



Leczenie krótkowzroczności: mini-przegląd

Andrzej Grzybowski^{1,2} i Carla Lanca^{3,4}

¹ Instytut Badań Okulistycznych, Fundacja Rozwoju Okulistyki, Poznań, Polska

² Katedra Okulistyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, Polska

³ Wydział Naukowy, Uniwersytet Nowojorski w Abu Zabi, dzielnica Saadiyat Marina, Abu Zabi, Zjednoczone Emiraty Arabskie

⁴ Centrum Kompleksowych Badań nad Zdrowiem (CHRC), Escola Nacional de Saude Publica, Universidade NOVA de Lisboa, Lizbona, Portugalia

STRESZCZENIE

Kontekst: Krótkowzroczność staje się coraz powszechniejsza w wielu populacjach na całym świecie, szczególnie w Azji Wschodniej, a jej główną przyczyną jest wydłużenie osiowe, czyli zmiana strukturalna związana ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia makulopatii krótkowzrocznej, odwarstwienia siatkówki, jaskry i zaćmy. Rosnąca liczba dostępnych metod kontroli krótkowzroczności może utrudniać wybór leczenia i podejmowanie decyzji dotyczących postępowania w ramach rutynowej opieki pediatrycznej. Niniejszy przegląd narracyjny stanowi syntezę aktualnych dowodów naukowych i wytycznych dotyczących opóźniania wystąpienia krótkowzroczności i spowalniania jej postępu u dzieci.

Metody: Przeprowadzono ukierunkowane, niesystematyczne wyszukiwanie w bazach PubMed/MEDLINE, Embase i Cochrane Library w celu znalezienia anglojęzycznych publikacji wydanych od stycznia 2015 r. do lipca 2025 r., uzupełnione o przełomowe badania przeprowadzone przed 2015 r. Kwalifikujące się publikacje obejmowały randomizowane lub porównawcze badania kliniczne, przeglądy systematyczne/metaanalizy oraz profesjonalne konsensusy/wytyczne dotyczące uczestników w wieku poniżej 18 lat, w których podano refrakcję sferyczną ekwiwalentną i/lub długość osiową (AL). Włączono badania nieporównawcze, aby uzyskać dodatkowe informacje na temat bezpieczeństwa, w tym zdarzeń niepożądanych. Wyniki zostały zsyntetyzowane i przedstawione w formie narracyjnej.

Wyniki: Przeanalizowane dowody wskazywały, że wydłużenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu konsekwentnie zmniejszało częstość występowania krótkowzroczności i nieznacznie spowalniało jej postęp, co przemawia za przyjęciem niedrogich strategii profilaktycznych. Związki między pracą w bliskiej odległości i ekspozycją na urządzenia cyfrowe a krótkowzrocznością były mniej spójne, chociaż nadal zaleca się umiarkowanie tych czynności. Interwencje optyczne wykazały stałą skuteczność w porównaniu z korekcją jednoogniskową, przy czym istnieją mocne dowody na skuteczność okularów z soczewkami wielosegmentowymi z defokusem (DIMS) i soczewkami o wysokiej asferyczności oraz miękkich soczewek kontaktowych z podwójnym ogniskiem/wysokim dodatkiem; bezpieczeństwo było ogólnie korzystne, chociaż noszenie soczewek kontaktowych wymaga ograniczenia ryzyka infekcji. Ortokeratologia była skuteczna w spowalnianiu wydłużania osiowego, ale wymaga specjalistycznego dopasowania, ustrukturyzowanej obserwacji i może być następowana przez efekt odbicia po zaprzestaniu stosowania. Atropina wykazała działanie zależne od stężenia; 0,01% atropiny dało niejednolite korzyści w zakresie wydłużania osiowego w kilku badaniach poza Azją, ale długoterminowe dane europejskie sugerują skumulowaną przewagę ciągłego leczenia 0,01% w porównaniu z placebo. Powtarzana terapia światłem czerwonym o niskim natężeniu zmniejszała wydłużenie osiowe we wczesnych badaniach, ale była ograniczona przez heterogeniczność protokołów, efekt odbicia i niepewność co do długoterminowego bezpieczeństwa. Schematy skojarzone (zwłaszcza ortokorekcja w połączeniu z niskimi dawkami atropiny oraz DIMS w połączeniu z atropiną) mogą zapewnić dodatkowe spowolnienie wydłużania osiowego gałki ocznej, szczególnie u dzieci z szybszym postępowaniem choroby.

Wnioski: Dowody potwierdzają skuteczność zróżnicowanego podejścia uwzględniającego czas spędzany na świeżym powietrzu oraz skuteczną terapię optyczną i/lub farmakologiczną. Przyszłe badania powinny skupiać się na bezpośrednich badaniach porównawczych ze standardowymi punktami końcowymi AL, dłuższym okresem obserwacji, włączeniem bardziej zróżnicowanych populacji, sprawdzonymi strategiami zaprzestania leczenia oraz niezależnymi standardami bezpieczeństwa i wydajności urządzeń wykorzystujących światło.

SŁOWA KLUCZOWE

krótkowzroczność, postępowanie kliniczne, długość osiowa oka, refrakcja oka, leczenie chorób, dzieci

Korespondencja: Andrzej Grzybowski, Katedra Okulistyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, Polska. E-mail: ae.grzybowski@gmail.com . ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3724-2391>.

Jak cytować ten artykuł: Grzybowski A, Lanca C. Leczenie krótkowzroczności: mini-przegląd. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol. 2026 wiosna; 15(1): 1-20. <https://doi.org/10.51329/mehdiophthal1536>

Otrzymano: 30 października 2025 r.; Zaakceptowano: 25 lutego 2026 r.



Prawa autorskie © Autorzy. Jest to artykuł dostępny na zasadach otwartego dostępu, rozpowszechniany na warunkach licencji Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), która zezwala na kopiowanie i redystrybucję materiału wyłącznie do użytku niekomercyjnego, pod warunkiem prawidłowego cytowania oryginalnego dzieła.



WPROWADZENIE

Krótkowzroczność, znana również jako miopia lub niedowidzenie, jest wadą refrakcji, w której równoległe promienie światła wpadające do oka skupiają się przed siatkówką, najczęściej z powodu nadmiernego wydłużenia osiowego, powodując niewyraźne widzenie na odległość [1, 2]. Krótkowzroczność klasyfikuje się według sferycznego ekwiwalentu refrakcji (SER) przy rozluźnionej akomodacji oka [1]. $SER \leq -0,50$ D definiuje się jako krótkowzroczność, przy czym krótkowzroczność niskiego stopnia wynosi od $SER \leq -0,50$ do $> -6,00$ D i wysoka krótkowzroczność sklasyfikowana jako $SER \leq -6,00$ D. Ponadto wprowadzono pojęcie przedkrótkowzroczności, aby opisać stan refrakcji między $\leq +0,75$ D a $> -0,50$ D u dzieci, gdzie refrakcja wyjściowa, wiek i inne wymierne czynniki ryzyka zapewniają wystarczająco wysokie prawdopodobieństwo rozwoju krótkowzroczności, aby uzasadnić wczesne interwencje profilaktyczne. Wysoka krótkowzroczność zwiększa ryzyko zwyrodnienia plamki żółtej spowodowanego krótkowzrocznością, odwarstwienia siatkówki regmatogennej, jaskry z otwartym kątem przesączania i zaćmy, przy czym ryzyko wzrasta wraz ze wzrostem długości osiowej (AL) i stopnia krótkowzroczności, ale podwyższone ryzyko utrzymuje się nawet przy niskim lub umiarkowanym stopniu krótkowzroczności [3]. Co ważne, zagrażająca wzroku makulopatia krótkowzroczna może rozpocząć się już w dzieciństwie [4].

Częstość występowania krótkowzroczności szybko rośnie na całym świecie, przy czym istnieją znaczne różnice wynikające z położenia geograficznego, urbanizacji i stylu życia. W Azji Wschodniej i Południowo-Wschodniej nawet 90% absolwentów szkół średnich jest krótkowzrocznych, a u 10–20% z nich dochodzi do wysokiej krótkowzroczności [5–8]. Dane z badań longitudinalnych przeprowadzonych w Chinach wskazują, że w ciągu 15 lat częstość występowania ciężkiej krótkowzroczności wśród młodzieży miejskiej wzrosła z 7,9% do 16,6% [9]. Podobne tendencje wzrostowe, choć z niższych poziomów wyjściowych, obserwuje się w krajach zachodnich, w tym w Stanach Zjednoczonych, Australii i niektórych krajach Europy [5–7].

Sytuacja w zakresie leczenia krótkowzroczności szybko się zmienia, a nowe technologie, pojawiające się metody, długoterminowe zbiory danych, systematyczne przeglądy i metaanalizy regularnie trafiają do recenzowanych publikacji naukowych [10–13]. Chociaż ta rosnąca baza dowodów jest obiecująca dla pacjentów, może stanowić wyzwanie dla lekarzy przy podejmowaniu świadomych decyzji dotyczących leczenia [14].

Niniejszy przegląd narracyjny zawiera aktualny przegląd obecnych strategii leczenia krótkowzroczności, kładąc nacisk na oparte na dowodach naukowych interwencje mające na celu spowolnienie postępu choroby, ich mechanizmy działania, skuteczność kliniczną oraz praktyczne aspekty wdrożenia w populacji pediatrycznej. Opierając się na wybranych najnowszych publikacjach, ze szczególnym uwzględnieniem metod najczęściej stosowanych w europejskiej praktyce klinicznej, przegląd ma na celu dostarczenie praktykującym lekarzom aktualnych informacji, które pomogą im w podejmowaniu świadomych decyzji i optymalizacji wyników leczenia dzieci z krótkowzrocznością.

METODY

Niniejszy mini-przegląd został przeprowadzony jako ukierunkowana, niesystematyczna synteza narracyjna współczesnych dowodów dotyczących interwencji mających na celu opóźnienie wystąpienia krótkowzroczności i/lub spowolnienie jej postępu w populacjach pediatrycznych. Zakres obejmował środki behawioralne/środowiskowe, interwencje optyczne (okulary, miękkie soczewki kontaktowe i ortokorekcja), terapię farmakologiczną (atropina), nowe metody oparte na świetle (powtarzane naświetlanie światłem czerwonym o niskiej intensywności [RLRL]) oraz schematy łączone, wraz z wytycznymi dotyczącymi podejmowania decyzji klinicznych w rutynowej praktyce.

Przeprowadzono ukierunkowane wyszukiwanie w bazach PubMed/MEDLINE, Embase i Cochrane Library w celu zidentyfikowania anglojęzycznych publikacji wydanych w latach 2015–2025, uzupełnionych o przełomowe badania przeprowadzone przed 2015 r. Kluczowe terminy obejmowały kontrolę lub progresję krótkowzroczności w populacjach pediatrycznych, z naciskiem na wyniki refrakcyjne i biometryczne (SER i AL) oraz główne metody interwencji, w tym terapie optyczne, farmakologiczne, behawioralne i oparte na świetle. Artykuły uznano za kwalifikujące się, jeśli obejmowały: uczestników w wieku poniżej 18 lat (lub zawierały oddzielne dane pediatryczne) oraz SER lub AL jako wyniki. Rodzaje uwzględnionych artykułów obejmowały randomizowane badania kontrolowane (RCT) lub inne porównawcze badania kliniczne, przeglądy systematyczne i metaanalizy oraz profesjonalne oświadczenia konsensusowe, wytyczne lub stanowiska. Biorąc pod uwagę nacisk na zastosowanie kliniczne, badania nieporównawcze i opisy przypadków/serii nie zostały wykorzystane do oszacowania skuteczności porównawczej, ale kwalifikowały się do uwzględnienia, jeśli dostarczały istotnych klinicznie informacji dotyczących bezpieczeństwa, tolerancji, kwestii związanych z urządzeniami lub obserwacji po zaprzestaniu stosowania (efekt odbicia). Wykluczono zapisy, które obejmowały wyłącznie osoby dorosłe (≥ 18 lat) bez możliwości do uzyskania wyników dotyczących dzieci; dotyczyły chirurgii refrakcyjnej wykonywanej wyłącznie w celu korekcji wzroku (a nie w celu leczenia postępującej krótkowzroczności lub jej powikłania); lub zostały przeprowadzone na modelach zwierzęcych.

Z uwzględnionych źródeł uzyskano następujące informacje jakościowe: projekt badania i jego warunki; przedział wiekowy uczestników i wyjściowy stan refrakcji; charakterystyka interwencji; porównania; czas trwania obserwacji; oraz kluczowe wyniki dotyczące skuteczności i bezpieczeństwa.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Krótki przegląd opcji leczenia krótkowzroczności

Dostępne interwencje w leczeniu krótkowzroczności obejmują terapie behawioralne, optyczne, farmakologiczne i nowe terapie, przy czym niektóre kombinacje terapii zapewniają zwiększoną skuteczność [12, 13, 15–17].

Interwencje behawioralne pozostają podstawową strategią stosowaną przez lekarzy w celu ograniczenia występowania krótkowzroczności. Wydłużenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu jest konsekwentnie kojarzone z mniejszym ryzykiem rozwoju krótkowzroczności, prawdopodobnie ze względu na ekspozycję na większe natężenie światła i korzystny skład spektralny światła słonecznego. Interwencje szkolne promujące spędzanie czasu na świeżym powietrzu wykazały korzyści profilaktyczne, chociaż ich wdrażanie pozostaje niespójne w różnych regionach geograficznych [18]. Wczesna interwencja ma kluczowe znaczenie, a zwiększenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu może skutecznie zmniejszyć zarówno wystąpienie, jak i postęp wad refrakcji u dzieci przed krótkowzrocznością [19–22]. Programy na świeżym powietrzu są praktyczne, nieinwazyjne i oferują skalowalne podejście do zapobiegania krótkowzroczności w populacji w wieku szkolnym [23, 24]. Natomiast dowody dotyczące roli pracy w bliskiej odległości i czasu spędzanego przed ekranem są mniej jednoznaczne; niemniej jednak zalecenia dotyczące ograniczenia nadmiernej pracy w bliskiej odległości i zmniejszenia korzystania z ekranów cyfrowych są powszechnie zalecane jako część zarządzania opartego na stylu życia [14, 25].

Kilka zabiegów optycznych wykazało skuteczność w kontrolowaniu postępu krótkowzroczności. Wieloogniskowe i koncentryczne dwuogniskowe miękkie soczewki kontaktowe (SCL) skutecznie modulują wydłużenie osiowe, a najnowsze dane wskazują, że po zaprzestaniu leczenia nie dochodzi do nawrotu [26]. Jednak ich stosowanie u dzieci wymaga ostrożnego rozważenia ze względu na związane z tym ryzyko mikrobiologicznego zapalenia rogówki. Ortocheratologia (Ortho-K), polegająca na noszeniu przez noc sztywnych soczewek przepuszczających gaz w celu tymczasowej zmiany kształtu rogówki, wykazała znaczną skuteczność w spowalnianiu postępu krótkowzroczności [11, 27–30], chociaż problemy z nietolerancją i zwiększonym ryzykiem infekcji ograniczają jej powszechne stosowanie [31, 32]. Ponadto okulary kontrolujące krótkowzroczność, w szczególności modele z wbudowanym defokusem, takie jak soczewki wieloogniskowe i soczewki peryferyjne plus, wykazały znaczące spowolnienie postępu krótkowzroczności [33]. W tej dziedzinie pojawia się kilka nowych technologii soczewek okularowych, ale nadal potrzebne są długoterminowe dane, aby potwierdzić ich trwałe bezpieczeństwo i skuteczność. Typowe terminy używane do opisu obecnych technologii soczewek okularowych w leczeniu krótkowzroczności obejmują cylindryczne pierścieniowe elementy refrakcyjne (CARE), soczewki wielosegmentowe z wbudowanym defokusem (DIMS), technologię optyki dyfuzyjnej (DOT), technologię soczewek wysoce asferycznych (HAL), soczewki progresywne (PAL), soczewki okularowe modyfikujące defokus peryferyjny (PDMSL) oraz soczewki okularowe z dodatkiem peryferyjnym (PPSL) [15, 33–45].

Interwencje farmakologiczne mające na celu kontrolę krótkowzroczności koncentrują się przede wszystkim na stosowaniu kropli do oczu zawierających atropinę. Wykazano, że wysokie dawki atropiny ($\geq 0,5\%$) zapewniają umiarkowaną skuteczność w zmniejszaniu zarówno postępu krótkowzroczności, jak i wydłużenia osiowego, podczas gdy średnie ($0,1\%$ do $<0,5\%$) i niskie dawki atropiny ($<0,1\%$) wykazują różny poziom skuteczności, z zauważalnymi różnicami między populacjami azjatyckimi i nieazjatyckimi [15, 17, 46]. Najnowsze badania sugerują, że nowe nośniki, takie jak woda deuterowana, mogą dodatkowo zwiększyć skuteczność niskich dawek atropiny [46]. Oprócz atropiny badane są również inne środki farmakologiczne, w tym pirenzepina i 7-metyloksantyna, jednak dotychczasowe dowody kliniczne potwierdzające ich skuteczność są nadal ograniczone [14, 47–51].

Wśród nowych metod leczenia, terapia RLRL zyskała ostatnio uwagę jako nieinwazyjna metoda leczenia, która w wczesnych badaniach klinicznych wykazała obiecujące wyniki w spowalnianiu postępu krótkowzroczności. Pomimo tych zachęcających wyników, długoterminowy profil bezpieczeństwa i trwałość skuteczności terapii RLRL wymagają jeszcze pełnej weryfikacji w ramach większych badań longitudinalnych. Natomiast zabiegi chirurgiczne mają charakter przede wszystkim korekcyjny, a nie profilaktyczny, i są zarezerwowane dla zaawansowanych stadiów krótkowzroczności. Zabiegi te mają na celu leczenie powikłań, takich jak odwarstwienie siatkówki lub makulopatia krótkowzroczna [16], a nie bezpośrednie zwalczanie samego postępu krótkowzroczności.

Aktualne wytyczne dotyczące leczenia krótkowzroczności

Kilka stowarzyszeń zawodowych i grup ekspertów opracowało ogólne wytyczne dotyczące stosowania metod kontroli krótkowzroczności, jednak nadal brakuje jednolitego konsensusu w sprawie holistycznego podejścia do leczenia. Europejskie Towarzystwo Okulistyczne zaproponowało algorytm konsensusowy określający strategię wielopoziomową: na poziomie profilaktyki pierwotnej zaleca się wszystkim dzieciom z grupy ryzyka zmianę stylu życia w celu opóźnienia wystąpienia krótkowzroczności; na poziomie profilaktyki wtórnej kładzie się nacisk na badania przesiewowe i monitorowanie dzieci w wieku poniżej 6 lat z objawami przedkrótkowzroczności w celu wczesnego wykrycia oznak ryzyka [52]. Po potwierdzeniu postępu algorytm sugeruje eskalację leczenia, zaczynając od okularów defokusowych, a następnie atropiny lub ortokorekcji, w zależności od nasilenia, zgodności i profilu ryzyka. W oświadczeniu Europejskiego Towarzystwa Okulistycznego uznano również terapię RLRL za obiecującą, ale niewystarczająco sprawdzoną metodę w europejskich badaniach [52].

