

Nauki kliniczne

Autorefrakcja cykloplegiczna podwaja skuteczność diagnostyczną krótkowzroczności w porównaniu z badaniem wzroku: wyniki dziesięcioletniego programu badań przesiewowych

Chiao-Yu Wang,¹ Yu-Chieh Yang^{1,2}, Hsin-Yu Yang^{1,3,4}, Shao-You Fang,⁵ Mong-Ping Shyong,^{1,3} Chia-Wei Lee,^{6,7} Pei-Wei Huang,⁸ Yen-Lin Chen,⁹
Nai-Wei Hsu,^{9,10,11,12} Der-Chong Tsai^{1,11,12}

Numerowane afiliacje znajdują się na końcu artykułu.

Korespondencja do dr
Der-Chonga Tsai;
dctsa@nycu.edu.tw

N-WH i D-CT wnieśli równy wkład.

Część materiałów zawartych w niniejszym manuskrypcie została zaprezentowana w formie plakatu podczas dorocznego spotkania Stowarzyszenia Badań nad Wzrokiem i Okulistyką (Association for Research in Vision and Ophthalmology) w Salt Lake City w dniach 4–8 maja 2025 r.

Otrzymano 7 czerwca 2025 r.
Przyjęto 31 grudnia 2025 r.

STRESZCZENIE

Kontekst Autorefrakcja cykloplegiczna może zapewnić wyższą dokładność diagnostyczną niż badanie przesiewowe niekorekcyjnej ostrości wzroku (VA). Naszym celem była ocena skuteczności diagnostycznej i czynników ryzyka wcześniej nierozpoznanej krótkowzroczności.

Metody W tym powtarzanym badaniu przekrojowym przeanalizowano dane 33 642 przedszkolaków w wieku 5–6 lat objętych programem zapobiegania krótkowzroczności i poprawy wzroku w Yilan w latach 2014–2024. Uczestnicy zostali poddani badaniu niekorekcyjnej ostrości wzroku oraz autorefrakcji cykloplegicznej na miejscu. Opiekunowie wypełnili kwestionariusze dotyczące zachowań związanych z krótkowzrocznością. Wcześniej nierozpoznana lub nowo wykryta krótkowzroczność (NDM), zdefiniowana jako równoważnik sferyczny $\leq -0,50$ dioptrii bez wcześniejszej diagnozy.

Głównym wynikiem była skuteczność diagnostyczna, definiowana jako odsetek NDM wśród uczestników z grupy ryzyka według różnych metod badań przesiewowych.

Wyniki Spośród 33 642 uczestników (średni wiek 5,23±0,41 lat; 51,7% chłopców) u 3206 (9,5%) stwierdzono krótkowzroczność, w tym u 2303 (6,8%) wykryto ją po raz pierwszy za pomocą autorefrakcji cykloplegicznej, co dało wskaźnik diagnostyczny wynoszący 7,03% (95% CI 6,76% do 7,32%). Tylko 47,9% dzieci z NDM spełniało kryterium skierowania do specjalisty z powodu obniżonej ostrości wzroku (niekorygowana ostrość wzroku $<6/7,5$ w obu oczach), a skuteczność diagnostyczna badań przesiewowych ostrości wzroku wyniosła 3,37% (95% CI 3,18% do 3,57%; obszar pod krzywą ROC: 0,743). NDM było istotnie związane z zachowaniami w weekendy, w tym czasem spędzonym przed ekranem urządzenia cyfrowego ≥ 2 godziny dziennie (OR, 1,13; 95% CI 1,03 do 1,23) i spędzaniem czasu na świeżym powietrzu ≥ 2 godziny dziennie (OR, 0,85; 95% CI 0,78 do 0,94). Natomiast wcześniej wykryta krótkowzroczność nie wykazywała związku z tymi modyfikowalnymi czynnikami.

Wnioski Badania przesiewowe w kierunku krótkowzroczności u dzieci w wieku przedszkolnym z wykorzystaniem autorefrakcji cykloplegicznej znacznie poprawiają wczesne wykrywanie w porównaniu z badaniami przesiewowymi ostrości wzroku. Terminowa diagnoza zwiększa świadomość rodziców i umożliwia dzieciom zmianę zachowań związanych z krótkowzrocznością.

WPROWADZENIE

Wysoka krótkowzroczność i jej powikłania mogą stanowić znaczne obciążenie dla systemu opieki zdrowotnej.¹² Małe dzieci z krótkowzrocznością młodzieńczą są narażone na zwiększone ryzyko szybkiego postępu choroby w późniejszym życiu^{3–7}, dlatego wczesna identyfikacja i terminowe interwencje mają kluczowe znaczenie dla spowolnienia jej postępu. Obecnie badanie ostrości wzroku (VA) jest główną metodą stosowaną w badaniach przesiewowych krótkowzroczności w szkołach na Tajwanie.⁸

CO JUŻ WIEMY NA TEN TEMAT

⇒ Badania ostrości wzroku i refrakcji bez cykloplegii są powszechnie stosowane w badaniach przesiewowych krótkowzroczności w szkołach, ale ich dokładność jest ograniczona w przypadku dzieci w wieku przedszkolnym ze względu na silną akomodację.

CO WNOSI TO BADANIE

⇒ To szeroko zakrojone badanie przesiewowe dzieci w wieku przedszkolnym wykazało, że autorefrakcja po podaniu cykloplegika ponad dwukrotnie zwiększyła skuteczność diagnostyczną w porównaniu z samą niekorekcyjną ostrością wzroku.

JAK TO BADANIE MOŻE WPLYNĄĆ NA BADANIA, PRAKTYKĘ LUB POLITYKĘ

⇒ Badanie to pokazuje, że można włączyć autorefrakcję po podaniu cykloplegików do badań przesiewowych przedszkolaków na dużą skalę, co przemawia za jej stosowaniem w celu wcześniejszego i dokładniejszego wykrywania wad wzroku w regionach o wysokiej częstotliwości występowania.

Doniesiono, że niekorekcyjna ostrość wzroku silnie koreluje z wadami refrakcji, w tym krótkowzrocznością, wykazując wysoką czułość (97,8%) i swoistość (97,1%) w wykrywaniu krótkowzroczności u 12-latków.⁹

Na Tajwanie badania przesiewowe w kierunku krótkowzroczności z wykorzystaniem testów VA dla dzieci w wieku szkolnym i przedszkolnym są powszechnie przeprowadzane przez pielęgniarki szkolne i przeszkolonych nauczycieli przedszkolnych w ramach standardowej praktyki. Takie podejście oparte na szkołach jest łatwe do wdrożenia i wymaga minimalnych zasobów.⁸ U dzieci w wieku 5–6 lat podejrzewa się obniżoną ostrość wzroku, jeśli niekorekcyjna ostrość wzroku jednego lub obu oczu spadnie poniżej 6/7,5, mierzoną przez przeszkolonych nauczycieli za pomocą tablicy Snellena z odległości 6 m. Przedszkolaki z obniżoną ostrością wzroku są kierowane na badania okulistyczne. Istnieją jednak obawy co do dokładności stosowania samego badania ostrości wzroku do wykrywania krótkowzroczności.¹⁰ Niska krótkowzroczność często powoduje minimalne objawy wzrokowe, co pozwala dzieciom przejść badania przesiewowe ostrości wzroku. W rezultacie takie dzieci mogą pozostać niewykryte i przegapić czas na wczesną interwencję.

Rodzice na Tajwanie są zachęceni do zabierania dzieci na badania refrakcji cykloplegicznej w klinikach okulistycznych raz lub dwa razy w roku.¹¹ Jednak dostęp do opieki okulistycznej jest nierównomierny.



© Autorzy (lub ich pracodawcy) 2026. Zabrania się komercyjnego wykorzystania. Zobacz prawa i zezwolenia. Opublikowane przez BMJ Group.

