

Autorefraktometria u dzieci



© Freepress.com

Mgr JUSTYNA KIEMASZ, dr hab. JACEK PNIIEWSKI
Akademiczne Centrum Kształcenia Optometrystów
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Prawidłowa ocena wady wzroku u dzieci jest niezwykle ważna zarówno w badaniach przesiewowych, jak i zastosowaniach klinicznych oraz naukowych. Złotym standardem w takim pomiarze jest skioskopia po cykloplegii i następująca po niej refrakcja subiektywna (*subjective refraction*, SR). Jednak takie postępowanie wiąże się z pewnymi ograniczeniami. W Polsce cykloplegia może być stosowana jedynie przez lekarza okulistę lub w jego obecności, ponieważ optometryści nie mogą stosować miotropików. Poza tym takie badanie jest czasochłonne, niekomfortowe dla dziecka i wymaga jego współpracy.

Potrzeba szybkiej i rzetelnej oceny wady wzroku bez stosowania farmakologii wynika też z konieczności wykonywania badań przesiewowych wzroku dzieci na szeroką skalę. Niewykryte wady wzroku u dzieci mogą prowadzić do rozwoju niedowidzenia i/lub zeza oraz zaburzyć prawidłowy rozwój i naukę w szkole [1–3]. Stwierdzono, że subiektywny pomiar ostrości wzroku może okazać się niewystarczającym w badaniu przesiewowym ze względu na niską czułość (60–70%) i specyficzność (20–30%) [4]. W związku z tym należało opracować możliwie szybką i obiektywną metodę oceny wady wzroku u dzieci bez zastosowania cykloplegii. Rozwiązaniem, które najczęściej przychodzi do głowy, jest autorefraktometria.

Autorefraktometry są obecnie szeroko stosowane u dzieci ze względu na wymienione wcześniej niezbędne cechy: szybkość pomiaru, łatwość użycia i akceptację pacjenta. Ich dokładność i powtarzalność została już wielokrotnie udowodniona na grupie osób dorosłych, chociaż w większości przypadków urządzenia przekorygowują w minus w porównaniu z SR [5–7]. Wynika to głównie z faktu, że poczucie bliskości urządzenia uruchamia akomodację proksymalną. Nie zaskakuje więc, że u dzieci, u których zdolność do akomodacji jest większa niż u dorosłych, różnica między refrakcją automatyczną a subiektywną jest znacznie większa [8]. Problem ten jest poważny z dwóch powodów. Po pierwsze większość dzieci przedszkolnych jest nadwzrocznych, więc istnieje ryzyko, że autorefraktometry nie wykryją wady wzroku lub znacząco ją zaniżą. Z drugiej strony przekorygowanie w minus wiąże się z wysiłkiem akomodacyjnym, który może prowadzić do progresji krótkowzroczności. Dokładność pomiaru automatycznej refrakcji u dzieci jest więc niezwykle istotna zarówno w pomiarze przesiewowym, jak i w pełnym badaniu optometrycznym.

W niniejszym artykule postanowiliśmy przeanalizować, czy współczesne autorefraktometry spełniają swoje zadanie w ocenie wady wzroku dzieci. Poniżej przedstawiamy różne typy urządzeń oraz ich dokładność w pomiarze bez cykloplegii oraz z cykloplegią.

Typy autorefraktometrów

Obecnie na rynku dostępnych jest wiele typów autorefraktometrów, z których część jest dedykowana dzieciom. Podziału można dokonać np. na podstawie zastosowanej technologii pomiaru, rodzaju obiektu obserwacji oraz przenośności.

