

PERSPEKTYWA

Kontrowersje związane z leczeniem krótkowzroczności: co to oznacza dla przyszłych badań?

CARLA LANCA, MICHAEL X. RĘPKA I ANDRZEJ GRZYBOWSKI

• **CEL:** Leczenie krótkowzroczności opiera się na ponad 30 latach badań klinicznych i innych obserwacjach. Jednak nadal istnieją kontrowersje dotyczące kontroli krótkowzroczności, np. kiedy należy przerwać leczenie i jaka jest długoterminowa skuteczność leczenia. Niniejsza perspektywa ma na celu opisanie aktualnych kontrowersji dotyczących leczenia krótkowzroczności, które mają znaczenie kliniczne.

• **PROJEKT:** Perspektywa.

• **METODY:** Przeanalizowaliśmy dane z badań klinicznych i innych badań dotyczących terapii kontroli krótkowzroczności.

• **WYNIKI:** Kontrowersje dotyczące leczenia krótkowzroczności dotyczą skuteczności niskodawkowych kropli do oczu zawierających atropinę oraz okularów z nowym rodzajem soczewek, które mają znacznie ograniczać postęp krótkowzroczności. Oprócz skuteczności, nadal budzi obawy bezpieczeństwo terapii, w tym miękkich soczewek kontaktowych, ortokeratologii i niskopoziomowego światła czerwonego. Rola czasu spędzanego na świeżym powietrzu w zmniejszaniu postępu krótkowzroczności również wymaga dalszych badań. Konieczne są dalsze badania w celu potwierdzenia skuteczności leczenia, czasu trwania wymaganego leczenia, harmonogramów zmniejszania dawek oraz terminów rozpoczęcia i zakończenia leczenia.

• **WNIOSEK:** Leczenie krótkowzroczności ewoluje, a utrzymanie kompetencji w zakresie wielu metod stanowi wyzwanie. Do kluczowych wyzwań należą: identyfikacja dzieci z grupy wysokiego ryzyka, które odniosłyby największe korzyści z leczenia, ograniczone dowody potwierdzające skuteczność metod kontroli postępu krótkowzroczności w niektórych populacjach oraz obawy dotyczące dostępności i kosztów leczenia, które mogą stanowić bariery społeczno-ekonomiczne w dostępie do niego. Ograniczenia obecnych metod spowalniania lub zatrzymywania postępu krótkowzroczności

AJO.com

Materiały uzupełniające dostępne na stronie [AJO.com](https://ajocom.org). Przyjęte do publikacji 29 grudnia 2024 r.

Z Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL), Instituto Politécnico de Lisboa (C.L.), Lizbona, Portugalia; Comprehensive Health Research Center (CHRC), Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa (C.L.), Lizbona, Portugalia; Wilmer Eye Institute, Johns Hopkins University School of Medicine (M.X.R.), Baltimore, Maryland, USA; Katedra Okulistyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski (A.G.), Olsztyn, Polska; Instytut Badań Okulistycznych, Fundacja Rozwoju Okulistyki (A.G.), Poznań, Polska

Pytania prosimy kierować do Andrzeja Grzybowski, Instytut Badań Okulistycznych, Fundacja Rozwoju Okulistyki, Poznań, Polska; e-mail: ae.grzybowski@gmail.com

Podsumowanie podkreśla potrzebę kontynuowania rygorystycznych badań nad nowymi i ulepszonymi strategiami zmniejszania obciążenia związanego z krótkowzrocznością. (Am J Ophthalmol 2025;272: 79–86.

© 2025 Elsevier Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone, w tym prawa do eksploracji tekstu i danych, szkolenia sztucznej inteligencji i podobnych technologii).

T ISTNIEJĄ obawy dotyczące WZROSTU częstości występowania krótkowzroczności. W Stanach Zjednoczonych częstość występowania krótkowzroczności wzrosła z 25,0% do 41,6% w latach

1999 r. do 2004 r. wśród osób w wieku od 12 do 54 lat.¹ Około 4% populacji cierpi na wysoką krótkowzroczność, co wiąże się z wysokim ryzykiem utraty wzroku.² Biorąc pod uwagę starzenie się społeczeństwa i wzrost częstości występowania krótkowzroczności, może wzrosnąć częstość występowania zwyrodnienia plamki żółtej spowodowanego krótkowzrocznością, odwarstwienia siatkówki, zaćmy i jaskry z otwartym kątem przesączania.³

Spowolnienie postępu krótkowzroczności za pomocą atropiny⁴ i ortokeratologii⁵ uznano za dość skuteczne, ale może wiązać się z działaniami niepożądanymi. Ostatnie osiągnięcia w zakresie nowej generacji okularów i soczewek kontaktowych „przeciw krótkowzroczności”, a także terapia światłem czerwonym zrewolucjonizowały sposób leczenia pacjentów z krótkowzrocznością i ożywiły badania naukowe w tej dziedzinie.⁽⁶⁾⁽⁷⁾

Według Narodowego Centrum Zapobiegania Chorobom Przewlekłym i Promocji Zdrowia (NCCDPHP) przy Amerykańskim Centrum Kontroli i Zapobiegania Chorobom (CDC) choroby przewlekłe definiuje się jako schorzenia trwające dłużej niż rok i wymagające stałej opieki medycznej. Krótkowzroczność spełnia kryteria choroby przewlekłej uznanej przez Narodową Akademię Nauk, Inżynierii i Medycyny⁽⁸⁾. Jednak krótkowzroczność nie została jeszcze uznana za „chorobę” w Stanach Zjednoczonych przez CDC ani Centra Usług Medicare i Medicaid (CMS). Poczyniono znaczne postępy w poszukiwaniu skutecznych metod leczenia zapobiegającego wysokiej krótkowzroczności, krótkowzroczności patologicznej i związanym z nimi powikłaniami. Warto zauważyć, że badania nad krótkowzrocznością rozszerzają się o ponad tysiąc badań rocznie.⁽⁹⁾ Jednak nadal istnieją kontrowersje dotyczące skuteczności obecnych terapii krótkowzroczności. Celem niniejszej perspektywy jest opisanie kontrowersji klinicznych dotyczących leczenia krótkowzroczności.

CZY KROPLE DO OCZU Z NISKĄ Dawką ATROPINY SĄ SPRAWDZONYM ŚRODKIEM ZMNIEJSZAJĄCYM POSTĘPOWANIE Krótkowzroczności?