Aby zacytować: Wang C-Y, Yang Y-C, Yang H-Y, et al. *Br J Ophthalmol* Epub przed drukiem: [proszę podać dzień, miesiąc, rok]. doi:10.1136/bjo-2025-328039

w całym kraju. Aby rozwiązać ten problem i ułatwić wczesne wykrywanie krótkowzroczności u małych dzieci, Biuro Zdrowia Publicznego powiatu Yilan zainicjowało w 2014 r. program zapobiegania krótkowzroczności i poprawy wzroku w Yilan (YVIP). Ten obejmujący całe hrabstwo program badań przesiewowych w wieku przedszkolnym zapewnia coroczne badania ostrości wzroku i autorefrakcji cykloplegicznej wszystkim dzieciom w wieku 5–6 lat¹². Niniejsze badanie ma na celu analizę wyników badań przesiewowych i kwestionariuszy zebranych w latach 2014–2024 w ramach programu YVIP, aby oszacować skuteczność diagnostyczną i zidentyfikować czynniki związane z wcześniej nierozpoznaną krótkowzrocznością.

MATERIAŁY I METODY

Projekt badania i uczestnicy

Od momentu uruchomienia w roku szkolnym 2014 program YVIP jest wdrażany w celu promowania strategii zapobiegania krótkowzroczności w przedszkolach we wszystkich 12 gminach powiatu, w tym 2 podmiejskich i 10 wiejskich. Szczegóły dotyczące metodologii tego programu badań przesiewowych w wieku przedszkolnym zostały opublikowane w innym miejscu.⁴¹² Podsumowując, wszystkie dzieci w wieku przedszkolnym, uczęszczające do ostatniej klasy przedszkola, w wieku 5–6 lat, zostały zaproszone do udziału w programie badań przesiewowych, który obejmuje badania wzroku i kwestionariusze przeprowadzane corocznie w semestrze jesiennym. Uzyskano pisemną świadomą zgodę rodziców każdego uczestnika. W okresie od sierpnia 2014 r. do grudnia 2024 r. przeprowadzono 11 serii badań przesiewowych, których całkowity budżet wyniósł 17,17 mln nowych dolarów tajwańskich (około 520 300 USD), obejmujących opłaty za badania, zarządzanie danymi i kampanie edukacyjne. Retrospektywny przegląd dokumentacji uczestników został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną Narodowego Szpitala Uniwersyteckiego Yang Ming Chiao Tung (numery identyfikacyjne zatwierdzenia: 2020A015 i 2023A013) i był zgodny z zasadami określonymi w Deklaracji Helsińskiej.

Badanie wzroku

Wykwalifikowani okuliści przeprowadzili badania wzroku na terenie kampusu zgodnie ze standardowymi procedurami ustanowionymi przez komitet organizacyjny YVIP. Jednookularowa niekorekcyjna ostrość wzroku (UDVA) została zbadana przez personel pielęgniarski lub przeszkolonych nauczycieli przedszkolnych przy użyciu tablicy Snellena z odległości 6 m. Personel ten nie znał stanu refrakcji dzieci, aby zapobiec błędowi pomiarowemu.

Cyklooplegię wywołano za pomocą trzech kropli 1% tropikamidu, podawanych w odstępach 5-minutowych. Od 2019 r. schemat ten zastąpiono kombinacją 0,5% tropikamidu i 0,5% fenylefryny. Około 30 minut po pierwszym zakropleniu oceniono odruch źreniczny. Cyklooplegię uznano za odpowiednią, gdy nie zaobserwowano zwichnięcia źrenicy pod wpływem stymulacji latarką. Jeśli reakcja utrzymywała się, podawano dodatkową kroplę, a następnie oczekiwano 10 minut.

Następnie wykwalifikowany technik, który nie znał wyników badania ostrości wzroku uczestników, przeprowadził autorefrakcję cykloplegiczną przy użyciu autorefraktometru (Topcon KR-1, Tokio, Japonia). Wady refrakcji każdego dziecka obliczono jako średnią z trzech kolejnych pomiarów.

Ankieta

W celu zebrania danych demograficznych, historii medycznej i szczegółowych informacji na temat zachowań sprzyjających krótkowzroczności wykorzystano kwestionariusz przeznaczony dla programu YVIP, wypełniany przez opiekunów. Jeden z rodziców lub główny opiekun każdego uczestnika wypełnił kwestionariusz, który składał się z 17 pytań podzielonych na trzy sekcje obejmujące dane opiekuna, historię medyczną dziecka oraz styl życia i zachowania związane z krótkowzrocznością.

Definicja wyników refrakcji

Równoważnik sferyczny (SE) obliczono poprzez dodanie mocy sferycznej do połowy mocy cylindrycznej. Krótkowzroczność zdefiniowano jako wadę refrakcji SE wynoszącą $-0,5$ dioptrii (D) lub mniej w każdym oku. Wcześniej nierozpoznana lub nowo wykryta krótkowzroczność (NDM), główny miernik wyników w tym badaniu, została zdefiniowana jako spełnienie kryteriów krótkowzroczności bez wcześniejszego rozpoznania przez opiekunów lub wykrycia w poprzednich badaniach przesiewowych. Natomiast wcześniej wykryta krótkowzroczność (PDM) odnosiła się do osób, które spełniały kryteria krótkowzroczności i których stan został zidentyfikowany przez opiekunów lub które były już objęte interwencjami mającymi na celu kontrolę krótkowzroczności.

Kryteria włączenia i wyłączenia

Wszystkie dzieci, które wzięły udział w programie badań przesiewowych YVIP w latach 2014–2024, kwalifikowały się do udziału w tym badaniu. Uczestnicy zostali wykluczeni, jeśli brakowało danych dotyczących refrakcji po podaniu cykloplegików, nie skorygowanej ostrości wzroku lub nie podali informacji dotyczących historii krótkowzroczności. Dzieci poddane terapii ortokorekcyjnej zostały sklasyfikowane jako osoby z PDM, jednak ich dane refrakcyjne zostały wykluczone z analizy ze względu na znaną niedokładność autorefrakcji podczas leczenia ortokorekcyjnego.

