

Częstość występowania krótkowzroczności w Europie: przegląd systematyczny i metaanaliza danych z 14 krajów

André Moreira-Rosário,^{a,b,g} Carla Lanca,^{c,d,g} oraz Andrzej Grzybowski^{e,f,*}

^a NOVA Medical School, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade NOVA de Lisboa, Lizbona, Portugalia

^b Comprehensive Health Research Centre (CHRC), NOVA Medical School, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade NOVA de Lisboa, Lizbona, Portugalia

^c Wydział Naukowy, Uniwersytet Nowojorski w Abu Zabi, Abu Zabi, Zjednoczone Emiraty Arabskie

^d Centrum Kompleksowych Badań nad Zdrowiem (CHRC), Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade NOVA de Lisboa, Lizbona, Portugalia

^e Katedra Okulistyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, Polska

^f Instytut Badań Okulistycznych, Fundacja Rozwoju Okulistyki, Poznań, Polska



Podsumowanie

Kontekst Chociaż częstość występowania krótkowzroczności wzrosła w krajach Azji Wschodniej, obciążenie krótkowzrocznością w Europie jest mniej znane. Przeprowadziliśmy systematyczny przegląd i metaanalizę w celu oszacowania częstości występowania krótkowzroczności w Europie i na poziomie krajowym.

Metody Przeszukaliśmy bazy PubMed, Scopus i Web of Science w celu zidentyfikowania badań dotyczących częstości występowania krótkowzroczności opublikowanych do stycznia 2024 r., niezależnie od języka. Uwzględniliśmy europejskie badania przekrojowe i kohortowe z określonymi strategiami doboru próby, a wyklucziliśmy badania kliniczne, rejestry krótkowzroczności, zgłaszane przez samych pacjentów przypadki krótkowzroczności oraz populacje niereprezentatywne. Łączną częstość występowania oszacowano przy użyciu modeli z efektami losowymi. Heterogeniczność oceniono za pomocą testu Cochran Q (χ^2) i statystyki I². Protokół badania został wstępnie zarejestrowany w PROSPERO (CRD42023471527).

Wyniki Przeanalizowaliśmy 2074 rekordy i włączyliśmy do metaanalizy 22 badania (z 14 krajów europejskich; n= 128 012). Łączna częstość występowania krótkowzroczności wyniosła 23,5% (95% CI: 18,5–29,3; I² = 99,7%), wahając się od 11,9% w Finlandii do 49,7% w Szwecji. W badaniach z zastosowaniem cykloplegii częstość występowania krótkowzroczności wynosiła 18,9% (95% CI: 13,2–26,5%; I² = 99,7%) w porównaniu z 31,2% (95% CI: 24,9–38,3%; I² = 99,3%) w badaniach bez zastosowania cykloplegii. Analizy podgrup i metaregresji badające źródła heterogeniczności wykazały niższą częstość występowania u dzieci (6–11 lat; 5,5%) w porównaniu z nastolatami (12–17 lat; 25,2%) i dorosłymi (18–39 lat; 24,3%) w badaniach z zastosowaniem cykloplegii. Nie zaobserwowano istotnych różnic w częstości występowania między płciami. Częstość występowania krótkowzroczności znacznie wzrosła w latach 2000–2010 i 2011–2022 (p = 0,040), chociaż trendy w poszczególnych grupach wiekowych pozostały stabilne.

Interpretacja Częstość występowania krótkowzroczności w Europie jest niższa niż w Azji, a jej wzrost jest mniej wyraźny i zanika po stratyfikacji według refrakcji cykloplegicznej i wieku. Wyniki te podkreślają potrzebę uwzględnienia w przyszłych badaniach danych dotyczących poszczególnych grup wiekowych oraz refrakcji cykloplegicznej w celu zmniejszenia heterogeniczności. Nierównomierna reprezentacja krajów może ograniczać możliwość uogólnienia tych wyników.

Finansowanie Niniejsza publikacja została sfinansowana przez Fundação Ciência e Tecnologia, IP w ramach wsparcia krajowego poprzez UID/ 04923 — Kompleksowe Centrum Badań nad Zdrowiem.

Prawa autorskie © 2025 Autorzy. Opublikowane przez Elsevier Ltd. Jest to artykuł dostępny na zasadach otwartego dostępu na licencji CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Słowa kluczowe: krótkowzroczność; częstość występowania; Europa; refrakcja cykloplegiczna; metaanaliza

The Lancet Regional Health — Europe 2025;•: 101319

Opublikowano online xxx
<https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2025.101319>

*Autor korespondencyjny. NOVA Medical School, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade NOVA de Lisboa, Campo Mártires da Pátria 130, 1169- 056, Lizbona, Portugalia.

**Autor korespondencyjny. Instytut Badań Okulistycznych, Fundacja Rozwoju Okulistyki, Mickiewicza 24/3B, 60-836, Poznań, Polska.

Adresy e-mail: andre.rosario@nms.unl.pt (A. Moreira-Rosário), ae.grzybowski@gmail.com (A. Grzybowski).

• Autorzy w równym stopniu przyczynili się do powstania niniejszej pracy.

Tłumaczenie: Portugalskie tłumaczenie streszczenia znajduje się w sekcji [Materiały dodatkowe](#).

Badania w kontekście

Dowody przed badaniem

Chociaż wcześniejsze badania przewidywały, że do 2050 r. krótkowzroczność dotknie około 50% światowej populacji, nadal nie wiadomo, czy Europa podąży za tym samym trendem wzrostu częstości występowania, jaki odnotowano w krajach Azji Wschodniej. Aby wypełnić tę lukę w dowodach, przeprowadziliśmy kompleksowe wyszukiwanie w bazach PubMed, Scopus i Web of Science od momentu ich powstania do 16 stycznia 2024 r. Strategia wyszukiwania łączyła terminy MeSH i słowa kluczowe związane z krótkowzrocznością, wadami refrakcji i częstością występowania, a także pełną listę krajów europejskich i powiązanych terminów. Strategia została początkowo opracowana dla PubMed, a następnie dostosowana do Scopus i Web of Science. Szczegółowe strategie wyszukiwania są dostępne w tabelach uzupełniających S1 i S2. Nie zidentyfikowaliśmy żadnego niedawnego przeglądu systematycznego z metaanalizą opisującym częstość występowania krótkowzroczności w Europie według metody diagnostycznej. W związku z tym zsyntetyzowaliśmy dane z 22 badań opublikowanych w latach 1984–2024, które spełniały kryteria kwalifikacyjne i zawierały zbiorcze szacunki częstości występowania krótkowzroczności w Europie, identyfikując różnice w dokładności pomiarów.

Wartość dodana niniejszego badania

Nasze wyniki sugerują, że częstość występowania krótkowzroczności jest niższa w Europie (23,5%) niż w Azji, a jej wzrost jest mniej wyraźny.

która znika po stratyfikacji według refrakcji cykloplegicznej i wieku.

Zaobserwowaliśmy znaczne różnice między krajami europejskimi, gdzie częstość występowania wahała się od 11,9% w Finlandii do 49,7% w Szwecji. Częstość występowania krótkowzroczności była zależna od wieku i wydawała się wyższa w środowisku szkolnym. Wyniki te podkreślają znaczenie badań uwzględniających dane dotyczące konkretnych grup wiekowych i wykorzystujących refrakcję cykloplegiczną, ponieważ oceny bez cykloplegii mają tendencję do przeszacowywania częstości występowania, szczególnie w młodszych grupach wiekowych. Jednak znaczna heterogeniczność pozostała niewyjaśniona, prawdopodobnie z powodu niekontrolowanych błędów systematycznych i czynników zakłócających w uwzględnionych badaniach.

Wnioski wynikające z wszystkich dostępnych dowodów

Nasze wyniki wymagają dalszych badań, w których priorytetem będzie spójność metodologiczna, w tym stosowanie refrakcji cykloplegicznej i zgłaszanie częstości występowania na podstawie danych poszczególnych uczestników lub stratyfikacji wiekowej, aby ułatwić dokładne porównania między krajami. Niewyjaśniona heterogeniczność sugeruje, że kluczową rolę mogą odgrywać również niewymierne czynniki, takie jak styl życia i genetyka. Wypełnienie tych luk poprzez dobrze zaprojektowane badania populacyjne o charakterze longitudinalnym zapewni bardziej wiarygodne dane na temat częstości występowania krótkowzroczności.

Wprowadzenie

Nadmierna długość osiowa oka, która rozwija się w okresie dzieciństwa, prowadzi do schorzenia oczu zwanego krótkowzrocznością. Stało się ono jednym z najczęstszych problemów związanych ze zdrowiem oczu we współczesnych społeczeństwach, a w kilku krajach Azji Wschodniej i Południowo-Wschodniej osiągnęło rozmiary epidemii⁽¹⁻³⁾. Chociaż metody leczenia mające na celu spowolnienie postępu krótkowzroczności są stale rozwijane i stają się coraz skuteczniejsze, krótkowzroczność pozostaje schorzeniem przewlekłym, a jej postęp do wysokiego stopnia stanowi poważny problem. Krótkowzroczność jest ważną przyczyną upośledzenia wzroku i ślepoty w wielu krajach⁽⁴⁻⁶⁾. Ponadto utrata wzroku została uznana przez Komisję Lancet 2024 za nowy modyfikowalny czynnik ryzyka demencji⁽⁷⁾. Dlatego też zapobieganie upośledzeniu wzroku jest ważne dla zapewnienia lepszych i szerszych wyników zdrowotnych dla populacji. Chociaż dziedziczność wyjaśnia od 5% do 35% zmienności wad refrakcji, kilka czynników ryzyka związanych ze stylem życia we współczesnych społeczeństwach okazało się głównymi czynnikami przyczyniającymi się do wzrostu częstości występowania krótkowzroczności⁽⁸⁾. Czynniki te obejmują wyższy poziom wykształcenia, wzrost pracy w bliskiej odległości i skrócenie czasu spędzanego na świeżym powietrzu.^{9,10}

Wcześniejsza metaanaliza 15 badań populacyjnych przeprowadzonych przez European Eye Epidemiology Consortium, opublikowana w 2015 r., wykazała wzrost częstości występowania krótkowzroczności w Europie Zachodniej i Północnej.¹¹ Dane dotyczące częstości występowania krótkowzroczności w Europie są ważne dla opracowywania polityki zdrowia publicznego, ale brakuje kompleksowej analizy dotyczącej częstości występowania krótkowzroczności

Szacunki dotyczące wzorców i trendów krótkowzroczności uzyskane na podstawie dostępnych danych mogą być przydatne do ustalenia priorytetów polityki. Niniejszy systematyczny przegląd i metaanaliza ocenia badania szacujące częstość występowania krótkowzroczności w czasie, koncentrując się na badaniach przekrojowych i kohortowych obejmujących różne czynniki, w tym płeć, wiek, region geograficzny, metodę diagnostyczną, miejsce rekrutacji (populacyjne vs. szkolne) oraz miejsce zamieszkania (miejskie vs. wiejskie).