W ramach konsensusu Modified Delphi Consensus dla Wielkiej Brytanii i Irlandii zaleca się stosowanie soczewek PPSL lub specjalnie zaprojektowanych soczewek kontaktowych jako opcji pierwszego wyboru, a po wprowadzeniu na rynek europejski niskich dawek atropiny należy rozważyć ich stosowanie [34]. Zaleca się również stosowanie porad dotyczących stylu życia

, w szczególności zachęcanie do spędzania co najmniej 2 godzin dziennie na świeżym powietrzu, chociaż dowody dotyczące odległości pracy z bliska i oświetlenia są uważane za niewystarczające do sformułowania formalnych wytycznych [34]. Konsensus podkreśla również znaczenie równego dostępu i zmniejszenia barier finansowych w dostępie do opieki [34].

Na poziomie międzynarodowym Światowe Towarzystwo Okulistyki Dziecięcej i Zeza (WSPOS) opublikowało swoje stanowisko w sprawie krótkowzroczności na rok 2025, w którym podzieliło interwencje na te, które „wydają się skuteczne” i te, które „nie działają lub mają minimalny efekt” [35]. Skuteczne strategie obejmowały okulary z soczewkami defokusowymi (np. DIMS, HAL), miękkie soczewki kontaktowe z podwójnym ogniskiem lub soczewki wieloogniskowe o wysokim dodatku, ortokorekcję, niskie dawki atropiny, zwiększenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu i zmniejszenie intensywności pracy w bliskiej odległości [35]. Natomiast interwencje takie jak niedokorygowanie krótkowzroczności, okulary z otworami, okulary blokujące światło niebieskie, standardowe okulary dwuogniskowe i okulary progresywne, starsze generacje asferycznych okularów z „peryferyjnym defokusem” (w przeciwieństwie do korzyści obserwowanych w przypadku nowszych modeli DIMS/HAL); miękkie soczewki kontaktowe jednoogniskowe i twarde soczewki gazoprzepuszczalne okazały się nieskuteczne lub minimalnie skuteczne [35].

Trzy ostatnie badania przeprowadzone w Europie dają wgląd w aktualną praktykę leczenia krótkowzroczności u dzieci. Najczęściej zalecano spędzanie czasu na świeżym powietrzu, stosowanie niskich dawek atropiny, a następnie SCL i różnych okularów kontrolujących krótkowzroczność, które były preferowane w stosunku do średnich dawek atropiny, RLRL lub wysokich dawek atropiny [14, 53, 54].

W najnowszym przeglądzie wykorzystano wizualizację jakościową do porównania metod kontroli krótkowzroczności pod kątem szacowanej skuteczności, kosztów, siły dowodów i profilu zdarzeń niepożądanych. Szybki rozwój opcji optycznych, farmakologicznych i behawioralnych, wraz z różnicami w wytycznych między regionami, skomplikował syntezę dowodów. Potrzebne są zwięzłe, oparte na dowodach podsumowania, które pomogą lekarzom w podejmowaniu decyzji i będą wspierać zindywidualizowaną opiekę skoncentrowaną na pacjencie [15].

Interwencja w przypadku krótkowzroczności – aktualne dowody i wiedza

Interwencje behawioralne

Zwiększenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu i aktywności fizycznej

Wykazano, że spędzanie większej ilości czasu na świeżym powietrzu, zwłaszcza w słońcu, chroni przed wystąpieniem krótkowzroczności i nieznacznie spowalnia jej postęp, niezależnie od obciążenia wzroku pracą z bliska, krótkowzroczności rodziców i pochodzenia etnicznego [20, 55, 56]. Metaanaliza badań RCT wykazała 24% względne zmniejszenie częstości występowania krótkowzroczności (współczynnik ryzyka 0,76; 95% przedział ufności [CI] 0,67–0,87) oraz średnią korzyść SER wynoszącą 0,15 D, co wskazuje, że czas spędzany na świeżym powietrzu przyczynia się do zapobiegania krótkowzroczności [55]. W badaniu RCT przeprowadzonym w chińskich szkołach dodanie około 40 minut czasu spędzanego na świeżym powietrzu w ciągu dnia szkolnego zmniejszyło częstość występowania krótkowzroczności w porównaniu ze zwykłym programem nauczania [24]. W kolejnym dużym RCT z obiektywnym monitorowaniem (czujniki noszone na ciele) stwierdzono, że dodatkowe 40 minut spędzane na świeżym powietrzu w ciągu dnia szkolnego zmniejszyło częstość występowania o 16% w porównaniu z grupą kontrolną (współczynnik ryzyka [IRR] 0,84; 95% CI 0,72–0,99) [19]. Na poziomie polityki program tajwański nakazujący co najmniej 80 minut spędzania czasu na świeżym powietrzu w godzinach szkolnych wiązał się ze zmniejszeniem częstości występowania i spowolnieniem postępu krótkowzroczności, przy czym korzyści były najbardziej widoczne wśród dzieci, które nie były krótkowzroczne w momencie rozpoczęcia badania [18]. Dowody wskazują, że to ekspozycja na światło i naturalne oświetlenie, a nie aktywność fizyczna, są kluczowymi czynnikami korzystnymi w zapobieganiu krótkowzroczności [56, 57]. Proponowane mechanizmy są nadal badane; wysoka intensywność światła otoczenia i skład spektralny światła dziennego mogą modulować sygnały wzrostu oka, a badania eksperymentalne na naczelnych wskazują, że ekspozycja na długie fale może przeciwdziałać postępowi krótkowzroczności [56, 58–60].

Ogólnie rzecz biorąc, dowody przemawiają za zaleceniem zwiększenia czasu spędzanego na świeżym powietrzu, co najmniej 40 minut w ciągu dnia szkolnego, a w miarę możliwości do 80 minut, w celu ograniczenia występowania i postępu krótkowzroczności, przy czym największe korzyści odnoszą dzieci przedkrótkowzroczne [18, 19, 24, 55].

Jednak ostatnie badania sugerują, że chociaż ochronne działanie zwiększonego czasu spędzanego na świeżym powietrzu jest najsilniejsze u dzieci z nadwzrocznością, korzyści dla dzieci z przedkrótkowzrocznością wydają się bardziej ograniczone i mogą wymagać dłuższego przebywania na świeżym powietrzu [61]. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę szersze korzyści dla zdrowia i rozwoju, zwiększenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu pozostaje wskazane dla wszystkich dzieci, najlepiej w połączeniu z innymi działaniami profilaktycznymi, takimi jak terapia niskimi dawkami atropiny lub terapia światłem czerwonym [61]. Wdrożenie może nastąpić zarówno w szkołach, jak i w domu; programy na dużą skalę, dodające 40–80 dodatkowych minut spędzanych na świeżym powietrzu dziennie, są wykonalne, chociaż na ich przestrzeganie mogą mieć wpływ presja szkolna i czynniki sezonowe [18, 19, 62]. Czas spędzany na świeżym powietrzu jest powszechnie dostępny i w dużej mierze neutralny pod względem kosztów, chociaż należy zachęcać do rutynowej ochrony oczu i skóry przed promieniowaniem słonecznym [62].

Monitorowanie i skracanie czasu pracy w bliskiej odległości

Praca w bliskiej odległości, w tym długotrwałe korzystanie ze smartfonów i ekranów komputerowych, stała się modyfikowalnym czynnikiem behawioralnym związanym z krótkowzrocznością u dzieci [63]. Okres pandemii COVID-19 uznano za szczególnie istotny w zwiększaniu narażenia na długotrwałe czynności wykonywane przed ekranem w pomieszczeniach zamkniętych. W kohorcie z Hongkongu średni (odchylenie standardowe [SD]) dzienny czas spędzany przed ekranem wzrósł u dzieci z 2,45 (2,32) do 6,89 (4,42) godzin [64]. W kohorcie populacyjnej obejmującej

5074 dzieci urodzonych w Rotterdamie w Holandii w latach 2002–2006 większe obciążenie wzroku z bliska wiązało się ze zwiększonym ryzykiem krótkowzroczności w wieku dziewięciu lat [65]. W obu badaniach odnotowano również skrócenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu wraz ze wzrostem ekspozycji na ekrany.

Związek między zwiększonym korzystaniem z ekranów cyfrowych a większym ryzykiem krótkowzroczności sugeruje, że ograniczenie pracy w bliskiej odległości może stanowić realną strategię profilaktyczną, którą można wdrożyć w domu i w szkole [63, 66]. Jednak ocena pracy w bliskiej odległości nie jest ujednoczona i brakuje obiektywnych definicji „dawki” (czas trwania, ciągłość i odległość widzenia), które pozwalałyby wiarygodnie przewidzieć klinicznie istotne zmiany refrakcji lub osi. W rezultacie nie istnieją obecnie żadne formalne wytyczne dotyczące zakresu, w jakim należy modyfikować pracę w bliskiej odległości i czas spędzany przed ekranem [25]. W ramach szeroko zakrojonych programów ograniczania krótkowzroczności w Chinach kontynentalnych rozpoczęto pilotażowe ograniczenia czasu spędzanego przed ekranem w ramach inicjatyw dotyczących zdrowia publicznego i szkół [62]. Aby umożliwić dokładniejszą charakterystykę ekspozycji, testowane są czujniki do noszenia, które rejestrują odległość oglądania i czas trwania pracy w bliskiej odległości [25]. Ograniczenie pracy w bliskiej odległości wiąże się z nieznacznym ryzykiem i nie generuje kosztów, chyba że stosuje się sprzęt monitorujący, co czyni je atrakcyjnym uzupełnieniem ustalonych interwencji [62].

Interwencje optyczne

Miękkie soczewki kontaktowe

Soczewki SCL są szeroko stosowane w leczeniu krótkowzroczności u dzieci i obejmują zarówno soczewki wieloogniskowe, jak i soczewki specjalnie zaprojektowane do kontroli krótkowzroczności [67]. Istnieje coraz więcej dowodów wskazujących, że soczewki SCL powodują klinicznie znaczące spowolnienie postępu krótkowzroczności i wydłużenia osiowego w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi [10, 68–70]. W najnowszym przeglądzie systematycznym badań RTC (2019–2021) oszacowano łączną średnią różnicę w postępie krótkowzroczności wynoszącą 0,39 D (95% CI 0,21–0,56) na korzyść soczewek SCL [10]. Dowody metaanalityczne z badań dotyczących soczewek SCL z koncentrycznymi pierścieniami dwuogniskowymi i wieloogniskowymi z dodatkiem peryferyjnym dodatkowo potwierdzają, że soczewki SCL są skutecznym środkiem kontroli krótkowzroczności [68, 71]. Skuteczność kontroli krótkowzroczności za pomocą SCL wydaje się zależeć od profilu optycznego soczewki i jest widoczna u dzieci z udokumentowanym postępowaniem. W rocznym RCT miękkie soczewki dwuogniskowe z centrum dalekowzrocznym znacznie zmniejszyły postęp SER po cykloplegii i wydłużenie osiowe w porównaniu z miękkimi soczewkami jednoogniskowymi [72]. Podobnie, w dwuletnim prospektywnym badaniu klinicznym, miękka soczewka z promieniowym gradientem refrakcyjnym, zaprojektowana w celu stopniowego zwiększania mocy dodatniej na obrzeżach (osiągając około +6,00 D na krawędzi strefy optycznej) zmniejszyły postęp krótkowzroczności i wydłużenie osiowe w porównaniu z okularami jednoogniskowymi [73]. Dane z badań przeciwnych oczu pokazują, że dwa różne projekty soczewek SCL opóźniają postęp krótkowzroczności w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi [74]. Niezależne badania przeprowadzone w Hiszpanii i Malezji wykazały porównywalne spowolnienie postępu krótkowzroczności w porównaniu z innymi zastrzeżonymi soczewkami SCL, co potwierdza możliwość zastosowania tej interwencji w różnych warunkach [75, 76]. Badanie Bifocal Lenses In Nearsighted Kids (BLINK) wykazało 36% zmniejszenie wydłużenia osiowego i 43% zmniejszenie postępu krótkowzroczności w ciągu 3 lat przy użyciu soczewek +2,50 D [77]. Trwałość efektu została wykazana dla niektórych jednodniowych soczewek dwuogniskowych w okresie 7 lat [78].

W przypadku interwencji optycznych zaobserwowano minimalny lub zerowy efekt nawrotu krótkowzroczności, co stanowi potencjalną przewagę nad metodami RLRL, Ortho-K i interwencjami farmaceutycznymi [26]. Przestrzeganie zaleceń dotyczących stosowania soczewek SCL ma istotne znaczenie dla optymalizacji wyników [70]. Chociaż soczewki SCL są ogólnie dobrze tolerowane przez dzieci, wiąże się one z pewnym ryzykiem, takim jak nietolerancja soczewek i zakaźne zapalenie rogówki, które należy zminimalizować poprzez ścisłe przestrzeganie zasad higieny i starannie dobrane harmonogramy noszenia [79]. Dowody wskazują, że soczewki SCL do kontroli krótkowzroczności są skuteczną metodą kontroli krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym. Wielkość korzyści wydaje się zależeć od konstrukcji soczewek, sposobu ich noszenia i przestrzegania zaleceń, a bezpieczeństwo można najlepiej zoptymalizować poprzez codzienne noszenie soczewek jednodniowych i ścisłe przestrzeganie zasad higieny [10, 68–70, 75, 76, 79]. Niemniej jednak nadal istnieją istotne luki w wiedzy, w tym zrozumienie zmienności wskaźników ekspozycji (np. dzienny czas noszenia i harmonogram wymiany) oraz brak bezpośrednich badań porównujących wyniki refrakcyjne i osiowe dla konkurencyjnych konstrukcji soczewek SCL [10, 69, 70].

Ortokeratologia

Soczewki Ortho-K to sztywne soczewki przepuszczające gaz, noszone przez noc w celu tymczasowej zmiany kształtu rogówki, zapewniające widzenie bez pomocy w ciągu dnia, jednocześnie spowalniając wydłużanie osiowe i postęp krótkowzroczności [27, 80]. Nowoczesne konstrukcje zazwyczaj zawierają centralną strefę optyczną, która spłaszcza centralną część rogówki w celu korekcji refrakcji, bardziej stromą strefę odwrotną, strefę wyrównującą, która sprzyja centrowaniu, oraz strefę obwodową, która uzupełnia geometrię leczenia [80]. Hipoteza mechanistyczna dotycząca korzyści płynących ze stosowania soczewek Ortho-K zakłada, że profil rogówki po leczeniu powoduje względne obwodowe rozogniskowanie krótkowzroczności, które moduluje wzrost oka, chociaż dokładne ścieżki biologiczne pozostają nie w pełni określone [27, 80].

Poprzednie badania wykazały, że Ortho-K konsekwentnie zmniejsza postęp krótkowzroczności w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi, a metaanalizy wskazują na względne zmniejszenie o około 30–60% w ciągu 1–2 lat [11, 27–30]. Zbiornicze szacunki ilościowe wskazują na korzyści w zakresie długości osiowej oka (AL) wynoszące 0,27 mm po 2 latach (względne zmniejszenie o około 45%), co wskazuje na

umiarkowane, ale klinicznie istotne osłabienie wydłużenia gałki ocznej [11, 30]. Najnowsze badania RCT oceniające nowsze konstrukcje soczewek, w tym zmodyfikowane krzywizny podstawowe, nowatorskie materiały (skuteczność kontroli krótkowzroczności i długoterminowe bezpieczeństwo stosowania nowatorskich soczewek ortokorekcyjnych [MESOK]) oraz zmienioną geometrię strefy leczenia (zmiana strefy leczenia soczewek ortokorekcyjnych [VOLTZ]), dostarczają dodatkowych dowodów skuteczności w okresie 12–24 miesięcy [81–83]. Skuteczność może zmniejszać się wraz z wydłużaniem czasu trwania leczenia, a po nagłym zaprzestaniu stosowania soczewek ortokorekcyjnych obserwowano klinicznie istotny „efekt odbicia” w zakresie długości osiowej gałki ocznej, zwłaszcza jeśli zaprzestanie stosowania nastąpiło przed 14. rokiem życia [84]. Na odpowiedź kliniczną wpływają cechy charakterystyczne gałki ocznej; większe źrenice wiążą się z silniejszym działaniem soczewek ortokorekcyjnych w zakresie kontroli krótkowzroczności, a współistniejący astygmatyzm może osłabiać skuteczność leczenia [27].

W przypadku przepisywania soczewek Ortho-K dzieciom należy wziąć pod uwagę kwestie bezpieczeństwa [27, 31, 32]. Najczęstszym objawem podczas noszenia soczewek Ortho-K jest zabarwienie rogówki, które jest związane z noszeniem soczewek przez całą noc oraz czynnikami, które można modyfikować, takimi jak dopasowanie soczewek, sposób ich zakładania i higiena [27, 31]. Z praktycznego punktu widzenia soczewki Ortho-K wymagają specjalistycznego dopasowania i ustrukturyzowanej opieki po zabiegu, co wiąże się z wyższymi kosztami i intensywniejszą opieką w porównaniu z innymi alternatywami [27, 52]. Poważne zdarzenia niepożądane są rzadkie, ale mikrobiologiczne zapalenie rogówki pozostaje powodem do niepokoju; w związku z tym zdecydowanie zaleca się ścisłą higienę, ostrożny dobór pacjentów i dokładne przeszkolenie użytkowników [31, 32]. Zgodnie z wytycznymi konsensusowymi ortokorekcję należy stosować wyłącznie u dzieci, dla których priorytetem jest widzenie bez pomocy w ciągu dnia [32].

Okulary kontrolujące krótkowzroczność

Okulary kontrolujące krótkowzroczność mają na celu spowolnienie postępu refrakcji i wydłużenia osiowego poprzez zastosowanie konstrukcji optycznych, które dostarczają sygnały „zatrzymania” siatkówki (np. jednoczesne rozmycie obrazu) lub modyfikują kontrast siatkówki. Kilka badań RCT wykazało skuteczność w różnych okresach badania [36–39, 85].

Soczewki DIMS wykorzystują centralną strefę korekcyjną o średnicy 9 mm otoczoną soczewkami o mocy około 1 mm +3,50 D, aby zapewnić jednoczesne rozmycie obrazu u osób z krótkowzrocznością [33, 36]. W trwającym 2 lata badaniu RCT z udziałem dzieci w wieku 8–13 lat soczewki DIMS spowolniły postęp krótkowzroczności o 0,44 D i wydłużenie osiowe o 0,34 mm w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi, przy czym 21,5% osób stosujących soczewki DIMS (w porównaniu z 7,4% osób stosujących soczewki kontrolne) wykazało postęp równy lub mniejszy niż 0,50 D [36]. Utrzymanie korzyści obserwowano podczas dalszego stosowania soczewek DIMS i nie odnotowano nawrotu po zaprzestaniu stosowania przez 6 lat, chociaż późniejsze fazy badania nie były randomizowane [37, 40, 41]. Obserwacja pogrubienia naczyńki podczas noszenia soczewek DIMS sugeruje, że zmiany w naczyniówce po trzech miesiącach mogą pomóc w przewidywaniu zmian w długości osiowej oka po 1 roku [42].