Najbardziej podstawowe to klasyczne autorefraktometry pracujące w świetle podczerwonym. Konstrukcja tych starszych często wykorzystuje

dysk Scheinera. Nowsze analizują obraz wielosegmentowego pierścienia, tworzonego na dnie oka. Bardziej nowoczesne urządzenia, aberrometry, obliczają również aberrację wyższych rzędów na podstawie analizy kształtu frontu falowego, odbitego od siatkówki oka, za pomocą detektora Shacka-Hartmanna [7]. Wprowadzono również autorefraktometry, zwane czasem pediatrycznymi, wykorzystujące fotorefrakcję. Fotorefrakcja to metoda analizy własności układu optycznego oka w oparciu o rozkład natężenia światła w obrębie źrenicy, który jest zależny m.in. od rozogniskowania. Te urządzenia wykonują pomiar z większej odległości (zazwyczaj z 1 metra) i mierzą jednocześnie dwoje oczu, co ułatwia i przyspiesza badanie. W dodatku dzieci czują się bezpieczniej, gdy specjalista nie zbliża do nich nieznanego urządzenia. Poza wadą refrakcji mogą analizować również ustawienie oczu, szerokość źrenicy itp. [4].

Podział autorefraktometrów na podstawie rodzaju obiektu obserwacji to podział na urządzenia zamkniętego i otwartego pola. Urządzenia zamkniętego pola wyświetlają sztuczny obiekt obserwacji (np. balon lub dom na końcu drogi) symulujący daleką odległość. Taki obiekt zastosowano w większości konwencjonalnych autorefraktometrów (np. różne modele firm Nidek, Topcon, Canon) oraz w wielu aberrometrach (np. Visionix L80 Wave+, Nidek OPD-Scan). Często w tych urządzeniach stosuje się zamglenie, które ma na celu rozdzielenie źrenicy. Urządzenia otwartego pola pozwalają osobie badanej na obserwację otaczającego środowiska obocznie, co redukuje akomodację proksymalną. Poza tym zaletą takich urządzeń jest możliwość pomiaru na różne odległości oraz pomiaru peryferyjnej wady wzroku. Wadą natomiast jest konieczność precyzyjnego ustawienia urządzenia tak, by pacjent patrzył idealnie na wprost oraz trudność w kontroli fiksacji. Przykładem autorefraktometru

otwartego pola jest Shin-Nippon NVision-K 5001 [3, 6–7], aberrometru otwartego pola – Topcon iTrace, a autorefraktometru wykonującego fotorefrakcję – Plusoptix PowerRefractor [4].

Podział na wersje przenośne i nie, został w pewnym sensie wymuszony przez rozwój badań przesiewowych, w których ważna jest mobilność urządzenia. Autorefraktometry przenośne mogą być funkcjonalnie ograniczonymi wersjami urządzeń stacjonarnych bądź zupełnie nowymi konstrukcjami. Dość znany w Polsce jest Retinomax, czyli technicznie rzecz biorąc konwencjonalny autorefraktometr podczerwony ze sztucznym obiektem obserwacji, stosujący zamglenie w celu relaksacji akomodacji [2,4]. Istnieje również przenośne wersje autorefraktometrów oparte na fotorefrakcji (np. Plusoptix Vision Screener).

Wybór autorefraktometrów jest zatem duży, stąd warto przeanalizować, czy któreś urządzenia lepiej sprawdzają się w badaniu wzroku dzieci.

Autorefraktometria u dzieci

Badania naukowe dotyczące autorefraktometrii u dzieci prowadzone były z użyciem różnych metodologii. Część badaczy porównywała wyniki autorefraktometrii z SR, część z wynikiem skioskopii po cykloplegii, a jeszcze inni porównywali urządzenia między sobą, zarówno przed zastosowaniem miotropików, jak i po. Poniżej postaramy się przybliżyć dotychczasowe wyniki wybranych badań.

Pomiar bez cykloplegii

Choong i wsp. porównali trzy różne autorefraktometry zastosowane przed i po cykloplegii z SR także przed i po cykloplegii u 117 dzieci szkolnych [3]. W związku z tym, że użyty przez nich Shin-Nippon jest autorefraktometrem otwartego pola, pozwalającym na widzenie oboczne, wyniki z tego urządzenia były porównywane z SR po balansie obocznym, podczas gdy pozostałe urządzenia mierzące jednocześnie zostały porównane do SR jednoocznie. Wyniki ekwiwalentu sferycznego, jakie uzyskali, są przedstawione w tabeli 1. Widać, że autorefraktometria przed cykloplegią mocno różni się od SR przed cykloplegią, a różnice są istotne statystycznie. Można zauważyć tendencję do zawyżania krótkowzroczności i zaniżania nadwzroczności. Najbardziej krótkowzroczne wyniki uzyskał Retinomax, następnie konwencjonalny autorefraktometr podczerwony. Najbliżej SR był autorefraktometr otwartego pola. Autorzy zana-