Analiza danych

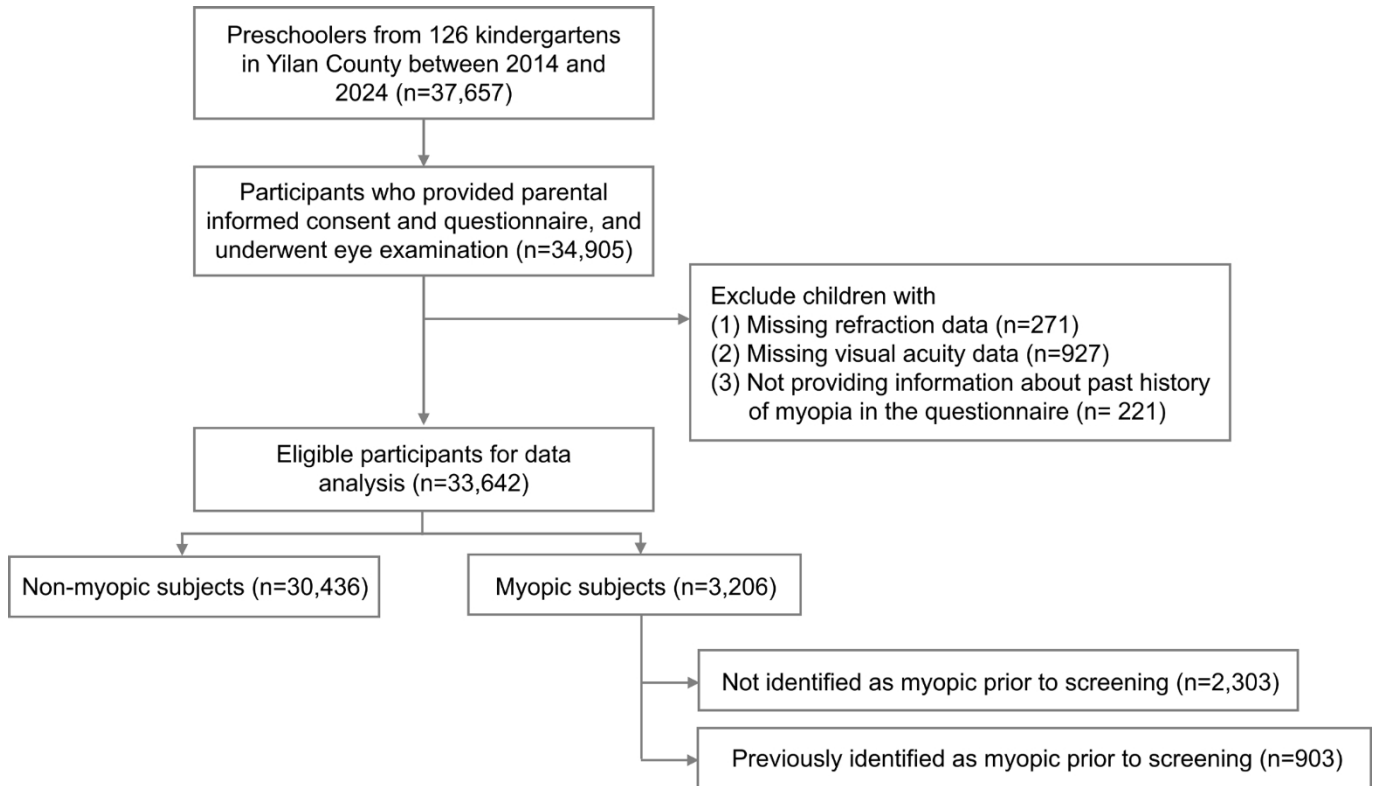
W niniejszym badaniu w analizie uwzględniono wyłącznie dane refrakcyjne dotyczące bardziej krótkowzrocznego oka każdego uczestnika. Zmienne ciągłe wyrażono jako średnią \pm SD, natomiast zmienne katégoryczne przedstawiono jako wartości procentowe. Skuteczność diagnostyczną badań przesiewowych w kierunku krótkowzroczności obliczono, dzieląc liczbę nowo wykrytych dzieci z krótkowzrocznością przez całkowitą liczbę uczestników programu zagrożonych rozwojem krótkowzroczności, definiowaną jako wszystkie dzieci objęte programem, z wyłączeniem tych, u których krótkowzroczność została już potwierdzona na podstawie wyników badań przesiewowych i znanej historii krótkowzroczności (tj. PDM). Różnice w danych ciągłych między trzema grupami — PDM, NDM i bez krótkowzroczności — oceniono za pomocą analizy wariancji i testu Pearsona χ^2 .

Analizę post hoc z korektą Bonferroniego przeprowadzono dla porównań parami.

w razie potrzeby. Zmienne o wartości p poniżej 0,1 w analizach jednoczynnikowych zostały uwzględnione w wielomianowym modelu regresji logistycznej przy użyciu podejścia krokowego. Model ten wykorzystano do identyfikacji potencjalnych czynników ryzyka NDM i PDM. Obliczono OR i ich 95% CI. Poziom istotności ustalono na dwustronnej wartości $p < 0,05$. Przeprowadzono analizę krzywej ROC (Receiver Operating Characteristic) w celu oceny dokładności diagnostycznej kryteriów UDVA w identyfikacji obecności krótkowzroczności. Obliczono obszar pod krzywą ROC (AUC) w celu oceny ogólnej skuteczności diagnostycznej. Optymalne punkty odcięcia dla wykrywania krótkowzroczności określono na podstawie maksymalnej sumy czułości i swoistości. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu IBM SPSS Statistics V.26 (IBM, Armonk, Nowy Jork).

WYNIKI

W latach 2014–2024 do udziału w programie badań przesiewowych YVIP zaproszono łącznie 37 657 dzieci z ostatniej klasy przedszkola w powiecie Yilan. Spośród nich 33 642 dzieci (89,3%) przeszło badanie wzroku w szkole, które obejmowało badanie ostrości wzroku i autorefrakcję cykloplegiczną, wypełniło kwestionariusz wypełniany przez opiekunów i spełniło kryteria kwalifikacyjne do analizy (rysunek 1). Spośród tych kwalifikujących się osób 3206 (9,5%) zidentyfikowano jako krótkowzroczne, w tym 2303



Rysunek 1 Schemat przedstawiający proces rekrutacji do niniejszego badania.

(6,9%), które nie zostały zidentyfikowane przed badaniem przesiewowym w przedszkolu. Skuteczność diagnostyczna autorefrakcji po podaniu cykloplegika wyniosła 7,03% (95% CI 6,76% do 7,32%). Dla porównania, skuteczność diagnostyczna badań przesiewowych ostrości wzroku przy zastosowaniu wartości granicznej UDVA $<6/7,5$ w obu oczach wyniosła 3,37% (95% CI 3,18% do 3,57%).

W tabeli 1 przedstawiono porównanie cech charakterystycznych i wyników badań wzroku w grupach osób bez krótkowzroczności, NDM i PDM. W porównaniu z grupą osób bez krótkowzroczności obie grupy krótkowzrocznych osób częściej miały krótkowzrocznych opiekunów ($p < 0,001$) i co najmniej jedno badanie wzroku w ciągu ostatniego roku ($p < 0,001$). Grupa NDM częściej miała również opiekuna z wykształceniem średnim lub niższym ($p < 0,001$) i zgłaszała czas spędzany przed ekranem w weekendy ≥ 2 godziny dziennie ($p = 0,008$) w porównaniu z grupami bez krótkowzroczności i PDM. Ponadto grupa NDM miała najniższy odsetek dzieci spędzających <1 godziny dziennie przed ekranem w dni powszednie ($p=0,008$) oraz najniższy odsetek dzieci spędzających ≥ 2 godziny dziennie na aktywnościach na świeżym powietrzu w weekendy ($p=0,003$) spośród trzech grup. Średnia wartość błędu refrakcji SE wyniosła $0,84 \pm 0,73$ D, $-1,06 \pm 0,92$ D i $-1,73 \pm 1,87$ D.

w grupach bez krótkowzroczności, NDM i PDM. Odsetek dzieci z UDVA $<6/7,5$ w obu oczach wyniósł odpowiednio 47,9% w grupie NDM i 81,9% w grupie PDM. Wśród dzieci z NDM te z UDVA $\geq 6/7,5$ wykazywały znacznie mniejszą krótkowzroczność niż te z UDVA $<6/7,5$ (SE bardziej krótkowzrocznego oka: $-0,86 \pm 0,57$ D w grupie UDVA $\geq 6/7,5$ w porównaniu z $-1,27 \pm 1,15$ D w grupie z UDVA $<6/7,5$; $p < 0,001$).

W tabeli 2 podsumowano wyniki analizy regresji logistycznej krok po kroku, identyfikującej czynniki związane z oboma grupami krótkowzroczności. Istotnymi czynnikami ryzyka dla NDM były: płeć męska (OR: 1,322, 95% CI 1,208 do 1,446), krótkowzroczność opiekuna (OR: 1,466, 95% CI 1,321 do 1,626), spędzanie ≥ 2 godzin przed ekranem w weekendy (OR: 1,126, 95% CI 1,028 do 1,232) oraz UDVA w gorszym oku o ostrości widzenia poniżej $6/7,5$ (OR: 3,482, 95% CI 3,171 do 3,825). Natomiast istotnymi czynnikami ochronnymi przed NDM

były wiek (OR: 0,834, 95% CI 0,746 do 0,933), opiekun z wykształceniem wyższym lub wyższym (OR: 0,776, 95% CI 0,706 do 0,852) oraz spędzaniem ≥ 2 godzin na świeżym powietrzu w weekendy (OR: 0,852, 95% CI 0,777 do 0,935). Tymczasem PDM było związane z badaniem wzroku w ciągu ostatniego roku (OR: 57,901, 95% CI 35,712 do 93,875), krótkowzrocznością opiekuna (OR: 2,396, 95% CI 1,968 do 2,917) i UDVA w gorszym oku VA $<6/7,5$ (OR: 10,449, 95% CI 8,641 do 12,637), ale nie wykazało związku z zachowaniami związanymi z krótkowzrocznością.