Metody

Strategia wyszukiwania i kryteria wyboru

Niniejszy przegląd systematyczny i metaanaliza zostały przeprowadzone zgodnie z ramami Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) oraz Meta-Analyses of Observational Studies in Epidemiology (MOOSE).^{12,13} Protokół przeglądu został zarejestrowany w Międzynarodowym Rejestrze Prospektywnych Przeglądów Systematycznych (PROSPERO) i jest dostępny online (CRD42023471527).

W początkowej fazie niniejszego przeglądu systematycznego przeprowadziliśmy wyszukiwanie w Google Scholar w celu zlokalizowania odpowiednich artykułów i zidentyfikowania kluczowych terminów wyszukiwania związanych z częstością występowania krótkowzroczności w Europie. Następnie przeprowadzono szeroko zakrojone wyszukiwanie odpowiedniej literatury w wielu bazach danych, w tym PubMed, Scopus i Web of Science, w celu zidentyfikowania badań opublikowanych między 1 stycznia 1900 r. a 16 stycznia 2024 r. Zastosowano kombinację medycznych hasel tematycznych

(MeSH) i konkretnych słów związanych z krótkowzrocznością i wadami refrakcji. Strategia wyszukiwania pierwotnie opracowana dla PubMed została dostosowana do użytku w innych bazach danych, jak szczegółowo opisano w [tabelach uzupełniających S1 i S2](#). Systematyczne wyszukiwanie przeprowadzono bez ograniczeń dotyczących roku publikacji lub języka. Ponadto przeprowadzono skrupulatną analizę odniesień cytowanych w uwzględnionych badaniach, aby odkryć inne potencjalne artykuły, zwiększając kompleksowość niniejszego przeglądu.

Uwzględniliśmy badania przekrojowe i kohortowe z jasno określonymi strategiami pobierania próbek, przeprowadzone na populacji europejskiej lub w szkołach krajowych/międzynarodowych, w których podano częstość występowania krótkowzroczności lub dostarczono wystarczających danych do obliczenia szacunkowej częstości występowania. Aby kwalifikować się do uwzględnienia, badania musiały reprezentować populację w każdym wieku z kraju europejskiego lub określonego obszaru w danym kraju. Ponadto badania musiały zawierać jasną definicję krótkowzroczności, w tym sferyczną równoważną wadę refrakcji (SE)

$\leq -0,50$ D. Biorąc pod uwagę ograniczoną dostępność danych, wyodrębniliśmy i przeanalizowaliśmy częstość występowania wysokiej krótkowzroczności w oparciu o definicjach podanych w oryginalnych badaniach. Tylko dwa badania podawały częstość występowania wysokiej krótkowzroczności, oba

przy zastosowaniu wartości granicznej $\leq -5,00$ D. Wyklucziliśmy badania kliniczne lub badania szpitalne, rejestry krótkowzroczności, samodiagnozowaną zgłaszane krótkowzroczność oraz badania, w których brakowało informacji na temat liczby kwalifikujących się uczestników. Ponadto wykluczono badania skupiające się na określonych populacjach, których nie można było uogólnić na ogół społeczeństwa, badania z udziałem populacji niereprezentatywnych (np. badania ograniczone do mężczyzn, populacji wojskowych lub próby nie losowe). Dodatkowo nie uwzględniono badań, w których ostrość wzroku była stosowana jako zastępcza miara wady refrakcji. Ponadto wykluczono badania z udziałem uczestników z istniejącymi wcześniej poważnymi schorzeniami, takimi jak białaczka, zaburzenia serca lub zespoły związane z krótkowzrocznością, a także badania z udziałem uczestników z jakimiś zaburzeniami wzroku, takimi jak wrodzona zaćma. Wykluczono badania zawierające wyłącznie dane dotyczące dzieci poddanych leczeniu kontrolującemu krótkowzroczność.

Procedury

Proces selekcji badań do przeglądu systematycznego został poddany rygorystycznej ocenie pod kątem kwalifikowalności, przeprowadzonej niezależnie przez dwóch badaczy (AM-R i CL) w dwóch egzemplarzach. Wszystkie artykuły znalezione w wyniku wyszukiwania zostały uwzględnione wstępnej selekcji, a duplikaty zostały usunięte. Proces oceny został ułatwiony dzięki wykorzystaniu oprogramowania Rayyan, w którym dwóch niezależnych badaczy, nieznających wzajemnie swoich ocen, przeprowadziło wstępny przegląd na podstawie tytułów i streszczeń badań. Jeśli streszczenia nie zawierały wystarczających informacji, aby określić kwalifikowalność na podstawie kryteriów włączenia i wyłączenia, oceniano pełne teksty. Następnie ci sami recenzenci

niezależnie ocenili pełny tekst badań zakwalifikowanych jako kwalifikujące się w ramach wstępnej selekcji. W przypadku pojawienia się rozbieżności między recenzentami, do rozwiązania sporu i osiągnięcia konsensusu zaangażowano trzeciego badacza (AG).

Wyodrębnianie danych zostało przeprowadzone niezależnie przez dwóch recenzentów (AM-R i CL) przy użyciu wcześniej opracowanego i znormalizowanego formularza do wyodrębniania danych. Dla każdego badania zebrano następujące informacje: kraj pochodzenia, ramy czasowe rekrutacji uczestników, metodę stosowaną do diagnozowania krótkowzroczności (refrakcja cykloplegiczna i refrakcja niecykloplegiczna), kryteria stosowane do definiowania krótkowzroczności, liczbę uczestników z kompletnymi danymi, wiek uczestników (dzieci w wieku 6–11 lat

i 12–17 lat; dorośli w wieku 18–39 lat i ≥ 40

lat), odsetek mężczyzn i kobiet (płeć) oraz

ogólnej częstości występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności. Dodatkowo zebrano dane dotyczące projektu badania, miejsca badania (populacyjnego lub szkolnego), miejsca rekrutacji (miejskiego i/lub wiejskiego), metody pobierania próbek oraz wskaźników rekrutacji.

Ryzyko błędów systematycznych w poszczególnych badaniach zostało ocenione przez dwóch niezależnych recenzentów (AM-R i CL) przy użyciu listy kontrolnej Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Checklist for Studies Reporting Prevalence Data.¹⁴ Lista ta została opracowana specjalnie w celu oceny jakości metodologicznej badań dotyczących częstości występowania i składa się z dziewięciu pytań obejmujących różne aspekty projektu badania, pobierania próbek, analizy danych i raportowania. Wskaźniki odpowiedzi poniżej 70% uznano za nieodpowiednie.⁽¹⁵⁾ W przypadku rozbieżności między recenzentami rozwiązywano je w drodze dyskusji, aż do osiągnięcia konsensusu. Szczegółowe informacje na temat jakości każdego badania można znaleźć w dodatkowym rysunku S1.

Analiza statystyczna

Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu oprogramowania R (wersja 4.1.3) z pakietem *meta*. Aby uwzględnić potencjalną heterogeniczność danych, zastosowano model efektów losowych, a wariancję efektów losowych oszacowano metodą ograniczonego maksymalnego prawdopodobieństwa (REML). Metaanalizy przeprowadzono przy użyciu transformacji podwójnej arcsine'a Freemana-Tukeya. Jednakże, aby złagodzić problemy wynikające z ekstremalnych wzorców wielkości próby, zastosowaliśmy również uogólniony liniowy model mieszany (GLMM), który uwzględnia strukturę dwumianową danych i nie podlega wpływowi takich problemów. Zmienną wynikową była częstość występowania krótkowzroczności, a czynnikiem prognostycznym był efekt na poziomie badania. W celu uwzględnienia zmienności między badaniami uwzględniono losowy punkt przecięcia, uwzględniający zarówno rzeczywistą heterogeniczność, jak i losową zmienność próby. Przedziały ufności dla poszczególnych badań obliczono przy użyciu metody Cloppera-Pearsona. Aby zapewnić solidność, porównaliśmy wyniki między metodami podwójnej transformacji arcsine Freemana-Tukeya i GLMM poprzez analizę wrażliwości. Biorąc pod uwagę zgodność wyników

uzyskane przy użyciu obu metod, dla uproszczenia i spójności analizy przedstawiono metodę GLMM. Szacunki dotyczące częstości występowania podano wraz z 95-procentowymi przedziałami ufności (CI) i przedziałami predykcji (PI). CI wskazuje zakres, w którym zgodnie z oczekiwaniami mieści się rzeczywista częstość występowania, na podstawie uwzględnionych badań. PI, wyprowadzone z GLMM, uwzględnia zarówno zmienność wewnątrz badania, jak i między badaniami, zapewniając zakres, w którym prawdopodobnie mieścić się będą przyszłe szacunki dotyczące częstości występowania krótkowzroczności. Do określenia istotności statystycznej wszystkich wyników zastosowano poziom istotności $p < 0,05$. Aby ocenić heterogeniczność statystyczną szacunków częstości występowania krótkowzroczności w różnych badaniach, zastosowaliśmy test χ^2 na podstawie statystyki Q Cochra i określiliśmy heterogeniczność za pomocą statystyki I^2 . Statystyka I^2 szacuje procent całkowitej zmienności między badaniami, który można przypisać rzeczywistym różnicom między badaniami, a nie przypadkowi. Wartość I^2 większa niż 50% lub wartość p mniejsza niż 0,10 uznano za wskazujące na znaczną heterogeniczność. Po obliczeniu ogólnej częstości występowania przeprowadziliśmy analizę wrażliwości, uwzględniając wyłącznie badania o niskim ryzyku błędów systematycznych, aby ocenić rzetelność wyników. Przeprowadzono analizy podgrup dla z góry określonych zmiennych, w tym płci, wieku (6–11 lat, 12–17 lat dla

18–39 lat, ≥ 40 lat dla dorosłych), rok studiów rekrutacji, miejsce badania (populacyjne lub szkolne) w oparciu o), metodę diagnostyczną (refrakcja cykloplegiczna vs. niecykloplegiczna), miejsce zamieszkania (miasto lub wieś), kraje i regiony (w oparciu o regiony Globalnego Obciążenia Chorobami, w tym Europę Północną, Środkową, Wschodnią i Zachodnią)^{(16),(17)} przy założeniu niezależnego T^2 . Analiza podgrup według kategorii wiekowej została oparta na danych pochodzących z badań, w których podano częstość występowania w każdej kategorii wiekowej. To samo podejście zastosowano do analizy podgrup według płci, w której uwzględniono dane z badań podających częstość występowania w każdej kategorii płciowej. Aby dokładniej zbadać potencjalne czynniki wyjaśniające szacunkową częstość występowania, przeprowadzono jednoczynnikowe analizy metaregresji przy użyciu GLMM, biorąc pod uwagę takie zmienne, jak metoda diagnostyczna, kraj i okres rekrutacji. Dodatkowo zastosowaliśmy wykresy lejkowe do oceny tendencji publikacji oraz test regresji liniowej Eggera dla transformacji podwójnego arcsine'a Freemana-Tukeya oraz test regresji Petersa dla GLMM. Kroki te podjęto w celu zapewnienia wiarygodności i trafności wyników naszej metaanalizy.