Kilka randomizowanych badań kontrolowanych (RCT), w tym badania Atropine for the Treatment Of Myopia (ATOM) i Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP), systematyczne przeglądy i metaanalizy potwierdzają, że stosowanie 0,01% atropiny jest bezpieczne i skuteczne w spowalnianiu postępu krótkowzroczności w krótkim okresie.^{4,10-12} Jednak w dwuletnim badaniu klinicznym (PEDIG MTS1) z użyciem 0,01% atropiny w populacji głównie nieazjatyckiej w Stanach Zjednoczonych nie stwierdzono znaczącej korzyści w zakresie równoważnika sferycznego (SE) lub wydłużenia osiowego.¹³

W drugim badaniu klinicznym (CHAMP) przeprowadzonym w Stanach Zjednoczonych stwierdzono, że 0,02% atropina nie jest skuteczna w odniesieniu do wcześniej zaplanowanego głównego wyniku, jakim był odsetek osób reagujących na leczenie. Jednak zgodnie z wcześniej określonym planem analizy hierarchicznej dane sugerowały skuteczność 0,01% atropiny.¹⁰ Wyniki badania CHAMP doprowadziły do dyskusji na temat tego, kiedy statystycznie istotne różnice mają znaczenie kliniczne.¹⁰ Należy zauważyć, że badania Western Australia (WA-ATOM) i MOSAIC nie wykazały statystycznie istotnych ani klinicznie znaczących korzyści po 24 miesiącach w kohortach australijskiej i europejskiej.^{14,15}

Pojawiło się kilka teorii wyjaśniających wyniki tych badań, takich jak różnice rasowe/etniczne (mniej dzieci azjatyckich; włączenie dzieci czarnoskórych z mniejszym postępowaniem krótkowzroczności), przedział wiekowy (więcej dzieci w wieku 5-7 lat z mniejszą krótkowzrocznością), kolor tęczówki oraz możliwe niespójności w składzie atropiny, które mogły prowadzić do różnic w biodostępności i skuteczności (należy zauważyć, że ten sam produkt był stosowany w badaniach PEDIG MTS1, CHAMP i MOSAIC). W związku z tym dla niektórych populacji konieczne może być stosowanie różnych stężeń atropiny, aby zaobserwować korzyści, ponieważ w badaniu LAMP stwierdzono zależność efektu od dawki.⁽¹²⁾

Odskok to wzrost tempa postępu krótkowzroczności po zaprzestaniu terapii. W trzyletnim badaniu LAMP efekty odskoku po zastosowaniu 0,05%, 0,025% i 0,01% atropiny w postaci kropli do oczu () były klinicznie niewielkie, zwłaszcza u starszych dzieci.¹² Opublikowano wyniki długoterminowe, ale nie były one kontrolowane placebo, ponieważ większość pacjentów przeszła na inne metody leczenia.¹⁶ Podobnie jak w badaniu ATOM 2, efekt odbicia był większy po zastosowaniu wyższych stężeń atropiny.

Niektórzy eksperci wysunęli hipotezę, że efekt odbicia jest większy w badaniach klinicznych ze względu na ich projekt, który zakłada nagłe przerwanie leczenia zamiast stopniowego zmniejszania dawki przez 3-6 miesięcy, jak zalecają niektórzy klinicyści. Jeśli to prawda, to w badaniach stosujących leczenie niskimi dawkami atropiny bez stopniowego zmniejszania dawki można zaobserwować większy efekt odbicia i zróżnicowane wyniki dotyczące skuteczności atropiny. Przy ocenie wyników pod kątem wystąpienia efektu odbicia, większe my-

W grupie, w której zaprzestano leczenia, spodziewany jest większy postęp opii niż w grupie placebo. Badanie WA-ATOM¹⁴ objęło australijskie dzieci leczone 0,01% atropiną przez 2 lata z roczną przerwą. Podobnie jak w badaniu LAMP, autorzy badania WA-ATOM stwierdzili, że efekt odbicia był mniejszy u starszych dzieci. Należy przeprowadzić prospektywne badania nad wartością kliniczną stopniowego zmniejszania dawki leku.

Jeśli chodzi o czas trwania terapii, w badaniu LAMP dzieci przerwały terapię po 3 latach, ale następnie wiele z nich wznowiło stosowanie 0,05%, jeśli w ciągu następnego roku nastąpiła progresja o 0,50 dioptrii (D) lub więcej.¹⁶ Po 5 latach badacze LAMP wznowili terapię u większości dzieci (87,9%) z grupy, która ją przerwała; podobny odsetek ponownych terapii odnotowano dla 3 stężeń atropiny (0,01%, 0,025% i 0,05%).

Niedawno pierwsze tego rodzaju długoterminowe badanie obserwacyjne przeprowadzone w Singapurze (ATLAS) wykazało, że stosowanie niskich dawek atropiny (0,01%–1,0%) przez 2–4 lata u dzieci w średnim wieku 9 lat nie było skuteczniejsze od placebo, gdy wiele lat później zmierzono u nich krótkowzroczność.¹⁷ Chociaż wskaźniki obserwacji były niskie, wyniki te stanowią ostrzeżenie, że trwałość krótkoterminowych metod leczenia krótkowzroczności jest niepewna i istnieje potrzeba prospektywnej oceny dłuższych okresów leczenia, znacznie wykraczających poza obecnie zalecane 2–4 lata, aby ustalić, czy takie podejście zapewni długoterminowe korzyści.

W przypadku młodszych dzieci po zakończeniu terapii stwierdzono większy postęp krótkowzroczności, co sugeruje, że kontynuowanie leczenia do okresu dojrzewania może przyczynić się do utrzymania korzyści.⁽¹⁶⁾ Takie podejście, bez wyraźnych dowodów, jest stosowane przez niektórych klinicystów, którzy kontynuują leczenie aż do okresu nastoletniego, kiedy ryzyko nawrotu może być mniejsze. Wyniki badań przeprowadzonych w Azji Wschodniej sugerują, że konieczne jest stosowanie niskich dawek atropiny przez dłuższy czas oraz że należy zbadać możliwość wznowienia leczenia u osób, u których po zaprzestaniu leczenia nastąpiło znaczne postępowanie krótkowzroczności. Takie podejście wymaga potwierdzenia w randomizowanych badaniach klinicznych. Przyszłe badania nad niskimi dawkami kropli do oczu z atropiną muszą skupić się na odkryciu nieznanego mechanizmu działania, a także na określeniu czasu trwania leczenia, najlepszego stężenia, wartości stopniowego zmniejszania dawki, progresji po zaprzestaniu leczenia oraz dłuższego monitorowania po zakończeniu leczenia.