HAL tworzy trójwymiarową „objętość defokusa krótkowzrocznego” poprzez koncentryczne pierścienie wysoce asferycznych soczewek wokół centralnej strefy przejrzystej [33, 85]. W podwójnie zamaskowanym badaniu RCT HAL spowolnił postęp o 0,80 D i wydłużenie osiowe o 0,35 mm w ciągu 2 lat w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi, przy czym większy efekt zaobserwowano przy noszeniu przez cały czas (≥ 12 godzin dziennie) [86]. W trzecim roku obserwacji dzieci, które przeszły z soczewek jednoogniskowych na soczewki HAL, wykazały mniejsze postępowanie krótkowzroczności w ciągu 12 miesięcy (SER $-0,33$ D w porównaniu z $-0,56$ D) i około połowę wydłużenia osiowego (AL $+0,14$ mm w porównaniu z $+0,28$ mm) w porównaniu z nową grupą kontrolną stosującą soczewki jednoogniskowe [87]. Bezpośrednie badanie przeprowadzone na chińskich dzieciach sugerowało, że soczewki HAL wiązały się z około 0,29 D mniejszym postępowaniem krótkowzroczności i 0,11 mm mniejszym wydłużeniem osiowym niż soczewki DIMS w okresie 1 roku, co sugeruje istnienie różnic między technologiami zależnych od projektu [88]. Wyniki po pięciu latach wykazały znacznie mniejsze postępowanie krótkowzroczności wynoszące $-1,27$ w przypadku HAL w porównaniu z ekstrapolowaną kontrolą jednoogniskową wynoszącą $-3,03$ D; wydłużenie osiowe było znacznie niższe (0,67 mm) w przypadku HAL w porównaniu z grupą kontrolną (1,40 mm). Długotrwałe noszenie soczewek HAL oceniono jako zapobiegające postępowi refrakcji i wydłużeniu osiowemu przez około 3 lata oraz zmniejszające częstość występowania wysokiej krótkowzroczności [89]. Soczewki DOT wykorzystują mikrodiffuzory w celu zmniejszenia kontrastu siatkówki.

W badaniu skuteczności i bezpieczeństwa kontroli krótkowzroczności za pomocą soczewek dyfuzyjnych (CYPRESS) 12 miesięcy noszenia spowodowało zmniejszenie krótkowzroczności o 0,40 D i wydłużenie osiowe o 0,15 mm w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi [39]. Chociaż skuteczność w drugim i trzecim roku może mieć dotkniętych COVID-19, dodatkowe korzyści zaobserwowano w czwartym roku noszenia [38].

Soczewki CARE wywołują lokalne aberracje wyższego rzędu za pomocą koncentrycznych „mikrocylindrów”. Dwuletnie badanie RCT wykazało mniejsze wydłużenie osiowe w przypadku soczewek CARE w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi (0,19 mm w porównaniu z 0,32 mm), natomiast różnice w SER nie były znaczące, a efekty były bardziej widoczne w drugim półroczu [43]. W ciągu 24 miesięcy, w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi, średnie zmiany SER i AL były korzystniejsze dla soczewek CARE niż dla soczewek kontrolnych, przy skorygowanych różnicach między grupami wynoszących 0,44 D w SER i 0,20 mm w AL; efekty były podobne zarówno w przypadku soczewek CARE, jak i CARE-S [44]. Po 12 miesiącach soczewki Shamir Myopia Control (SMC) zmniejszyły wydłużenie osiowe o 0,11 mm bez znaczącego wpływu na SER, co sugeruje jedynie umiarkowaną skuteczność [90].

W ostatnim systematycznym przeglądzie i metaanalizie okularów DIMS, HAL, DOT i CARE stwierdzono znaczące łączne korzyści po 12 miesiącach w przypadku SER, ale nie stwierdzono znaczących różnic po 24 miesiącach, co odzwierciedla ograniczoną dostępność danych długoterminowych i heterogeniczność badań [37]. W oddzielnej metaanalizie 23 RCT (13 315 dzieci) stwierdzono, że kontrola krótkowzroczności

Soczewki okularowe znacznie zmniejszyły wydłużenie osiowe ($-0,15$ mm) i spowolniły postęp SER ($-0,31$ D) w porównaniu z soczewkami jednoogniskowymi. Spośród różnych konstrukcji soczewek największy łączny efekt wykazały soczewki HAL (AL $-0,28$ mm; SER $-0,52$ D), a soczewki DIMS znacznie zmniejszyły SER ($-0,45$ D), przy czym wpływ na AL był mniej wyraźny, ponieważ tylko jedno kwalifikujące się badanie zawierało te dane; inne typy soczewek wykazały umiarkowaną lub zmienną skuteczność. W całym okresie obserwacji soczewki okularowe wykazywały korzyści zależne od czasu: w badaniach krótkoterminowych (<12 miesięcy) wydłużenie AL zmniejszyło się o $-0,10$ mm, a postęp SER o $-0,18$ D (oba $P < 0,00001$); w badaniach średnioterminowych (12–36 miesięcy) zmniejszenie wyniosło $-0,15$ mm dla AL ($P < 0,04$) i $-0,30$ D dla SER ($P < 0,004$); a w badaniach długoterminowych (>36 miesięcy) efekty były największe, z redukcją długości osiowej gałki ocznej o $-0,19$ mm i progresji SER o $-0,56$ D (odpowiednio $P < 0,001$ i $P < 0,003$) [91].

Okulary do kontroli krótkowzroczności wykazują korzystne bezpieczeństwo i akceptowalność w porównaniu z opcjami farmakologicznymi i soczewkami kontaktowymi, przy niewielkich dolegliwościach, takich jak zamglenie w środkowej części pola widzenia [15]. Ich kosmetyczne podobieństwo do soczewek jednoogniskowych sprzyja przestrzeganiu zaleceń, co czyni je praktyczną, nieinwazyjną opcją. Z punktu widzenia ścieżki opieki mogą one służyć jako interwencja pierwszego rzutu lub uzupełniająca dla dzieci, które nie mogą lub nie chcą używać soczewek kontaktowych lub atropiny, przy czym najsilniejsze dowody przemawiają za soczewkami DIMS i HAL, a pojawiają się nowe dane dotyczące technologii DOT, CARE i SMC [15, 37, 45]. Koszt okularów do kontroli krótkowzroczności (zwykle 500–1000 USD za parę) jest wyższy niż standardowych okularów, co może ograniczać dostępność dla pacjentów i musi być brane pod uwagę przy wspólnym podejmowaniu decyzji [15]. Jednak ostatnie europejskie badanie dotyczące kosztów krótkowzroczności w całym okresie życia wykazało, że okulary do kontroli krótkowzroczności zapewniają największe ogólne oszczędności w całym okresie życia i wykazują korzyści finansowe zarówno w przypadku szybko, jak i wolno postępującej krótkowzroczności [92].

Obecne dowody pochodzą głównie z kohort azjatyckich i konieczne są dalsze badania w populacjach pozaazjatyckich, a także niezależne, długoterminowe badania RCT w celu wyjaśnienia trwałości efektu, odpowiedzi na leczenie i potencjalnego nawrotu po zaprzestaniu stosowania [15, 33, 37].

Interwencje farmakologiczne

Atropina

Atropina jest nieselektywnym antagonistą receptorów muskarynowych, który ma najdłuższą historię kliniczną w leczeniu krótkowzroczności; obecnie jest stosowana poza wskazaniami rejestracyjnymi, w postaci preparatu złożonego, w większości krajów [14, 15]. Podsumowanie wybranych kluczowych badań dotyczących roli atropiny w leczeniu krótkowzroczności u dzieci w populacjach europejskich [93–102] i pozaeuropejskich [103–111] przedstawiono odpowiednio w tabelach 1 i 2.

Dowody pochodzące z badań RCT rozpoczęły się od schematów leczenia wysokimi dawkami atropiny. W badaniu Atropine for the Treatment of Myopia 1 (ATOM1) (Singapur; $n = 400$; wiek 6–12 lat) stosowanie 1% atropiny do jednego oka na noc przez 2 lata zmniejszyło postęp krótkowzroczności z $-1,20$ D do $-0,28$ D i zatrzymało wydłużanie osiowe (0,38 mm vs $-0,02$ mm) [112, 113]. Po rocznej przerwie w stosowaniu leku zaobserwowano wyraźny efekt odbicia, przy czym oczy wcześniej leczone atropiną wykazały zmiany SER wynoszące $-1,14$ D i AL wynoszące 0,31 mm w porównaniu z $-0,38$ D i 0,14 mm w oczach wcześniej leczonych nośnikiem. Obawy dotyczące zdarzeń niepożądanych i efektu odbicia spowodowały skupienie uwagi na niższych dawkach atropiny [114]. W badaniu ATOM2 ($n = 400$) dzieci zostały losowo przydzielone do grup otrzymujących 0,5%, 0,1% lub 0,01% atropiny obustronnie przez 2 lata, bez grupy kontrolnej [103]. Średnie zmiany refrakcji wyniosły odpowiednio $-0,30$, $-0,38$ i $-0,49$ D, natomiast wydłużenie osiowe wyniosło odpowiednio 0,27, 0,28 i 0,41 mm [103]. Wyniki te wykazały zależność dawka-odpowiedź, chociaż 0,01% atropina wykazała ograniczony wpływ na wydłużenie osiowe w porównaniu z jej wpływem na refrakcję i historycznymi kontrolami ATOM1. W badaniu ATOM2 po rocznej przerwie zaobserwowano zależny od dawki efekt odbicia, największy w grupie otrzymującej 0,5% atropiny [115, 116]. W latach 3–5 wiele dzieci ponownie rozpoczęło stosowanie 0,01% i w całym okresie 5 lat skumulowana zmiana SER i AL była najniższa w grupie otrzymującej 0,01%. Długoterminowa obserwacja (10–20 lat) uczestników badań ATOM1 i ATOM2 nie wykazała istotnych różnic między grupami w zakresie końcowej wartości SER lub AL [117]. W oparciu o te wyniki, w badaniu ATOM3 obecnie rekrutuje się dzieci z grupy wysokiego ryzyka, z rodzinnym występowaniem krótkowzroczności i niską nadwzrocznością lub niską krótkowzrocznością, które zostały losowo przydzielone do grupy otrzymującej atropinę lub placebo przez 2–2,5 roku, a następnie będą obserwowane przez 1 rok [118].

Badania LAMP (Low-Concentration Atropine for Myopia Progression) miały kluczowe znaczenie dla określenia zależności dawka-odpowiedź atropiny oraz wytycznych dotyczących doboru dawki i strategii zaprzestania stosowania. W fazie I badania LAMP (rok 1; Hongkong; 438 dzieci w wieku 4–12 lat) dzieci losowo przydzielone do grup otrzymujących 0,05%, 0,025%, 0,01% atropiny lub placebo wykazały wyraźny efekt zależny od stężenia: średnia progresja SER wyniosła odpowiednio $-0,27$, $-0,46$, $-0,59$ i $-0,81$ D, odpowiednio, z odpowiadającym wzrostem AL wynoszącym 0,20, 0,29, 0,36 i 0,41 mm; stężenie 0,05% było najsukuteczniejsze i dobrze tolerowane [104].

W fazie II (rok 2) grupa placebo została przeniesiona do grupy otrzymującej 0,05% atropiny, co spowodowało zmniejszenie progresji refrakcji o połowę w porównaniu z 0,01% atropiną [106]. W fazie III (rok 3) dzieci zostały losowo przydzielone do kontynuacji terapii lub wypłukania; odbicie było nieco większe w przypadku 0,05% atropiny niż w przypadku niższych dawek, jednak skumulowana korzyść w ciągu 3 lat pozostała najwyższa w grupie otrzymującej 0,05% atropiny [107]. LAMP2 rozszerzyło te badania na dzieci z przedkrótkowzrocznością; w ciągu 2 lat

0,05% zmniejszyło częstość występowania krótkowzroczności o 29% w porównaniu z placebo, podczas gdy 0,01% nie miało działania zapobiegawczego [109].

Tabela 1. Wybrane badania dotyczące skuteczności i bezpieczeństwa stosowania atropiny w leczeniu krótkowzroczności u dzieci w populacjach europejskich

Autor (rok)	Projekt badania	Dawki	Czas trwania	Najważniejsze wyniki (SER/AL)	Uwagi (tolerancja/inne)
Joachimsen i in. (2019) [93]	Niemcy, pilotażowa grupa badana	0,01% na noc	12 miesięcy	Roczna progresja SER zmniejszona ($\approx -1,05$ D/rok przed leczeniem do $-0,40$ D/rok podczas leczenia)	Anizokoria ~ 1 mm o godz. 08:00; dobrze tolerowana
Joachimsen i in. (2021) [94]	Niemcy (skutki uboczne)	0,05% w porównaniu z 0,01%	Oceny po 1 dniu	-	0,05% spowodowało większą anizokorię ($2,9 \pm 1,1$ mm) i większą hipoakomodację ($-4,2 \pm 3,8$ D) w porównaniu z 0,01% ($0,8 \pm 0,7$ mm; $-0,05 \pm 2,5$ D)
Zadnik i in. (2023) [95]	CHAMP (Ameryka Północna/Europa; faza III; n = 573)	0,01%, 0,02% (NVK002 [Vyluma]) w porównaniu z placebo	3 lata	0,02% nie osiągnięto pierwotnego punktu końcowego; 0,01% zwiększona liczba osób reagujących na leczenie ($<0,50$ D po 36 miesiącach; OR 4,54) oraz zmniejszenie SER ($\Delta 0,24$ D) i AL ($\Delta -0,13$ mm) w porównaniu z placebo	Brak poważnych zdarzeń niepożądanych dotyczących oczu.
Hvid-Hansen i in. (2023) [96]	Duńskie wieloośrodkowe RCT (wstępne, 6 miesięcy)	0,1% do 0,01% w porównaniu z 0,01% w porównaniu z placebo	6 miesięcy	Odpowiedź na dawkę: AL 0,13 mm krótszy (obciążenie 0,1%) i 0,06 mm krótszy (0,01%) w porównaniu z placebo	Brak poważnych zdarzeń niepożądanych; zmiany źrenicy/akomodacji związane z dawką
Hansen i in. (2023) [97]	Dania wieloośrodkowe RCT (rok 1)	Jak powyżej (przełącznik po 6 miesiącach w ramieniu ładunkowym)	12 miesięcy	Redukcje SER/AL niewielkie; nie znaczące po korekcie wielokrotności	Działania niepożądane przeważnie łagodne; częstsze podczas początkowej fazy 0,1%
Hansen i in. (2024) [98]	Duńskie wieloośrodkowe RCT (rok 2)	0,01% (\pm początkowe 0,1% dawka) w porównaniu z placebo	2 lata	0,01% zmniejszyło SER o 0,26 D i AL o 0,10 mm w porównaniu z placebo (oba wyniki istotne); stabilne ciśnienie wewnątrzgałkowe	Wszystkie zdarzenia niepożądane łagodne; kolor tęczówki nie wpływa na działanie leku
Loughman i in. (2024) [99]	MOSAIC (Irlandia; podwójnie zaślepione RCT; głównie Biali)	0,01% w porównaniu z placebo	2 lata	AL zmniejszone o $-0,07$ mm w porównaniu z placebo; brak ogólnej różnicy w SER	Podobne wskaźniki AE/odpadów jak w przypadku placebo
Moriche-Carretero i al. (2024) [100]	Hiszpania/Portugalia randomizowane badanie kliniczne 0,01% co noc w porównaniu z grupą kontrolną	0,01% co noc w porównaniu z grupą kontrolną	5 lat	Spowolnienie progresji SER $\sim 31,5\%$ i wzrost AL $\sim 46,9\%$ w porównaniu z grupą kontrolną	Brak obaw dotyczących bezpieczeństwa w ciągu 5 lat
Loughman i in. (2025) [101]	Przedłużenie badania MOSAIC o 3 lata (MOSAIC2; randomizowane)	Rozpoczęcie 0,05% w 3. roku w porównaniu z przerwaniem 0,01%/placebo	36 miesięcy łącznie	Rozpoczęcie stosowania 0,05% w 3. roku zmniejszyło dalsze SER ($-0,13$ D) i AL ($-0,06$ mm) w porównaniu z grupami, które przerwały stosowanie leku	Więcej zamglenia widzenia z bliska i światłowstrętu przy stężeniu 0,05%; podobne wyniki końcowe
Hansen i in. (2025) [102]	Duńskie wieloośrodkowe RCT (rok 3)	Obciążenie 0,1% do 0,01% w porównaniu z 0,01% w porównaniu z placebo	3 lata	6-miesięczna dawka nasycająca 0,1% nie poprawiła skuteczności w porównaniu z 0,01%	Dawka początkowa wynosząca 0,1% wykazała efekt odbicia po zmianie dawki.

Skróty: SER – sferyczny ekwiwalent refrakcji; AL – długość osiowa; D – dioptria; rano; mm – milimetry; CHAMP – badanie dotyczące wpływu atropiny na postęp krótkowzroczności u dzieci; OR – iloraz szans; AE – zdarzenia niepożądane; Δ – średnia różnica metodą najmniejszych kwadratów; RCT – randomizowane badanie kliniczne; MOSAIC – badanie dotyczące wpływu atropiny na krótkowzroczność u dzieci.

W dwóch dużych badaniach przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych i krajach zachodnich oceniano niskie dawki atropiny w grupach pacjentów głównie spoza Azji. W badaniu Childhood Atropine for Myopia Progression (CHAMP) 576 dzieci, głównie pochodzenia północnoamerykańskiego i europejskiego, losowo przydzielono do grup otrzymujących 0,01% lub 0,02% atropiny lub placebo przez 3 lata [95]. Chociaż analizy wtórne sugerowały, że 0,01% atropina spowolniła postęp o 0,24 D i zmniejszyła wydłużenie osiowe o 0,13 mm w porównaniu z placebo, główny punkt końcowy nie został osiągnięty, a ogólne efekty leczenia były umiarkowane [95]. Podobnie, w badaniu finansowanym przez NIH, przeprowadzonym przez grupę Pediatric Eye Disease Investigator Group (PEDIG), 187 dzieci losowo przydzielono do grupy otrzymującej 0,01% atropiny lub placebo przez 2 lata i nie stwierdzono istotnej różnicy w zmianach SER lub AL, co skłoniło autorów do odradzania rutynowego stosowania 0,01% atropiny w tej populacji [110].

W badaniu przeprowadzonym w Australii Zachodniej – Atropina w leczeniu krótkowzroczności (WA-ATOM) (n = 153) – po 2 latach stosowania 0,01% atropiny wykazano jedynie niewielkie, nieistotne statystycznie różnice w porównaniu z placebo zarówno w zakresie refrakcji ($-0,14$ D), jak i długości osiowej gałki ocznej (0,04 mm) [108, 119]. Po rocznej przerwie efekt odbicia przemawiał na korzyść placebo, eliminując wszelkie skumulowane różnice po 3 latach [119, 120]. Podobnie, w europejskim badaniu RCT (n = 250, randomizacja 2:1 do 0,01% atropiny lub placebo) The Myopia Outcome Study of Atropine in Children (MOSAIC) nie stwierdzono korzyści w zakresie SER i minimalny wpływ na długość osiową gałki ocznej (0,07 mm) po dwóch latach [99]. Badanie MOSAIC2 objęło 199 z 250 pacjentów z badania MOSAIC i przydzielono ich losowo do: placebo przez 2 lata, a następnie 0,05% atropiny przez 1 rok; 0,01% atropiny przez 2 lata, a następnie placebo; lub stopniowego zmniejszania dawki 0,01% atropiny przez 1 rok. W grupie otrzymującej 0,05% atropiny progresja krótkowzroczności była o 0,13 D mniejsza niż w grupie otrzymującej 0,01% atropiny, a następnie placebo, ale występowała większa częstość zdarzeń niepożądanych [101].