Rola źródła finansowania

Podmiot finansujący badanie nie miał wpływu na jego projekt, gromadzenie danych, analizę danych, interpretację danych ani sporządzenie raportu.

Wyniki

W wyniku przeszukania bazy danych zidentyfikowano 2074 rekordy (rys. 1). Po usunięciu duplikatów, przejrzaniu tytułów i streszczeń oraz

przejrzaniu 72 pełnych tekstów, 29 rekordów dotyczących 22 badań spełniło kryteria włączenia.^{18–46} Łącznie uwzględniono 128 012 osób z 14 krajów.

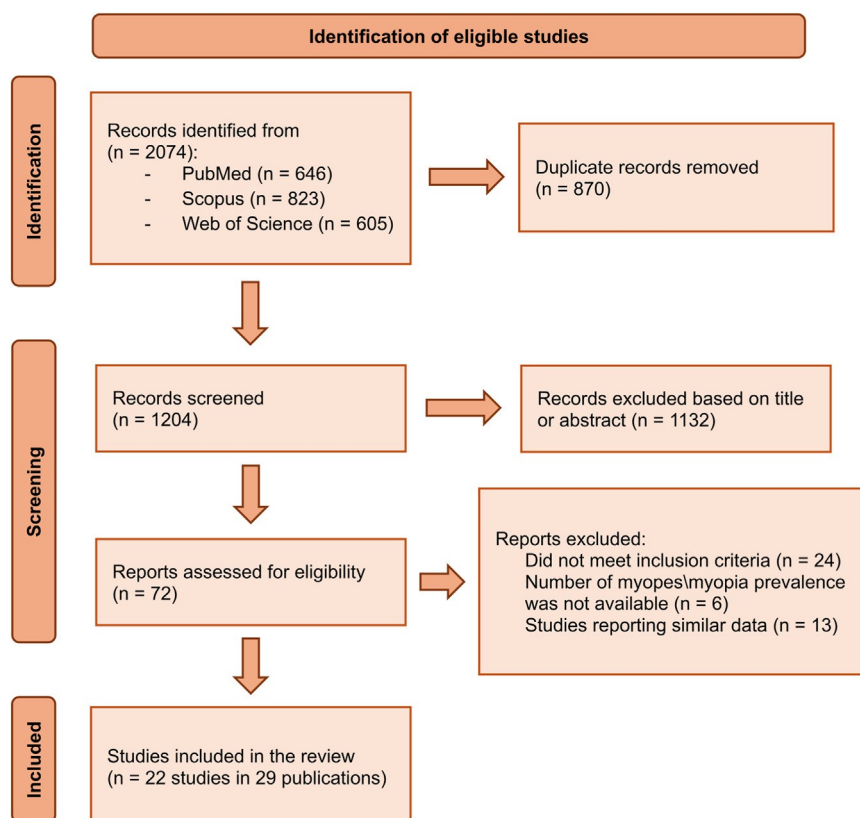
W tabeli 1 przedstawiono ogólną charakterystykę badań. W analizie jakości stwierdziliśmy, że tylko dwa badania były wolne od błędów systematycznych we wszystkich obszarach oceny ryzyka (dodatkowy rysunek S1).^{24,39} Pozostałe 20 badań miało problemy z jednym lub kilkoma punktami listy kontrolnej. W sumie 15 badań nie zawierało odpowiedniego opisu badanych osób i warunków badania.^{(18–23) (29–33) (37) (38) (40) (42–46)} Ponadto stwierdzono, że w dziesięciu badaniach zastosowano refrakcję bez cykloplegii lub nie podano, czy do pomiaru krótkowzroczności zastosowano cykloplegię.^{(20) (21) (25–28) (35) (41) (43) (46)} Czternaście badań nie odniosło się w odpowiedni sposób do niskiego wskaźnika odpowiedzi lub nie podało wskaźników odpowiedzi.^{19–21,24,26–28,30,31,34–38,40–43,46}

Wszystkie uwzględnione badania wykazały częstość występowania krótkowzroczności wynoszącą $\leq 5,00$ D. Tylko dwa badania dostarczyły danych dotyczących wysokiej krótkowzroczności, a wartość graniczna wynosiła $\leq 5,00$ D. Większość badań miała charakter przekrojowy ($n = 17$, 77,3%), populacyjny ($n = 11$, 50,0%) i obejmowała tylko dzieci ($n = 15$, 68,2%). Ponadto w większości badań do pomiaru wady refrakcji zastosowano cykloplegię ($n = 12$, 54,5%). Spośród 22 uwzględnionych badań pięć przeprowadzono wyłącznie na obszarach miejskich, jedno na obszarach wiejskich, a sześć badań obejmowało populację zarówno z obszarów miejskich, jak i wiejskich (mieszane). W pozostałych dziesięciu badaniach nie określono miejsca rekrutacji. W badaniach, w których zastosowano cykloplegię, w siedmiu badaniach użyto cyklopentolanu 1%, w jednym badaniu tropikamidu 0,5%, w dwóch badaniach tropikamidu 1%, w jednym badaniu tropikamidu 0,8%, a w jednym badaniu nie podano zastosowanego środka cykloplegicznego.

Główna częstość występowania krótkowzroczności w Europie wyniosła 23,5% (95% CI: 18,5–29,3%), przy znacznej heterogeniczności między badaniami ($I^2 = 99,7\%$). Test różnic między podgrupami wykazał statystycznie istotną różnicę ($p < 0,0001$), co sugeruje, że kraj pochodzenia może wpływać na zgłaszaną częstość występowania krótkowzroczności (tabela 1). Częstość występowania wysokiej krótkowzroczności ($\geq 5,00$ D) została zgłoszona w dwóch badaniach przeprowadzonych w Szwecji (dzieci w wieku

12–13 lat) oraz Republiki Irlandii (dzieci w wieku 6–13 lat). Łączna częstość występowania wysokiej krótkowzroczności wyniosła 0,8% (95% CI: 0,2–4,1%), przy znacznej heterogeniczności ($I^2 = 94,7\%$).

Analiza na poziomie krajowym wykazała znaczne różnice w częstości występowania krótkowzroczności w poszczególnych badaniach (rys. 2). Finlandia zgłosiła częstość występowania na poziomie 11,9% (95% CI: 9,6–14,8%), podczas gdy Szwecja miała najwyższy wskaźnik wynoszący 49,7% (95% CI: 46,6–52,7%). W Norwegii częstość występowania wyniosła 21,7% ($n = 2$, 95% CI: 11,2–38,0%), w Wielkiej Brytanii odnotowano 30,4% ($n = 3$, 95% CI: 19,2–44,5%), a Bułgaria 25,6% (95% CI: 23,0–28,3%). Niższe wskaźniki odnotowano w Republice Irlandii – 13,8% ($n = 2$, 95% CI: 12,6–15,1%) oraz w Holandii – 16,4% ($n = 3$, 95% CI: 6,1–37,2%). Wyższe wskaźniki występowania odnotowano w Niemczech (36,2%, $n = 1$, 95% CI: 35,4–36,9), Rosji (31,9%, $n = 2$, 95% CI: 16,6–52,3%) i na Węgrzech



Ryc. 1: Schemat blokowy preferowanych elementów sprawozdawczości w przeglądach systematycznych i metaanalizach (PRISMA) opisujący proces selekcji badań.

(43,2%, 95% CI: 42,9–43,6%). Heterogeniczność w obrębie poszczególnych krajów była znaczna, a wartości I^2 przekraczały 95% w większości przypadków (i 85% w Danii), co wskazuje na zmienność wyników badań. Wyjątkiem była Republika Irlandii, gdzie nie zaobserwowano heterogeniczności ($I^2 = 0$).