CZY OKULARY Z NOWYM PROJEKTEM SOCZEWEK SKUTECZNIE ZAPOBIEGAJĄ POSTĘPOWANIU Krótkowzroczności?

Rozwój nowych konstrukcji soczewek okularowych do kontroli krótkowzroczności jest imponujący. Skuteczność soczewek o wysokim stopniu asferyczności (HAL) w ograniczaniu postępu krótkowzroczności została przetestowana w badaniu RCT przeprowadzonym w Chinach.^{18,19} Po upływie roku zaobserwowano skuteczność soczewek HAL w kontroli krótkowzroczności w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi (SVL) (różnica SE wynosząca 0,53

D; różnica długości osiowej 0,23 mm).¹⁹ Po 2 latach grupa korzystająca z soczewek HAL nadal wykazywała mniejsze postępy krótkowzroczności i wydłużenie osiowe (różnica po 2 latach = 0,80 D i 0,35 mm) w porównaniu z grupą korzystającą z soczewek SVL.¹⁸ Podczas rocznego przedłużenia badania postęp krótkowzroczności w grupie HAL wyniósł dodatkowe 0,38 D w porównaniu z 0,56 D w grupie SVL.²⁰ Warto zauważyć, że w grupie HAL wydłużenie osiowe w drugim i trzecim roku było większe niż w pierwszym roku.

W badaniu krzyżowym RCT dotyczącym soczewek HAL u dzieci wietnamskich stwierdzono minimalne korzyści.⁽²¹⁾ Chociaż u dzieci wietnamskich zaobserwowano spowolnienie wydłużania osiowego, korzyści SE od punktu odniesienia do 6 miesięcy nie były znaczące. Badania dotyczące soczewek HAL były krótkoterminowe, a długoterminowe badania z randomizacją i obserwacją będą miały istotne znaczenie dla potwierdzenia działania soczewek i ogólnego wpływu na postęp krótkowzroczności. Badania krzyżowe były pomocne w rekrutacji, ale znacznie utrudniają interpretację wartości leczenia poprzez stosowanie krótkich odstępów między zabiegami, gdy potrzebne są dłuższe odstępy, oraz brak grupy kontrolnej otrzymującej placebo pod koniec leczenia. Ponadto, aby potwierdzić skuteczność, konieczne są badania z udziałem dzieci o różnym pochodzeniu rasowym/etnicznym, w różnym wieku, o różnym czasie trwania leczenia oraz ocena efektów odbicia przez 6 lub więcej miesięcy po zaprzestaniu stosowania soczewek HAL.

Badanie defokusa z wykorzystaniem wielu segmentów (DIMS) Soczewki u chińskich dzieci dostarczyły danych po 6 latach interwencji.⁶ Po 2 latach 79 dzieci z grupy DIMS i 81 z grupy SVL miało postęp krótkowzroczności SE wynoszący $-0,41 \pm 0,06$ D w grupie DIMS i $-0,85 \pm 0,08$ D w grupie SVL.²² Następnie dzieci podzielono na 4 grupy (grupa 1: DIMS przez 6 lat; grupa 2: DIMS przez 3,5 roku, a następnie SVL; grupa 3: SVL przez 2 lata, a następnie DIMS; grupa 4: SVL przez 2 lata, DIMS przez 1,5 roku, a następnie SVL). Skuteczność tej metody sugerowało zaobserwowanie, że u dzieci noszących soczewki DIMS przez 6 lat postęp krótkowzroczności był powolny i wynosił 0,15 D/rok w skali-, a wydłużenie osiowe wynosiło 0,10 mm/rok, ale nie było grupy SVL przez całe 6 lat. Pewne obawy budził fakt, że refrakcja SE w 6. roku była podobna w 4 grupach (grupa 1: 3,96 w skali-

$D \pm 1,42$; grupa 2: $-4,28 \pm 1,15$; grupa 3: $-3,92 \pm 1,18$; oraz grupa 4: $-3,87 \pm 1,53$); niepokojące jest to, że SE było najwyższe w grupie 2, która stosowała DIMS przez 3,5 z 6 lat. SE na początku badania było niższe w grupach 3 i 4, co może tłumaczyć ich niższe końcowe SE. W ostatnich latach badania większość dzieci osiągała wiek nastoletni, więc można było oczekiwać spowolnienia postępu krótkowzroczności. Chociaż wszystkie grupy znajdowały się średnio poniżej progu wysokiej krótkowzroczności ($-5,00$ D lub $-6,00$ D), postęp krótkowzroczności może nadal występować.

Ponadto nadal nie ma pewności, czy noszenie okularów zapobiegających postępowi krótkowzroczności zapobiegnie rozwojowi powikłań siatkówkowych związanych z krótkowzrocznością, nawet jeśli soczewki zostaną założone przed okresem dojrzewania. Jeśli chodzi o nawrót po zaprzestaniu stosowania DIMS, odnotowano klinicznie niewielki postęp wynoszący około 0,22 D/rok i 0,12 mm/rok,

co może być oczekiwaną kontynuacją progresji krótkowzroczności.

W badaniu dwóch konstrukcji soczewek z technologią optyki dyfuzyjnej (DOT), które zmniejszają sygnalizację kontrastu w siatkówce, a tym samym spowalniają postęp krótkowzroczności, uzyskano wyniki z 12 miesięcy u dzieci w wieku 6–10 lat.²³ Badanie CYPRESS zostało przeprowadzone w 14 ośrodkach w Ameryce Północnej z wykorzystaniem 2 konstrukcji soczewek i wykazało, że w porównaniu z soczewkami SVL postęp SE był mniejszy (odpowiednio 0,32 i 0,40 D), a wydłużenie osiowe mniejsze (odpowiednio 0,10 i 0,15 mm). Te krótkoterminowe wyniki wykazały większą skuteczność w spowalnianiu postępu SE niż wydłużenia osiowego. Podobnie jak w przypadku wszystkich badań dotyczących konstrukcji soczewek, potrzebne są wyniki długoterminowe, ponieważ prawdopodobnie takie soczewki będą przepisywane i stosowane przez wiele lat w okresie dzieciństwa i dorastania. Należy zauważyć, że wiele badań dotyczących nowych konstrukcji soczewek okularowych do kontroli krótkowzroczności jest sponsorowanych przez przemysł, a dodatkowe niezależne badania byłyby cenne dla potwierdzenia skuteczności.