Urządzenie	Przed cykloplegią				Po cykloplegii			
	M	SD	95% CI	p-value	M	SD	95% CI	p-value
Retinomax	-1,55	2,37	<-1,98; -1,12>	<0,0001	-0,54	2,48	<-0,99; -0,08>	1,000
Canon	-1,11	2,61	<-1,59; -0,64>	0,0023	-0,56	2,51	<-1,02; -0,10>	0,6140
Shin-Nippon	-0,79	2,40	<-1,23; -0,35>	0,0002	-0,44	2,48	<-0,89; 0,02>	0,2128
Jednooczna SR	-0,80	2,25	<-1,21; -0,39>		-0,54	2,57	<-1,01; -0,07>	
Oboczna SR	-0,62	2,51	<-1,07; -0,16>		-0,37	2,61	<-0,85; 0,11>	

Tab. 1. Średni ekwiwalent sferyczny, odchylenie standardowe i przedział ufności z pomiarów wady refrakcji za pomocą trzech różnych autorefraktometrów i refrakcji subiektywnej jedno- i obocznej przed i po cykloplegii uzyskanych przez Choonga i wsp. [3]. Gdzie: M – średnia, SD – odchylenie standardowe, CI – przedział ufności, SR – refrakcja subiektywna

lizowali też czułość i swoistość urządzeń w wykrywaniu wad wzroku. Wszystkie trzy urządzenia okazały się bardzo czułe w wykrywaniu krótkowzroczności bez porażenia akomodacji (1,0, 0,92 i 0,91 odpowiednio dla Retinomaxa, Canonu i Shin-Nippona). Retinomax wykazał jednak niską swoistość równą 0,51, podczas gdy Canon uzyskał 0,81. Najwyższą swoistość wykazał autorefraktometr otwartego pola – 0,97. Dużo słabiej urządzenia wypadły w przypadku wykrywania nadwzroczności. Czulość urządzeń wyniosła 0,24, 0,53 i 0,47 odpowiednio dla Retinomaxa, Canonu i Shin-Nippona, natomiast swoistość wszystkich autorefraktometrów była wysoka (powyżej 0,94) [3].

Suryakumara i Bobier porównywali wynik refrakcji otrzymany przez trzy autorefraktometry ze „złotym standardem”, czyli skioskopią po cykloplegii [4]. Zbadali 43 dzieci w wieku przedszkolnym (3–5 lat). W badaniach porównywali Retinomax, aberrometr Welch Alln SureSight oraz autorefraktometr otwartego pola, wykorzystujący fotorefrakcję – Plusoptix PowerRefractor. Aberrometr SureSight ma możliwość ustawienia trybu pomiarowego „dziecko”, który skalibrowany jest tak, aby kompensować zachowanie akomodacyjne nadwzrocznego dziecka. Pomiar za pomocą autorefraktometru PowerRefractor został wykonany w dwóch warunkach obserwacji: fiksacja na wbudowany obiekt obserwacji w formie LED-owych światełek otaczających kamerę pomiarową oraz wysokokontrastowy test umieszczony w płaszczyźnie kamery. Tabela 2

Urządzenie	Bez cykloplegii			Po cykloplegii		
	M	SD	p-value	M	SD	p-value
Retinomax	1,149	1,472	<0,0001	0,376	0,457	<0,001
DAV SureSight	-0,494*	1,056	0,004	-0,403*	0,863	<0,001
PowerRefractor (LED)	0,853	0,769	<0,0001	-0,291	0,812	<0,001
PowerRefractor (zewnątrzny obiekt)	0,318	0,558	0,0007	-0,330	0,640	<0,001
skioskopia bez cykloplegii	0,641	0,486	<0,0001			