Rysunek 2 przedstawia krzywe ROC służące do rozpoznawania krótkowzroczności u dzieci w wieku przedszkolnym (5–6 lat) przy użyciu UDVA jako kryterium. AUC wyniosło 0,743 dla oka o gorszej ostrości wzroku i 0,732 dla oka o lepszej ostrości wzroku. W przypadku oka o gorszej ostrości wzroku optymalnym punktem odcięcia dla wykrywania krótkowzroczności była wartość UDVA $<6/7,5$, przy czułości 57,9% i swoistości 79,5%. Gdyby punkt odcięcia ustalono na poziomie UDVA $<6/6$, czułość wzrosłaby do 84,4%, ale swoistość spadłaby do 42,9%. Ponadto 19,8% przedszkolaków z grupy NDM nadal miało UDVA $\geq 6/6$ i przeszłoby badanie przesiewowe VA (tabela 1).

DYSKUSJE

Badanie to pokazuje, że prawie połowa (52,1%) dzieci z NDM nie zostałyby zidentyfikowane wyłącznie na podstawie badania ostrości wzroku, co podkreśla ograniczenia programów opartych na badaniu ostrości wzroku w placówkach przedszkolnych. Skuteczność diagnostyczna autorefrakcji cykloplegicznej była ponad dwukrotnie wyższa niż w przypadku samego badania ostrości wzroku (7,03% w porównaniu z 3,37%). Ponadto wzorce zachowań różniły się znacząco między dziećmi z NDM a dziećmi z PDM, co sugeruje, że wczesna diagnoza krótkowzroczności może wpływać na nawyki wzrokowe i wzorce zachowań małych dzieci, a nawet je kształtować.

Skuteczne badania przesiewowe w kierunku krótkowzroczności w celu wczesnego wykrycia i podjęcia odpowiednich działań w odpowiednim czasie mają kluczowe znaczenie dla leczenia krótkowzroczności u dzieci. W wieku 6 lat, w ramach obecnego programu badań przesiewowych realizowanego w szkołach na Tajwanie, stosuje się obniżone kryterium skierowania do specjalisty w przypadku VA poniżej $6/7,5$ w jednym lub obu oczach dla

Tabela 1 Charakterystyka kwalifikujących się uczestników według stanu refrakcji

	Brak krótkowzroczności (n=30 436)	Nowo wykryta krótkowzroczność (n=2303)	Wcześniej wykryta krótkowzroczność (n=903)	Wartość p
Wiek, średnia (SD)	5,24 (0,41)*	5,21 (0,39) *	5,23 (0,40)	0,002
Płeć, n (%)				<0,001
Chłopiec	15 615 (51,3%)*	1311 (56,9%)*	473 (52,4%)	
Dziewczynka	14 821 (48,7%)*	992 (43,1%)*	430 (47,6%)	
Obszar, n (%)				0,572
Obszary wiejskie	15 049 (49,4%)	1147 (49,8%)	462 (51,2%)	
Przedmieścia	15 387 (50,6%)	1156 (50,2%)	441 (48,8%)	
Krótkowzroczność opiekuńcza, n (%)				<0,001
Tak	19 535 (64,2%)†	1593 (69,2%)†	728 (80,6%)†	
Nie	9856 (32,4%)†	597 (25,9%)†	149 (16,5%)†	
Nie wiadomo	1045 (3,4%)	113 (4,9%)	26 (2,9%)	
Poziom wykształcenia opiekuna, n (%)				<0,001
≥ Wykształcenie wyższe	18 519 (60,8%)*	1253 (54,4%)*‡	571 (63,2%)*‡	
≤ Szkoła średnia	11 636 (38,2%)*	1022 (44,4%)*‡	325 (36,0%)*‡	
Nieznane	281 (0,9%)	28 (1,2%)	7 (0,8%)	
Badanie wzroku w ciągu ostatniego roku, n (%)				<0,001
Tak	9271 (30,5%)†	862 (37,4%)†	863 (95,6%)†	
Nie	20 917 (68,7%)†	1412 (61,3%)†	32 (3,5%)†	
Nieznane	248 (0,8%)	29 (1,3%)	8 (0,9%)	
Czas poświęcony na odrabianie zadań domowych (czytanie, pisanie, rysowanie lub gra na instrumentach muzycznych):				
W dni powszednie, n (%)				0,316
≥30 minut dziennie	12 320 (40,5%)	933 (40,5%)	393 (43,5%)	
<30 minut dziennie	17 954 (59,0%)	1358 (59,0%)	508 (56,3%)	
Nieznane	162 (0,5%)	12 (0,5%)	2 (0,2%)	
W weekendy, n(%)				0,034
≥30 minut dziennie	11 975 (39,3%)*§	914 (39,7%)	398 (44,1%)*§	
<30 minut dziennie	18 223 (59,9%)*§	1374 (59,7%)	502 (55,6%)*§	
Nieznane	238 (0,8%)	15 (0,7%)	3 (0,3%)	
Czas spędzany przed ekranami urządzeń (telewizja, smartfony, komputery, tablety lub gry wideo):				
W dni powszednie, n(%)				0,008
≥1 godzina/dzień	14 174 (46,6%)*	1158 (50,3%)*	426 (47,2%)	
<1 godzina/dzień	16 092 (52,9%)*	1132 (49,2) *	475 (52,6%)	
Nieznane	170 (0,6%)	13 (0,6%)	2 (0,2%)	
W weekendy, n(%)				0,008
≥2 godziny dziennie	12 084 (39,7%)*	1000 (43,4%)*‡	350 (38,8%)*‡	
<2 godziny/dzień	18 161 (59,7%)*	1287 (55,9%)*‡	549 (60,8%)*‡	
Nieznane, n(%)	192 (0,6%)	16 (0,7%)	4 (0,4%)	
Czas spędzany na zajęciach pozalekcyjnych na świeżym powietrzu:				
W dni powszednie, n(%)				0,211
≥30 minut dziennie	14 614 (48,0%)	1053 (45,7%)	419 (46,4%)	
<30 minut dziennie	15 671 (51,5%)	1238 (53,8%)	481 (53,3%)	
Nieznane	152 (0,5%)	12 (0,5%)	3 (0,3%)	
W weekendy, n(%)				0,003
≥2 godziny dziennie	12 441 (40,9%)*	850 (36,9%)*	367 (40,6%)	
<2 godziny/dzień	17 835 (58,6%)*	1443 (62,7%)*	534 (59,1%)	
Nieznane	160 (0,5%)	10 (0,4%)	2 (0,2%)	
SE (prawe oko), średnia dioptrii (SD)	0,98 (0,78)†	-0,77 (0,97)†	-1,45 (1,85)†	<0,001
SE (lewe oko), średnia dioptrii (SD)	1,00 (0,80) †	-0,73 (0,90)†	-1,40 (1,73)†	<0,001
SE (oko z większą krótkowzrocznością), średnia dioptrii (SD)	0,84 (0,73)†	-1,06 (0,92)†	-1,73 (1,87)†	<0,001
SE≤-1,0 dioptrii (oko bardziej krótkowzroczne), n (%)	0 (0%)	866 (37,6%)	592 (67,3%)	<0,001
UDVA (lepsze widzenie), n (%)				
<6/6	13 472 (44,3%)*†	1631 (70,8%)*†	793 (87,8%)*†	<0,001
<6/6,7	7570 (24,9%)*†	1231 (53,5%)*†	728 (80,6%)*†	<0,001
<6/7,5	3854 (12,7%)*†	824 (35,8%)*†	636 (70,4%)*†	<0,001
UDVA (gorsze widzenie w jednym oku), n (%)				
<6/6	17 394 (57,1%)*†	1846 (80,2%)*†	840 (93,0%)*†	<0,001