Przeprowadzono również analizę podgrup, stratyfikowaną według metody diagnostycznej — refrakcja cykloplegiczna vs. niecykloplegiczna (rys. 3). W tej analizie podgrup częstość występowania krótkowzroczności różniła się w zależności od metody diagnostycznej. W badaniach z wykorzystaniem refrakcji cykloplegicznej ($n = 12$) częstość występowania krótkowzroczności oszacowano na 18,9% (95% CI: 13,2–26,5%; $I^2 = 99,7\%$), podczas

gdy w badaniach z wykorzystaniem refrakcji bez cykloplegii ($n = 9$) odnotowano wyższą częstość występowania wynoszącą 31,2% (95% CI: 24,9–38,3%; $I^2 = 99,3\%$). W jedynym badaniu, w którym nie określono stosowania cykloplegii, odnotowano częstość występowania wynoszącą 20,1% (95% CI: 16,7–23,8%). Różnica między podgrupami była statystycznie istotna ($p = 0,015$ dla cykloplegii w porównaniu z brakiem cykloplegii), co wskazuje, że metoda diagnostyczna mogła mieć wpływ na oszacowania częstości występowania. Jednakże zaobserwowano znaczną heterogeniczność ($I^2 = 99,7\%$ dla cykloplegii i $99,3\%$ dla braku cykloplegii), co sugeruje, że czynniki wykraczające poza metodę diagnostyczną przyczyniają się do zmienności szacunków częstości występowania w różnych badaniach. Jednoczynnikowe analizy metaregresji oceniające metodę diagnostyczną, kraj i

okresu rekrutacji ujawniły znaczną i utrzymującą się resztkową heterogeniczność ($I^2 = 99,7\%$, $98,2\%$ i $99,5\%$ odpowiednio). Badania z użyciem refrakcji bez cykloplegii wykazały znacznie wyższą częstość występowania krótkowzroczności w porównaniu z badaniami z użyciem cykloplegii (iloraz szans (OR) = 1,93, 95% CI: 1,11–3,35; $p = 0,02$). Spośród

objętych badaniem krajów tylko Szwecja wykazała statystycznie istotny związek ze zwiększoną częstością występowania krótkowzroczności (OR = 4,48, 95% CI: 1,15–17,29; $p = 0,03$), co sugeruje co sugeruje, że czynniki geograficzne mogą nie być głównym czynnikiem determinującym częstość występowania krótkowzroczności w tym zbiorze danych. Częstość występowania krótkowzroczności różniła się znacznie w zależności od okresu rekrutacji, przy czym badania przeprowadzone przed 2000 r. wykazały wyższą częstość występowania niż badania przeprowadzone po 2000 r. (OR = 2,94, 95% CI: 1,22–7,10; $p = 0,02$). Spośród

czterech badań przeprowadzonych przed 2000 r. w dwóch zastosowano refrakcję cykloplegiczną i odnotowano znacznie rozbieżne szacunki częstości występowania, wynoszące 11,9% w Finlandii i 49,7% w Szwecji.

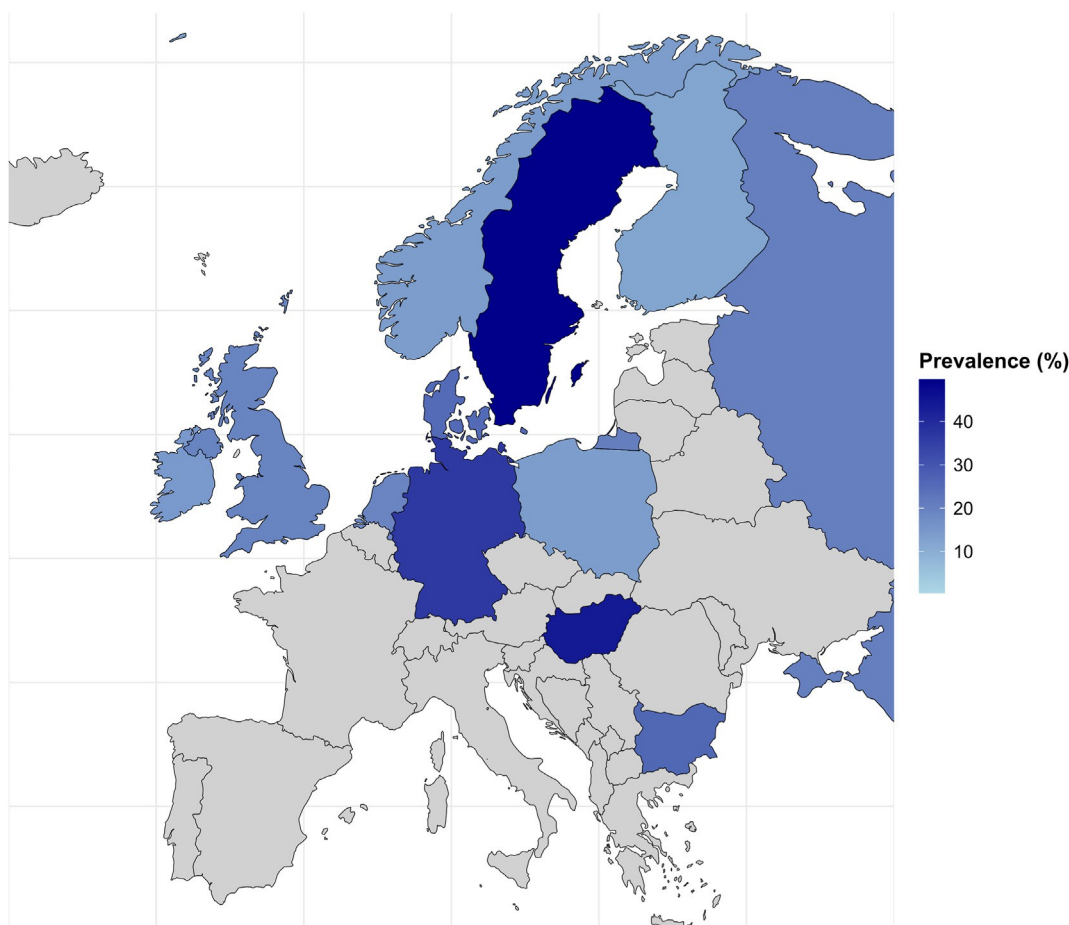
Aby zbadać dalsze zmienne czynniki wpływające na częstość występowania krótkowzroczności, przeprowadziliśmy analizy podgrup obejmujące wszystkie badania (tabela 2) oraz badania z wykorzystaniem refrakcji cykloplegicznej (tabela 3). Zaobserwowano istotne różnice między grupami wiekowymi ($p < 0,0001$; tabela uzupełniająca

tabela S5). Badania, w których uczestniczyły osoby w wieku ≥ 18

Charakterystyka badania									Częstość występowania (95% CI)		
Kraj	Źródło	Lokalizacja (badanie)	Okres	Otoczenie	Wskaźnik odpowiedzi	Wielkość próby	Zakres wiekowy (lata)	Metoda diagnostyczna	Ogółem	Według kraju	Heterogeniczność
Armenia	Giloyan i in., 2017	Gegharkunik Prowincja	2011	Szkoła	86,7	1260	5–19	Cyklooplegia	18,13 (15,89–20,55)	18,13 (15,96–20,53)	–
Bulgaria	Dragomirova i in., 2022	Sofia, Wielkie Tarnowo i Devnya	2016–2020	Szkoła	NR	1041	6–15	Nie Cykloplegic	25,55 (22,93–28,32)	25,55 (22,99–28,29)	–
Dania	Lundberg i in., 2018	Odense (CHAMPS)	2008–2015	Populacja	NR	307	14–18	Cyklooplegia	17,92 (13,79–22,67)	21,92 (17,32–27,35)	$I^2 = 85,4\%$ $I^2 = 0,0302$
	Hansen i in., 2020	Kopenhaga (CCC2000)	2000–2017	Liczba ludności	NR	1443	16–17	Nie Cyklooplegia	24,95 (22,73–27,26)		
Finlandia	Aine, 1984	Karkku	NR	Liczba ludności	89,7	611	6–85	Cyklooplegia	11,95 (9,48–14,79)	11,95 (9,61–14,77)	–
Niemcy	Wolfram i in., 2014; Mirshahi i in., 2016	Frankfurt nad Menem–Główny (GHS)	2007–2013	Liczba mieszkańców	60,0	17 411	35–79	Nie Cykloplegiczny	36,15 (35,44–36,87)	36,15 (35,44–36,87)	–
Węgry	Németh i in., 2022	(CHSP)	2014–2019	NR	NR	69 227	18–99	Nie Cyklooplegia	43,24 (42,87–43,61)	43,24 (42,87–43,61)	–
Kazachstan	Mukazhanova i in., 2022	Almaty	2019	Szkoła	93,3	2293	6–16	Cyklooplegia	28,26 (26,42–30,15)	28,26 (26,45–30,14)	–
Norwegia	Midelfar i in., 2002	Nord-Trøndelag (HUNT)	1996–1997	Populacja	59,9	3137	20–45	Nie Cykloplegiczny	32,64 (31,00–34,32)	21,73 (11,16–38,03)	$I^2 = 98,4\%$ $I^2 = 0,3168$
	Hagen i in., 2018	NR	2015–2016	Szkoła	45,6	439	16–19	Nie Cyklooplegia	13,44 (10,39–16,99)		
Polska	Czepita i in., 2007; Czepita i in., 2019	Szczecin	2000–2009	NR	95,8	4422	6–18	Cyklooplegia	13,30 (12,31–14,33)	13,30 (12,33–14,33)	–
Republika Irlandia	O'Donoghue i in., 2010; French i in., 2012; McCullough i in., 2016	(NICER)	2006–2008; 2012–2014	Liczba ludności	48,0	1279	6–20	Cyklooplegia	13,29 (11,48–15,28)	13,84 (12,63–15,14)	$I^2 = 0\%$ $I^2 = 0$
	Harrington i in., 2019; Harrington i in., 2019	(IES)	2016–2018	Szkoła	83,3	1626	6–13	Cyklooplegia	14,27 (12,60–16,06)		
Rosja	Markova i in., 2021	Moskwa	2021	NR	NR	523	6–8	NR	20,08 (16,73–23,77)	31,86 (16,61–52,32)	–
	Bikbov i in., 2024	Ufa (UCES)	2019–2022	Szkoła	96,0	4737	6–18	Cyklooplegia	46,17 (44,74–47,60)		
Szwecja	Villarreal i in., 2000	Göteborg	NR	Szkoła	67,0	1045	12–13	Cyklooplegia	49,67 (46,59–52,74)	49,67 (46,64–52,69)	–
The Holandia	Tideman i in., 2018 ^a ; Tideman i in., 2016; Tideman i in., 2019	Rotterdam (Generation R)	2002–2006	Populacja	64,2	8175	6–9	Cyklooplegia	5,30 (4,82–5,80)	16,40 (6,11–37,16)	$I^2 = 99,9\%$ $I^2 = 0,9402$
	Tideman i in., 2018 ^b	Rotterdam (RS-III)	2006–2008; 2011–2012	Populacja i szkoła	NR	2957	≥45	Nie Cykloplegiczne	36,96 (35,22–38,73)		
	Enthoven i in., 2021	Rotterdam (MAS, Pokolenie R)	2018–2019	Populacja i szkoła	50,0	238	12–16	Cyklooplegia	18,91 (14,14–24,47)		
Stany Zjednoczone Królestwo	Logan i in., 2011	Birmingham (AES)	2006	Szkoła	94,6	596	6–13	Cyklooplegia	19,46 (16,36–22,87)	30,42 (19,22–44,54)	$I^2 = 99,3\%$ $I^2 = 0,2843$
	Sherwin i in., 2012	Norfolk (EPIC)	2006–2010	Liczba ludności	85,0	4428	48–89	Nie Cyklooplegia	27,78 (26,46–29,12)		
	Cumberland i in., 2018	(NCDS)	1958	Populacja	NR	1985	44–45	Nie Cykloplegiczne	47,00 (44,79–49,23)		

Badania są uporządkowane alfabetycznie według kraju, następnie według statusu publikacji, a następnie według roku przeprowadzenia badania. ^a Zobaczyć odniesienie ³⁵. ^b Zobaczyć odniesienie ³⁸. Skróty: AES (Aston Eye Study); CCC2000 (Copenhagen Child Cohort 2000 Eye Study); GHS (Gutenberg Health Study); CHAMPS (Childhood Health, Activity, and Motor Performance School Eye Study); CHSP (Comprehensive Health Screening Program of Hungary); EPIC (European Prospective Investigation of Cancer); HUNT (Helseundersøkelse i Nord-Trøndelag Health Study); IES (Ireland Eye Study); MAS (badanie dotyczące krótkowzroczności); NCDS (kohorta urodzona w 1958 r. lub National Child Development Study); NICER (badanie dotyczące wad refrakcji u dzieci w Irlandii Północnej); NR (nie zgłoszono); RS-III (Rotterdam Study III); UCES (badanie dotyczące krótkowzroczności u dzieci z Uralu).