Tab. 2. Różnica w ekwiwalencie sferycznym pomiędzy skioskopią po cykloplegii i autorefraktometrią przed i po cykloplegii (wartość dodatnia oznacza przekorygowanie w minus, ujemna przekorygowanie w plus) [4]. Gdzie: M – średnia, SD – odchylenie standardowe. DAV: DAV SureSight w trybie „dziecko”, *DAV SureSight w trybie „dorosły”

Badania oceniające użyteczność autorefraktometru pediatrycznego Plusoptix w przesiewowej ocenie wady wzroku również wykazały, że urządzenie może znacznie zaniżyć nadwzroczność lub zawiązać krótkowzroczność [10–11]. Ayse i wsp. wykazali istotną statystycznie różnicę między fotorefrakcją a wynikiem skioskopii po cykloplegii. Średnia wada wzroku, jaką uzyskali w pomiarze autorefraktometrycznym, wyniosła $1,15 \pm 1,65D$, podczas gdy średni wynik skioskopii wyniósł $2,14 \pm 2,29D$. Wykazali jednak dobrą zgodność w pomiarze astygmatyzmu przez Plusoptixa. Podobne wyniki uzyskali Dahlmann-Noor i wsp., którzy uzyskali średnią różnicę w wartości ekwiwalentu sferycznego między skioskopią po cykloplegii a fotorefrakcją równą $1,90D$. Wykazali, że zaledwie w 35% przypadków różnica między pomiarami mieściła się w zakresie $\pm 1,00D$ [11].

Zhano i wsp. porównali wynik pomiaru refrakcji za pomocą ręcznego autorefraktometru Retinomax przed i po cykloplegii u 4973 dzieci w wieku 7–18 lat [12]. Badanie przed cykloplegią było istotnie bardziej ujemne niż po porażeniu akomodacji ($p < 0,001$). Średnia różnica w ekwiwalencie sferycznym to $-1,23 \pm 0,97 D$. Względnie małe różnice zaobserwowali w pomiarze astygmatyzmu przed i po cykloplegii, jednak różnice również były istotne statystycznie [12]. W wielu innych badaniach uzyskano podobne wyniki [2].

Pomiar po cykloplegii

Wyniki badań Choonga i wsp. oraz Suryakumara i wsp., zaprezentowane w tabelach 1 i 2, pokazują wpływ cykloplegii na wynik automatycznego pomiaru refrakcji u dzieci. W większości badań wykazano, że występuje istotna różnica między pomiarami tym samym refraktometrem przed i po porażeniu akomodacji, a różnica między autorefraktometrią a skioskopią czy SR zmniejsza się. Po porażeniu akomodacji średni ekwiwalent sferyczny zdecydowanie przesunął się w stronę plusa [2–4,12]. W badaniach Choonga różnica między autorefraktometrią po cykloplegii a SR nie była istotna statystycznie. W dodatku wzrosła czułość i swoistość urządzeń zarówno w wykrywaniu krótkowzroczności (wszystkie parametry powyżej 0,9), jak i nadwzroczności (czułość 0,84, 0,86, 0,80, a swoistości 0,82, 0,88, 0,94 odpowiednio dla Retinomaxa, Canona i Shin-Nippona) [3]. Podobną poprawę czułości i swoistości zaobserwowano w innych badaniach [2]. U Suryakumara

różnice między autorefraktometrią po cykloplegii a skioskopią po cykloplegii pozostały istotne statystycznie, jednak zmniejszyły się. W dodatku wszystkie urządzenia poza Retinomaxem dały wyniki bardziej nadwzroczone niż skioskopia [4].