Ciąg dalszy

Tabela 1 . Ciąg dalszy

	Brak krótkowzroczności (n=30436)	Nowo wykryta krótkowzroczność (n=2303)	Wcześniej wykryta krótkowzroczność (n=903)	Wartość P
<6/6,7	11 152 (36,6%)†	1526 (66,3%)†	796 (88,2%)†	<0,001
<6/7,5	6235 (20,5%)†	1104 (47,9%)†	740 (81,9%)†	<0,001

Wartości P < 0,05 zaznaczono pogrubioną czcionką.
 *Analiza post hoc istotna statystycznie z korektą Bonferroniego między nowo zdiagnozowaną krótkowzrocznością (NDM) a brakiem krótkowzroczności.
 †Analiza post hoc istotna statystycznie z korektą Bonferroniego między NDM, PDM i osobami bez krótkowzroczności.
 ‡Analiza post hoc istotna statystycznie z korektą Bonferroniego między NDM a PDM.
 §Analiza post hoc istotna statystycznie z korektą Bonferroniego między PDM a osobami bez krótkowzroczności.
 PDM, wcześniej wykryta krótkowzroczność; SE, ekwiwalent sferyczny; UDVA, niekorekcyjna ostrość widzenia do daleka; VA, ostrość widzenia.

skierowanie do okulisty. Zgodnie z tym kryterium w naszym badaniu zaobserwowano czułość i swoistość odpowiednio na poziomie 57,9% i 79,5%. Warto zauważyć, że badanie Sydney Myopia Study wykazało, że kryterium skierowania oparte na ostrości widzenia $\leq 6/9,5$ pozwalało wiarygodnie wykryć klinicznie istotną krótkowzroczność ($SE \leq -1,0$ D) z wysoką czułością (97,8%) i swoistością (97,1%) wśród 12-letnich nastolatków.⁹ Podobnie, badanie przeprowadzone w Irlandii Północnej wykazało, że stosowanie wartości granicznej UDVA $< 0,20$ logMAR (odpowiada 6/9,5 Snellen) w celu wykrycia istotnych wad refrakcji, w tym krótkowzroczności ($SE \leq -1,0$ D), nadwzroczności ($SE > +3,5$ D) lub astygmatyzmu (cylinder $> 1,0$ D) osiągnął czułość 73% i swoistość 93% u dzieci w wieku od 12 do 13 lat, ale tylko odpowiednio 50% i 92% u dzieci w wieku od 6 do 7 lat.¹³ Różnice w czułości między grupami wiekowymi mogą wynikać z różnic w definicjach krótkowzroczności, rozwoju ostrości wzroku i progach granicznych. Przed osiągnięciem wieku szkolnego ostrość wzroku może nie być w pełni rozwinięta u wszystkich przedszkolaków, a częstość występowania i nasilenie krótkowzroczności są niższe w porównaniu z nastolatkami.¹⁴ Zamiast skupiać się wyłącznie na wykrywaniu klinicznie istotnej krótkowzroczności, programy badań przesiewowych w przedszkolach powinny mieć na celu identyfikację przedszkolaków z dowolnym stopniem krótkowzroczności, nawet wczesnej. Należy jednak zauważyć, że dzieci z niewielką krótkowzrocznością lub wczesną krótkowzrocznością często nie wykazują znacznego obniżenia ostrości wzroku.¹⁵ W naszym badaniu 52,1% dzieci z NDM ma ostrość wzroku $\geq 6/7,5$ w obu oczach i nie zostałyby wykrytych w badaniach przesiewowych ostrości wzroku. Spośród tych dzieci 73,9% miało $SE \geq -1,0$ D w oku z większą krótkowzrocznością, a 92,7% miało $SE \geq -1,50$ D, co sugeruje

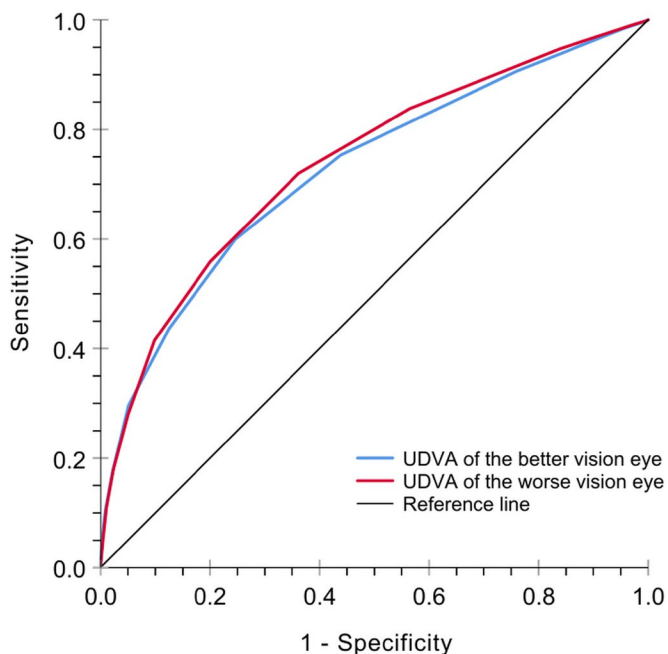
że zdolność przesiewowa VA jest ściśle związana ze stopniem wady refrakcji. Nasze ustalenia są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami wskazującymi, że dzieci z niewielką wadą refrakcji mogą nie wykazywać mierzalnego upośledzenia wzroku.¹⁵¹⁶ Shea i wsp. zaobserwowali, że wśród dzieci w wieku od 3 do 4 lat z refrakcją graniczną lub nieprawidłową (np. krótkowzroczność $< -2,00$ D lub astygmatyzm $\leq -1,50$ D) wiele z nich utrzymywało normalną lub prawie normalną ostrość wzroku przy pełnej cykloplegii, co wskazuje, że szeroki zakres stanów refrakcyjnych może współistnieć z dobrym widzeniem na odległość.¹⁶ Chociaż nie ma bezpośredniej korelacji między wadą refrakcji a ostrością wzroku, na tę zależność mogą wpływać takie czynniki, jak głębokość ostrości i optotypy o wysokim kontraście stosowane w badaniach przesiewowych wzroku. Poleganie wyłącznie na badaniu ostrości wzroku daje niską skuteczność i może nie pozwolić na skuteczne osiągnięcie celu, jakim jest wczesne wykrywanie krótkowzroczności u dzieci w wieku przedszkolnym.