Tabela 2. Wybrane badania dotyczące skuteczności i bezpieczeństwa stosowania atropiny w leczeniu krótkowzroczności u dzieci w populacjach pozaeuropejskich

Autor (rok)	Projekt badania	Dawki	Czas trwania	Najważniejsze wyniki (SER/AL)	Uwagi (tolerancja/inne)
Chia i in. (2016) [103]	ATOM2 RCT (Singapur)	0,5%, 0,1%, 0,01%	5 lat	SER: -0,30 D (0,5%), -0,38 D (0,1%), -0,49 D (0,01%); AL: +0,27, +0,28, +0,41 mm	0,01%: nieistotny wpływ na akomodację/żrenicę; działania niepożądane: brak vs 16 przypadków (0,1%/0,5%) (alergiczne zapalenie spojówek/zapalenie skóry)
Yam i in. (2019) [104]	LAMP Faza I (Hongkong; podwójnie zasłepione RCT; n = 438)	0,05%, 0,025%, 0,01% w porównaniu z placebo	1 rok	SER: -0,27, -0,46, -0,59 w porównaniu z -0,81 D; AL: +0,20, +0,29, +0,36 w porównaniu z +0,41 mm (odpowiedź na dawkę)	Umiarkowane, zależne od dawki rozszerzenie źrenic/hipoakomodacja; jakość życia bez zmian
Wei i in. (2020) [105]	Chiny RCT (Pekin; podwójnie ślepa próba; n = 220)	0,01% w porównaniu z placebo	12 miesięcy	SER: -0,49 w porównaniu z -0,76 D (Δ 0,26 D); AL: +0,32 w porównaniu z +0,41 mm	Brak poważnych zdarzeń niepożądanych dotyczących oczu; obserwacja ~70–75%
Yam i in. (2020) [106]	LAMP Faza II (przedłużenie)	0,05%, 0,025%, 0,01% (kontynuacja); wcześniej placebo → 0,05%	2 lata	SER w ciągu 2 lat: 0,55 D (0,05%), 0,85 D (0,025%), 1,12 D (0,01%); AL: +0,39, +0,50, +0,59 mm	Stężenie 0,05% wykazało dwukrotnie większą skuteczność niż stężenie 0,01%, a przejście na stężenie 0,05% zmniejszyło postęp choroby.
Yam i in. (2022) [107]	LAMP Faza III (kontynuacja versus washout; odbicie)	0,05%, 0,025%, 0,01	3 lata	Kontynuacja terapii lepsza niż przerwanie (np. 0,05% SER -0,28 D w porównaniu z -0,68 D; AL +0,17 w porównaniu z +0,33 mm); niewielki efekt odbicia, zależny od dawki	Starszy wiek/nizsza dawka w momencie zaprzestania stosowania wiązały się z mniejszym efektem odbicia
Lee i in. (2022) [108]	WA-ATOM (Australia; n = 153)	0,01% w porównaniu z placebo	2 lata	Nieznaczące zarówno dla SER, jak i AL	Odskok sprzyjał placebo
Yam i in. (2023) [109]	LAMP2 (osoby z krótkowzrocznością; RCT w Hongkongu; n = 474)	0,05%, 0,01% w porównaniu z placebo	2 lata	Częstość występowania krótkowzroczności: 28,4% (0,05%) w porównaniu z 45,9% (0,01%) w porównaniu z 53,0% (placebo); skuteczność tylko 0,05%	Najczęstszym działaniem niepożądanym była światłowstręt (12,2–18,9% w grupie, rok 2)
Repka i in. (2023) [110]	PEDIG (USA; podwójnie maskowanego RCT; n = 187)	0,01% w porównaniu z placebo	24 miesiące	Brak zmniejszenia SER lub AL w porównaniu z placebo	Autorzy stwierdzają, że dane nie 0,01% dla dzieci w USA
Zhang i in. (2024) [111]	LAMP Faza IV (wyniki po 5 latach; n = 270 osób, które ukończyły badanie)	Kontynuacja pierwotnych dawek; PRN po 3 latach przerwy	5 lat	Skumulowana SER: -1,34 D (0,05%), -1,97 D (0,025%), -2,34 D (0,01%); podobna tendencja AL	87,9% wymagało ponownego leczenia PRN po 3 latach; wznowienie stosowania 0,05% przywróciło kontrolę

Skróty: SER – sferyczny ekwiwalent refrakcji; AL – długość osiowa; ATOM – Atropina w leczeniu krótkowzroczności; RCT – randomizowane badanie kliniczne; D – dioptria; mm – milimetr; AE – zdarzenia niepożądane; LAMP – badanie dotyczące stosowania atropiny w niskim stężeniu w leczeniu postępującej krótkowzroczności; n – liczba uczestników; Δ – średnia różnica; WA-ATOM, badanie Western Australia-ATOM; PEDIG, grupa badaczy chorób oczu u dzieci; PRN, w razie potrzeby.

W niemieckim badaniu pilotażowym z udziałem 56 uczniów (mediana wieku 11 lat) stosowanie 0,01% atropiny na noc przez 12 miesięcy zmniejszyło szacowany postęp krótkowzroczności z 1,05 D/rok przed leczeniem do 0,40 D/rok. Badania bezpieczeństwa z zastosowaniem 1-dniowego opóźnienia w badaniu drugiego oka wykazały około 1 mm anizokorii, bez klinicznie istotnej hipoakomodacji lub utraty widzenia z bliska [94].

W 5-letnim randomizowanym badaniu prospektywnym z udziałem 361 europejskich dzieci porównano stosowanie 0,01% atropiny na noc z brakiem leczenia. Po 5 latach stosowanie 0,01% atropiny zmniejszyło postęp krótkowzroczności (SER -0,63 D vs -0,92 D) i wydłużenie osiowe (0,26 mm vs 0,49 mm), bez zgłaszanych skutków ubocznych [100]. W badaniu przeprowadzonym na duńskich dzieciach (n = 97) porównano 0,01% atropiny, 6-miesięczną dawkę nasycającą 0,1%, a następnie 0,01% atropiny przez 18 miesięcy lub placebo, z 12-miesięcznym okresem wypłukiwania [97, 98]. W najnowszych danych z ostatnich 3 lat (w tym okresu wypłukiwania) żadna z aktywnych terapii nie różniła się od placebo pod względem AL lub SER; w grupie otrzymującej dawkę nasycającą 0,1% zaobserwowano odbicie po zmianie dawki, a odsetek osób reagujących na leczenie nie różnił się między grupami [102].

Podsumowując, większość dowodów z badań wskazuje, że efekt odbicia jest zależny od dawki, najbardziej wyraźny przy wyższych stężeniach i ogólnie ograniczony do 0,01% atropiny; jednak WA-ATOM odnotował efekt odbicia po zaprzestaniu stosowania 0,01% atropiny [115, 107, 119, 121]. Bezpieczeństwo stosowania niskich dawek jest ogólnie korzystne, a w badaniu LAMP zaobserwowano efekt dawka-odpowiedź dla 0,05% atropiny, podczas gdy 0,01% atropiny wykazało umiarkowane lub zerowe działanie, szczególnie w przypadku AL, w kilku populacjach pozaeuropejskich [15, 45]. Najnowsze dowody sugerują również, że na skuteczność może mieć wpływ nie tylko stężenie, ale także częstotliwość dawkowania [122]. W ostatnim badaniu porównującym schematy dawkowania 0,01% atropiny raz na dobę i dwa razy dziennie przez 12 miesięcy stwierdzono, że oba schematy zmniejszały wydłużenie AL w porównaniu z grupą kontrolną (kontrola 0,48 mm; raz na dobę 0,26 mm; dwa razy dziennie 0,15 mm), przy czym dawkowanie dwa razy dziennie było znacznie skuteczniejsze niż raz na dobę. Wyniki SER były zbieżne z tymi ustaleniami, przy czym dawkowanie dwa razy dziennie (-0,15 D) zapewniało większe korzyści niż dawkowanie raz na dobę (-0,41 D; P = 0,02) [122].

Atropina w niskiej dawce zatwierdzona przez organy regulacyjne

W czerwcu 2025 r. preparat Ryjunea® (atropina 0,1 mg/ml; równoważnik 0,01%; Santen SA) otrzymał pozwolenie na dopuszczenie do obrotu od Europejskiej Agencji Leków/Komisji Europejskiej w celu spowolnienia postępu krótkowzroczności u pacjentów pediatrycznych. Leczenie można rozpocząć u dzieci w wieku 3–14 lat z udokumentowanym postępowaniem wynoszącym 0,5 D lub więcej rocznie i krótkowzrocznością wyjściową między -0,5 D a -6,0 D [123]. Zatwierdzenie zostało poparte badaniem III fazy, podwójnie zamaskowanym, kontrolowanym placebo, dotyczącym stosowania atropiny w celu zmniejszenia postępu krótkowzroczności (STAR) (48 miesięcy; n = 852; wiek 3–14 lat; wartość wyjściowa od -0,50 do -6,0 D) [123–125]. Dzieci zostały losowo przydzielone do grup otrzymujących 0,01% atropiny, 0,03% atropiny lub nośnik; w 36. miesiącu grupy aktywne zostały ponownie losowo przydzielone do kontynuacji leczenia lub przejścia na nośnik [126]. Pierwszorzędowy punkt końcowy (różnica w średnim rocznym tempie progresji w ciągu 24 miesięcy) przemawiał na korzyść 0,01% atropiny o 0,13 D w porównaniu z nośnikiem. Większe efekty zaobserwowano u młodszych dzieci, a korzyści z leczenia były wykrywalne już po 6 miesiącach [124]. Oczekuje się na pełną publikację tych danych.

Ryjunea® jest obecnie dostępna w sprzedaży w Niemczech, a planowane jest wprowadzenie jej na kolejne rynki europejskie [127]. Standaryzowany, produkowany na skalę przemysłową produkt może rozwiązać problem ograniczeń związanych z preparatami sporządzanymi w aptekach. W jednej z analiz 24 butelek 0,01% atropiny z dziewięciu aptek zmierzone stężenie wynosiło od 70 do 104% wartości podanej na etykiecie, a 25% preparatów miało zbyt niską dawkę (<90% wartości podanej na etykiecie). Odnotowano również znaczne różnice w zakresie pH, osmolalności, lepkości, wielkości butelek i instrukcji przechowywania [128].

W Polsce preparat zawierający 0,01% atropiny (MioFree; POLPHARMA SA) został zatwierdzony do leczenia krótkowzroczności u pacjentów w wieku 6–18 lat [129]. Chociaż zatwierdzenie standardowych produktów zawierających 0,01% atropiny stanowi ważny kamień milowy, wyniki badania LAMP wskazują, że 0,05% atropiny zapewnia większą skuteczność niż 0,01% [104, 106, 107], co wiąże się z niespójnymi wynikami w zakresie modyfikacji długości osiowej oka (AL) w różnych populacjach [95, 98, 101]. Jednak tolerancja atropiny zależy od dawki, a 0,05% atropina wiąże się ze stosunkowo większą częstością występowania rozszerzenia źrenicy i hipokomodacji [101]. Konieczne są dalsze badania w celu ustalenia, czy zatwierdzone przez organy regulacyjne stężenie przyniesie klinicznie znaczące korzyści w różnych populacjach, a indywidualizacja leczenia dla konkretnego pacjenta pozostaje kluczowa. Lekarze powinni rozważyć zalety niskich dawek atropiny o pozytywnym profilu ryzyka i korzyści, potencjalnie w połączeniu z dodatkową terapią optyczną, oraz zalety pojedynczego leczenia wyższymi dawkami, które mogą być gorzej tolerowane.

Powtarzające się działanie słabego światła czerwonego

Terapia RLRL polega na naświetlaniu oka widzialnym światłem czerwonym (600–700 nm; w większości badań klinicznych stosuje się światło o długości fali 650 nm) w celu modulowania sygnałów wzrostu oka u dzieci z krótkowzrocznością [130–132]. Hipotezy mechanistyczne, wywnioskowane z fotobiomodulacji, obejmują aktywację mitochondriów, łagodzenie niedotlenienia tkanek i obniżenie poziomu cytokin prozapalnych; jednak dokładny mechanizm, poprzez który RLRL wpływa na rozwój refrakcji, pozostaje niejasny [130, 131, 133]. W wielośrodkowym RCT z wykorzystaniem urządzenia stacjonarnego o długości fali 650 nm RLRL znacznie zmniejszyło wydłużenie osiowe po 12 miesiącach, a u dzieci kontynuujących leczenie utrzymało się to działanie po 24 miesiącach [132, 134]. Po 24 miesiącach skumulowane wydłużenie osiowe było najmniejsze u osób otrzymujących ciągłą terapię RLRL (średnia [SD], 0,16 [0,37] mm) i największe w grupie kontrolnej noszącej okulary jednoogniskowe (średnia [SD], 0,64 [0,29] mm; P < 0,001) [132, 134]. W innym RCT odnotowano medianę zmiany długości osiowej w ciągu 6 miesięcy wynoszącą -0,06 mm w grupie stosującej RLRL w porównaniu z 0,14 mm w grupie kontrolnej [135]. Skuteczność leczenia wykazano również u dzieci z wysoką krótkowzrocznością, u których 53,3% wykazało znaczne skrócenie długości osiowej, a prawie połowa utrzymała skrócenie po 12 miesiącach [136]. W wieloetnicznym badaniu RCT z grupami równoległymi (n = 34; wiek 8–13 lat) w analizie pośredniej po trzech miesiącach porównano terapię RLRL stosowaną dwa razy dziennie (3-minutowe sesje w dni powszednie) z okularami jednoogniskowymi. RLRL wiązało się ze znacznym skróceniem długości osiowej oka (-0,06 mm) w porównaniu z wydłużeniem długości osiowej oka przy stosowaniu okularów jednoogniskowych (0,02 mm; P < 0,001), z niewielką zmianą w kierunku nadwzroczności w grupie RLRL (+0,23 D) w porównaniu z mniejszą zmianą w grupie stosującej okulary jednoogniskowe (+0,04 D); nie zaobserwowano żadnych poważnych zdarzeń niepożądanych [137].

Z drugiej strony, odrębne badanie RCT potwierdziło korzyści płynące z terapii AL podczas leczenia, ale udokumentowało efekt odbicia po jego zakończeniu, podkreślając potrzebę zrozumienia trajektorii po zakończeniu leczenia [138]. W przeglądzie systematycznym i metaanalizie z 2023 r. stwierdzono, że terapia RLRL spowalnia postęp krótkowzroczności, podkreślając jednocześnie potrzebę przeprowadzenia większych, dłuższych i niezależnie monitorowanych badań w celu potwierdzenia trwałości i bezpieczeństwa tej terapii [139]. Zgłoszono jednak obawy dotyczące bezpieczeństwa. W opisie przypadku opisano obustronną utratę wzroku z zaburzeniami stref elipsoidalnej i interdygitalnej po miesiącach ekspozycji na RLRL, z częściowym powrotem do zdrowia po zaprzestaniu stosowania [140]. Ponadto testy laboratoryjne dwóch urządzeń RLRL wykazały, że ich wydajność termiczna i fotochemiczna zbliża się do maksymalnych dopuszczalnych limitów ekspozycji lub je przekracza [141].

Podsumowując, aktualne dowody wskazują, że RLRL o długości fali 650 nm może spowolnić wydłużanie osiowe. Jednak możliwość uogólnienia wyników jest ograniczona ze względu na geograficzną koncentrację badań, krótki lub umiarkowany okres obserwacji oraz heterogeniczność protokołów leczenia i urządzeń [132, 135, 138, 139]. Biorąc pod uwagę nierozstrzygnięte kwestie dotyczące progów bezpieczeństwa oraz rzadkie, ale poważne zdarzenia niepożądane, RLRL należy traktować jako metodę badawczą do czasu uzyskania niezależnej walidacji bezpieczeństwa i danych dotyczących długoterminowego stosowania w różnych populacjach [139, 141].

Terapie skojarzone: aktualne dowody skuteczności kombinacji

Najbardziej spójnie popartą kombinacją jest Ortho-K w połączeniu z niską dawką atropiny. Dwa badania RCT wykazały większe spowolnienie wydłużania się osi ocznej w porównaniu z monoterapią, szczególnie u młodszych dzieci z krótszą osią oczną w punkcie odniesienia [142, 143]. W metaanalizie oszacowano wpływ Ortho-K w połączeniu z niską dawką atropiny na $-0,30$ mm/rok (95% CI $-0,54$ do $-0,07$) w przypadku długości osiowej oka w porównaniu z grupą kontrolną, bez znaczącego wpływu na SER (0,24 D; 95% CI $-0,29$ do 0,77). W analizie stwierdzono, że połączenie tych metod jest skuteczniejsze niż stosowanie samej atropiny 0,01%, ale nie jest wyraźnie lepsze niż sama terapia Ortho-K [13].

Przetestowano również połączenie okularów z atropiną. Dodanie 0,01% atropiny do soczewek DIMS zapewniło większą skuteczność kontroli krótkowzroczności niż każda z monoterapii zarówno w chińskiej, jak i europejskiej grupie badanych [144, 145]; korzyści zaobserwowano również w przypadku dodania 0,025% atropiny do soczewek DIMS w hiszpańskiej grupie badanych [146]. Natomiast w badaniu Bifocal and Atropine in Myopia (BAM) połączenie 0,01% atropiny z soczewkami SCL o mocy $+2,50$ D nie przyniosło dodatkowych korzyści w porównaniu z monoterapią SCL [147]. Brakuje dowodów dotyczących wyższych stężeń atropiny (np. 0,05%) w połączeniu z Ortho-K lub DIMS, co podkreśla potrzebę przeprowadzenia dalszych badań RCT, szczególnie w przypadku pacjentów z szybkim postępem choroby i fenotypami wysokiego ryzyka. W retrospektywnym, rocznym badaniu dzieci z szybko postępującą krótkowzrocznością oceniano połączenie soczewek kontaktowych z defokusem peryferyjnym i 0,05% atropiny. Terapia skojarzona z użyciem 0,05% atropiny i soczewek MF60 ($n = 15$) spowolniła postęp choroby bardziej niż same soczewki MF60 ($n = 12$) lub rutynowa opieka kontrolna ($n = 14$); zmiany SER wyniosły odpowiednio $-0,43$ D, $-0,74$ D i $-1,30$ D, a zmiany AL wyniosły odpowiednio 0,22 mm, 0,36 mm i 0,65 mm. Podczas oceny przeprowadzanej co pół roku nie zaobserwowano żadnych działań niepożądanych, a wydłużenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu nie przyniosło wymiernych korzyści w tym badaniu [148].