Badania Chata i Edwardsa oceniające autorefraktometr otwartego pola wykazały, że różnica między autorefraktometrią po cykloplegii i SR po cykloplegii jest istotna statystycznie, jednak sama średnia różnica jest mniejsza od tej uzyskanej przy porównaniu autorefraktometrii bez cykloplegii (0,24D) [9]. Wyniki SR pozostały zaś nieco bardziej nadwzroczone. Porównując wyniki autorefrakcji przed i po cykloplegii, uzyskali średnią różnicę 0,38D. Wynik jest istotny statystycznie. Zauważyli jednak, że różnica ta jest zależna od wielkości wady refrakcji. Dla emmetropów i osób nadwzroczonej wada wyniosła ona 0,54D, a dla krótkowzroczonej 0,18D. Pomiar astygmatyzmu przed i po porażeniu akomodacji nie zmienił się znacznie [9].

Ocena Plusoptixa, którą przeprowadził Ayse i wsp. wykazała, że po zastosowaniu cykloplegii fotorefrakcja zawiązała nadwzroczność [10]. Średnia wada refrakcji uzyskana z fotorefrakcji wyniosła $3,20 \pm 2,39D$, a ze skioskopii $2,14 \pm 2,29D$. U ponad 70% osób fotorefrakcja zawiązała wadę wzroku w kierunku plusa o ponad 1 dioptrię. Porównanie wyników z fotorefrakcji przed i po cykloplegii wykazało istotną statystycznie różnicę w pomiarze ekwiwalentu sferycznego, natomiast pomiar astygmatyzmu nie różnił się znacząco [10].

Martinez i wsp. porównali wyniki z dwóch różnych autorefraktometrów uzyskane po cykloplegii na grupie 1504 dzieci w wieku 6 lat i 890 w wieku 12 lat [1]. W badaniu zastosowali konwencjonalny autorefraktometr podczepiony stosującą zamglenie Canon RK-F1 oraz aberrometr COAS G200. Wykazali, że w grupie młodszych dzieci różnice były istotne statystycznie zarówno w pomiarze ekwiwalentu sferycznego, jak i astygmatyzmu, przy czym aberrometr zaniżył nadwzroczność (lub zawiązał krótkowzroczność) o średnio $0,10 \pm 0,33D$. W przypadku grupy dzieci starszych różnica była istotna statystycznie tylko w pomiarze astygmatyzmu, a ekwiwalent sferyczny uzyskany z obu urządzeń był podobny (różnica $0,02 \pm 0,28D$) [1].

Wnioski

Jak widać, pomiar wady refrakcji u dzieci za pomocą urządzeń autorefraktometrycznych bez farmaceutyków jest dużym wyzwaniem, z którym obecnie

producenci urządzeń nie radzą sobie w pełni. Główną przyczyną jest dynamika układu wzrokowego u dzieci, przejawiająca się m.in. w dużej amplitudzie akomodacji. Czy należy zatem rezygnować zupełnie z korzystania z tych urządzeń? Wydaje się, że byłby to pochopny krok. Wykazano, że przeprowadzanie badań przesiewowych wzroku dzieci redukuje częstość występowania problemów ze wzrokiem [13]. Wystarczająca skuteczność autorefraktometrów pozwoliła na setki badań przesiewowych dzieci, co umożliwiło to w efekcie wykrycie wielu wad wzroku.

Dodatkowo, w pościgu za uzyskaniem idyntycznego wyniku przed i po cykloplegii warto sobie zadać pytanie: czy na pewno stan refrakcji oka po cykloplegii jest taki sam, jak w rozluźnionej akomodacji? Jako odpowiedź warto zacytować zdanie z artykułu naukowego Momeni-Moghaddam i wsp., w którym przedstawiono wyniki badań biometrii oka po cykloplegii, dla celów chirurgii zaćmy: „Cycloplegia resulted in a deeper ACD (anterior chamber depth) and thinner lens thickness. These changes should be considered in determining intraocular lens (IOL) power to prevent refractive surprises in cataract surgery and also in the phakic IOL implantation” [14].