CZY MIĘKKIE SOCZEWKI KONTAKTOWE DO KONTROLI Krótkowzroczności SĄ BEZPIECZNĄ I SPRAWDZONĄ METODĄ LECZENIA, POZWALAJĄCĄ UNIKAĆ POSTĘPOWANIA KRÓTKOWZROCZNO

Nowe soczewki kontaktowe (CL) wykorzystujące konstrukcję z podwójną ogniskową i rozszerzoną głębią ostrości są oferowane jako korekcja refrakcji, a jednocześnie jako środek spowalniający postęp krótkowzroczności. Pojawiły się kontrowersje dotyczące bezpieczeństwa i skuteczności takich rozwiązań. Bezpieczeństwo stosowania soczewek kontaktowych u dzieci jest ważnym czynnikiem, ponieważ ich stosowanie nie jest całkowicie pozbawione ryzyka. W jednym z raportów obliczono, że ryzyko wystąpienia mikrobiologicznego zapalenia rogówki spowodowanego stosowaniem soczewek kontaktowych w celu kontroli krótkowzroczności od 8 roku życia (szacowane na 1 na 76 w przypadku soczewek jednodniowych) jest znacznie mniejsze niż ryzyko pogorszenia wzroku spowodowanego powikłaniami związanymi z wysoką krótkowzrocznością.⁽²⁴⁾ W przeglądzie stwierdzono, że częstość występowania mikrobiologicznego zapalenia rogówki u dzieci noszących soczewki kontaktowe była podobna do częstości występowania u dorosłych, chociaż częstość występowania nacieków rogówki była niższa.²⁵

Jeśli chodzi o skuteczność soczewek kontaktowych w kontrolowaniu krótkowzroczności, w dwóch badaniach stwierdzono znaczne zmniejszenie postępu krótkowzroczności i wydłużenia osiowej długości gałki ocznej.^{26,27} Soczewkami kontaktowymi o najdłuższym okresie stosowania są soczewki MiSight (CooperVision, San Ramon, Kalifornia), jednodniowe soczewki kontaktowe o podwójnej ogniskowej, zatwierdzone przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA) do kontroli krótkowzroczności.²⁷ Soczewki kontaktowe MiSight wykazały znaczne zmniejszenie postępu krótkowzroczności po 3 latach.²⁸ Wyniki z sześciu lat sugerują, że MiSight nadal spowalnia postęp krótkowzroczności.²⁷ Niepokojące jest to, że analiza po 6 latach była utrudniona z powodu dużej liczby pacjentów, którzy przegrali udział w badaniu, oraz braku grupy kontrolnej w latach 4-6. Oba czynniki stanowią coraz częstszy problem w interpretacji danych z badań klinicznych dotyczących kontroli krótkowzroczności. Należy zauważyć, że 10% oczu nie reagowało na leczenie; podobny odsetek braku odpowiedzi odnotowano w przypadku innych metod leczenia

krótkowzroczności.

W badaniu MiSight Assessment Study Spain (MASS) pojawiły się obawy, że dzieci z grupy interwencyjnej były starsze (około 1 rok).²⁹ Ponieważ młodsze dzieci rozwijają się szybciej niż starsze, możliwe jest, że różnica w postępie krótkowzroczności była częściowo związana z większą liczbą starszych dzieci w grupie MiSight. Aby ocenić tę możliwość, przeprowadzono analizę wielowymiarową, która wykazała, że wiek nie miał wpływu na wynik. Ponadto autorzy stwierdzili, że dzieci noszące soczewki MiSight spędzały więcej czasu na świeżym powietrzu, co mogło mieć wpływ na spowolnienie wydłużania się osiowego oka.⁽³⁰⁾ Dotychczasowe badania nie potwierdzają jednoznacznie wpływu czasu spędzanego na świeżym powietrzu na spowolnienie postępu krótkowzroczności, ale raczej większy wpływ na opóźnienie wystąpienia krótkowzroczności.

CZY ORTOKERATOLOGIA JEST AKCEPTOWANĄ METODĄ LECZENIA SPOWALNIAJĄCĄ POSTĘP Krótkowzroczności?

Ortokeratologia nocna jest zatwierdzoną przez FDA metodą pozwalającą na dobre widzenie bez konieczności noszenia okularów lub soczewek kontaktowych w ciągu dnia. Jednak soczewki ortokeratologiczne są również proponowane w celu zmniejszenia postępu krótkowzroczności.³¹ Dokładny mechanizm spowalniania postępu krótkowzroczności nie jest znany, ale może on obejmować defokus krótkowzroczności spowodowany zwiększeniem krzywizny bardziej peryferyjnej części rogówki, co spowalnia wydłużanie się osi.³² Połączona analiza trzech perspektywnych badań wykazała efekt leczenia wynoszący 0,24 mm (95% CI: 0,15-0,34 mm) po noszeniu soczewek ortokeratologicznych przez okres 2 lat.³³ Ryzyko mikrobiologicznego zapalenia rogówki jest ważnym problemem związanym z nocnym noszeniem soczewek ortokeratologicznych u dzieci.

Chociaż ryzyko jest podobne do ryzyka związanego z innymi soczewkami kontaktowymi³⁴, dostępne badania obejmują okres leczenia wynoszący 1–2 lata i nie dostarczają wystarczających wyników długoterminowych, aby ustalić profil ryzyka. W systematycznym przeglądzie dotyczącym zakaźnego zapalenia rogówki i stosowania soczewek ortokorekcyjnych autorzy stwierdzili, że pomimo leczenia większość zakażeń spowodowała blizny rogówki, a około 10% oczu wymagało leczenia chirurgicznego.⁵ W przypadku dzieci z Tajwanu odsetek przypadków mikrobiologicznego zapalenia rogówki związanego z noszeniem soczewek kontaktowych wzrósł z biegiem czasu ze względu na coraz częstsze stosowanie ortokorekcji na noc.³⁵ Konieczne są dalsze badania dotyczące bezpieczeństwa i skuteczności, aby wesprzeć powszechne stosowanie ortokorekcji na noc w celu kontroli krótkowzroczności.