Pojawiają się kombinacje oparte na świetle. W jednym z badań dodanie RLRL do Ortho-K spowodowało zahamowanie AL u dzieci, które słabo reagowały na samo Ortho-K [149]. Obecnie najskuteczniejsze schematy leczenia wielokierunkowego opierają się na Ortho-K (Ortho-K plus atropina i Ortho-K plus RLRL), szczególnie u dzieci z szybkim postępem lub nieoptymalną reakcją na pojedynczą interwencję [142, 143, 149].

Dowody zostały zsyntetyzowane w sposób narracyjny, z naciskiem na dowody wyższego poziomu (randomizowane i porównawcze badania kliniczne, przeglądy systematyczne i metaanalizy) w celu oszacowania skuteczności. Ponieważ jednak był to ukierunkowany, niesystematyczny przegląd, nie przeprowadzono rejestracji protokołu, raportowania przebiegu badania w oparciu o PRISMA, formalnej oceny ryzyka błędu systematycznego ani ilościowej metaanalizy. Rozważano również dłuższe badania obserwacyjne oraz konsensusy lub wytyczne, aby umieścić wdrożenie w kontekście praktycznym i uzyskać informacje na temat trwałości, skutków zaprzestania stosowania oraz wdrożenia klinicznego. Konieczne są dalsze badania w celu ustalenia porównawczej skuteczności poprzez rygorystycznie zaprojektowane bezpośrednie RCT, uwzględniające standardowe wyniki AL i SER, wydłużony czas obserwacji, szerszą reprezentację populacji, jasno określone protokoły zaprzestania stosowania oraz niezależnie zweryfikowane wskaźniki bezpieczeństwa i skuteczności interwencji opartych na świetle.

WNIOSKI

Dowody na skuteczność kontroli krótkowzroczności znacznie się rozszerzyły, a wiele interwencji wykazało klinicznie znaczącą skuteczność w spowalnianiu postępu refrakcji i wydłużania osiowego. Czas spędzany na świeżym powietrzu pozostaje najbardziej dostępną i neutralną kosztowo strategią, podczas gdy interwencje optyczne, takie jak okulary DIMS i HAL, Ortho-K oraz miękkie soczewki wieloogniskowe, oferują opartą na dowodach, ale zmienną skuteczność w spowalnianiu postępu krótkowzroczności. Leczenie farmakologiczne niskimi dawkami atropiny jest poparte solidnymi danymi z badań przeprowadzonych w Azji, chociaż wyniki badań przeprowadzonych w krajach zachodnich są mniej spójne, a optymalne stężenie nadal pozostaje przedmiotem dyskusji. Niedawne zatwierdzenie przez organy regulacyjne standaryzowanego preparatu atropiny o stężeniu 0,01% stanowi kamień milowy; zaleca się jednak prawidłowy dobór pacjentów i rozważne stosowanie terapii pojedynczej lub skojarzonej.

Nowe metody, takie jak terapia RLRL, wykazują obiecującą skuteczność, w tym w leczeniu wysokiej krótkowzroczności, ale nadal pozostają w fazie badań ze względu na nierozstrzygnięte kwestie dotyczące progów bezpieczeństwa, koncentrację badań w określonych regionach geograficznych oraz ograniczoną długoterminową obserwację. Podejścia łączone, zwłaszcza Ortho-K z niską dawką atropiny lub Ortho-K z RLRL, zaczynają wykazywać dodatkowe korzyści i mogą być szczególnie obiecujące w przypadku pacjentów z szybkim postępem choroby lub dzieci, u których monoterapia nie przynosi optymalnych rezultatów.

Bezpośrednie porównania między interwencjami pozostają ograniczone, ponieważ istnieje niewiele bezpośrednich badań RCT, a wiele szacunków dotyczących skuteczności leczenia ma charakter pośredni. Heterogeniczność metodologiczna dodatkowo komplikuje interpretację, ponieważ badania różnią się pod względem wieku uczestników, przewagi kohort azjatyckich nad kohortami spoza Azji oraz zmiennych schematów dawkowania w badaniach farmakologicznych. Wyniki leczenia są również definiowane w sposób niespójny, z różnicami w kryteriach wyboru pacjentów, miarach „skuteczności” interwencji oraz protokołach dotyczących wypłukiwania lub krzyżowania. Zdarzenia niepożądane i przestrzeganie zaleceń są często oceniane przy użyciu niestandardowych, zgłaszanych przez samych pacjentów miar w krótkich okresach obserwacji, co może prowadzić do niedoszacowania niepożądanych doświadczeń i przeszacowania przestrzegania zaleceń. Ryzyko błędu systematycznego pozostaje powracającym problemem, szczególnie w odniesieniu do randomizacji i ukrywania przydziału, brakujących danych oraz braku wcześniej określonych analiz. W rezultacie, pomimo napływu nowych badań, ogólny poziom dowodów potwierdzających zarówno krótko-, jak i długoterminowe stosowanie określonych interwencji pozostaje stosunkowo niski.

Podsumowując, obecne strategie pozwalają na bardziej spersonalizowane i oparte na dowodach naukowych podejście do leczenia krótkowzroczności u dzieci, ale dziedzina ta wciąż się rozwija. Wybór leczenia powinien być dostosowany do ryzyka, tempa postępu choroby, wieku, profilu okulistycznego, preferencji i dostępności. Trwające badania nad optymalnym dawkowaniem, schematami leczenia skojarzonego, nowatorskimi mechanizmami i sposobami wdrażania będą miały kluczowe znaczenie dla udoskonalenia i rozszerzenia skutecznych, bezpiecznych i skalowalnych opcji dla dzieci na całym świecie.

DEKLARACJE ETYCZNE

Zgoda komisji etycznej: Nie była wymagana zgoda komisji etycznej.

Konflikt interesów: Andrzej Grzybowski zgłasza otrzymanie grantów od firm Alcon, Bausch&Lomb, CooperVision, Essilor, Hoya, Johnson&Johnson, Polpharma, Viatris, Tealon, Thea i Zeiss. Otrzymał wynagrodzenie za wykłady od: Alcon, Essilor, Eyerising, Polpharma, Santen, Thea i Viatris, a także był członkiem rad doradczych Eyerising, GoCheckKids, Nevakar, Santen i Thea. Carla Lanca zgłasza powiązania z Eyerising, obejmujące doradztwo lub konsultacje.

FINANSOWANIE

Brak.

PODZIĘKOWANIA

Tekst medyczny został przygotowany przez dr Colina Griffina (Griffin Scientific Ltd, Wielka Brytania) i sfinansowany przez firmę Santen.

BIBLIOGRAFIA

1. Flitcroft DI, He M, Jonas JB, Jong M, Naidoo K, Ohno-Matsui K, Rahi J, Resnikoff S, Vitale S, Yannuzzi L. IMI – Definiowanie i klasyfikacja krótkowzroczności: proponowany zestaw standardów dla badań klinicznych i epidemiologicznych. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 28 lutego 2019 r.; 60(3):M20-M30. doi: [10.1167/iavs.18-25957](https://doi.org/10.1167/iavs.18-25957). Errata w: *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 4 listopada 2024 r.; 65(13):19. doi: [10.1167/iavs.65.13.19](https://doi.org/10.1167/iavs.65.13.19). PMID: [30817826](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30817826/); PMCID: [PMC6735818](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6735818/).
2. Baird PN, Saw SM, Lanca C, Guggenheim JA, Smith Iii EL, Zhou X, Matsui KO, Wu PC, Sankaridurg P, Chia A, Rosman M, Lamoureux EL, Man R, He M. Myopia. *Nat Rev Dis Primers.* 17 grudnia 2020 r.; 6(1):99. doi: [10.1038/s41572-020-00231-4](https://doi.org/10.1038/s41572-020-00231-4). PMID: [33328468](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33328468/).
3. Haarman AEG, Enthoven CA, Tideman JW, Tedja MS, Verhoeven VJM, Klaver CCW. Powikłania krótkowzroczności: przegląd i metaanaliza. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 9 kwietnia 2020 r.; 61(4):49. doi: [10.1167/iavs.61.4.49](https://doi.org/10.1167/iavs.61.4.49). PMID: [32347918](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32347918/); PMCID: [PMC7401976](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7401976/).
4. Jiang F, Wang D, Xiao O, Guo X, Yin Q, Luo L, He M, Li Z. Czteroletni postęp makulopatii krótkowzrocznej u dzieci i młodzieży z wysoką krótkowzrocznością. *JAMA Ophthalmol.* 1 marca 2024 r.; 142(3):180-186. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2023.6319](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.6319). PMID: [38270935](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38270935/); PMCID: [PMC10811590](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10811590/).
5. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Globalna częstość występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności oraz trendy czasowe w latach 2000–2050. *Okulistyka.* Maj 2016; 123(5):1036-42. doi: [10.1016/j.ophtha.2016.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006). Epub 11 lutego 2016 r. PMID: [26875007](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26875007/).
6. Moreira-Rosário A, Lanca C, Grzybowski A. Częstość występowania krótkowzroczności w Europie: przegląd systematyczny i metaanaliza danych z 14 krajów. *Lancet Reg Health Eur.* 22 maja 2025 r.; 54:101319. doi: [10.1016/j.lanep.2025.101319](https://doi.org/10.1016/j.lanep.2025.101319). PMID: [40672053](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40672053/); PMCID: [PMC12266183](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC12266183/).
7. Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJ, Anastasopoulos E, Buitendijk GH, Cougnard-Grégoire A, Creuzot-Garcher C, Erke MG, Hogg R, Höhn R, Hysi P, Khawaja AP, Korobelnik JF, Ried J, Vingerling JR, Bron A, Dartigues JF, Fletcher A, Hofman A, Kuijpers RW, Luben RN, Oxle K, Topouzis F, von Hanno T, Mirshahi A, Foster PJ, van Duijn CM, Pfeiffer N, Delcourt C, Klaver CC, Rahi J, Hammond CJ; Konsorcjum European Eye Epidemiology (E(3)). Rosnąca częstość występowania krótkowzroczności w Europie i wpływ edukacji. *Okulistyka.* Lipiec 2015; 122(7):1489-97. doi: [10.1016/j.ophtha.2015.03.018](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.03.018). Epub maj 2015. PMID: [25983215](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25983215/); PMCID: [PMC4504030](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4504030/).
8. Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Krótkowzroczność. *Lancet.* 5 maja 2012 r.; 379(9827):1739-48. doi: [10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4). PMID: [22559900](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22559900/).

9. Chen M, Wu A, Zhang L, Wang W, Chen X, Yu X, Wang K. Rosnąca częstość występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności wśród uczniów szkół średnich w mieście Fenghua we wschodnich Chinach: 15-letnie badanie populacyjne. *BMC Ophthalmol.* 3 lipca 2018 r.; 18(1):159. doi: [10.1186/s12886-018-0829-8](https://doi.org/10.1186/s12886-018-0829-8). PMID: 29970057; PMCID: PMC6029024.
10. Lanca C, Pang CP, Grzybowski A. Skuteczność interwencji w zakresie kontroli krótkowzroczności: przegląd systematyczny 12 randomizowanych badań kontrolowanych opublikowanych w latach 2019–2021. *Front Public Health.* 23 marca 2023 r.; 11:1125000. doi: [10.3389/fpubh.2023.1125000](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1125000). Errata w: *Front Public Health.* 25 września 2024 r.; 12:1460156. doi: [10.3389/fpubh.2024.1460156](https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1460156). PMID: 37033047; PMCID: PMC10076805.
11. Lanca C, Repka MX, Grzybowski A. Przegląd tematyczny: Badania nad postępem krótkowzroczności w latach 2019–2021. *Optom Vis Sci.* 1 stycznia 2023 r.; 100(1):23-30. doi: [10.1097/OPX.0000000000001947](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001947). Epub 19 października 2022 r. PMID: 36705712.
12. Lanca C, Repka MX, Grzybowski A. Kontrowersje dotyczące leczenia kontroli krótkowzroczności: co to oznacza dla przyszłych badań? *Am J Ophthalmol.* Kwiecień 2025 r.; 272:79-86. doi: [10.1016/j.ajo.2024.12.029](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2024.12.029). Epub 9 stycznia 2025 r. PMID: 39793686.
13. Zaabaar E, Asiamah R, Kyei S, Ankamah S. Strategie kontroli krótkowzroczności: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Ophthalmic Physiol Opt.* Styczeń 2025; 45(1):160-176. doi: [10.1111/opo.13417](https://doi.org/10.1111/opo.13417). Epub 12 listopada 2024 r. PMID: 39530399.
14. Wolffsohn JS, Whayeb Y, Logan NS, Weng R; Grupa Ambasadorów Międzynarodowego Instytutu Krótkowzroczności*. IMI-Globalne trendy w podejściu do leczenia krótkowzroczności i strategiach stosowanych w praktyce klinicznej – aktualizacja z 2022 r. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 maja 2023 r.; 64(6):6. doi: [10.1167/iovs.64.6.6](https://doi.org/10.1167/iovs.64.6.6). Errata w: *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 maja 2023 r.; 64(5):12. doi: [10.1167/iovs.64.5.12](https://doi.org/10.1167/iovs.64.5.12). PMID: 37126357; PMCID: PMC10155870.
15. Eppenberger LS, Grzybowski A, Schmetterer L, Ang M. Kontrola krótkowzroczności: czy jesteśmy gotowi na podejście oparte na dowodach naukowych? *Ophthalmol Ther.* Czerwiec 2024 r.; 13(6):1453-1477. doi: [10.1007/s40123-024-00951-w](https://doi.org/10.1007/s40123-024-00951-w). Epub 7 maja 2024 r. PMID: 38710983; PMCID: PMC11109072.
16. Maulvi FA, Desai DT, Kalaiselvan P, Shah DO, Willcox MDP. Obecne i powstające strategie kontroli krótkowzroczności: przegląd narracyjny terapii optycznych, farmakologicznych, behawioralnych i wspomagających. *Eye (Lond).* Październik 2025; 39(14):2635-2644. doi: [10.1038/s41433-025-03949-1](https://doi.org/10.1038/s41433-025-03949-1). Epub 1 sierpnia 2025 r. PMID: 40750999; PMCID: PMC12446493.
17. Zhang XJ, Zaabaar E, French AN, Tang FY, Kam KW, Tham CC, Chen LJ, Pang CP, Yam JC. Postępy w strategiach kontroli krótkowzroczności u dzieci. *Br J Ophthalmol.* 28 stycznia 2025 r.; 109(2):165-176. doi: [10.1136/bjo-2023-323887](https://doi.org/10.1136/bjo-2023-323887). PMID: 38777389.
18. Wu PC, Chen CT, Lin KK, Sun CC, Kuo CN, Huang HM, Poon YC, Yang ML, Chen CY, Huang JC, Wu PC, Yang IH, Yu HJ, Fang PC, Tsai CL, Chiou ST, Yang YH. Zapobieganie krótkowzroczności a natężenie światła na zewnątrz w randomizowanym badaniu klastrowym przeprowadzonym w szkołach. *Okulistyka.* Sierpień 2018; 125(8):1239-1250. doi: [10.1016/j.ophtha.2017.12.011](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.12.011). Epub 19 stycznia 2018 r. PMID: 29371008.
19. He X, Sankaridurg P, Wang J, Chen J, Naduvilath T, He M, Zhu Z, Li W, Morgan IG, Xiong S, Zhu J, Zou H, Rose KA, Zhang B, Weng R, Resnikoff S, Xu X. Czas spędzany na świeżym powietrzu a zmniejszenie krótkowzroczności: randomizowane badanie klastrowe przeprowadzone w szkołach z obiektywnym monitorowaniem czasu spędzanego na świeżym powietrzu i natężenia światła. *Okulistyka.* Listopad 2022; 129(11):1245-1254. doi: [10.1016/j.ophtha.2022.06.024](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.06.024). Epub 30 czerwca 2022 r. PMID: 35779695.
20. Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, Zang J, Zou H, Zhu J, Lv M, He X, Xu X. Czas spędzany na aktywnościach na świeżym powietrzu w kontekście zapobiegania i kontroli krótkowzroczności: metaanaliza i przegląd systematyczny. *Acta Ophthalmol.* Wrzesień 2017; 95(6):551-566. doi: [10.1111/aos.13403](https://doi.org/10.1111/aos.13403). Epub 2 marca 2017 r. PMID: 28251836; PMCID: PMC5599950.
21. Li D, Min S, Li X. Czy spędzanie większej ilości czasu na świeżym powietrzu może zapobiegać i kontrolować krótkowzroczność u dzieci i młodzieży? Metaanaliza. *Ophthalmic Res.* 2024; 67(1):393-404. doi: [10.1159/000539229](https://doi.org/10.1159/000539229). Epub 6 maja 2024 r. PMID: 38710180.
22. Wu PC, Tsai CL, Yang YH. Aktywność na świeżym powietrzu podczas przerw w zajęciach zapobiega wystąpieniu i postępowi krótkowzroczności u dzieci z predyspozycjami do krótkowzroczności: analiza podgrup w badaniu dotyczącym przerw poza salą lekcyjną. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* Styczeń-luty 2025; 14(1):100140. doi: [10.1016/j.apjo.2025.100140](https://doi.org/10.1016/j.apjo.2025.100140). Epub 11 stycznia 2025 r. PMID: 39805427.
23. Mei Z, Zhang Y, Jiang W, Lam C, Luo S, Cai C, Luo S. Skuteczność interwencji na świeżym powietrzu w przypadku krótkowzroczności u dzieci i młodzieży: przegląd systematyczny i metaanaliza randomizowanych badań kontrolowanych. *Front Public Health.* 13 sierpnia 2024 r.; 12:1452567. doi: [10.3389/fpubh.2024.1452567](https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1452567). PMID: 39193200; PMCID: PMC11347293.
24. He M, Xiang F, Zeng Y, Mai J, Chen Q, Zhang J, Smith W, Rose K, Morgan IG. Wpływ czasu spędzanego na świeżym powietrzu w szkole na rozwój krótkowzroczności wśród dzieci w Chinach: randomizowane badanie kliniczne. *JAMA.* 15 września 2015 r.; 314(11):1142-8. doi: [10.1001/jama.2015.10803](https://doi.org/10.1001/jama.2015.10803). PMID: 26372583.
25. Gajjar S, Ostrin LA. Systematyczny przegląd pracy w bliskiej odległości i krótkowzroczności: pomiary, zależności, mechanizmy i konsekwencje kliniczne. *Acta Ophthalmol.* Czerwiec 2022 r.; 100(4):376-387. doi: [10.1111/aos.15043](https://doi.org/10.1111/aos.15043). Epub 7 października 2021 r. PMID: 34622560.
26. Bullimore MA, Brennan NA. Skuteczność kontroli krótkowzroczności – wpływ efektu odbicia. *Ophthalmic Physiol Opt.* Styczeń 2025; 45(1):100-110. doi: [10.1111/opo.13403](https://doi.org/10.1111/opo.13403). Epub 8 października 2024 r. PMID: 39377894.
27. Hiraoka T. Kontrola krótkowzroczności za pomocą ortokorekcji: przegląd. *Eye Contact Lens.* 1 marca 2022 r.; 48(3):100-104. doi: [10.1097/ICL.0000000000000867](https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000867). PMID: 34860723.
28. Charm J. Ortocheratologia: przydatność kliniczna i perspektywy pacjentów. *Clin Optom (Auckl).* 7 lutego 2017 r.; 9:33-40. doi: [10.2147/OPTO.S104507](https://doi.org/10.2147/OPTO.S104507). PMID: 30214358; PMCID: PMC6095568.
29. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R, Sugimoto K. Długoterminowa skuteczność stosowania soczewek ortokorekcyjnych w kontrolowaniu postępu krótkowzroczności u dzieci. *Curr Eye Res.* Maj 2017; 42(5):713-720. doi: [10.1080/02713683.2016.1221979](https://doi.org/10.1080/02713683.2016.1221979). Epub 21 października 2016 r. PMID: 27767354.