Wcześniejsze badania dotyczyły dokładności pomiarów UDVA stosowanych samodzielnie oraz w połączeniu z autorefrakcją bez cykloplegii u dzieci⁹¹⁰¹³¹⁷¹⁸, jednak niewiele z nich skupiało się na dzieciach w wieku przedszkolnym, u których zastosowano autorefrakcję z cykloplegią w badaniach przesiewowych na dużą skalę. Refrakcja cykloplegiczna jest uważana za złoty standard w badaniach epidemiologicznych dotyczących refrakcji ze względu na jej zdolność do eliminowania wpływu akomodacji podczas pomiaru.¹⁹ Międzynarodowy Instytut Krótkowzroczności definiuje krótkowzroczność jako stan, w którym błąd refrakcji SE oka wynosi $\leq -0,50$ D przy rozluźnionej akomodacji oka.²⁰ Poprzednie badania wykazały, że autorefrakcja bez cykloplegii ma tendencję do przeszacowywania

Tabela 2 Wynik wielomianowej regresji logistycznej czynników związanych z nowo wykrytą i wcześniej wykrytą krótkowzrocznością

	Nowo wykryta krótkowzroczność			Wcześniej wykryta krótkowzroczność		
	Skorygowany OR	95% CI	Wartość P	Skorygowany OR	95% CI	Wartość P
Wiek	0,834	0,746 do 0,933	0,002	0,967	0,806 do 1,160	0,721
Płeć (odniesienie: dziewczynka)						
Chłopiec	1,322	1,208 do 1,446	<0,001	1,141	0,985 do 1,322	0,078
Krótkowzroczność opiekuna (odniesienie: brak)						
Tak	1,466	1,321 do 1,626	<0,001	2,396	1,968 do 2,917	<0,001
Poziom wykształcenia opiekuna (odniesienie: \leq szkoła średnia)						
\geq studia wyższe	0,776	0,706 do 0,852	<0,001	1,012	0,865 do 1,185	0,882
Badanie wzroku w ciągu ostatniego roku (odniesienie: nie)						
Tak	0,997	0,906 do 1,098	0,955	57,901	35,712 do 93,875	<0,001
Czas spędzany przed ekranem urządzeń elektronicznych w weekendy (odniesienie: < 2 godziny dziennie)						
≥ 2 godziny dziennie	1,126	1,028 do 1,232	0,010	0,911	0,783 do 1,059	0,224
Czas spędzany na świeżym powietrzu w weekendy (odniesienie: < 2 godziny dziennie)						
≥ 2 godziny/dzień	0,852	0,777 do 0,935	0,001	0,928	0,798 do 1,078	0,326
UDVA (gorsze oko VA) (ref: $\geq 6,70,5$)						
<6/7,5	3,482	3,171 do 3,825	<0,001	10,449	8,641 do 12,637	<0,001

Wartości P < 0,05 zaznaczono pogrubioną czcionką.
 UDVA, nieskorygowana ostrość widzenia na odległość; VA, ostrość widzenia.



Rysunek 2 Krzywa charakterystyki operacyjnej odbiornika (ROC) do przewidywania krótkowzroczności na podstawie nieskorygowanej ostrości widzenia w dal (UDVA). Obszar pod krzywą ROC (AUC) dla oka o lepszym widzeniu wyniósł 0,732, natomiast AUC dla oka o gorszym widzeniu wyniósł 0,743.

krótkowzroczność o 1 do 2 dioptrii w porównaniu z autorefrakcją cykloplegiczną, szczególnie u młodszych dzieci.^{17 18} Badanie przekrojowe przeprowadzone w Szanghaju wykazało, że połączenie testu ostrości wzroku bez korekcji (z wartością graniczną 6/6) i testu refrakcji bez cykloplegii (z wartością graniczną -0,25 D) zapewniło optymalną dokładność (czułość: 94,2%; swoistość: 89,5%) w wykrywaniu krótkowzroczności u dzieci w wieku 4–6 lat.¹⁰ Jednak 5,8% dzieci z krótkowzrocznością w tej grupie wiekowej nadal pozostawałoby niezdiagnozowanych przy użyciu tej metody badań przesiewowych z wartością graniczną dostosowaną do wieku. Biorąc pod uwagę szybki wzrost częstości występowania krótkowzroczności po rozpoczęciu nauki w szkole i zmianę zachowań związanych z pracą z bliska,²¹²² wczesne wykrywanie w wieku przedszkolnym ma kluczowe znaczenie — zwłaszcza w regionach Azji Wschodniej, gdzie częstość występowania krótkowzroczności jest wysoka. Nasze badanie pokazuje, że autorefrakcja cykloplegiczna, choć bardziej zasobochłonna, jest zarówno wykonalna, jak i cenna w tej grupie wiekowej, umożliwiając dokładne wykrywanie krótkowzroczności.

Czynniki związane ze stylem życia i zachowaniem, takie jak aktywność na świeżym powietrzu i czas spędzany przed ekranem, mają wpływ na zapobieganie i postęp krótkowzroczności u dzieci.^{81223–26} Badania pokazują, że dzieci z krótkowzrocznością spędzają znacznie mniej czasu na świeżym powietrzu niż ich rówieśnicy bez wad wzroku.²⁴²⁵ W najnowszej metaanalizie dawka-odpowiedź stwierdzono, że każda dodatkowa godzina spędzona codziennie przed ekranem wiązała się z 21% wyższym ryzykiem krótkowzroczności.²⁶ W naszym badaniu dzieci z grupy NDM częściej korzystały z urządzeń cyfrowych z ekranem niż dzieci bez krótkowzroczności. Ponadto czas spędzany przed ekranem w weekendy był znacznie dłuższy w grupie NDM w porównaniu z grupą PDM (43,4% vs 38,8%). Podobnie dzieci z NDM rzadziej spędzały ≥ 2 godziny na świeżym powietrzu w weekendy (36,9%) niż ich rówieśnicy bez krótkowzroczności (40,9%) i z PDM (40,6%). Dzieci z PDM wykazywały podobne wzorce zachowań jak dzieci bez krótkowzroczności, w przeciwieństwie do dzieci z NDM.

Zachowania przedszkolaków są kształtowane przez wiedzę i podejście opiekunów do krótkowzroczności. Opiekunowie dzieci z grupy PDM mogli otrzymać wcześniejsze wskazówki dotyczące ograniczenia zachowań sprzyjających krótkowzroczności. Natomiast opiekunowie dzieci z grupy NDM — prawdopodobnie nieświadomi refrakcji swoich dzieci

— mogły przeoczyć takie czynniki lub nie posiadały wystarczającej wiedzy. Programy badań przesiewowych mogą zwiększyć świadomość i umożliwić terminową zmianę zachowań.

Autorefrakcja cykloplegiczna nie została powszechnie przyjęta w programach badań przesiewowych krótkowzroczności u dzieci na dużą skalę, ponieważ wymaga większych nakładów i specjalistycznego sprzętu z kroplami cykloplegicznymi. W programie YMVIP średni koszt wyniósł około 15 USD na dziecko. Koszt ten jest uzasadniony w porównaniu z długoterminowymi obciążeniami związanymi z krótkowzrocznością. Na przykład osoby z krótkowzroczną neowaskularyzacją naczyniówki ponoszą dodatkowe bezpośrednie koszty medyczne w wysokości 1629 EUR (1743 USD) w porównaniu z osobami bez tej choroby.²⁷ Ponadto szacuje się, że nieskorygowana krótkowzroczność i zwyrodnienie płamki żółtej związane z krótkowzrocznością powodują globalne straty w wydajności wynoszące odpowiednio 244 mld USD i 6 mld USD.² Biorąc pod uwagę rosnącą globalną częstość występowania i obciążenie ekonomiczne związane z wysoką krótkowzrocznością, wdrożenie programów badań przesiewowych o wyższej skuteczności diagnostycznej i dokładności u małych dzieci — wraz z terminową interwencją — stanowi rozsądną inwestycję w zdrowie publiczne.