CZY NISKOWOLNOŚCIOWE ŚWIATŁO CZERWONE JEST BEZPIECZNĄ I SPRAWDZONĄ METODĄ LECZENIA, POZWALAJĄCĄ UNIKAĆ POSTĘPOWANIA Krótkowzroczności?

W Chinach do leczenia niedowidzenia stosuje się powtarzaną terapię światłem czerwonym o niskim natężeniu (RLRL). Ostatnio zaproponowano terapię RLRL o natężeniu 650

nm została zaproponowana jako metoda kontroli krótkowzroczności. Hipoteza dotycząca terapii RLRL zakłada, że zwiększa ona przepływ krwi w siatkówce i prawdopodobnie zmniejsza niedotlenienie twardówki. Mechanizm kontroli krótkowzroczności nie jest jednak znany. Badanie RCT opublikowane w 2022 r. wykazało, że terapia RLRL spowolniła postęp krótkowzroczności po 1 roku, przy średniej różnicy między grupą kontrolną a grupą interwencyjną wynoszącej 0,26 mm dla wydłużenia osiowego i – 0,59 D dla progresji SE.³⁶ Nie odnotowano żadnych zdarzeń niepożądanych.

Zgłoszono, co było uspokajające, chociaż potrzebne są dane długoterminowe.

Jednak po 5 miesiącach leczenia odnotowano uszkodzenie siatkówki u 12-letniej dziewczynki.³⁷ Jej ostrość wzroku częściowo powróciła po kolejnych 3 miesiącach. W dwóch badaniach RCT opublikowanych w 2023 r. i jednym w 2024 r. nie odnotowano uszkodzeń funkcjonalnych ani strukturalnych.^{(7) (38) (39)} Stwierdzono również, że terapia RLRL zmniejsza częstość występowania krótkowzroczności u dzieci z krótkowzrocznością o 54,1% w ciągu 12 miesięcy.⁽³⁸⁾

W metaanalizie RLRL autorzy zidentyfikowali 13 badań (8 RCT, 3 badania niebędące RCT i 2 badania kohortowe).⁴⁰ Stwierdzili, że dowody skuteczności mają niską pewność i konieczne są dodatkowe RCT z dłuższym okresem obserwacji. Nierozstrzygnięte pytania dotyczą długoterminowego bezpieczeństwa struktury i funkcji siatkówki w przypadku wieloletniego stosowania w kontroli krótkowzroczności oraz tego, czy mogą wystąpić późne skutki w wieku dorosłym.⁽⁴¹⁾ Aby potwierdzić bezpieczeństwo i skuteczność, ważne są dalsze badania dotyczące różnych ras/grup etnicznych, protokołów leczenia, wymagań dotyczących monitorowania, częstości występowania urazów, tempa powrotu do zdrowia i konserwacji sprzętu.

CZY CZAS SPĘDZANY NA ŚWIEŻYM POWIETRZU NIE MA ZWIĄZKU Z POSTĘPOWANIEM Krótkowzroczności?

Badania RCT wykazały, że spędzanie większej ilości czasu na świeżym powietrzu jest ważną strategią spowalniania rozwoju krótkowzroczności.⁽⁴²⁾ Jednak wpływ większej ilości czasu spędzanego na świeżym powietrzu na postęp krótkowzroczności jest niepewny, ponieważ badania dostarczyły sprzecznych wyników.⁽⁴³⁾ Wiele badań nie wykorzystywało obiektywnych pomiarów czasu spędzanego na świeżym powietrzu, opierając się na kwestionariuszach, które są podatne na błędy pamięciowe. Autorzy przeglądu obejmującego 7 systematycznych przeglądów stwierdzili, że nie ma wystarczających dowodów potwierdzających wartość wydłużania czasu spędzanego na świeżym powietrzu w spowalnianiu postępu krótkowzroczności.⁽⁴⁴⁾ Autorzy zauważyli jednak, że badania były obciążone wadami metodologicznymi i niespójnością w przedstawianiu wyników.

W dużym badaniu RCT obejmującym ponad 6000 dzieci w Szanghaju w Chinach He i współpracownicy⁴⁵ stwierdzili, że zalecenie spędzania większej ilości czasu na świeżym powietrzu w niewielkim stopniu chroni przed postępowaniem krótkowzroczności; jednak żadna z grup, którym zalecono spędzanie większej ilości czasu na świeżym powietrzu, nie osiągnęła wyznaczonych celów, co podkreśla potrzebę monitorowania przestrzegania zaleceń dotyczących interwencji, a także ulepszonych strategii mających na celu zwiększenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu. W wieloobszarowym, randomizowanym badaniu klinicznym z grupą kontrolną przeprowadzonym na Tajwanie ryzyko szybkiego postępu krótkowzroczności zmniejszyło się o 54% w grupie objętej interwencją.⁽⁴⁶⁾

Low-Dose Atropine

- **Evidence:** Most Asian studies showed significant effectiveness in myopia control. However, in some non-Asian studies effectiveness was small or non-significant.
- **Controversy:** Clinical benefit versus ethnicity, long-term treatment and optimal dosing need further investigation.

New Generation Spectacles

- **Evidence:** Studies have shown evidence of efficacy in controlling myopia progression.
- **Controversy:** Long-term impact is unknown, and majority of studies are industry-sponsored.

Soft contact lenses for myopia control

- **Evidence:** Studies found significant reductions in myopia progression.
- **Controversy:** Ongoing concerns include contact lens-related microbial keratitis.

Orthokeratology

- **Evidence:** Studies have shown evidence of effective myopia control.
- **Controversy:** Concerns include corneal health and contact lens-related microbial keratitis.

Low-Level Red Light

- **Evidence:** All studies shown high effectiveness for 1 to 2 years of treatment.
- **Controversy:** Long-term effectiveness and safety need to be evaluated.

Time Spent Outdoors

- **Evidence:** Some studies showed no significant association with myopia progression.
- **Controversy:** Researchers debate confounding factors, how to increase outdoor time and future study designs.

RYSUNEK 1. 6 najważniejszych priorytetów badań nad leczeniem krótkowzroczności.