30. Sun Y, Xu F, Zhang T, Liu M, Wang D, Chen Y, Liu Q. Ortokeratologia w kontroli postępu krótkowzroczności: metaanaliza. *PLoS One*. 9 kwietnia 2015 r.; 10(4):e0124535. doi: 10.1371/journal.pone.0124535. Errata w: *PLoS One*. 11 czerwca 2015 r.; 10(6):e0130646. doi: 10.1371/journal.pone.0130646. PMID: 25855979; PMCID: PMC4391793.
31. Liu YM, Xie P. Bezpieczeństwo ortokorekcji — przegląd systematyczny. *Eye Contact Lens*. Styczeń 2016 r.; 42(1):35-42. doi: 10.1097/ICL.0000000000000219. PMID: 26704136; PMCID: PMC4697954.
32. VanderVeen DK, Kraker RT, Pineles SL, Hutchinson AK, Wilson LB, Galvin JA, Lambert SR. Zastosowanie ortokorekcji w zapobieganiu postępowi krótkowzroczności u dzieci: raport Amerykańskiej Akademii Okulistyki. *Ophthalmology*. Kwiecień 2019; 126(4):623-636. doi: 10.1016/j.optha.2018.11.026. Epub 23 listopada 2018 r. PMID: 30476518.
33. Atchison DA, Charman WN. Optyka soczewek okularowych przeznaczonych do leczenia postępującej krótkowzroczności. *Optom Vis Sci*. 1 maja 2024 r.; 101(5):238-249. doi: 10.1097/OPX.0000000000002140. PMID: 38857035.34.
34. Dahlmann-Noor AH, Ghorbani-Mojarrad N, Williams KM, Ghoneim A, Allen PM, Beach ML, Bruce G, Buckhurst HD, Buckhurst PJ, Cruickshank FE, Cufflin MP, Day MD, Doyle L, Evans BJW, Flitcroft DI, Gray LS, Grewal I, Guggenheim JA, Hammond CJ, Higginbotham JC, Jawaid I, Kearney S, Lawrenson JG, Logan NS, Loughman J, Mallen EAH, McCullough SJ, Nagra M, Saunders KJ, Seidel D, Shah T, Strang NC, Webber KJ, Wolffsohn JS, Young AL. 2024 Wielka Brytania i Irlandia – zmodyfikowany konsensus Delphi w sprawie leczenia krótkowzroczności u dzieci i młodzieży. *Ophthalmic Physiol Opt*. Listopad 2024; 44(7):1368-1391. doi: 10.1111/opo.13381. Epub 18 września 2024 r. PMID: 39295273.
35. Światowe Towarzystwo Okulistyki Dziecięcej i Zeza (2025). „Myopia Consensus Statement 2025”. Dostępne pod adresem: https://wspos.org/wp-content/uploads/2025/05/Myopia-Consensus-Statement2025.pdf?utm_id=myopia2025-download (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
36. Lam CSY, Tang WC, Tse DY, Lee RPK, Chun RKM, Hasegawa K, Qi H, Hatanaka T, To CH. Soczewki okularowe Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spowalniają postępowi krótkowzroczności: 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Br J Ophthalmol*. Marzec 2020; 104(3):363-368. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313739. Epub 29 maja 2019 r. PMID: 31142465; PMCID: PMC7041503.
37. Perea-Romero J, Signes-Soler I, Badenes-Ribera L, Tauste A. Skuteczność soczewek okularowych zaprojektowanych specjalnie do kontroli krótkowzroczności: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. Kwiecień 2025; 263(4):909-924. doi: 10.1007/s00417-024-06706-4. Epub 2024, 9 grudnia. PMID: 39652182.
38. Laughton D, Hill JS, McParland M, Tasso V, Woods J, Zhu X, Young G, Craven R, Hunt C, Neitz J, Neitz M, Chalberg TW, Jones D, Wolffsohn JS. Kontrola krótkowzroczności za pomocą soczewek okularowych z optyką dyfuzyjną: 4-letnie wyniki wieloośrodkowego randomizowanego badania kontrolowanego dotyczącego skuteczności i bezpieczeństwa (CYPRESS). *BMJ Open Ophthalmol*. 9 października 2024 r.; 9(1):e001790. doi: 10.1136/bmjophth-2024-001790. PMID: 39384223; PMCID: PMC11733789.
39. Rappon J, Chung C, Young G, Hunt C, Neitz J, Neitz M, Chalberg T. Kontrola krótkowzroczności za pomocą soczewek okularowych z optyką dyfuzyjną: wyniki 12-miesięcznego randomizowanego kontrolowanego badania skuteczności i bezpieczeństwa (CYPRESS). *Br J Ophthalmol*. Listopad 2023; 107(11):1709-1715. doi: 10.1136/bjo-2021-321005. Epub 1 września 2022 r. PMID: 36126105; PMCID: PMC10646852.
40. Lam CS, Tang WC, Lee PH, Zhang HY, Qi H, Hasegawa K, To CH. Wpływ soczewek okularowych z wieloma segmentami z defokusem (DIMS) na kontrolę krótkowzroczności u chińskich dzieci: wyniki trzyletniego badania obserwacyjnego. *Br J Ophthalmol*. Sierpień 2022; 106(8):1110-1114. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-317664. Epub 17 marca 2021 r. PMID: 33731364; PMCID: PMC9340033.
41. Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, Lee PH, Tse DYY, Qi H, Vlasak N, To CH. Długoterminowy efekt kontroli krótkowzroczności i bezpieczeństwo u dzieci noszących okulary z soczewkami DIMS przez 6 lat. *Sci Rep*. 4 kwietnia 2023 r.; 13(1):5475. doi: 10.1038/s41598-023-32700-7. PMID: 37015996; PMCID: PMC10073092.
42. Chun RKM, Zhang H, Liu Z, Tse DYY, Zhou Y, Lam CSY, To CH. Soczewki okularowe z wbudowanym defokusem wielosegmentowym (DIMS) zwiększają grubość naczyniówki: dwuletnie randomizowane badanie kliniczne. *Eye Vis (Lond)*. 15 września 2023 r.; 10(1):39. doi: 10.1186/s40662-023-00356-z. PMID: 37715201; PMCID: PMC10502972.
43. Chen X, Wu M, Yu C, Ohlendorf A, Rifai K, Boeck-Maier C, Wahl S, Yang Y, Zhu Y, Li L, Sankaridurg P. Spowolnienie postępu krótkowzroczności dzięki soczewkom okularowym z cylindrycznymi pierścieniowymi elementami refrakcyjnymi (CARE) – wyniki pierwszego roku z dwuletniego prospektywnego, wieloośrodkowego badania. *Acta Ophthalmol*. Grudzień 2025; 103(8):929-938. doi: 10.1111/aos.16795. Epub 15 listopada 2024 r. PMID: 39548605; PMCID: PMC12604440.
44. Chen X, Wu M, Yu C, Ohlendorf A, Li W, Liu N, Yang Y, Li L, Sankaridurg P. Skuteczność soczewek okularowych z cylindrycznymi pierścieniowymi elementami refrakcyjnymi (CARE) w spowalnianiu postępu krótkowzroczności w ciągu 2 lat. *Am J Ophthalmol*. Październik 2025; 278:203-211. doi: 10.1016/j.ajo.2025.06.017. Epub 13 czerwca 2025 r. PMID: 40517999.
45. Khanal S, Tomiyama ES, Harrington SC. Krótkowzroczność u dzieci, część I: wspólczesne opcje leczenia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 5 czerwca 2025 r.; 66(7):6. doi: 10.1167/iovs.66.7.6. Errata w: *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 lipca 2025 r.; 66(9):46. doi: 10.1167/iovs.66.9.46. PMID: 40471570; PMCID: PMC12151248.
46. Brennan NA, Cheng X, Jong M, Bullimore MA. Powszechnie panujące przekonania na temat krótkowzroczności, które nie mają solidnych podstaw naukowych: aktualizacja z 2025 r. *Eye Contact Lens*. 21 maja 2025 r.; 51(8):319-335. doi: 10.1097/ICL.0000000000001191. PMID: 40397787.
47. Prousalı E, Haidich AB, Fontalis A, Ziakas N, Brazitikos P, Mataftsi A. Skuteczność i bezpieczeństwo interwencji mających na celu kontrolowanie postępu krótkowzroczności u dzieci: przegląd systematycznych przeglądów i metaanaliz. *BMC Ophthalmol*. 9 maja 2019 r.; 19(1):106. doi: 10.1186/s12886-019-1112-3. PMID: 31072389; PMCID: PMC6506938.
48. Russo A, Boldini A, Romano D, Mazza G, Bignotti S, Morescalchi F, Semeraro F. Krótkowzroczność: mechanizmy i strategii spowalniania jej postępu. *J Ophthalmol*. 14 czerwca 2022 r.; 2022:1004977. doi: 10.1155/2022/1004977. PMID: 35747583; PMCID: PMC9213207.

49. Lai L, Trier K, Cui DM. Rola 7-metyloksantyny w zapobieganiu i kontroli krótkowzroczności: mini-przegląd. *Int J Ophthalmol.* 18 czerwca 2023 r.; 16(6):969-976. doi: 10.18240/ijo.2023.06.21. PMID: 37332548; PMCID: PMC10250936.
50. Liu Y, Dang Y. Nowe osiągnięcia w badaniach nad lekami stosowanymi w kontroli krótkowzroczności u nastolatków. *Curr Drug Targets.* 2025;26(6):382-393. doi: 10.2174/0113894501359801250102055530. PMID: 39838677.
51. Singh H, Singh H, Latief U, Tung GK, Shahtaghi NR, Sahajpal NS, Kaur I, Jain SK. Krótkowzroczność, jej występowanie, aktualna strategia terapeutyczna i najnowsze osiągnięcia: przegląd. *Indian J Ophthalmol.* Sierpień 2022; 70(8):2788-2799. doi: 10.4103/ijo.IJO_2415_21. PMID: 35918918; PMCID: PMC9672758.
52. Tapasztó B, Flitcroft DI, Acilimandos WA, Jonas JB, De Faber JHN, Nagy ZZ, Kestelyn PG, Januleviciene I, Grzybowski A, Vidinova CN, Guggenheim JA, Polling JR, Wolffsohn JS, Tideman JWL, Allen PM, Baraas RC, Saunders KJ, McCullough SJ, Gray LS, Wahl S, Smirnova IY, Formenti M, Radhakrishnan H, Resnikoff S, Németh J; SOE Myopia Consensus Group. Algorytm postępowania w przypadku krótkowzroczności. Załącznik do artykułu zatytułowanego „Aktualizacja i wytyczne dotyczące postępowania w przypadku krótkowzroczności”. Europejskie Towarzystwo Okulistyczne we współpracy z Międzynarodowym Instytutem Krótkowzroczności. *Eur J Ophthalmol.* Lipiec 2024; 34(4):952-966. doi: 10.1177/11206721231219532. Epub 12 grudnia 2023 r. PMID: 38087768; PMCID: PMC11295429.
53. Eppenberger LS, Sturm V. Leczenie krótkowzroczności w codziennej praktyce – ankieta przeprowadzona wśród europejskich okulistów dziecięcych. *Klin Monbl Augenheilkd.* Kwiecień 2023; 240(4):581-586. doi: 10.1055/a-2013-2713. Epub 25 kwietnia 2023 r. PMID: 37164443; PMCID: PMC10129410.
54. Martínez-Pérez C, Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Whayeb Y, Wolffsohn JS. Europejskie trendy w podejściu do leczenia krótkowzroczności i strategiach stosowanych w praktyce klinicznej. *Cont Lens Anterior Eye.* Lipiec 2025; 48(4):102390. doi: 10.1016/j.clae.2025.102390. Epub 10 marca 2025 r. PMID: 40069039.
55. Cao K, Wan Y, Yusufu M, Wang N. Znaczenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu dla zapobiegania krótkowzroczności: przegląd systematyczny i metaanaliza oparta na randomizowanych badaniach kontrolowanych. *Ophthalmic Res.* 2020;63(2):97-105. doi: 10.1159/000501937. Epub 20 sierpnia 2019 r. PMID: 31430758.
56. Lingham G, Mackey DA, Lucas R, Yazar S. W jaki sposób spędzanie czasu na świeżym powietrzu chroni przed krótkowzrocznością? Przegląd. *Br J Ophthalmol.* Maj 2020;104(5):593-599. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-314675. Epub 13 listopada 2019 r. PMID: 31722876.
57. Liao S, Li X, Bai N, Wu D, Yang W, Wang F, Ji HZ. Badanie empiryczne dotyczące wpływu oświetlenia zewnętrznego i aktywności fizycznej na wzrok dzieci. *Front Public Health.* 12 grudnia 2023 r.; 11:1270826. doi: 10.3389/fpubh.2023.1270826. PMID: 38155899; PMCID: PMC10754518.
58. Hung LF, Arumugam B, She Z, Ostrin L, Smith EL 3rd. Oświetlenie wąskopasmowe o długiej fali sprzyja nadwzroczności i opóźnia krótkowzroczność wywołaną widzeniem u niemowląt małp rhesus. *Exp Eye Res.* Listopad 2018 r.; 176:147-160. doi: 10.1016/j.exer.2018.07.004. Epub 4 lipca 2018 r. PMID: 29981345; PMCID: PMC6215717.
59. Smith EL 3rd, Hung LF, Arumugam B, Holden BA, Neitz M, Neitz J. Wpływ oświetlenia o długiej fali na rozwój refrakcji u niemowląt małp rhesus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* Październik 2015; 56(11):6490-500. doi: 10.1167/iovs.15-17025. PMID: 26447984; PMCID: PMC4604957.
60. Pan CW, Qian DJ, Saw SM. Czas spędzany na świeżym powietrzu, poziom witaminy D we krwi a krótkowzroczność: przegląd. *Photochem Photobiol Sci.* 16 marca 2017 r.; 16(3):426-432. doi: 10.1039/c6pp00292g. PMID: 27921098.
61. Chen J, Qi Z, Morgan I, Rose K, Zhu Z, Ding X, Wang J, Zhang B, Du L, Yang J, Zhu J, Gao W, Zou H, He M, Xu X, He X. Czas spędzany na świeżym powietrzu zapobiega krótkowzroczności u dzieci z nadwzrocznością, ale ochrona jest słabsza u dzieci z przedwczesną krótkowzrocznością: analiza post hoc randomizowanego badania klastrowego. *Br J Ophthalmol.* 8 października 2025 r.: bjo-2025-327768. doi: 10.1136/bjo-2025-327768. Publikacja elektroniczna przed wydaniem drukowanym. PMID: 41062253.
62. Tariq F, Mobeen R, Wang X, Lin X, Bao Q, Liu J, Gao H. Postępy w strategiach zapobiegania krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym: kompleksowy przegląd. *Front Public Health.* 15 sierpnia 2023 r.; 11:1226438. doi: 10.3389/fpubh.2023.1226438. PMID: 37655278; PMCID: PMC10466414.
63. Foreman J, Salim AT, Praveen A, Fonseca D, Ting DSW, Guang He M, Bourne RRA, Crowston J, Wong TY, Dirani M. Związek między korzystaniem z cyfrowych urządzeń inteligentnych a krótkowzrocznością: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Lancet Digit Health.* Grudzień 2021; 3(12):e806-e818. doi: 10.1016/S2589-7500(21)00135-7. Epub 5 października 2021 r. PMID: 34625399.
64. Zhang X, Cheung SSL, Chan HN, Zhang Y, Wang YM, Yip BH, Kam KW, Yu M, Cheng CY, Young AL, Kwan MYW, Ip P, Chong KK, Tham CC, Chen LJ, Pang CP, Yam JCS. Częstość występowania krótkowzroczności i zmiany stylu życia wśród dzieci w wieku szkolnym podczas pandemii COVID-19: prospektywne badanie populacyjne. *Br J Ophthalmol.* Grudzień 2022; 106(12):1772-1778. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-319307. Epub 2 sierpnia 2021 r. PMID: 34340973.
65. Enthoven CA, Tideman JWL, Polling JR, Yang-Huang J, Raat H, Klaver CCW. Wpływ korzystania z komputera na rozwój krótkowzroczności w dzieciństwie: badanie Generation R. *Prev Med.* Marzec 2020; 132:105988. doi: 10.1016/j.ypmed.2020.105988. Epub 15 stycznia 2020 r. Errata w: *Prev Med.* Kwiecień 2025 r.; 193:108243. doi: 10.1016/j.ypmed.2025.108243. PMID: 31954142.
66. Wong CW, Tsai A, Jonas JB, Ohno-Matsui K, Chen J, Ang M, Ting DSW. Czas spędzany przed ekranem cyfrowym podczas pandemii COVID-19: ryzyko dalszego wzrostu krótkowzroczności? *Am J Ophthalmol.* Marzec 2021; 223:333-337. doi: 10.1016/j.ajo.2020.07.034. Epub 30 lipca 2020 r. PMID: 32738229; PMCID: PMC7390728.
67. Efron N, Morgan PB, Woods CA, Santodomingo-Rubido J, Nichols JJ; Międzynarodowe Konsorcjum ds. Badania Przepisywania Soczewek Kontaktowych. Międzynarodowe badanie dopasowania soczewek kontaktowych w celu kontroli krótkowzroczności u dzieci. *Cont Lens Anterior Eye.* Luty 2020; 43(1):4-8. doi: 10.1016/j.clae.2019.06.008. Epub 3 lipca 2019 r. PMID: 31279577.