Badanie to ma kilka ograniczeń. Po pierwsze, w badaniach przesiewowych nie zastosowano cykloplegicznej retinoskopii ani subiektywnej refrakcji. Chociaż metoda ta jest uważana za historyczny złoty standard w refrakcji pediatrycznej, jest ona czasochłonna.

i wymaga współpracy dziecka.¹⁷ Natomiast refrakcję można szybko zmierzyć za pomocą autorefraktometru bez pomocy wysoko wykwalifikowanego technika. Dowody wskazują, że autorefrakcja cykloplegiczna jest odpowiednia do badań populacyjnych u dzieci bez patologii oczu, z wyjątkiem wad refrakcji.¹⁷ Po drugie, dane dotyczące stylu życia zostały zebrane za pomocą kwestionariuszy wypełnianych przez opiekunów. To, czy dzieci były wcześniej rozpoznane przez opiekunów jako krótkowzroczne, również opierało się na historii medycznej podanej w kwestionariuszu. Chociaż dane te są obciążone błędem pamięciowym, większość pytań dotyczyła rutynowych zachowań, co zmniejszało prawdopodobieństwo błędów samooceny. Ponadto w ramach tego programu badań przesiewowych nie oceniano ciśnienia wewnątrzgałkowego, ponieważ głównym celem było wykrycie nieprawidłowości refrakcji i ostrości wzroku. Przeprowadzono jednak ocenę tarczy nerwu wzrokowego za pomocą bezpośredniej oftalmoskopii, aby wykluczyć oczywistą patologię nerwu wzrokowego. Wreszcie, tymczasowe skutki uboczne cykloplegii, takie jak niewyraźne widzenie z bliska i światłowstręt, mogą zniechęcać do udziału w autorefrakcji cykloplegicznej. Aby temu zaradzić, przed badaniami przesiewowymi opiekunom i nauczycielom przedszkolnym przekazano wyczerpujące instrukcje. W rezultacie program YMVIP osiągnął wskaźnik uczestnictwa na poziomie 92,7%, a od momentu jego uruchomienia nie odnotowano żadnych znaczących skutków ubocznych.

Podsumowując, programy badań przesiewowych w przedszkolach z wykorzystaniem autorefrakcji cykloplegicznej zapewniają dwukrotnie większą skuteczność diagnostyczną niż badania przesiewowe ostrości wzroku przy rozsądnych kosztach, skutecznie identyfikując wiele dzieci z krótkowzrocznością w stadium przedklinicznym, które w przeciwnym razie przeszłyby testy ostrości wzroku. Badania przeprowadzane w przedszkolach mogą zwiększyć dostęp do badań przesiewowych z wykorzystaniem autorefrakcji cykloplegicznej w wieku przedszkolnym. NDM było związane z nadmiernym czasem spędzonym przed ekranem i niewystarczającą ilością czasu spędzanego na świeżym powietrzu w weekendy, podczas gdy PDM nie wykazywało związku z tymi zachowaniami związanymi z krótkowzrocznością. Nasze wyniki potwierdzają zasadność stosowania autorefrakcji cykloplegicznej jako narzędzia przesiewowego w wieku przedszkolnym do wczesnego wykrywania dzieci z krótkowzrocznością — zwłaszcza tych bez objawów wzrokowych — umożliwiając terminowe skierowanie do specjalisty, zwiększając świadomość opiekunów i zwiększając prawdopodobieństwo poprawy zachowań. Dalsze badania powinny ocenić optymalny czas i opłacalność takich programów.

Afilacje autorów

¹ Katedra Okulistyki, Narodowy Szpital Uniwersytecki Yang Ming Chiao Tung, Yilan, Tajwan

² Oddział Okulistyki, Szpital Ogólny Weteranów w Tajpej, Tajpej, Tajwan

- ³ Oddział Okulistyki, Oddział Yuanshan i Suao, Szpital Ogólny Weteranów w Tajpei, Yilan, Tajwan
- ⁴ Instytut Medycyny Klinicznej, Narodowy Uniwersytet Yang Ming Chiao Tung, Tajpei, Tajwan
- ⁵ Centrum Polityki i Badań w zakresie Opieki Zdrowotnej, Uniwersytet Kalifornijski w Davis, Davis, Kalifornia, USA
- ⁶ Katedra Okulistyki, Szpital Katolicki Uniwersytetu Fu Jen, New Taipei, Tajwan
- ⁷ Wydział Medyczny Uniwersytetu Katolickiego Fu Jen, New Taipei, Tajwan
- ⁸ Oddział Okulistyki, Fundacja Medyczna Lo-Hsu, Szpital Lotung Poh-Ai, Yilan, Tajwan
- ⁹ Biuro Zdrowia Publicznego, Hrabstwo Yilan, Tajwan
- ¹⁰ Katedra Chorób Wewnętrznych, Szpital Narodowy Uniwersytetu Yang-Ming, Yilan, Tajwan
- ¹¹ Wydział Medyczny, Narodowy Uniwersytet Yang Ming Chiao Tung, Tajpei, Tajwan
- ¹² Instytut Zdrowia Publicznego Narodowego Uniwersytetu Yang Ming Chiao Tung, Tajpei, Tajwan

Podziękowania Autorzy dziękują współpracownikom i członkom Komitetu ds. Programu Zapobiegania Krótkowzroczności i Poprawy Wzroku w Yilan, w tym Luke'owi Long-Kuang Lin, Chien-Ting Liu, Yiing-Mei Liou, Yi-Min Lin, Mei-Zhi Chen, Ren Fang, Gang Hou, Chia-Feng Yang, Hsiu-Ying Peng, Sheng-Xiong You, Heng-Yi Liao, Ying-Xi Chen, Cheng-Xun Lin, Jin-Qi Chen, Shao-Chun Hong, Shu-Juan Guo, Li-Chun Chang, Ying-Hua Chen, Cheng-Hsiu Wu, Shun-An Wu, Qi Lin, Hui-Mei Huang za pełne wsparcie dla programu YMVIP.

Autorzy Wszyscy autorzy brali udział w opracowaniu projektu badania, interpretacji danych i przygotowaniu manuskryptu. D-CT i N-WH opracowali koncepcję badania i nadzorowali projekt. D-CT, Y-CY, H-YY, M-PS, C-WL, P-WH i Y-LC brali udział w gromadzeniu i selekcjonowaniu danych. Y-CY i S-YF przeprowadzili analizę statystyczną. C-YW sporządził wstępną wersję manuskryptu i koordynował poprawki. Wszyscy autorzy przejeździ i zatwierdzili ostateczną wersję manuskryptu. D-CT jest gwarantem i ponosi odpowiedzialność za całość treści. Podczas przygotowywania niniejszej pracy autorzy wykorzystali ChatGPT (OpenAI) w celu poprawy języka i czytelności. Po użyciu tego narzędzia autorzy przejeździ i zredagowali treść zgodnie z potrzebami i wzięli pełną odpowiedzialność za ostateczną wersję manuskryptu.

Finansowanie Badanie zostało sfinansowane z grantów Narodowego Szpitala Uniwersyteckiego Yang Ming Chiao Tung (RD2021-010, RD2023-006). Pomimo powiązań instytucjonalnych autorów, fundator nie miał wpływu na wyniki badania.

Zastrzeżenie Podczas przygotowywania niniejszej pracy autorzy korzystali z ChatGPT (OpenAI) w celu poprawy języka i czytelności. Po użyciu tego narzędzia autorzy przejeździ i zredagowali treść zgodnie z potrzebami i ponoszą pełną odpowiedzialność za ostateczną wersję manuskryptu.

Konflikt interesów Nie zgłoszono.

Zgoda pacjenta na publikację Nie dotyczy.

Zatwierdzenie przez komisję etyczną Badanie zostało zatwierdzone przez Komisję Bioetyczną Narodowego Szpitala Uniwersyteckiego Yang-Ming (numery identyfikacyjne zatwierdzenia: 2020A015 i 2023A013). Jest to badanie retrospektywne analizujące anonimowe dane zebrane w ramach programu badań przesiewowych populacji. Zgodnie z decyzją Komisji Bioetycznej Narodowego Szpitala Uniwersyteckiego Yang-Ming (numery zatwierdzenia: 2020A015 i 2023A013) nie była wymagana indywidualna zgoda pacjentów. Manuskrypt nie zawiera żadnych informacji umożliwiających identyfikację osób ani informacji medycznych.

Pochodzenie i recenzja Nie zlecono; recenzja zewnętrzna.

Oświadczenie o dostępności danych Dane mogą być uzyskane od strony trzeciej i nie są publicznie dostępne. Zbiór danych dotyczy uczestników pediatrycznych w wieku poniżej 18 lat i jest chroniony przepisami instytucjonalnymi oraz przepisami IRB. Dane pozbawione elementów umożliwiających identyfikację mogą zostać udostępnione przez autora korespondencyjnego na uzasadniony wniosek, pod warunkiem przeglądu i zatwierdzenia przez instytucję.