Odnotowano sezonowy wpływ na postęp krótkowzroczności, polegający na zmniejszeniu wydłużenia osiowego i postępu krótkowzroczności w lecie ⁽⁴⁷⁾ co sugeruje że fizjologiczny wzrost oka może przebiegać zgodnie z sezonowym wzorcem związanym ze składem i intensywnością światła dziennego. Dalsze badania nad mechanizmami i czynnikami ryzyka rozwoju i postępu krótkowzroczności, w tym czasem spędzonym na świeżym powietrzu, powinny być priorytetem naszej społeczności.

WNIOSKI

Integralną częścią poszukiwań skutecznych metod kontroli postępu krótkowzroczności u dzieci będzie analiza osób, u których terapie kontroli krótkowzroczności nie przyniosły efektów. Nie wiadomo, czy osoby te będą dorosłymi z powikłaniami zagrażającymi wzrokowi i czy jakkolwiek terapia zapobiegłaby rozwojowi tych powikłań. Udostępnianie danych pozbawionych elementów umożliwiających identyfikację

Sformalizowane, wyselekcjonowane dane z wielu badań mogłyby umożliwić badaczom rozszerzenie badań nad czynnikami ryzyka progresji, skutecznymi i nieskutecznymi metodami leczenia, czynnikami prognostycznymi sukcesu i porażki leczenia, opracowanie nowych lub modyfikację obecnych metod leczenia, a nawet przepisywanie spersonalizowanego leczenia.

Na [rysunku 1](#) przedstawiamy 6 kontrowersyjnych kwestii i sugerujemy, że powinny one stanowić priorytety w badaniach nad leczeniem krótkowzroczności. Niedoskonałości obecnych metod leczenia postępującej krótkowzroczności są oczywiste i należy rygorystycznie badać nowe i zmodyfikowane strategie, aby zmniejszyć obciążenie związane z krótkowzrocznością bez przepisywania nieskutecznych i kosztownych terapii. Obecne ścieżki kliniczne priorytetowo traktują leczenie krótkowzroczności za pomocą okularów, soczewek kontaktowych i chirurgii refrakcyjnej, ale należy włączyć do nich skuteczne metody leczenia w celu kontroli krótkowzroczności, zwłaszcza u pacjentów zagrożonych wysoką krótkowzrocznością. Odkrywanie skutecznych metod leczenia o niskim obciążeniu, ulepszanie istniejących metod i zapewnienie powszechnej dostępności wszystkich metod pozostaje celem poprawy zdrowia publicznego.

Dodatkowe kontrowersje, które wymagają dalszej dyskusji i badań, obejmują optymalny wiek i stan refrakcji do rozpoczęcia leczenia, skuteczność terapii skojarzonych oraz wpływ długotrwałej pracy w bliskiej odległości na postęp krótkowzroczności. Kluczowe znaczenie ma identyfikacja małych dzieci z grupy wysokiego ryzyka w celu wczesnej interwencji, ponieważ badania sugerują, że im młodsze dziecko, tym szybciej postępuje krótkowzroczność i tym większe jest prawdopodobieństwo rozwoju wyższego stopnia krótkowzroczności oraz ryzyka utraty wzroku w wieku dorosłym.

OŚWIADCZENIE O AUTORSTWIE

Carla Lanca: Pisanie – recenzja i redakcja, Pisanie – oryginalny szkic, Wizualizacja, Walidacja, Nadzór, Oprogramowanie, Zasoby, Administracja projektu, Metodologia, Badania, Analiza formalna, Kuratorowanie danych, Konceptualizacja. **Michael X. Repka:** Pisanie – recenzja i redakcja, Konceptualizacja. **Andrzej Grzybowski:** Pisanie – recenzja i redakcja, nadzór, metodologia, badania, kuracja danych, konceptualizacja.

Finansowanie/wsparcie: Badanie nie otrzymało żadnego finansowania. Ujawnienie informacji finansowych: Carla Lanca pozostaje w relacji konsultacyjnej lub doradczej z firmą Eyerising. Michael X. Repka otrzymuje dotacje finansowe od National Eye Institute. Andrzej Grzybowski otrzymuje dotacje finansowe od firm Alcon, Bausch & Lomb, Zeiss, Teleon, Johnson & Johnson, CooperVision, Hoya, Essilor, Thea, Polpharma, Santen, Viatris i Alcon; otrzymuje wynagrodzenie za wystąpienia i wykłady od firm Thea, Polpharma, Santen, Viatris, Eyerising, Essilor & Alcon; jest członkiem zarządu firm Thea, Santen, Polpharma i Viatris. Wszyscy autorzy potwierdzają, że spełniają aktualne kryteria ICMJE dotyczące autorstwa.