68. Li SM, Kang MT, Wu SS, Meng B, Sun YY, Wei SF, Liu L, Peng X, Chen Z, Zhang F, Wang N. Badania z wykorzystaniem soczewek kontaktowych z koncentrycznym pierścieniem dwuogniskowym i wieloogniskowym dodatkiem peryferyjnym w celu spowolnienia postępu krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym: metaanaliza. *Ophthalmic Physiol Opt.* Styczeń 2017; 37(1):51-59. doi: 10.1111/opo.12332. Epub 23 listopada 2016 r. PMID: 27880992.
69. Chamberlain P, Peixoto-de-Matos SC, Logan NS, Ngo C, Jones D, Young G. Trzyletnie randomizowane badanie kliniczne soczewek MiSight stosowanych w kontroli krótkowzroczności. *Optom Vis Sci.* Sierpień 2019; 96(8):556-567. doi: 10.1097/OPX.0000000000001410. PMID: 31343513.
70. Sankaridurg P, Bakaraju RC, Naduvilath T, Chen X, Weng R, Tilia D, Xu P, Li W, Conrad F, Smith EL 3rd, Ehrmann K. Kontrola krótkowzroczności za pomocą nowych soczewek kontaktowych typu centralnego i obwodowego oraz soczewek kontaktowych o zwiększonej głębi ostrości: wyniki 2-letniego randomizowanego badania klinicznego. *Ophthalmic Physiol Opt.* Lipiec 2019; 39(4):294-307. doi: 10.1111/opo.12621. Epub 10 czerwca 2019 r. PMID: 31180155; PMCID: PMC6851825.
71. Walline JJ. Kontrola krótkowzroczności: przegląd. *Eye Contact Lens.* Styczeń 2016; 42(1):3-8. doi: 10.1097/ICL.0000000000000207. PMID: 26513719.
72. Aller TA, Liu M, Wildsoet CF. Kontrola krótkowzroczności za pomocą soczewek kontaktowych dwuogniskowych: randomizowane badanie kliniczne. *Optom Vis Sci.* Kwiecień 2016; 93(4):344-52. doi: 10.1097/OPX.0000000000000808. PMID: 26784710.
73. Pauné J, Morales H, Armengol J, Quevedo L, Faria-Ribeiro M, González-Méjome JM. Kontrola krótkowzroczności za pomocą nowatorskich miękkich soczewek z gradientem peryferyjnym i ortokorekcji: 2-letnie badanie kliniczne. *Biomed Res Int.* 2015; 2015: 507572. doi: 10.1155/2015/507572. Epub 28 października 2015 r. PMID: 26605331; PMCID: PMC4641166.
74. Weng R, Lan W, Bakaraju R, Conrad F, Naduvilath T, Yang ZK, Sankaridurg P. Skuteczność soczewek kontaktowych w kontroli krótkowzroczności: wnioski z randomizowanego badania z grupą kontrolną. *Ophthalmic Physiol Opt.* Listopad 2022;42(6):1253-1263. doi: 10.1111/opo.13042. Epub 25 sierpnia 2022 r. PMID: 36006761; PMCID: PMC9805073.
75. Garcia-Del Valle AM, Blázquez V, Gros-Otero J, Infante M, Culebras A, Verdejo A, Sebastián J, García M, Bueno S, Piñero DP. Skuteczność i bezpieczeństwo stosowania miękkich soczewek kontaktowych w kontrolowaniu postępu krótkowzroczności. *Clin Exp Optom.* Styczeń 2021; 104(1):14-21. doi: 10.1111/coo.13077. PMID: 32342559.
76. Raffa LH, Allinjawi K, Sharanjeet-Kaur, Akhri SM, Mutalib HA. Kontrola krótkowzroczności za pomocą miękkich soczewek wieloogniskowych: 18-miesięczna obserwacja. *Saudi J Ophthalmol.* 13 czerwca 2022 r.; 35(4):325-331. doi: 10.4103/1319-4534.347305. PMID: 35814985; PMCID: PMC9266467.
77. Walline JJ, Walker MK, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Giannoni AG, Bickle KM, Schulle KL, Nixon A, Pierce GE, Berntsen DA; BLINK Study Group. Wpływ soczewek kontaktowych o wysokiej mocy dodatkowej, średniej mocy dodatkowej lub jednoogniskowych na postęp krótkowzroczności u dzieci: randomizowane badanie kliniczne BLINK. *JAMA.* 11 sierpnia 2020 r.; 324(6):571-580. doi: 10.1001/jama.2020.10834. PMID: 32780139; PMCID: PMC7420158.
78. Chamberlain P, Hammond DS, Bradley A, Arumugam B, Richdale K, McNally J, Hunt C, Young G. Wzrost gałki ocznej i postęp krótkowzroczności po zaprzestaniu terapii kontroli krótkowzroczności za pomocą miękkich soczewek kontaktowych o podwójnej ogniskowej. *Optom Vis Sci.* 1 maja 2025 r.; 102(5):353-358. doi: 10.1097/OPX.0000000000002244. Epub 24 marca 2025 r. PMID: 40132119; PMCID: PMC12101879.
79. Bullimore MA. Bezpieczeństwo miękkich soczewek kontaktowych u dzieci. *Optom Vis Sci.* Czerwiec 2017; 94(6):638-646. doi: 10.1097/OPX.0000000000001078. PMID: 28514244; PMCID: PMC5457812.
80. Lipson MJ. Rola ortokorekcji w leczeniu krótkowzroczności. *Eye Contact Lens.* 1 maja 2022 r.; 48(5):189-193. doi: 10.1097/ICL.0000000000000890. Epub 24 marca 2022 r. PMID: 35333801.
81. Choi KY, Cheung JKW, Wong GTK, Li PH, Chan SSH, Lam TC, Chan HHL. Skuteczność kontroli krótkowzroczności i długoterminowe bezpieczeństwo stosowania nowych soczewek ortokorekcyjnych (badanie MESOK) – randomizowane kontrolowane badanie kliniczne łączące dane kliniczne i dane dotyczące proteomiki lez. *J Clin Med.* 29 kwietnia 2023 r.; 12(9):3210. doi: 10.3390/jcm12093210. PMID: 37176650; PMCID: PMC10179394.
82. Guo B, Cheung SW, Kojima R, Cho P. Badanie dotyczące zmienności strefy leczenia soczewkami ortokorekcyjnymi (VOLTZ): 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Ophthalmic Physiol Opt.* Listopad 2023; 43(6):1449-1461. doi: 10.1111/opo.13208. Epub 6 sierpnia 2023 r. PMID: 37545099.
83. Liu T, Chen C, Ma W, Yang B, Wang X, Liu L. Wyniki rocznego leczenia krótkowzroczności za pomocą soczewek ortokorekcyjnych o asferycznej krzywiznie podstawowej: prospektywne randomizowane badanie kliniczne. *Ophthalmic Physiol Opt.* Listopad 2023; 43(6):1469-1477. doi: 10.1111/opo.13213. Epub 16 sierpnia 2023 r. PMID: 37584271.
84. Cho P, Cheung SW. Zaprzestanie stosowania ortokorekcji w przypadku wydłużenia gałki ocznej (DOEE). *Cont Lens Anterior Eye.* Kwiecień 2017; 40(2):82-87. doi: 10.1016/j.clae.2016.12.002. Epub 27 grudnia 2016 r. PMID: 28038841.
85. Bao J, Yang A, Huang Y, Li X, Pan Y, Ding C, Lim EW, Zheng J, Spiegel DP, Drobe B, Lu F, Chen H. Skuteczność kontroli krótkowzroczności przez rok stosowania soczewek okularowych z asferycznymi soczewkami. *Br J Ophthalmol.* Sierpień 2022; 106(8):1171-1176. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-318367. Epub 2 kwietnia 2021 r. PMID: 33811039; PMCID: PMC9340037.
86. Bao J, Huang Y, Li X, Yang A, Zhou F, Wu J, Wang C, Li Y, Lim EW, Spiegel DP, Drobe B, Chen H. Soczewki okularowe z asferycznymi soczewkami do kontroli krótkowzroczności a soczewki okularowe jednoogniskowe: randomizowane badanie kliniczne. *JAMA Ophthalmol.* 1 maja 2022 r.; 140(5):472-478. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2022.0401. PMID: 35357402; PMCID: PMC8972151.
87. Li X, Huang Y, Yin Z, Liu C, Zhang S, Yang A, Drobe B, Chen H, Bao J. Skuteczność soczewek okularowych z asferycznymi soczewkami w kontroli krótkowzroczności: wyniki trzyletniego badania kontrolnego. *Am J Ophthalmol.* Wrzesień 2023 r.; 253:160-168. doi: 10.1016/j.ajo.2023.03.030. Epub 10 kwietnia 2023 r. PMID: 37040846.
88. Guo H, Li X, Zhang X, Wang H, Li J. Porównanie wpływu soczewek o wysokim stopniu asferyczności z soczewkami wielosegmentowymi z defokusem na kontrolę krótkowzroczności. *Sci Rep.* 21 lutego 2023 r.; 13(1):3048. doi: 10.1038/s41598-023-30157-2. PMID: 36810369; PMCID: PMC9942655.

89. Li X, Huang Y, Liu C, Chang X, Cui Z, Yang Q, Drobe B, Bullimore MA, Chen H, Bao J. Skuteczność kontroli krótkowzroczności przez soczewki okularowe z wysoce asferycznymi soczewkami: wyniki 5-letniego badania obserwacyjnego. *Eye Vis (Lond)*. 5 marca 2025 r.; 12(1):10. doi: [10.1186/s40662-025-00427-3](https://doi.org/10.1186/s40662-025-00427-3). PMID: 40038807; PMCID: PMC11881363.
90. Yuval C, Ootem C, Laura BS, Shirel R, Dana GN, Atalia W, Noam B, Nir E, Yair M. Ocena wpływu soczewek okularowych kontrolujących krótkowzroczność u dzieci w Izraelu: wyniki z 12 miesięcy. *Am J Ophthalmol*. Styczeń 2024 r.; 257:103-112. doi: [10.1016/j.ajo.2023.08.019](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2023.08.019). Epub 9 września 2023 r. Errata w: *Am J Ophthalmol*. Marzec 2024 r.; 259:197. doi: [10.1016/j.ajo.2023.12.015](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2023.12.015). PMID: 37690499.
91. D'Andrea L, Rinaldi M, Piscopo R, Iorio F, La Padula S, Maqsood S, Elalfy M, Melenzane A, Confalonieri F, Ozkan O, Utine CA, Costagliola C. Skuteczność soczewek okularowych w kontroli krótkowzroczności: metaanaliza randomizowanych badań kontrolowanych. *Br J Ophthalmol*. 22 stycznia 2026 r.; 110(2):125-132. doi: [10.1136/bjo-2025-327629](https://doi.org/10.1136/bjo-2025-327629). PMID: 40912901; PMCID: PMC12911582.
92. Lee L, De Angelis L, Barclay E, Tahhan N, Saunders K, McConnell E, Ghorbani-Mojarrad N, Dahlmann-Noor A, Jaselsky A, Leveziel N, Bremond-Gignac D, Resnikoff S, Fricke TR. Czynniki wpływające na całkowity koszt krótkowzroczności i wpływ aktywnych metod leczenia krótkowzroczności w Europie. *Am J Ophthalmol*. Październik 2025; 278:212-221. doi: [10.1016/j.ajo.2025.06.034](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2025.06.034). Epub 20 czerwca 2025 r. PMID: 40545012.
93. Joachimsen L, Böhringer D, Gross NJ, Reich M, Stifter J, Reinhard T, Lagrèze WA. Badanie pilotażowe dotyczące skuteczności i bezpieczeństwa stosowania 0,01% atropiny u niemieckich uczniów z postępującą krótkowzrocznością. *Ophthalmol Ther*. Wrzesień 2019; 8(3):427-433. doi: [10.1007/s40123-019-0194-6](https://doi.org/10.1007/s40123-019-0194-6). Epub 12 czerwca 2019 r. PMID: 31190219; PMCID: PMC6692800.
94. Joachimsen L, Farassat N, Bleul T, Böhringer D, Lagrèze WA, Reich M. Skutki uboczne stosowania miejscowo atropiny 0,05% w porównaniu z 0,01% w kontroli krótkowzroczności u niemieckich dzieci w wieku szkolnym: badanie pilotażowe. *Int Ophthalmol*. Czerwiec 2021; 41(6):2001-2008. doi: [10.1007/s10792-021-01755-8](https://doi.org/10.1007/s10792-021-01755-8). Epub 25 lutego 2021 r. PMID: 33634343; PMCID: PMC8172502.
95. Zadnik K, Schulman E, Flitcroft I, Fogt JS, Blumenfeld LC, Fong TM, Lang E, Hemmati HD, Chandler SP; badacze z grupy CHAMP Trial Group. Skuteczność i bezpieczeństwo stosowania 0,01% i 0,02% atropiny w leczeniu postępującej krótkowzroczności u dzieci w ciągu 3 lat: randomizowane badanie kliniczne. *JAMA Ophthalmol*. 1 października 2023 r.; 141(10):990-999. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2023.2097](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.2097). Errata w: *JAMA Ophthalmol*. 1 października 2023 r.; 141(10):1005. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2023.4206](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.4206). PMID: 37261839; PMCID: PMC10236322.
96. Hvid-Hansen A, Jacobsen N, Møller F, Bek T, Ozenne B, Kessel L. Kontrola krótkowzroczności za pomocą niskich dawek atropiny u europejskich dzieci: wyniki sześciomiesięcznego randomizowanego, podwójnie ślepego, kontrolowanego placebo, wielośrodkowego badania. *J Pers Med*. 14 lutego 2023 r.; 13(2):325. doi: [10.3390/jpm13020325](https://doi.org/10.3390/jpm13020325). PMID: 36836559; PMCID: PMC9960354.
97. Hansen NC, Hvid-Hansen A, Møller F, Bek T, Larsen DA, Jacobsen N, Kessel L. Bezpieczeństwo i skuteczność stosowania kropli do oczu zawierających niskie dawki atropiny (0,01% i 0,1%) w celu zmniejszenia postępu krótkowzroczności u duńskich dzieci: randomizowane badanie kliniczne oceniające roczny efekt i bezpieczeństwo stosowania. *BMC Ophthalmol*. 30 października 2023 r.; 23(1):438. doi: [10.1186/s12886-023-03177-9](https://doi.org/10.1186/s12886-023-03177-9). PMID: 37904082; PMCID: PMC10614417.
98. Hansen NC, Hvid-Hansen A, Møller F, Bek T, Larsen DA, Jacobsen N, Kessel L. Dwuletnie wyniki stosowania kropli do oczu zawierających 0,01% atropiny i dawki nasycającej 0,1% w celu ograniczenia postępu krótkowzroczności u duńskich dzieci: randomizowane badanie kliniczne z grupą kontrolną otrzymującą placebo. *J Pers Med*. 2 lutego 2024 r.; 14(2):175. doi: [10.3390/jpm14020175](https://doi.org/10.3390/jpm14020175). Errata w: *J Pers Med*. 17 grudnia 2025 r.; 15(12):628. doi: [10.3390/jpm15120628](https://doi.org/10.3390/jpm15120628). PMID: 38392608; PMCID: PMC10890135.
99. Loughman J, Kobia-Acquah E, Lingham G, Butler J, Loskutova E, Mackey DA, Lee SSY, Flitcroft DI. Badanie wyników leczenia krótkowzroczności u dzieci za pomocą atropiny: dwuletnie wyniki codziennego stosowania 0,01% atropiny w populacji europejskiej. *Acta Ophthalmol*. Maj 2024; 102(3):e245-e256. doi: [10.1111/aos.15761](https://doi.org/10.1111/aos.15761). Epub 11 września 2023 r. PMID: 37694816.
100. Moriche-Carretero M, Revilla-Amores R, Gutiérrez-Blanco A, Moreno-Morillo FJ, Martínez-Perez C, Sánchez-Tena MÁ, Álvarez-Peregrina C. Pięcioletnie wyniki skuteczności atropiny 0,01% w kontroli krótkowzroczności w populacji europejskiej. *Br J Ophthalmol*. 21 maja 2024 r.; 108(5):715-719. doi: [10.1136/bjo-2022-322808](https://doi.org/10.1136/bjo-2022-322808). PMID: 37268328.
101. Loughman J, Lingham G, Nkansah EK, Kobia-Acquah E, Flitcroft DI. Skuteczność i bezpieczeństwo różnych schematów leczenia atropiną w leczeniu krótkowzroczności u dzieci: trzyletnie wyniki randomizowanego badania klinicznego MOSAIC. *JAMA Ophthalmol*. 1 lutego 2025 r.; 143(2):134-144. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2024.5703](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2024.5703). PMID: 39786755; PMCID: PMC11843376.
102. Hansen N, Hvid-Hansen A, Møller F, Bek T, Larsen D, Jacobsen N, Kessel L. Trzyletnie wyniki leczenia atropiną w dawkach 0,01% i 0,1%, w tym wypłukiwanie, u duńskich dzieci z krótkowzrocznością: randomizowane badanie kliniczne z grupą kontrolną otrzymującą placebo. *Br J Ophthalmol*. 20 sierpnia 2025 r.; 109(9):1056-1063. doi: [10.1136/bjo-2024-326918](https://doi.org/10.1136/bjo-2024-326918). PMID: 40122578; PMCID: PMC12418564.
103. Chia A, Chua WH, Cheung YB, Wong WL, Lingham A, Fong A, Tan D. Atropina w leczeniu krótkowzroczności u dzieci: bezpieczeństwo i skuteczność dawek 0,5%, 0,1% i 0,01% (Atropina w leczeniu krótkowzroczności 2). *Okulistyka*. Luty 2012; 119(2):347-54. doi: [10.1016/j.opht.2011.07.031](https://doi.org/10.1016/j.opht.2011.07.031). Epub 2 października 2011 r. PMID: 21963266.
104. Yam JC, Jiang Y, Tang SM, Law AKP, Chan JJ, Wong E, Ko ST, Young AL, Tham CC, Chen LJ, Pang CP. Badanie dotyczące stosowania atropiny w niskim stężeniu w leczeniu postępującej krótkowzroczności (LAMP): randomizowane, podwójnie ślepe, kontrolowane placebo badanie dotyczące stosowania kropli do oczu zawierających 0,05%, 0,025% i 0,01% atropiny w leczeniu krótkowzroczności. *Ophthalmology*. Styczeń 2019; 126(1):113-124. doi: [10.1016/j.opht.2018.05.029](https://doi.org/10.1016/j.opht.2018.05.029). Epub 6 lipca 2018 r. PMID: 30514630.
105. Wei S, Li SM, An W, Du J, Liang X, Sun Y, Zhang D, Tian J, Wang N. Bezpieczeństwo i skuteczność niskich dawek kropli do oczu z atropiną w leczeniu postępującej krótkowzroczności u chińskich dzieci: randomizowane badanie kliniczne. *JAMA Ophthalmol*. 1 listopada 2020 r.; 138(11):1178-1184. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2020.3820](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2020.3820). PMID: 33001210; PMCID: PMC7530823.