Pismienictwo

1. A.A. Martinez, A. Pandian, P. Sankaridurg, K. Rose, S.C. Huynh, P. Mitchell. Comparison of aberrometer and autorefractor measures of refractive error in children. *Optometry and Vision Science* 2006; 83(11): 811–817
2. L.B. Wilson, M. Mehta, R.I. Kraker, D.K. Vanderken, A.K. Hutchinson, S.L. Pineles, J.A. Galvin, S.R. Lambert. Accuracy of Autorefractometry in Children: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2020
3. Y.-E. Choong, A.-H. Chen, P.-P. Goh. A comparison of autorefractometry and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. *American Journal of Ophthalmology* 2006; 142(1): 68–74
4. R. Suryakumar, W.R. Bobier. The manifestation of noncycloplegic refractive state in pre-school children is dependent on autorefractor design. *Optometry and Vision Science* 2003; 80(8): 578–586
5. J. Cooper, K. Citek, J.M. Feldman. Comparison of refractive error measurements in adults with Z-View aberrometer, Humphrey autorefractor, and subjective refraction. *Optometry* 2011; 82(4): 233–240
6. J.K. Bennett, G.M. Skallergren, D.O. Hodge, M.A. Schorack. Comparison of refractive assessment by wavefront aberrometer, autorefractometer, and subjective refraction. *Journal of Optometry* 2015; 8(2): 109–115
7. J. Wosik, M. Patrzykont, J. Pilewski. Comparison of refractive error measurements by three different models of autorefractors and subjective refraction in young adults. *Journal of the Optical Society of America A* 2013; 30(4): 81–86
8. K. Durani, A. Khan, S. Ahmed. A comparison of automated and manifest refraction: the effect of age. *Investigative Ophthalmology & Visual Sciences* 2006; 47(13): 1179
9. S.W. Chat, M.H. Edwards. Clinical evaluation of the Shin-Nippon SRW-5000 autorefractor in children. *Ophthalmic and Physiological Optics* 2001; 21(2): 87–100
10. Y.K. Ayse, U. Onder, K. Suheyla. Accuracy of Plusoptix S04 in children and teens. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2011; 46(2): 153–157
11. A.H. Dahlmann-Noor, D. Comyn, V. Kostakis, A. Misra, N. Gupta, J. Heath, J. Brown, A. Iron, S. McGill, K. Vrotsou, A.J. Vivian. Plusoptix Vision Screener: the accuracy and repeatability of refractive measurements using a new autorefractor. *The British Journal of Ophthalmology* 2009; 93(3): 346–349
12. J. Zhao, J. Mao, R. Luo, F. Li, G.P. Pokharel, L.B. Ethwain. Accuracy of noncycloplegic autorefractometry in school-age children in China. *Optometry and Vision Science* 2004; 81(1): 49–55
13. K. Simons. Preschool vision screening: rationale, methodology and outcome. *Survey of Ophthalmology* 1996; 41(1): 3–30
14. H. Momeni-Moghaddam, M. Hadad, J.S. Wolffsohn, M. Eteaz-Razzavi, S. Zarei-Ghanavati, A. Akhavan-Rezayat, M. Moshirfar. The Effect of Cycloplegia on the Ocular Biometric and Anterior Segment Parameters: A Cross-Sectional Study. *Ophthalmology and Therapy* 2019; 8: 387–395

POŻEGNAJ
ZAPAROWANE
OKULARY



PRECYZJA WIDZENIA BEZ ZAMGLENIA

SEIKO FOGLESS COAT

Zaparowane okulary to nie tylko uciążliwy problem dla ich użytkowników, ale także zagrożenie, zwłaszcza podczas poruszania się.

Powłoka antyrefleksyjna SEIKO FogLessCoat, dzięki swoim właściwościom hydrofilowym, zapobiega powstawaniu efektu zamglenia na soczewkach okularowych.

Obecnie SEIKO FogLessCoat jest rozwiązaniem potrzebnym bardziej niż kiedykolwiek wcześniej, stwarzając szansę dodatkowej sprzedaży. Twi klienci z pewnością mówią o problemie zaparowanych soczewek, szczególnie dziś, gdy obowiązkowe jest stosowanie maseczek ochronnych.

Zadbaj o swoich klientów polecając im soczewki okularowe najwyższej jakości.

www.seikovision.com/pl
Facebook.com/SeikoOpticalPolska
Instagram.com/seiko_optical_polska

SEIKO

PRECISION FOR VISION