BIBLIOGRAFIA

- Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL. Zwiększona częstość występowania krótkowzroczności w Stanach Zjednoczonych w latach 1971-1972 i 1999-2004. *Arch Ophthalmol.* 2009;127(12):1632. doi:10.1001/archophthalmol.2009.303.
- Willis JR, Vitale S, Morse L, et al. Częstość występowania krótkowzrocznej neowaskularyzacji naczyniówki w Stanach Zjednoczonych. *Ophthalmology.* 2016;123(8):1771-1782. doi:10.1016/j.ophtha.2016.04.021.
- Haarman AEG, Enthoven CA, Tideman JW, Tedja MS, Verhoeven VJM, Klaver CCW. Powikłania krótkowzroczności: przegląd i metaanaliza. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020;61(4):49. doi:10.1167/iovs.61.4.49.
- Chia A, Chua WH, Cheung YB, et al. Atropina w leczeniu krótkowzroczności u dzieci: bezpieczeństwo i skuteczność dawek 0,5%, 0,1% i 0,01% (Atropina w leczeniu krótkowzroczności 2). *Ophthalmology.* 2012;119(2):347-354. doi:10.1016/j.ophtha.2011.07.031.
- Kam KW, Yung W, Li GKH, Chen LJ, Young AL. Zakaźne zapalenie rogówki a stosowanie soczewek ortokorekcyjnych: przegląd systematyczny. *Infection.* 2017;45(6):727-735. doi:10.1007/s15010-017-1023-2.
- Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, et al. Długoterminowy efekt kontroli krótkowzroczności i bezpieczeństwo u dzieci noszących soczewki okularowe DIMS przez 6 lat. *Sci Rep.* 2023;13(1):5475. doi:10.1038/s41598-023-32700-7.
- Dong J, Zhu Z, Xu H, He M. Skuteczność powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu w kontrolowaniu krótkowzroczności u chińskich dzieci. *Ophthalmology.* 2023;130(2):198-204. doi:10.1016/j.ophtha.2022.08.024.
- Narodowa Akademia Nauk, Inżynierii i Medycyny; Wydział Nauk Behawioralnych i Społecznych oraz Edukacji; Rada ds. Nauk Behawioralnych, Poznawczych i Sensorycznych; Komitet ds. Krótkowzroczności: Patogeneza i rosnąca częstość występowania. *Krótkowzroczność: Przyczyny, profilaktyka i leczenie coraz powszechniejszej choroby.* National Academies Press (USA); 2024.
- National Library of Medicine. ClinicalTrials.gov. Dostęp: 25 kwietnia 2024 r. <https://clinicaltrials.gov/search?cond=myopia>
- Zadnik K, Schulman E, Flitcroft I, et al. Skuteczność i bezpieczeństwo stosowania 0,01% i 0,02% atropiny w leczeniu postępującej krótkowzroczności u dzieci w ciągu 3 lat. *JAMA Ophthalmol.* 2023;141(10):990. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.2097.
- Wei S, Li SM, An W, et al. Bezpieczeństwo i skuteczność niskodawkowych kropli do oczu z atropiną w leczeniu postępującej krótkowzroczności u chińskich dzieci. *JAMA Ophthalmol.* 2020;138(11):1178. doi:10.1001/jamaophthalmol.2020.3820.
- Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y, et al. Trzyletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania niskich stężeń atropiny w leczeniu postępującej krótkowzroczności (LAMP): kontynuacja versus odstawienie: raport z fazy 3. *Ophthalmology.* 2022;129(3):308-321. doi:10.1016/j.ophtha.2021.10.002.
- Repka MX, Weise KK, Chandler DL i in. Niskodawkowe krople do oczu zawierające 0,01% atropiny w porównaniu z placebo w kontroli krótkowzroczności. *JAMA Ophthalmol.* 2023;141(8):756. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.2855.
- Lee SS, Nilagiri VK, Lingham G, et al. Postęp krótkowzroczności po zaprzestaniu stosowania 0,01% atropiny u dzieci w Australii: Wyniki badania Western Australia – Atropine for the Treatment of Myopia (WA-ATOM). *Clin Exp Ophthalmol.* 2024;52(5):507-515. doi:10.1111/ceo.14368.
- Loughman J, Kobia-Acquah E, Lingham G, et al. Badanie wyników leczenia krótkowzroczności u dzieci za pomocą atropiny: dwuletnie wyniki codziennego stosowania 0,01% atropiny w populacji europejskiej. *Acta Ophthalmol.* 2024;102(3):e245-e256. doi:10.1111/aos.15761.
- Zhang XJ, Zhang Y, Yip BHK, et al. Pięcioletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania atropiny w niskim stężeniu w leczeniu krótkowzroczności (LAMP): raport z fazy 4. *Ophthalmology.* 2024;131(9):1011-1020. doi:10.1016/j.ophtha.2024.03.013.
- Li Y, Yip M, Ning Y, et al. Miejscowe stosowanie atropiny w kontroli krótkowzroczności u dzieci: długoterminowe badanie oceniające leczenie atropiną. *JAMA Ophthalmol.* 2024;142(1):15. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.5467.
- Bao J, Huang Y, Li X, et al. Soczewki okularowe z asferycznymi soczewkami do kontroli krótkowzroczności w porównaniu z soczewkami okularowymi jednoogniskowymi.