Tabela 1: Charakterystyka 22 badań uwzględnionych w przeglądzie systematycznym i metaanalizie.



Ryc. 2: Łączna częstość występowania krótkowzroczności w Europie według krajów. Kraje zaznaczone na szaro nie zostały uwzględnione w metaanalizie ze względu na brak odpowiednich danych dotyczących częstości występowania. Granice mapy oparte są na Natural Earth (<https://www.naturalearthdata.com>) i zostały wygenerowane przy użyciu pakietu rna-turearth R (wersja 1.0.1). Autorzy zajmują neutralne stanowisko w kwestii roszczeń terytorialnych i przedstawiania granic.

Najwyższy odsetek krótkowzroczności odnotowano w badaniach obejmujących osoby w wieku 18–74 lat – 32,3% (95% CI: 25,4–40,1%), natomiast badania obejmujące dzieci w wieku 6–17 lat wykazały niższy odsetek – 14,0% (95% CI: 9,0–21,0%; $p = 0,0004$ między dziećmi a dorosłymi). Najniższą częstość występowania stwierdzono u dzieci w wieku 6–11 lat, gdzie wyniosła ona 6,8% (95% CI: 4,0–11,4%). Jednak po wykluczeniu badań bez refrakcji cykloplegicznej analiza podgrupy częstości występowania krótkowzroczności w Europie (tabela 3) ujawniła inną tendencję. W tej podgrupie dzieci w wieku 6–11 lat nadal wykazywały niższą częstość występowania krótkowzroczności (5,5% 95% CI: 3,8–7,8%), natomiast dzieci

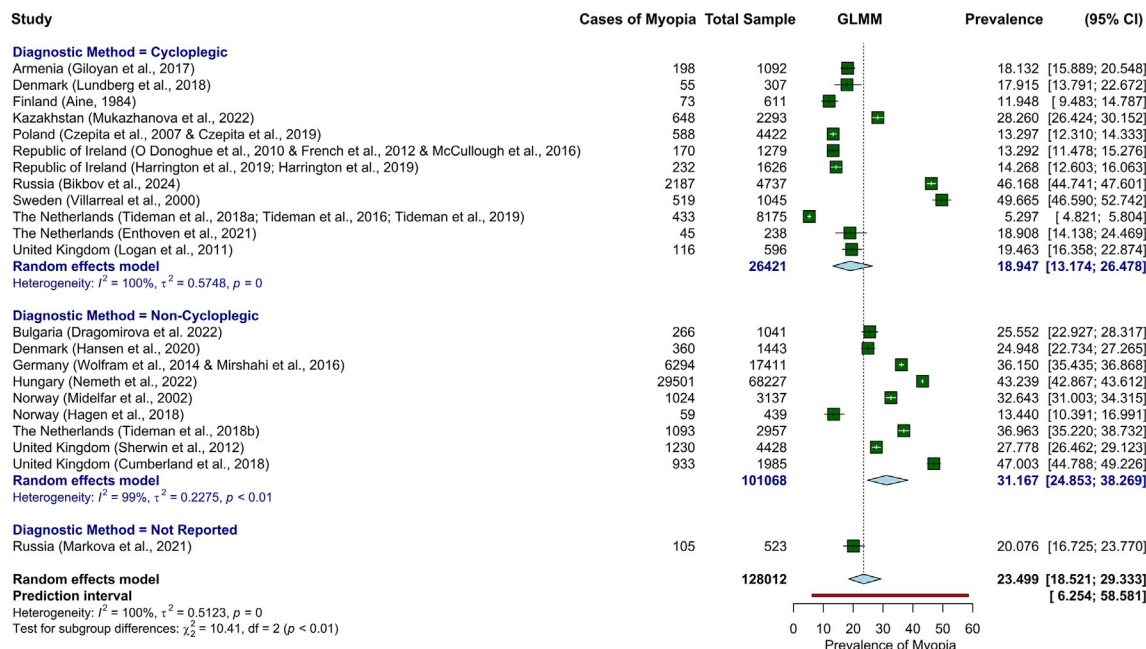
W wieku 12–17 lat częstość występowania była podobna (25,2%, 95% CI: 18,0–34,1%) jak uczestnicy w wieku 18–39 lat (24,3%, 95% CI: 17,8–32,2%; $p = 0,87$ między dziećmi w wieku 12–17 lat a dorosłymi).

W analizie podgrup według miejsca rekrutacji (tabela 2 i 3) częstość występowania krótkowzroczności nie różniła się znacząco między skupiskami miejskimi a „wiejskimi i mieszanymi” ($p = 0,41$ dla wszystkich badań i $p = 0,082$ dla badań z użyciem refrakcji cykloplegicznej). Badania miejskie wykazywały tendencję do

wykazywały wyższe wskaźniki częstości występowania, z ogólną częstością występowania wynoszącą 23,5% (95% CI: 14,9–35,1%) i 27,2% (95% CI: 14,4–45,3%) w badaniach wykorzystujących refrakcję cykloplegiczną. Jedyne badanie wiejskie wykorzystujące refrakcję cykloplegiczną wykazało najniższą częstość występowania wynoszącą 11,9% (95% CI: 9,6–14,8%).

Klaster „wiejski i mieszany” wykazał pośrednią częstość występowania, wynoszącą 18,9% (95% CI: 14,0–25,0%) ogólnie i 14,9% (95% CI: 12,9–17,1%) w badaniach refrakcji cykloplegicznej. Badania przeprowadzone wyłącznie w środowisku mieszanym wykazały podobne wyniki, z ogólną częstością występowania wynoszącą 20,2% (95% CI: 14,9–26,9%) i 15,5% (95% CI: 13,4–18,0%) dla refrakcji cykloplegicznej.

Dalsza analiza podgrup (tabela 2 i 3) wykazała, że częstość występowania krótkowzroczności nie różniła się w zależności od płci i regionu. Natomiast w badaniach przeprowadzonych w szkołach stwierdzono wyższą częstość występowania krótkowzroczności w porównaniu z badaniami populacyjnymi. Ponadto nasza metaanaliza częstości występowania krótkowzroczności nie wykazała istotnych różnic między okresami rekrutacji (przed 2000 r. vs. 2000–2010 vs. 2011–2022; $p = 0,12$ dla wszystkich badań i $p = 0,098$ dla



Ryc. 3: Łączna częstość występowania krótkowzroczności w Europie w oparciu o metodę diagnostyczną (refrakcja cykloplegiczna vs. niecykloplegiczna). GLMM (uogólniony liniowy model mieszany); CI (przedział ufności).

badaniach z użyciem refrakcji cykloplegicznej). Jednakże, gdy analiza została ograniczona do nowszych badań (z wyłączeniem badań sprzed 2000 r.), zaobserwowano znaczny wzrost częstości występowania krótkowzroczności w Europie w latach 2000–2010 i 2011–2022 w badaniach z użyciem cykloplegii ($p = 0,040$). Analiza zbiorczych danych, podzielonych według grup wiekowych i okresu rekrutacji (2000–2010 vs. 2011–2022; rys. 4) nie wykazała znaczącej tendencji czasowej w częstości występowania krótkowzroczności. Wyniki te należy interpretować z ostrożnością, biorąc pod uwagę ograniczoną wielkość próby i eksploracyjny charakter analiz podgrup. Z podobną ostrożnością zauważamy, że wśród nastolatków (w wieku 12–17 lat) częstość występowania pozostała porównywalna w obu okresach (21,3% w latach 2000–2010 i 22,0% w latach 2011–2022), przy niższej heterogeniczności ($I^2 = 88,5\%$ i $I^2 = 40,5\%$, odpowiednio). Podobną tendencję zaobserwowano u dzieci w wieku 6–11 lat, gdzie częstość występowania pozostawała stosunkowo stabilna (6,0% dla 2000–2010 i 3,7% w latach 2011–2022).

Przeprowadzono również dodatkową analizę eksploracyjną dotyczącą łącznej częstości występowania krótkowzroczności na podstawie badań z zastosowaniem cykloplegii, z podziałem na grupy wiekowe i ośrodki badawcze (ryc. 4). Analiza ta nie wykazała istotnych rozbieżności w częstości występowania krótkowzroczności między badaniami przeprowadzonymi w szkołach a badaniami populacyjnymi. W przypadku dzieci w wieku 6–11 lat częstość występowania wynosiła 5,9% w badaniach przeprowadzonych w szkołach i 5,2% w badaniach populacyjnych. W przypadku nastolatków w wieku 12–17 lat częstość występowania wynosiła odpowiednio 25,2% i 17,7%.