106. Yam JC, Li FF, Zhang X, Tang SM, Yip BHK, Kam KW, Ko ST, Young AL, Tham CC, Chen LJ, Pang CP. Dwuletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania atropiny w niskim stężeniu w leczeniu postępującej krótkowzroczności (LAMP): raport z fazy 2. *Okulistyka*. Lipiec 2020; 127(7):910-919. doi: [10.1016/j.ophtha.2019.12.011](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.12.011). Epub 21 grudnia 2019 r. PMID: 32019700.
107. Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y, Wang YM, Tang SM, Li FF, Kam KW, Ko ST, Yip BHK, Young AL, Tham CC, Chen LJ, Pang CP. Trzyletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania niskich stężeń atropiny w leczeniu postępującej krótkowzroczności (LAMP): kontynuacja versus odstawienie: raport z fazy 3. *Okulistyka*. Marzec 2022; 129(3):308-321. doi: [10.1016/j.ophtha.2021.10.002](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.10.002). Epub 7 października 2021 r. PMID: 34627809.
108. Lee SS, Lingham G, Blaszkowska M, Sanfilippo PG, Koay A, Franchina M, Chia A, Loughman J, Flitcroft DI, Hammond CJ, Azuara-Blanco A, Crewe JM, Clark A, Mackey DA. Krople do oczu o niskim stężeniu atropiny do kontroli krótkowzroczności w wielorazowej grupie australijskich dzieci: randomizowane badanie kliniczne. *Clin Exp Ophthalmol*. Grudzień 2022; 50(9):1001-1012. doi: [10.1111/ceo.14148](https://doi.org/10.1111/ceo.14148). Epub 9 września 2022 r. PMID: 36054556; PMCID: PMC10086806.
109. Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y, Yip BHK, Tang F, Wong ES, Bui CHT, Kam KW, Ng MPH, Ko ST, Yip WWK, Young AL, Tham CC, Chen LJ, Pang CP. Wpływ kropli do oczu o niskim stężeniu atropiny w porównaniu z placebo na częstość występowania krótkowzroczności u dzieci: randomizowane badanie kliniczne LAMP2. *JAMA*. 14 lutego 2023 r.; 329(6):472-481. doi: [10.1001/jama.2022.24162](https://doi.org/10.1001/jama.2022.24162). Errata w: *JAMA*. 4 kwietnia 2023 r.; 329(13):1123. doi: [10.1001/jama.2023.3989](https://doi.org/10.1001/jama.2023.3989). PMID: 36786791; PMCID: PMC9929700.
110. Repka MX, Weise KK, Chandler DL, Wu R, Melia BM, Manny RE, Kehler LAF, Jordan CO, Raghuram A, Summers AI, Lee KA, Petersen DB, Erzurum SA, Pang Y, Lenhart PD, Ticho BH, Beck RW, Kraker RT, Holmes JM, Cotter SA; Grupa badaczy chorób oczu u dzieci. Niskodawkowe krople do oczu zawierające 0,01% atropiny w porównaniu z placebo w kontroli krótkowzroczności: randomizowane badanie kliniczne. *JAMA Ophthalmol*. 1 sierpnia 2023 r.; 141(8):756-765. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2023.2855](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.2855). PMID: 37440213; PMCID: PMC10346510.
111. Zhang XJ, Zhang Y, Yip BHK, Kam KW, Tang F, Ling X, Ng MPH, Young AL, Wu PC, Tham CC, Chen LJ, Pang CP, Yam JC. Pięcioletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania atropiny w niskim stężeniu w leczeniu postępującej krótkowzroczności (LAMP): raport z fazy 4. *Okulistyka*. Wrzesień 2024; 131(9):1011-1020. doi: [10.1016/j.ophtha.2024.03.013](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2024.03.013). Epub 16 marca 2024 r. PMID: 38494130.
112. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, Tong L, Ling Y, Quah BL, Tan D. Atropina w leczeniu krótkowzroczności u dzieci. *Okulistyka*. Grudzień 2006; 113(12):2285-91. doi: [10.1016/j.ophtha.2006.05.062](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.05.062). Epub 25 września 2006 r. PMID: 16996612.
113. Tong L, Huang XL, Koh AL, Zhang X, Tan DT, Chua WH. Atropina w leczeniu krótkowzroczności u dzieci: wpływ na postęp krótkowzroczności po zaprzestaniu stosowania atropiny. *Okulistyka*. Marzec 2009; 116(3):572-9. doi: [10.1016/j.ophtha.2008.10.020](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.10.020). Epub styczeń 2009 r. PMID: 19167081.
114. Bullimore MA, Berntsen DA. Niskie dawki atropiny w kontroli krótkowzroczności: analiza wszystkich danych. *JAMA Ophthalmol*. 1 marca 2018 r.; 136(3):303. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2017.6638](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.6638). PMID: 29423500.
115. Chia A, Chua WH, Wen L, Fong A, Goon YY, Tan D. Atropina w leczeniu krótkowzroczności u dzieci: zmiany po zaprzestaniu stosowania atropiny 0,01%, 0,1% i 0,5%. *Am J Ophthalmol*. Luty 2014; 157(2):451-457.e1. doi: [10.1016/j.ajo.2013.09.020](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.09.020). Epub 4 grudnia 2013 r. PMID: 24315293.
116. Chia A, Lu QS, Tan D. Pięcioletnie badanie kliniczne dotyczące stosowania atropiny w leczeniu krótkowzroczności 2: Kontrola krótkowzroczności za pomocą kropli do oczu zawierających 0,01% atropiny. *Okulistyka*. Luty 2016; 123(2):391-399. doi: [10.1016/j.ophtha.2015.07.004](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.07.004). Epub 11 sierpnia 2015 r. PMID: 26271839.
117. Li Y, Yip M, Ning Y, Chung J, Toh A, Leow C, Liu N, Ting D, Schmetterer L, Saw SM, Jonas JB, Chia A, Ang M. Miejscowe stosowanie atropiny w kontroli krótkowzroczności u dzieci: badanie długoterminowej oceny leczenia atropiną. *JAMA Ophthalmol*. 1 stycznia 2024 r.; 142(1):15-23. doi: [10.1001/jamaophthalmol.2023.5467](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5467). PMID: 38019503; PMCID: PMC10690578.
118. Singapore National Eye Centre (2025). „Zastosowanie atropiny 0,01% w profilaktyce i kontroli krótkowzroczności (ATOM3)”. NCT03140358. Dostępne pod adresem: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT03140358> (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
119. Lee SS, Nilagiri VK, Lingham G, Blaszkowska M, Sanfilippo PG, Franchina M, Clark A, Mackey DA. Postęp krótkowzroczności po zaprzestaniu stosowania 0,01% atropiny u dzieci w Australii: Wyniki badania przeprowadzonego w Australii Zachodniej – Atropina w leczeniu krótkowzroczności (WA-ATOM). *Clin Exp Ophthalmol*. Lipiec 2024; 52(5):507-515. doi: [10.1111/ceo.14368](https://doi.org/10.1111/ceo.14368). Epub 23 lutego 2024 r. PMID: 38400607.
120. Lee SH, Tsai PC, Chiu YC, Wang JH, Chiu CJ. Postęp krótkowzroczności po zaprzestaniu stosowania atropiny u dzieci: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Front Pharmacol*. 22 stycznia 2024 r.; 15:1343698. doi: [10.3389/fphar.2024.1343698](https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1343698). PMID: 38318144; PMCID: PMC10838978.
121. Hieda O, Hiraoka T, Fujikado T, Ishiko S, Hasebe S, Torii H, Takahashi H, Tanaka S, Kinoshita S; Grupa badawcza ATOM-J. Ocena efektu odbicia krótkowzroczności po zaprzestaniu leczenia 0,01% kroplami do oczu z atropiną u japońskich dzieci w wieku szkolnym. *Jpn J Ophthalmol*. Wrzesień 2023; 67(5):602-611. doi: [10.1007/s10384-023-01012-8](https://doi.org/10.1007/s10384-023-01012-8). Epub 7 sierpnia 2023 r. PMID: 37548816.
122. Xu S, Wang M, Qu Y, Wang Y, Jiang J, Zhou F, Zhao W, Zheng B, Chen W, Lei X, Li Z, Hu Y, Yang X. Podawanie dwa razy dziennie poprawia skuteczność 0,01% atropiny w kontrolowaniu krótkowzroczności poprzez spowolnienie wydłużania osiowego i postępu refrakcji. *Ophthalmic Physiol Opt*. Listopad 2025; 45(7):1856-1866. doi: [10.1111/opo.13558](https://doi.org/10.1111/opo.13558). Epub 23 lipca 2025 r. PMID: 40698880.
123. Santen Pharmaceutical Company (2025). „Komisja Europejska zatwierdza preparat Ryjunea® firmy Santen do spowalniania postępu krótkowzroczności u dzieci”. Dostępne na stronie: https://www.santen.com/en/news/2025/2025_1/20250605 (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
124. Komitet ds. Produktów Leczniczych Stosowanych u Ludzi (CHMP) (2025). „CHARAKTERYSTYKA PRODUKTU LECZNICZEGO: Ryjunea 0,1 mg/ml krople do oczu, roztwór (EMA/134905/2025)”. Dostępne na stronie: <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/EPAR/ryjunea> (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
125. Europejska Agencja Leków: Raport z oceny: EMA/134905/2025, Komitet ds. Produktów Leczniczych Stosowanych u Ludzi (CHMP) (2025). „Ryjunea, międzynarodowa nazwa niezastrażona: siarczan atropiny, procedura nr EMEA/H/C/006324/0000”.

- Dostępne pod adresem: https://www.ema.europa.eu/en/documents/assessment-report/ryjunea-epar-public-assessment-report_en.pdf (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
126. Johnson P, Widder K, Cheetham J, Kirkeby L. Metody i punkt odniesienia dużego, wielośrodkowego badania III fazy z użyciem niskich dawek atropiny (SYD-101) w leczeniu postępującej krótkowzroczności u ponad 800 dzieci (badanie STAR). *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 30 czerwca 2025 r.; 66(8):2825-. [Link](#)
 127. Santen Pharmaceutical Company (2025). „Santen wprowadza na rynek niemiecki preparat Ryjunea® do leczenia krótkowzroczności u dzieci”. Dostępne pod adresem: https://www.santen.com/en/news/2025/2025_1/20250722 (dostęp: 10 lutego 2026 r.).
 128. Richdale K, Skidmore KV, Tomiyama ES, Bullimore MA. Compounded 0.01% Atropine-What's in the Bottle? *Eye Contact Lens*. 1 czerwca 2023 r.; 49(6):219-223. doi: 10.1097/IJCL.0000000000000990. Epub 5 kwietnia 2023 r. PMID: 37022143; PMCID: PMC10194055.
 129. Polypharma (2020). „Miofree – 100 mcg/ml, krople do oczu, roztwór (sulfat atropiny); charakterystyka produktu leczniczego (ChPL)”. Dostępne na stronie: <https://polpharma.pl/produkty/miofree-krople-do-oczu-01-mg-ml-25ml/> (Dostęp: 10 lutego 2026 r.).
 130. Huang Z, He T, Zhang J, Du C. Naświetlanie światłem czerwonym jako metoda leczenia krótkowzroczności. *Indian J Ophthalmol*. Wrzesień 2022 r.; 70(9):3198-3201. doi: 10.4103/ijo.IJO_15_22. PMID: 36018087; PMCID: PMC9675534.
 131. Yang W, Lin F, Li M, Wei R, Zhou J, Zhou X. Natychmiastowy efekt w siatkówce i naczyniówce po terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu 650 nm u dzieci. *Ophthalmic Res*. 2023;66(1):312-318. doi: 10.1159/000527787. Epub 31 października 2022 r. PMID: 36315988.
 132. Jiang Y, Zhu Z, Tan X, Kong X, Zhong H, Zhang J, Xiong R, Yuan Y, Zeng J, Morgan IG, He M. Wpływ powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu na kontrolę krótkowzroczności u dzieci: wielośrodkowe randomizowane badanie kontrolowane. *Okulistyka*. Maj 2022; 129(5):509-519. doi: 10.1016/j.ophtha.2021.11.023. Epub 1 grudnia 2021 r. PMID: 34863776.
 133. Zhu Q, Cao X, Zhang Y, Zhou Y, Zhang J, Zhang X, Zhu Y, Xue L. Powtarzana terapia światłem czerwonym o niskim natężeniu w celu kontrolowania wystąpienia i postępu krótkowzroczności – przegląd. *Int J Med Sci*. 4 września 2023 r.; 20(10):1363-1376. doi: 10.7150/ijms.85746. PMID: 37786442; PMCID: PMC10542022.
 134. Xiong R, Zhu Z, Jiang Y, Kong X, Zhang J, Wang W, Kiburg K, Yuan Y, Chen Y, Zhang S, Xuan M, Zeng J, Morgan IG, He M. Trwały i odbity efekt powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu w kontroli krótkowzroczności: 2-letnie badanie kontrolne po zakończeniu próby. *Clin Exp Ophthalmol*. Grudzień 2022; 50(9):1013-1024. doi: 10.1111/ceo.14149. Epub 7 września 2022 r. PMID: 36054314; PMCID: PMC10086781.
 135. Tian L, Cao K, Ma DL, Zhao SQ, Lu LX, Li A, Chen CX, Ma CR, Ma ZF, Jie Y. Badanie skuteczności i bezpieczeństwa stosowania światła czerwonego o niskiej intensywności 650 nm w kontroli krótkowzroczności u dzieci: randomizowane badanie kontrolowane. *Ophthalmol Ther*. Grudzień 2022; 11(6):2259-2270. doi: 10.1007/s40123-022-00585-w. Epub 8 października 2022 r. PMID: 36208391; PMCID: PMC9587157.
 136. Xu Y, Cui L, Kong M, Li Q, Feng X, Feng K, Zhu H, Cui H, Shi C, Zhang J, Zou H. Powtarzana terapia światłem czerwonym o niskim natężeniu w celu kontroli krótkowzroczności u dzieci i młodzieży z wysoką krótkowzrocznością: randomizowane badanie kliniczne. *Ophthalmology*. Listopad 2024; 131(11):1314-1323. doi: 10.1016/j.ophtha.2024.05.023. Epub 6 czerwca 2024 r. PMID: 38849054.
 137. Deen N, Zhu Z, Qi Z, Aung YY, Bulloch G, Miao D, He M. Trzymiesięczna analiza pośrednia powtarzanej terapii niskim poziomem światła czerwonego w kontroli krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym: pilotażowe wieloetniczne randomizowane badanie kontrolowane. *Ophthalmic Epidemiol*. 19 maja 2025 r.; 1-9. doi: 10.1080/09286586.2025.2500020. Epub przed drukiem. PMID: 40388203.
 138. Chen H, Wang W, Liao Y, Zhou W, Li Q, Wang J, Tang J, Pei Y, Wang X. Terapia światłem czerwonym o niskiej intensywności w spowalnianiu postępu krótkowzroczności i efekt odbicia po jej zaprzestaniu u chińskich dzieci: randomizowane badanie kontrolowane. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. Luty 2023; 261(2):575-584. doi: 10.1007/s00417-022-05794-4. Epub 17 sierpnia 2022 r. PMID: 35976467.
 139. Tang J, Liao Y, Yan N, Dereje SB, Wang J, Luo Y, Wang Y, Zhou W, Wang X, Wang W. Skuteczność powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu w spowalnianiu postępu krótkowzroczności u dzieci: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Am J Ophthalmol*. Sierpień 2023; 252:153-163. doi: 10.1016/j.ajo.2023.03.036. Epub 7 kwietnia 2023 r. PMID: 37030495.
 140. Liu H, Yang Y, Guo J, Peng J, Zhao P. Uszkodzenie siatkówki po wielokrotnej ekspozycji na laserowe światło czerwone niskiej mocy. *JAMA Ophthalmol*. 1 lipca 2023 r.; 141(7):693-695. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2023.1548. PMID: 37227712.
 141. Ostrin LA, Schill AW. Urządzenia wykorzystujące czerwone światło w leczeniu krótkowzroczności przekraczają limity bezpieczeństwa. *Ophthalmic Physiol Opt*. Marzec 2024; 44(2):241-248. doi: 10.1111/opo.13272. Epub 5 stycznia 2024 r. PMID: 38180093; PMCID: PMC10922340.
 142. Kinoshita N, Konno Y, Hamada N, Kanda Y, Shimura-Tomita M, Kaburaki T, Kakehashi A. Skuteczność połączenia ortokorekcji i 0,01% roztworu atropiny w spowalnianiu wydłużania osiowego u dzieci z krótkowzrocznością: 2-letnie badanie z randomizacją. *Sci Rep*. 29 lipca 2020 r.; 10(1):12750. doi: 10.1038/s41598-020-69710-8. PMID: 32728111; PMCID: PMC7391648.
 143. Tan Q, Ng AL, Cheng GP, Woo VC, Cho P. Badanie dotyczące połączenia 0,01% atropiny z ortokorekcją w kontroli krótkowzroczności u dzieci (AOK): 2-letnie randomizowane badanie kliniczne. *Cont Lens Anterior Eye*. Luty 2023 r.; 46(1):101723. doi: 10.1016/j.clae.2022.101723. Epub 31 maja 2022 r. PMID: 35654683.
 144. Huang Z, Chen XF, He T, Tang Y, Du CX. Synergistyczne działanie wielu segmentów z defokusem i atropiny w spowalnianiu postępu krótkowzroczności. *Sci Rep*. 24 grudnia 2022 r.; 12(1):22311. doi: 10.1038/s41598-022-25599-z. Errata w: *Sci Rep*. 14 czerwca 2023 r.; 13(1):9650. doi: 10.1038/s41598-023-36663-7. PMID: 36566245; PMCID: PMC9789944.
 145. Nucci P, Lembo A, Schiavetti I, Shah R, Edgar DF, Evans BJW. Porównanie kontroli krótkowzroczności u europejskich dzieci i młodzieży przy użyciu okularów z wieloma segmentami z defokusem (DIMS), atropiny i kombinacji DIMS/atropiny. *PLoS One*. 16 lutego 2023 r.; 18(2):e0281816. doi: 10.1371/journal.pone.0281816. PMID: 36795775; PMCID: PMC9934319.
 146. Guemes-Villaloz N, Talavero González P, Porras-Ángel P, Bella-Gala R, Ruiz-Pomeda A, Martín-García B, Hernández-García E, Gomez de Liaño N, Shah R, García-Feijoo J, Gomez-de-Liaño R. Leczenie skojarzone atropiną i soczewkami okularowymi (ASPECT):

- 12-miesięczne wyniki randomizowanego badania kontrolowanego dotyczącego kontroli krótkowzroczności przy użyciu kombinacji soczewek Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) i 0,025% atropiny. *Br J Ophthalmol.* 20 sierpnia 2025 r.; 109(9):1074-1080. doi: [10.1136/bjo-2024-326852](https://doi.org/10.1136/bjo-2024-326852). PMID: [40345841](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40345841/); PMID: [PMC12418587](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC12418587/).
147. Jones JH, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Walline JJ. Wpływ połączenia 0,01% atropiny z miękkimi soczewkami wieloogniskowymi na postęp krótkowzroczności u dzieci. *Optom Vis Sci.* 1 maja 2022 r.; 99(5):434-442. doi: [10.1097/OPX.0000000000001884](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001884). Epub luty 2022 r. PMID: [35511120](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35511120/); PMID: [PMC9072981](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9072981/).
148. Erdinest N, Atar-Vardi M, London N, Landau D, Smadja D, Pras E, Lavy I, Morad Y. Leczenie szybkiego postępu krótkowzroczności: miejscowo stosowana atropina 0,05% i soczewki kontaktowe MF60. *Vision (Basel).* 19 stycznia 2024 r.; 8(1):3. doi: [10.3390/vision8010003](https://doi.org/10.3390/vision8010003). PMID: [38391084](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38391084/); PMID: [PMC10885127](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10885127/).
149. Xiong R, Wang W, Tang X, He M, Hu Y, Zhang J, Du B, Jiang Y, Zhu Z, Chen Y, Zhang S, Kong X, Wei R, Yang X, He M. Wpływ powtarzanej terapii światłem czerwonym o niskim natężeniu w połączeniu z ortokorekcją na kontrolę krótkowzroczności: wielośrodkowe randomizowane badanie kontrolowane. *Ophthalmology.* Listopad 2024; 131(11):1304-1313. doi: [10.1016/j.ophtha.2024.05.015](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2024.05.015). Epub 18 maja 2024 r. PMID: [38763303](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38763303/).