- . *JAMA Ophthalmol.* 2022;140(5):472. doi:10.1001/jamaophthalmol.2022.0401.
19. Bao J, Yang A, Huang Y, et al. Skuteczność kontroli krótkowzroczności przez rok w przypadku soczewek okularowych z asferycznymi soczewkami. *Br J Ophthalmol.* 2022;106(8):1171–1176. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-318367.
20. Li X, Huang Y, Yin Z, et al. Skuteczność kontroli krótkowzroczności przez soczewki okularowe z asferycznymi soczewkami: wyniki trzyletniego badania obserwacyjnego. *Am J Ophthalmol.* 2023;253:160–168. doi:10.1016/j.ajo.2023.03.030.
21. Sankaridurg P, Weng R, Tran H, et al. Soczewki okularowe z wysoce asferycznymi soczewkami do spowalniania krótkowzroczności: randomizowane, podwójnie ślepe, krzyżowe badanie kliniczne. *Am J Ophthalmol.* 2023;247:18–24. doi:10.1016/j.ajo.2022.10.021.
22. Lam CSY, Tang WC, Tse DY Yin i in. Soczewki okularowe z wbudowanym defokusem wielosegmentowym (DIMS) spowalniają postęp krótkowzroczności: 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Br J Ophthalmol.* 2020;104(3):363–368. doi:10.1136/bjophthalmol-2018-313739.
23. Rappon J, Chung C, Young G, et al. Kontrola krótkowzroczności przy użyciu soczewek okularowych z optyką dyfuzyjną: 12-miesięczne wyniki randomizowanego kontrolowanego badania skuteczności i bezpieczeństwa (CY- PRESS). *Br J Ophthalmol.* 2023;107(11):1709–1715. doi:10.1136/bjo-2021-321005.
24. Gifford KL. Porównanie ryzyka w dzieciństwie i w ciągu całego życia związanego z kontrolą myopii za pomocą soczewek kontaktowych. *Contact Lens Anterior Eye.* 2020;43(1):26–32. doi:10.1016/j.clae.2019.11.007.
25. Bullimore MA, Richdale K. Częstość występowania niepożądanych zdarzeń dotyczących rogówki u dzieci noszących miękkie soczewki kontaktowe. *Eye Contact Lens.* 2023;49(5):204–211. doi:10.1097/ICL.0000000000000976.
26. Díaz-Gómez S, Burgos-Martínez M, Sankaridurg P, Urkia-Solorzano A, Carballo-Álvarez J. Skuteczność dwuletniego leczenia krótkowzroczności za pomocą miękkich soczewek kontaktowych o zwiększonej głębi ostrości (MYLO) u dzieci rasy kaukaskiej. *Am J Ophthalmol.* 2024;260:122–131. doi:10.1016/j.ajo.2023.11.025.
27. Chamberlain P, Bradley A, Arumugam B, et al. Długoterminowy wpływ soczewek kontaktowych o podwójnej ogniskowej na postęp krótkowzroczności u dzieci z krótkowzrocznością: 6-letnie wieloośrodkowe badanie kliniczne. *Optom Vis Sci.* 2022;99(3):204–212. doi:10.1097/OPX.0000000000001873.
28. Chamberlain P, Peixoto-de-Matos SC, Logan NS, Ngo C, Jones D, Young G. Trzyletnie randomizowane badanie kliniczne dotyczące soczewek MiSight stosowanych w kontroli krótkowzroczności. *Optom Vis Sci.* 2019;96(8):556–567. doi:10.1097/OPX.0000000000001410.
29. Ruiz-Pomeda A, Pérez-Sánchez B, Valls I, Prieto-Garrido FL, Gutiérrez-Ortega R, MiSight Villa-Collar C. Ocena badania MiSight w Hiszpanii (MASS): 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256(5):1011–1021. doi:10.1007/s00417-018-3906-z.
30. Prieto-Garrido FL, Hernández Verdejo JL, Villa-Collar C, Ruiz-Pomeda A. Czynniki prognostyczne progresji krótkowzroczności w badaniu MiSight Assessment Study Spain (MASS) (). *J Optom.* 2022;15(1):78–87. doi:10.1016/j.optom.2020.11.003.
31. Cho P, Cheung SW. Badanie Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO): 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(11):7077. doi:10.1167/iovs.12-10565.
32. Smith EL. Strategie leczenia optycznego mające na celu spowolnienie postępu krótkowzroczności: wpływ zakresu widzenia strefy leczenia optycznego. *Exp Eye Res.* 2013;114:77–88. doi:10.1016/j.exer.2012.11.019.
33. Santodomingo-Rubido J, Cheung SW, Villa-Collar C. Nowe spojrzenie na skuteczność ortokorekcji w kontrolowaniu krótkowzroczności. *Contact Lens Anterior Eye.* 2024;47(5):102251. doi:10.1016/j.clae.2024.102251.
34. Bullimore MA, Mirsayafav DS, Khurai AR, et al. Pediatryczne mikrobiologiczne zapalenie rogówki związane z ortokeratologią nocną w Rosji. *Eye Contact Lens Sci Clin Pract.* 2021;47(7):420–425. doi:10.1097/ICL.0000000000000801.
35. Lee YS, Tan HY, Yeh LK, et al. Mikrobiologiczne zapalenie rogówki u dzieci na Tajwanie: profile kliniczne i mikrobiologiczne, 1998–2002 w porównaniu z 2008–2012. *Am J Ophthalmol.* 2014;157(5):1090–1096 e1. doi:10.1016/j.ajo.2014.01.013.
36. Jiang Y, Zhu Z, Tan X, et al. Wpływ powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu na kontrolę krótkowzroczności u dzieci. *Ophthalmology.* 2022;129(5):509–519. doi:10.1016/j.ophtha.2021.11.023.
37. Liu H, Yang Y, Guo J, Peng J, Zhao P. Uszkodzenie siatkówki po wielokrotnej ekspozycji na laserowe światło czerwone o niskim natężeniu. *JAMA Ophthalmol.* 2023;141(7):693. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.1548.
38. He X, Wang J, Zhu Z, et al. Wpływ powtarzającego się działania światła czerwonego o niskiej intensywności na zapobieganie krótkowzroczności wśród dzieci w Chinach z przedwczesną krótkowzrocznością. *JAMA Netw Open.* 2023;6(4):e239612. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.9612.
39. Cao K, Tian L, Ma DL, et al. Codzienne naświetlanie słabym światłem czerwonym w przypadku błędu sferycznego i długości osiowej u dzieci z krótkowzrocznością. *JAMA Ophthalmol.* 2024;142(6):560. doi:10.1001/jamaophthalmol.2024.0801.
40. Tang J, Liao Y, Yan N, et al. Skuteczność powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu w spowalnianiu postępu krótkowzroczności u dzieci: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Am J Ophthalmol.* 2023;252:153–163. doi:10.1016/j.ajo.2023.03.036.
41. Ostrin LA, Schill AW. Urządzenia wykorzystujące światło czerwone do leczenia krótkowzroczności przekraczają limity bezpieczeństwa. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2024;44(2):241–248. doi:10.1111/opo.13272.
42. He M, Xiang F, Zeng Y, et al. Wpływ czasu spędzanego na świeżym powietrzu w szkole na rozwój krótkowzroczności wśród dzieci w Chinach. *JAMA.* 2015;314(11):1142. doi:10.1001/jama.2015.10803.
43. Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, et al. Czas spędzany na świeżym powietrzu a zapobieganie i kontrola krótkowzroczności: metaanaliza i przegląd systematyczny. *Acta Ophthalmol.* 2017;95(6):551–566. doi:10.1111/aos.13403.
44. Dhakal R, Shah R, Huntjens B, Verkicharla PK, Lawren-son JG. Czas spędzany na świeżym powietrzu jako środek zapobiegający krótkowzroczności i kontrolujący ją u dzieci: przegląd systematyczny przeglądów. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2022;42(3):545–558. doi:10.1111/opo.12945.
45. He X, Sankaridurg P, Wang J, et al. Czas spędzany na świeżym powietrzu a zmniejszenie krótkowzroczności. *Okulistyka.* 2022;129(11):1245–1254. doi:10.1016/j.ophtha.2022.06.024.

46. Wu PC, Chen CT, Lin KK, et al. Zapobieganie krótkowzroczności a natężenie światła na zewnątrz w randomizowanym badaniu klinicznym z grupami kontrolnymi przeprowadzonym w szkołach (). *Okulistyka*. 2018;125(8):1239–1250. doi:[10.1016/j.ophtha.2017.12.011](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.12.011) .
47. Gwiazda J, Deng L, Manny R, Norton TTCOMET Study Group. Sezonowe zmiany w postępie krótkowzroczności u dzieci uczestniczących w badaniu oceniającym korekcję krótkowzroczności. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55(2):752–758. doi:[10.1167/iovs.13-13029](https://doi.org/10.1167/iovs.13-13029).