednocześnie słabiej kontroluje fiksację. Wydaje się, że naturalne warunki obserwacji nie stabilizują fiksacji w słabszym oku w przypadku zaburzeń obuocznosci. Nie zauważono istotnego wpływu zaburzeń powierzchni oka na wiarygodność czy zmienność pomiarów autorefraktometrycznych. Prawdopodobnie zachęcanie badanych do mrugania między kolejnymi odczytami refrakcji eliminuje ten problem (tezy 2, 3 i 4). Wyniki tego badania zostały opublikowane w artykule J. Kiermasz, M. Sobol, J. Pniewski, *"Impact*

of viewing conditions and vision anomalies on accuracy and dynamic of noncycloplegic autorefraction".

Rozdział 8 przedstawia trzecie badanie autorki przeprowadzone na grupie dzieci szkolnych i nastolatków. W tym badaniu porównano dokładność refrakcji bez cykloplegii, uzyskanej przez fotorefraktometr pediatryczny Plusoptix A12C, autorefraktometr konwencjonalny ARK 510A i autorefraktometr otwartego pola NVision-K 5001. Analizowano wpływ warunków obserwacji, zaburzeń akomodacji i widzenia obuocznego na dokładność pomiarów autorefraktometrycznych oraz typ i wielkość zmienności stanu refrakcji w krótkim czasie z wykorzystaniem wektorów h . W badaniu wzięło udział 29 dzieci i młodzieży (8 chłopców) w wieku 8–18 lat (średnia $12,1 \pm 2,2$) z rodzin pracowników i osób związanych z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Wszyscy uczestnicy badania deklarowali dobry stan zdrowia, brak chorób oczu i historii urazów lub zabiegów okulistycznych. Badanie wykazało, że różnica między refrakcją podmiotową i autorefrakcją bez cykloplegii jest zależna od warunków obserwacji i typu obiektu fiksacji w autorefraktometrze. Zaobserwowano większe różnice między refrakcją podmiotową i autorefrakcją niż u osób dorosłych (teza 5). Najmniej krótkowzroczne wyniki dał NVision-K 5001, a najbardziej krótkowzroczne ARK 510A (teza 2). Autorka zaznacza, że głównym ograniczeniem tego badania jest mała i niejednorodna grupa badawcza, z tego względu wpływ zaburzeń akomodacji i widzenia obuocznego na dokładność i zmienność refrakcji w krótkim czasie jest trudny do zaobserwowania. Dodatkowo Doktorantka sugeruje, że zastosowanie w tym badaniu cykloplegii pozwoliłoby na zaobserwowanie czy różnice między autorefraktometrią bez cykloplegii i refrakcją podmiotową po cykloplegii są większe w grupie dzieci z zaburzeniami wzrokowymi. Wyniki tego badania zostały zgłoszone jako oryginalny artykuł naukowy w czasopiśmie *Journal of Optical Society of America*: J. Kiermasz, J. Pniewski, "The accuracy and intrasession variability of noncycloplegic autorefraction of school-aged children and adolescents", który uzyskał pozytywne pierwsze recenzje i czeka na finalną decyzję redakcji.

We wszystkich trzech badaniach Autorka zastosowała prawidłowo dobrane narzędzia analizy statystycznej. Opis wyników jest szczegółowy i stanowi logiczną konsekwencję zastosowanych metod badawczych. Z uznaniem odnoszę się do starannego przedstawienia wyników w formie graficznej, co znacznie ułatwia zapoznanie się z wieloma danymi. Rozdziały 6-8 (omawiające kolejno

przeprowadzone badania) zakończone są dyskusją, w której Doktorantka porównała uzyskane wyniki z danymi cytowanego piśmiennictwa. Ta część dysertacji potwierdziła dużą wiedzę Autorki w poruszonym temacie. Wnioski z przeprowadzonych badań stanowią logiczne podsumowanie uzyskanych wyników, w pełni odpowiadają na postawione cele i sformułowane tezy.

W podsumowaniu Autorka trafnie podkreśla, że powyższe badania udowodniły, że każde z ocenianych przez nią urządzeń pozwala na uzyskanie na tyle dokładnych pomiarów, by mogło być stosowane klinicznie, ale nie powinno się stosować ich zamiennie w procesie monitorowania zmian wady refrakcji u tego samego pacjenta. Doktorantka sugeruje, że analizując wyniki z autorefraktometru specjaliści powinni zwrócić uwagę na wszystkie odczyty pomiarowe, a nie tylko na wartość uśrednioną. W przypadku dużych różnic między odczytami zaleca się zwrócić uwagę na stan akomodacji i widzenia obuocznego danej osoby.

Rozprawę uzupełniają streszczenia w języku polskim i angielskim, które przedstawione są w sposób zwięzły, ale bardzo komunikatywny i umożliwiają szybkie zapoznanie się z problematyką i wynikami pracy.

Przedstawioną mi do recenzji dysertację uważam za ciekawe doniesienie naukowe. Oceniana praca stanowi samodzielny i twórczy dorobek Doktorantki. Wyniki badań mgr Justyny Kiermasz prezentują cenną wartość praktyczną i dostarczają ważnych danych o wiarygodności pomiarów autorefraktometrycznych. Szerokie omówienie wyników świadczy o dużej znajomości przedmiotu i praktycznym doświadczeniu Doktorantki w nakreślonym problemie. Na uznanie zasługuje rzetelna dyskusja otrzymanych wyników w oparciu o aktualne i należycie wykorzystane źródła literaturowe. Dysertacja zawiera drobne błędy stylistyczne i edytorskie uchybienia, które jednak nie umniejszają łącznej wartości rozprawy naukowej.

Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

W związku z powyższym mam zaszczyt przedstawić Wysokiej Radzie Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego wniosek o dopuszczenie mgr Justyny Kiermasz do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

dr hab. n.med.
Joanna Gołąbiewska
specjalista chorób oczu
1552644

Joanna Gołąbiewska