Identyfikator ORCID

Yu-Chieh Yang <https://orcid.org/0000-0002-5774-038X> Hsin-Yu Yang <https://orcid.org/0000-0001-5168-8261> Der-Chong Tsai <https://orcid.org/0000-0002-2239-1132>

BIBLIOGRAFIA

- 1 Ma Y, Wen Y, Zhong H, et al. Wykorzystanie opieki zdrowotnej i obciążenie ekonomiczne związane z krótkowzrocznością w miejskich obszarach Chin: ogólnokrajowe badanie kosztów chorób. *J Glob Health* 2022;12:11003.

- 2 Naidoo KS, Fricke TR, Frick KD, et al. Potencjalna utrata produktywności wynikająca z globalnego obciążenia krótkowzrocznością: przegląd systematyczny, metaanaliza i modelowanie. *Ophthalmology* 2019;126:338–46.
- 3 Ding B-Y, Shih Y-F, Lin LLK, et al. Krótkowzroczność wśród dzieci w wieku szkolnym w Azji Wschodniej i badaniu Singapuru. *Surv Ophthalmol* 2017;62:677–97.
- 4 Wang C-Y, Hsu N-W, Yang Y-C, et al. Krótkowzroczność w wieku przedszkolnym: dowody dotyczące częstości występowania i czynników ryzyka na podstawie serii badań przeprowadzonych na Tajwanie. *Ophthalmology* 2022;129:880–9.
- 5 Chua SYL, Sabanayagam C, Cheung Y-B, et al. Wiek wystąpienia krótkowzroczności pozwala przewidzieć ryzyko wysokiej krótkowzroczności w późniejszym dzieciństwie u krótkowzrocznych dzieci w Singapurze. *Ophthalmic Physiol Opt* 2016;36:388–94.
- 6 Hu Y, Ding X, Guo X, et al. Związek wieku wystąpienia krótkowzroczności z ryzykiem wystąpienia wysokiej krótkowzroczności w wieku dorosłym w 12-letniej obserwacji chińskiej kohorty. *JAMA Ophthalmol* 2020;138:1129–34.
- 7 Matsumura S, Lanca C, Htoon HM, et al. Roczny postęp krótkowzroczności i późniejszy 2-letni postęp krótkowzroczności u dzieci w Singapurze. *Transl Vis Sci Technol* 2020;9:12.
- 8 Wu P-C, Chen C-T, Chang L-C, et al. Wydłużenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu powoduje odwrócenie długoterminowej tendencji do pogorszenia ostrości wzroku u uczniów szkół podstawowych na Tajwanie. *Ophthalmology* 2020;127:1462–9.
- 9 Leone JF, Mitchell P, Morgan IG, et al. Wykorzystanie ostrości wzroku do badania przesiewowego pod kątem istotnych wad refrakcji u nastolatków: czy jest to metoda wiarygodna? *Arch Ophthalmol* 2010;128:894–9.
- 10 Wang J, Xie H, Morgan I, et al. Jak przeprowadzać badania przesiewowe w kierunku krótkowzroczności w szkołach: porównanie testów przesiewowych w kierunku krótkowzroczności i określenie związanych z nimi wartości granicznych. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2022;11:12–8.
- 11 Biuro Promocji Zdrowia, Departament Zdrowia, Executive Yuan, Republika Chińska (Tajwan). Biuro Promocji Zdrowia, Departament Zdrowia. Executive Yuan, Republika Chińska. Dostępne: <https://www.mohw.gov.tw/cp-3794-41061-1.html> [Dostęp: 07 czerwca 2025 r.].
- 12 Yang Y-C, Hsu N-W, Wang C-Y i in. Tendencje w zakresie występowania krótkowzroczności po promowaniu dbania o wzrok wśród przedszkolaków: seryjne badanie przeprowadzone na Tajwanie przed pandemią koronawirusa () w 2019 r. i w jej trakcie. *Ophthalmology* 2022;129:181–90.
- 13 O'Donoghue L, Rudnicka AR, McClelland JF, et al. Pomiar ostrości wzroku nie pozwala na wiarygodne wykrycie wad refrakcji u dzieci – badanie epidemiologiczne. *PLoS One* 2012;7:e34441.
- 14 Biuro Promocji Zdrowia, Departament Zdrowia, Yuan Wykonawczy, Republika Chińska (Tajwan). Biuro Promocji Zdrowia, Departament Zdrowia. Yuan Wykonawczy, Republika Chińska (Tajwan). Dostępne: <https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=45> [Dostęp: 07 czerwca 2025 r.].
- 15 Kleinstein RN, Mutti DO, Sinnott LT i in. Niekorygowana wada refrakcji i ostrość widzenia na odległość u dzieci w wieku od 6 do 14 lat. *Optom Vis Sci* 2021;98:3–12.
- 16 Shea SJ, Gaccon L. W przypadku braku zęza, co stanowi deficyt wzroku u dzieci w wieku przedszkolnym? *Br J Ophthalmol* 2006;90:40–3.
- 17 Wilson LB, Melia M, Kraker RT i in. Dokładność autorefrakcji u dzieci: raport Amerykańskiej Akademii Okulistyki. *Ophthalmology* 2020;127:1259–67.
- 18 Guo X, Shakarchi AF, Block SS, et al. Refraktometria bez cykloplegii w porównaniu z refraktometrią z cykloplegią w badaniu przesiewowym wzroku () wśród populacji dzieci w wieku szkolnym w Chicago. *Ophthalmology* 2022;129:813–20.
- 19 Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, et al. Refraktometria cykloplegiczna jest złotym standardem w epidemiologicznych badaniach nad krótkowzrocznością (). *Acta Ophthalmol* 2015;93:581–5.
- 20 Flitcroft DJ, He M, Jonas JB, et al. IMI – definiowanie i klasyfikacja krótkowzroczności: proponowany zestaw standardów dla badań klinicznych i epidemiologicznych. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60:M20–30.
- 21 Tsai T-H, Liu Y-L, Ma I-H, et al. Ewolucja częstości występowania krótkowzroczności wśród tajwańskich uczniów: przegląd danych ankietowych z lat 1983–2017. *Ophthalmology* 2021;128:290–301.
- 22 Yang Y-C, Tsai D-C, Fang S-Y, et al. Rozwój krótkowzroczności podczas przejścia z przedszkola do pierwszych klas szkoły podstawowej: dane populacyjne z obszaru epidemii na Tajwanie. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2025;66:48.
- 23 Wu P-C, Chen C-T, Lin K-K i in. Zapobieganie krótkowzroczności a natężenie światła na zewnątrz w randomizowanym badaniu klastrowym przeprowadzonym w szkołach w ramach programu „”. *Ophthalmology* 2018;125:1239–50.
- 24 Rose KA, Morgan IG, Ip J, et al. Aktywność na świeżym powietrzu zmniejsza częstość występowania krótkowzroczności u dzieci. *Okulistyka* 2008;115:1279–85.
- 25 Hsu C-C, Huang N, Lin P-Y, et al. Częstość występowania i czynniki ryzyka krótkowzroczności u dzieci z drugiej klasy szkoły podstawowej w Tajpei: badanie populacyjne. *J Chin Med Assoc* 2016;79:625–32.
- 26 Ha A, Lee YJ, Lee M, et al. Czas spędzony przed ekranem cyfrowym a krótkowzroczność: przegląd systematyczny i metaanaliza dawka-odpowiedź. *JAMA Netw Open* 2025;8:e2460026.
- 27 Ruiz-Moreno JM, Roura M, w imieniu grupy badawczej Mypathway. Koszty leczenia pacjentów z krótkowzrocznością z i bez neowaskularyzacji naczyńiówki. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2016;91:265–72.