Wstępna analiza wykresu lejkowego wykazała asymetrię, która została dodatkowo potwierdzona zarówno liniową metodą Eggera

test regresji i test regresji Petersa, dając statystycznie istotne wyniki (odpowiednio $p = 0,018$ i $p = 0,047$; patrz rysunki uzupełniające S3 i S4). Jednakże, gdy analizę ograniczono do badań wykorzystujących refrakcję cykloplegiczną, nie zaobserwowano asymetrii, a oba testy nie wykazały istotnej asymetrii (odpowiednio $p = 0,51$ i $p = 0,90$; rysunki uzupełniające S5 i S6). Sugeruje to, że zaobserwowana asymetria wynika przede wszystkim z uwzględnienia badań, w których nie zastosowano refrakcji cykloplegicznej, a nie wyłączenie z tendencji publikacji. Aby dokładniej zbadać potencjalne tendencje związane z wielkością badania, przeprowadzono analizę metaregresji z wielkością badania jako zmienną predykcyjną. Wyniki nie wykazały istotnego związku między wielkością badania a częstością występowania krótkowzroczności ($OR = 1,19$, 95% CI: 0,96–1,48; $p = 0,11$), co sugeruje, że wielkość badania nie miała istotnego wpływu na szacunki częstości występowania. Potwierdza to interpretację, że efekt małych badań nie był istotnym źródłem błędów systematycznych w analizie. W związku z tym na obserwowaną zmienność szacunków częstości występowania większy wpływ miały prawdopodobnie inne czynniki, takie jak stosowanie cykloplegii w diagnostyce i różnice w grupach wiekowych.

Dyskusja

Zebrałiśmy dane dotyczące częstości występowania krótkowzroczności z 14 krajów europejskich, obejmujące 128 012 uczestników, i oszacowaliśmy ogólną częstość występowania na 23,5% (95% CI: 18,5–29,3; $I^2 = 99,7\%$), co jest porównywalne z poprzednimi

	Częstość występowania (95% CI)	95% przedział predykcyjny	Badania (n)	Uczestnicy (n)	I^2 (95% CI)	P heterogeniczności	Różnica P <0,0001
Według wieku							
Dzieci							
6–11 lat	6,78 [3,97; 11,35]	[0,913; 36,479]	6	12 640	97,3% [95,8%; 98,2%]	<0,0001	
12–17 lat	23,00 [16,80; 30,65]	[6,621; 55,735]	8	6540	98,2% [97,5%; 98,7%]	<0,0001	
Dorośli							
18–39 lat	32,74 [21,62; 46,21]	[5,097; 81,521]	5	26 306	99,1% [98,7%; 99,4%]	<0,0001	
+40 lat	31,72 [24,20; 40,33]	[9,564; 67,106]	5	11 883	98,7% [98,0%; 99,1%]	<0,0001	
Według płci							0,1367
Kobiety	22,96 [16,74; 30,63]	[6,735; 55,142]	7	5754	96,8% [95,2%; 97,9%]	<0,0001	
Mężczyźni	19,80 [12,76; 29,40]	[3,560; 62,269]	7	5362	97,5% [96,3%; 98,3%]	<0,0001	
Według miejsca rekrutacji							0,4124
Miejskie	23,52 [14,86; 35,13]	[3,181; 74,212]	5	10 191	99,4% [99,2%; 99,6%]	<0,0001	
Obszary wiejskie i mieszane	18,85 [13,95; 24,97]	[5,887; 46,311]	7	11 987	99,2% [98,9%; 99,4%]	<0,0001	
Według regionu							0,3854
Europa Północna	22,92 [16,66; 30,66]	[5,805; 58,924]	11	16 896	99,0% [98,8%; 99,2%]	<0,0001	
Europa Wschodnia	23,71 [15,57; 34,39]	[3,786; 71,057]	5	13 067	99,7% [99,6%; 99,7%]	<0,0001	
Europa Zachodnia	20,40 [9,09; 39,64]	[0,256; 96,244]	4	28 781	99,9% [99,8%; 99,9%]	<0,0001	
Europa Południowo-Wschodnia i Środkowa	33,96 [22,82; 47,21]	[16,545; 57,151]	2	69 268	99,1% [98,8%; 99,3%]	<0,0001	
Według okresu rekrutacji							0,1160
Przed 2000	32,98 [18,58; 51,49]	[1,134; 95,478]	4	6778	99,0% [98,6%; 99,4%]	<0,0001	
2000–2010	14,36 [7,68; 25,26]	[0,539; 83,831]	4	17 621	99,7% [99,6%; 99,8%]	<0,0001	
2011–2022	24,01 [17,73; 31,66]	[6,941; 57,237]	9	80 216	99,4% [99,2%; 99,5%]	<0,0001	
Według lokalizacji							0,6915
W oparciu o populację	22,68 [15,17; 32,49]	[4,106; 66,765]	10	41 733	99,7% [99,6%; 99,7%]	<0,0001	
Szkolne	25,15 [17,57; 34,64]	[5,812; 64,671]	8	12 869	99,3% [99,1%; 99,4%]	<0,0001	

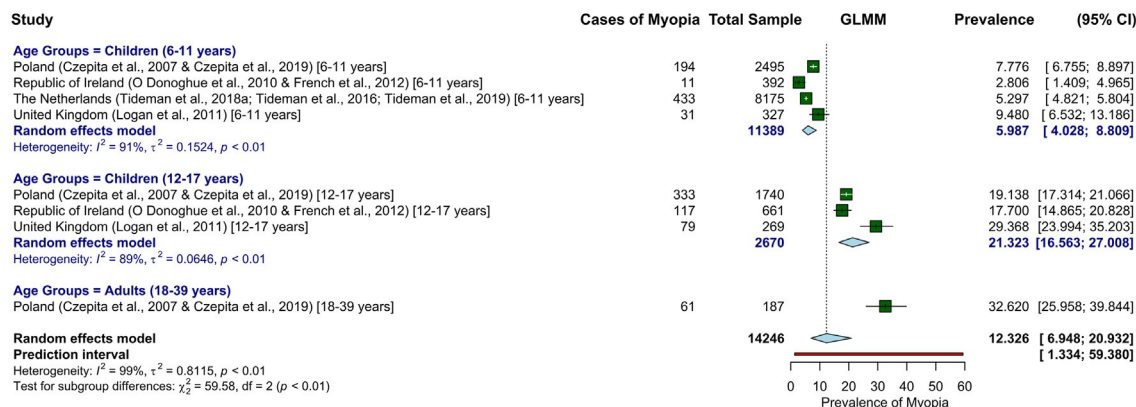
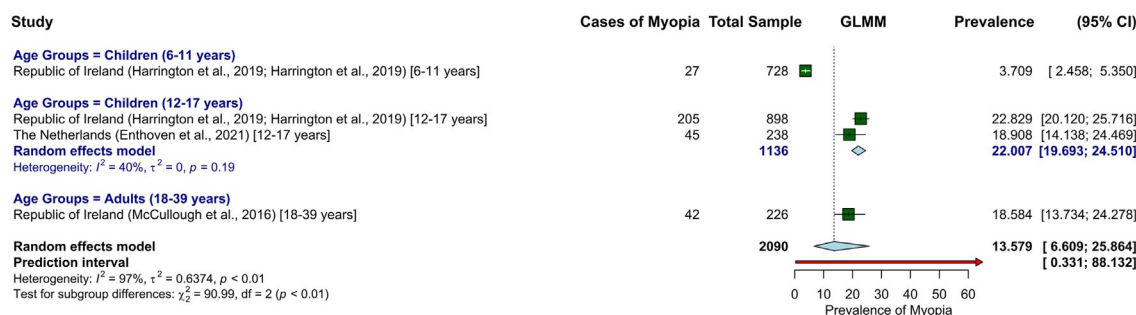
Skróty: n (liczba); CI (przedział ufności). Wartości pogrubione wskazują statystycznie istotne różnice w częstości występowania krótkowzrostności między podgrupami ($p < 0,05$), na podstawie modeli z efektami losowymi.

Tabela 2: Podsumowanie statystyk metaanalizy podgrup dotyczącej globalnej częstości występowania krótkowzrostności w Europie.

	Częstość występowania (95% CI)	95% przedział predykcyjny	Badania (n)	Uczestnicy (n)	I^2 (95% CI)	P heterogeniczności	Różnica P < 0,0001
Według wieku							
Dzieci							
6–11 lat	5,45 [3,76; 7,82]	[1,349; 19,518]	5	12 117	90,3% [80,1%; 95,2%]	<0,0001	
12–17 lat	25,19 [17,96; 34,13]	[6,439; 62,236]	6	4851	98,6% [98,0%; 99,0%]	<0,0001	
Dorośli							
18–39 lat	24,29 [17,84; 32,15]	[0,387; 96,365]	3	497	81,6% [43,0%; 94,1%]	<0,0001	
+40 lat	–	–	–	–	–	–	
Według płci							0,7394
Kobiety	18,85 [13,66; 25,42]	[3,910; 56,992]	4	1843	93,0% [85,3%; 96,7%]	<0,0001	
Mężczyźni	17,27 [11,25; 25,57]	[1,994; 68,161]	4	1806	93,7% [87,0%; 96,9%]	<0,0001	
Według miejsca rekrutacji							0,0822
Miejskie	27,20 [14,42; 45,32]	[0,001; 99,991]	3	8309	99,6% [99,4%; 99,7%]	<0,0001	
Obszary wiejskie i mieszane	14,87 [12,87; 17,12]	[8,856; 23,898]	5	7989	82,9% [61,1%; 92,5%]	<0,0001	
Według regionu							0,1989
Europa Północna	19,21 [12,16; 28,99]	[3,099; 63,858]	6	5464	99,1% [98,8%; 99,3%]	<0,0001	
Europa Wschodnia	24,67 [14,74; 38,29]	[1,414; 88,205]	4	11 544	99,7% [99,7%; 99,8%]	<0,0001	
Europa Zachodnia	10,04 [4,00; 23,01]	[2,023; 37,647]	2	8413	98,5% [96,8%; 99,3%]	<0,0001	
Według okresu rekrutacji							0,0980
Przed 2000	26,85 [8,46; 59,30]	[3,284; 79,865]	2	1656	99,5% [99,2%; 99,7%]	<0,0001	
2000–2010	11,25 [5,97; 20,18]	[0,002; 99,893]	3	13 193	99,3% [99,0%; 99,6%]	<0,0001	
2011–2022	23,79 [15,72; 34,33]	[3,944; 70,366]	5	9986	99,5% [99,3%; 99,6%]	<0,0001	
Według lokalizacji							0,0029
W odniesieniu do populacji	11,05 [7,03; 16,94]	[1,125; 57,538]	4	10 372	98,3% [97,3%; 99,0%]	<0,0001	
Szkolne	27,52 [18,07; 39,54]	[4,761; 74,257]	6	11 389	99,4% [99,2%; 99,5%]	<0,0001	

Skróty: n (liczba); CI (przedział ufności). Wartości pogrubione wskazują statystycznie istotne różnice w częstości występowania krótkowzrostności między podgrupami ($p < 0,05$) w oparciu o modele z efektami losowymi.

Tabela 3: Podsumowanie statystyczne metaanalizy podgrup dotyczących częstości występowania krótkowzrostności w Europie, na podstawie badań, w których zastosowano refrakcję cykloplegiczną.

a Period of recruitment: 2000–2010**b Period of recruitment: 2011–2022**

Ryc. 4: Łączna częstość występowania krótkowzroczności w Europie w grupach wiekowych (6–11, 12–17 i 18–39 lat), w podziale na okresy rekrutacji (a) 2000–2010 i (b) 2011–2022, na podstawie badań z wykorzystaniem cykloplegii.

szacunki (22,6%).^{47,48} Co ważne, gdy weźmie się pod uwagę najbardziej wiarygodne metody diagnostyczne (cykloplegia), częstość występowania wydaje się być niższa niż początkowo przewidywano (18,9%, 95% CI: 13,2–26,5%; $I^2 = 99,7\%$).

Zaobserwowaliśmy duże zróżnicowanie szacunków w poszczególnych krajach Europy, od 11,9% w Finlandii do 49,7% w Szwecji. Ponadto częstość występowania krótkowzroczności była ogólnie wyższa w grupie wiekowej 12–17 lat niż u dzieci w wieku 6–11 lat. Porównanie badań populacyjnych i szkolnych wykazało wyższą częstość występowania krótkowzroczności w badaniach szkolnych. Co ciekawe, różnica ta wynikała głównie z uwzględnienia w kilku badaniach populacyjnych dzieci w wieku 6–11 lat, które zazwyczaj charakteryzują się mniejszą częstością występowania krótkowzroczności i nie są związane ze środowiskiem edukacyjnym. Różnica ta została wyjaśniona po dalszej analizie danych według grup wiekowych i miejsc badań. Częstość występowania krótkowzroczności nie wykazała znaczącej różnicy między badaniami przeprowadzonymi w szkołach a badaniami populacyjnymi po podziale według wieku. Sugeruje to, że chociaż rozkład wieku miał wpływ na wyniki, sam rodzaj miejsca badania nie wyjaśniał w pełni zaobserwowanych różnic.

różnice. Ponadto, po uwzględnieniu jakości metodologicznej (tylko badania, w których zastosowano refrakcję cykloplegiczną), częstość występowania krótkowzroczności u nastolatków w wieku 12–17 lat pozostała wyższa niż u dzieci w wieku 6–11 lat, ale porównywalna z częstością występowania u osób w wieku 18–39 lat. Ponadto w podgrupie badań, w których podano dane dotyczące poszczególnych płci, nie stwierdzono istotnych różnic w częstości występowania krótkowzroczności między płciami. Wynik ten sugeruje, że obserwowana zmienność częstości występowania krótkowzroczności w Europie wynika przede wszystkim z różnic w wieku i metodach diagnostycznych, a nie z płci. Interpretacja ta jest jednak ograniczona ze względu na ograniczoną dostępność danych w podziale na płeć.

Wskaźniki występowania w Europie są znacznie niższe niż w Azji Wschodniej, gdzie^{17,47} wyższe wskaźniki przypisuje się intensywniej presji akademickiej i wczesnej edukacji.⁴⁸ Niemniej jednak trwa debata na temat tego, czy szacunki te są zależne od regionu, ponieważ wydaje się, że mieszkańcy Azji Wschodniej są najbardziej dotknięci problemem krótkowzroczności.⁴⁹ Według Holden i in. (2016) przewiduje się, że do 2050 r. częstość występowania krótkowzroczności w Europie wzrośnie do 50% w wyniku zmian stylu życia, w szczególności zwiększenia pracy w bliskiej odległości i zmniejszenia ekspozycji na świeżym powietrzu.

¹⁷ Nasze wyniki

wskazują na wzrost częstości występowania krótkowzroczności w ostatniej dekadzie (2011–2022) w porównaniu z latami 2000–2010, kiedy to metaanaliza ograniczała się do badań wykorzystujących refrakcję cykloplegiczną, co sugeruje wyższą częstość występowania krótkowzroczności w Europie w miarę upływu czasu. Jednak po podziale danych według grup wiekowych i okresu rekrutacji nie zaobserwowano wzrostu częstości występowania krótkowzroczności. Wyniki te sugerują, że wzrost częstości występowania w Europie w miarę upływu czasu może nie być tak wyraźny, jak wcześniej przewidywano. Biorąc pod uwagę ograniczoną liczbę uwzględnionych badań oraz eksploracyjny charakter analiz podgrup, które mogły nie uwzględniać wszystkich potencjalnych czynników zakłócających i błędów systematycznych, wyniki te należy interpretować z ostrożnością. Aby wyciągnąć bardziej ostateczne wnioski, konieczne są dalsze badania z wykorzystaniem większych i bardziej reprezentatywnych próbek.

W poprzedniej metaanalizie badań populacyjnych opublikowanej w 2015 r. autorzy odnotowali wzrost częstości występowania krótkowzroczności w Europie Zachodniej i Północnej⁴¹. Jednak nasza metaanaliza uwzględniająca badania cykloplegiczne pokazuje, że w Europie Wschodniej odnotowano nieznaczna tendencję do wyższej częstości występowania krótkowzroczności w porównaniu z innymi regionami. W niektórych krajach europejskich odnotowano stabilny poziom krótkowzroczności, zwłaszcza w krajach skandynawskich, takich jak Dania⁴⁰. Opublikowano sprzeczne dane ze Szwecji^{(19), (51), (52)}. Ze względu na projekt i metody zastosowane w niektórych z tych szwedzkich badań, takie jak projekt retrospektywny i próbki nierandomizowane, zostały one wykluczone z naszej metaanalizy.

W naszym badaniu stwierdzono, że częstość występowania krótkowzroczności różniła się znacząco w zależności od tego, czy zastosowano refrakcję cykloplegiczną, czy nie. Badania z wykorzystaniem refrakcji cykloplegicznej wykazały częstość występowania krótkowzroczności na poziomie 18,9%, podczas gdy badania bez zastosowania refrakcji cykloplegicznej wykazały znacznie wyższą częstość występowania, wynoszącą 31,2%. Różnica ta jest zgodna z wynikami poprzednich badań, które pokazują, że refrakcja bez cykloplegii zawyża częstość występowania krótkowzroczności z powodu akomodacji, szczególnie w młodszych populacjach^(53–56). Ponadto nie znaleźliśmy żadnych istotnych dowodów na istnienie tendencji publikacyjnej, gdy uwzględniono wyłącznie badania z zastosowaniem refrakcji cykloplegicznej. Sugeruje to, że zaobserwowane różnice w szacunkach częstości występowania wynikają prawdopodobnie z czynników metodologicznych, takich jak stosowanie cykloplegii w diagnostyce i różnice w grupach wiekowych, a nie z tendencji publikacji lub efektów małych badań. Spójne przesunięcie w kierunku krótkowzroczności w refrakcji bez cykloplegii podkreśla potrzebę stosowania standardowych protokołów cykloplegii w badaniach epidemiologicznych w celu poprawy dokładności raportowania wskaźników częstości występowania. Metody cykloplegiczne są niezbędne do uzyskania wiarygodnych danych, zwłaszcza w sytuacjach, w których precyzyjne pomiary częstości występowania mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia i rozwiązania problemu częstości występowania i postępu krótkowzroczności. Ponadto w analizie jakości stwierdziliśmy, że badania z co najmniej jednym negatywnym punktem w liście kontrolnej oceny jakości, przeprowadzone w Szwecji, Norwegii, Wielkiej Brytanii, Niemczech, Holandii (Rotterdam, RS-III), na Węgrzech i w Rosji, wykazały częstość występowania krótkowzroczności

powyżej 30%.^{19,20,26–28,38,44,46} Wyniki te wskazują na istotne obszary wymagające poprawy w zakresie projektowania badań i raportowania w celu uzyskania dowodów dotyczących częstości występowania krótkowzroczności.

Wcześniejsze badania wykazały, że dzieci mieszkające w środowisku miejskim mają większe szanse na rozwój krótkowzroczności w porównaniu z dziećmi mieszkającymi na wsi⁴⁹. W niniejszym badaniu, mimo że częstość występowania krótkowzroczności wykazywała tendencję do wzrostu w obszarach miejskich, różnice te nie były statystycznie istotne w porównaniu z obszarami wiejskimi lub mieszanymi. Wyniki te można przypisać trwającemu procesowi urbanizacji, który może prowadzić do tego, że edukacja, styl życia i środowisko społeczne na obszarach wiejskich staną się bardziej porównywalne z tymi w środowisku miejskim⁽⁵⁷⁾. Aby zmniejszyć obciążenie związane z krótkowzrocznością, kraje muszą przyjąć kompleksowe krajowe plany działania, które promują wysokiej jakości badania nad epidemiologią krótkowzroczności oraz opracowują skuteczne programy profilaktyki, wczesnego wykrywania i leczenia. Ponadto kluczowe znaczenie ma priorytetowe traktowanie wykrywania i leczenia krótkowzroczności jako standardu opieki, przy jednoczesnym budowaniu potencjału specjalistów podstawowej opieki okulistycznej i promowaniu interdyscyplinarności.

współpraca.

Zapobieganie wysokiej krótkowzroczności i krótkowzroczności patologicznej powinno pozostać kluczową strategią globalną. Można to osiągnąć poprzez rozszerzone działania promujące zdrowie, w tym edukacyjne i kompleksowe programy dotyczące stylu życia, które zachęcają do spędzania większej ilości czasu na świeżym powietrzu w celu zmniejszenia powikłań związanych z krótkowzrocznością. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opracowała zestaw narzędzi, aby pomóc decydentom politycznym i osobom odpowiedzialnym za wdrażanie polityki w tworzeniu programów edukacyjnych na dużą skalę dla kluczowych grup społecznych.⁴⁹ Programy takie powinny być wdrażane w Europie w celu zmniejszenia częstości występowania krótkowzroczności i zapobiegania rozwojowi zaburzeń widzenia. Należy przeprowadzić dalsze badania dotyczące opłacalności systematycznych badań przesiewowych w kierunku krótkowzroczności, zwłaszcza w krajach, w których częstość występowania tej wady wzroku jest wyższa, o ile dostępne są odpowiednie zasoby.

Nasze badanie należy interpretować z uwzględnieniem kilku ograniczeń. Po pierwsze, uwzględniliśmy 22 badania, z których 10 (45,5%) nie stosowało cykloplegii do pomiaru wady refrakcji, co mogło prowadzić do przeszacowania częstości występowania krótkowzroczności. Niemniej jednak w naszej zbiorczej analizie podgrup, która obejmowała badania o niższym ryzyku błędu systematycznego, ogólne oszacowanie uległo znacznemu obniżeniu do 18,9% (95% CI: 13,2–26,5%), chociaż niektóre podgrupy miały ograniczoną liczbę badań. Zgodnie z innymi metaanalizami częstości występowania zaobserwowaliśmy znaczną heterogeniczność między badaniami. Jednoczynnikowe analizy metaregresji oceniające metodę diagnostyczną, kraj i okres rekrutacji wykazały, że heterogeniczność pozostała znaczna. Jednak po połączeniu częstości występowania krótkowzroczności według grup wiekowych i stratyfikacji według oceny cykloplegicznej zaobserwowano zmniejszenie heterogeniczności, co sugeruje, że wiek może mieć wpływ na zmienność częstości występowania. Wyniki te wynikają jednak z eksploracyjnych analiz podgrup i należy je interpretować z ostrożnością ze względu na zwiększone ryzyko błędów.

pozytywne wyniki i brak korekty potencjalnych czynników zakłócających. Wyniki te podkreślają znaczenie przyszłych badań wykorzystujących refrakcję cykloplegiczną i przedstawiających częstość występowania na podstawie danych indywidualnych lub przynajmniej z podziałem na grupy wiekowe w celu potwierdzenia zaobserwowanych wzorców. Takie podejście zwiększyłoby porównywalność i zapewniłoby lepsze zrozumienie częstości występowania krótkowzroczności w różnych populacjach. Ponadto wystąpiła rozbieżność w reprezentacji krajów, ponieważ niektóre kraje miały tylko jedno badanie na małą skalę, podczas gdy inne nie miały dostępnych danych. Może to wpłynąć na możliwość uogólnienia wyników. Przyszłe badania powinny uwzględniać wpływ czynników ryzyka, takich jak czas spędzany na świeżym powietrzu, praca w bliskiej odległości od oczu oraz krótkowzroczność rodziców, których nie uwzględniono w większości badań objętych przeglądem, co ogranicza możliwość pełnego zbadania roli tych dobrze znanych czynników ryzyka. Brak tych danych utrudnił ocenę wpływu stylu życia i predyspozycji genetycznych na częstość występowania krótkowzroczności.

Pomimo tych ograniczeń, zgodnie z naszą najlepszą wiedzą, niniejsze badanie jest pierwszym systematycznym przeglądem i metaanalizą, które zawierają kompleksowe podsumowanie aktualnego stanu wiedzy na temat częstości występowania krótkowzroczności w Europie w podziale na metody diagnostyczne. Przed rozpoczęciem badania opublikowaliśmy protokół naszych metod i zastosowaliśmy rygorystyczne procedury metodologiczne i statystyczne w celu uzyskania i zebrania danych od około 128 012 uczestników. Ponadto przeprowadzono analizy podgrup i analizy metaregresji w celu zbadania różnych czynników, które mogą mieć wpływ na nasze szacunki. Zastosowaliśmy surowe kryteria wyboru badań, aby zapewnić wysoką jakość metodologiczną i reprezentatywność wyników. W rezultacie badania uznane za niereprezentatywne zostały wykluczone, co spowodowało pominięcie danych z kilku krajów europejskich (m.in. Portugalii i Hiszpanii). Chociaż takie podejście mogło zwiększyć wiarygodność naszych wyników, ogranicza ono zakres geograficzny i może zmniejszyć możliwość uogólnienia wyników na cały region. W związku z tym szacunki dotyczące częstości występowania przedstawione w naszym badaniu mogą nie odzwierciedlać w pełni różnorodności częstości występowania w Europie, szczególnie w regionach, w których badania były niedostępne lub zostały wykluczone zgodnie z naszymi wcześniej określonymi kryteriami kwalifikacyjnymi.

Podsumowując, niniejsze badanie stanowi podstawę do zrozumienia częstości występowania krótkowzroczności w Europie i podkreśla pilną potrzebę ustandaryzowania metodologii, w szczególności stosowania refrakcji cykloplegicznej, a także szczegółowych danych dotyczących poszczególnych grup wiekowych. Dane takie są niezbędne do dokładnej oceny częstości występowania krótkowzroczności w różnych populacjach. Te wysokiej jakości dane mają kluczowe znaczenie dla skutecznego monitorowania zdrowia publicznego i podejmowania odpowiednich działań, pomagając w walce z epidemią krótkowzroczności i łagodzeniu związanych z nią obciążeń społecznych i ekonomicznych.

Współautorzy

AM-R, AG i CL opracowali koncepcję badania i opracowali protokół. AM-R i CL przeprowadzili przegląd literatury, wybrali badania, wyodrębili istotne informacje i zsyntetyzowali dane. AM-R i CL napisali

pierwszy szkic artykułu. AG dokonał krytycznej weryfikacji kolejnych szkiców artykułu, a wszyscy autorzy zatwierdzili jego ostateczną wersję. Wszyscy autorzy mieli pełny dostęp do wszystkich danych zawartych w badaniu i ponosili ostateczną odpowiedzialność za decyzję o przekazaniu artykułu do publikacji.

Oświadczenie dotyczące udostępniania danych

Wszystkie dane wygenerowane lub przeanalizowane podczas tego badania zostały uwzględnione w głównym artykule i plikach z informacjami uzupełniającymi. Protokół badania jest publicznie dostępny w bazie danych PROSPERO (CRD42023471527). Dodatkowe szczegóły lub wyjaśnienia związane z tą metaanalizą są dostępne u autorów korespondencyjnych na uzasadniony wniosek.

Uwaga redaktora

Grupa Lancet zajmuje neutralne stanowisko w odniesieniu do roszczeń terytorialnych na opublikowanych mapach i afiliacjach instytucjonalnych.

Oświadczenie o interesach

Carla Lanca zgłasza powiązania z firmą Eyerising, obejmujące doradztwo lub konsultacje. Andrzej Grzybowski zgłasza powiązania z firmami Alcon, Bausch&Lomb, Zeiss, Teleon, J&Kamp, J, CooperVision, Hoya, Essilor, Thea, Santen, Polpharma, Viatris i Alcon, obejmujące dotacje finansowe. Andrzej Grzybowski zgłasza powiązania z firmami Thea, Santen, Polpharma, Viatris, Eyerising, Essilor i Alcon, obejmujące wynagrodzenie za wystąpienia i wykłady. Nevakar, Santen, GoCheckKids i Thea zgłaszają powiązania z Andrzejem Grzybowskim, obejmujące członkostwo w zarządzie. André Moreira-Rosário zgłasza brak konfliktu interesów.

Podziękowania

Niniejsza publikacja została sfinansowana przez Fundação Ciência e Tecnologia, IP w ramach krajowego wsparcia poprzez UID/04923 — Kompleksowe Centrum Badań nad Zdrowiem.

Załącznik A. Dane uzupełniające

Dane uzupełniające związane z niniejszym artykułem można znaleźć pod adresem <https://doi.org/10.1016/j.lanepc.2025.101319>.

Referencje

- Li T, Wei R, Du B, et al. Częstość występowania krótkowzroczności wśród dzieci i młodzieży w wieku 6–16 lat podczas pandemii COVID-19: szeroko zakrojone badanie przekrojowe w Tianjin w Chinach. *Br J Ophthalmol*. 2023;108:879–883.
- Miki A, Fuse N, Fujimoto S, et al. Częstość występowania, czynniki związane i różnice między oczami w zakresie wad refrakcji w populacyjnej kohorcie japońskiej: badanie okulistyczne Tohoku Medical Megabank. *Ophthalmic Epidemiol*. 2023;18:755–763.
- Li KKW, Wong DHT, Li PSH. Czy stoimy w obliczu rosnącego zapotrzebowania na zabiegi chirurgiczne w przypadku makulopatii trakcyjnej spowodowanej wysoką krótkowzrocznością? 12-letnie badanie „” z Hongkongu. *BMC Ophthalmol*. 2023;23:31.
- Cotter SA, Varma R, Ying-Lai M, Azen SP, Klein R, Los Angeles Latino Eye Study Group. Przyczyny słabego widzenia i ślepoty u dorosłych Latynosów: badanie oczu Latynosów w Los Angeles. *Ophthalmology*. 2006;113:1574–1582.
- Iwase A, Araie M, Tomidokoro A, Yamamoto T, Shimizu H, Kitazawa Y. Częstość występowania i przyczyny słabego wzroku i ślepoty w japońskiej populacji dorosłych. *Ophthalmology*. 2006;113:1354–1362.e1.
- Hsu W-M, Cheng C-Y, Liu J-H, Tsai S-Y, Chou P. Częstość występowania i przyczyny upośledzenia wzroku wśród starszej populacji chińskiej w Tajwanie: badanie Shihpai Eye Study. *Okulistyka*. 2004;111:62–69.
- Livingston G, Huntley J, Liu KY, et al. Zapobieganie demencji, interwencja i opieka: raport stałej komisji Lancet z 2024 r. *Lancet*. 2024;404:572–628.
- Tedja MS, Haarman AEG, Meester-Smoor MA i in. IMI – raport dotyczący genetyki krótkowzroczności. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60:M89.
- Ding X, Morgan IG, Hu Y, et al. Przyczynowy wpływ edukacji na krótkowzroczność: dowody na to, że to raczej dłuższe uczęszczanie do szkoły, a nie starszy wiek, powoduje wystąpienie krótkowzroczności. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2023;64:25.
- He X, Sankaridurg P, Wang J, et al. Czas spędzany na świeżym powietrzu a zmniejszenie krótkowzroczności. *Ophthalmology*. 2022;129:1245–1254.
- Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, et al. Rosnąca częstość występowania krótkowzroczności w Europie i wpływ edukacji. *Ophthalmology*. 2015;122:1489–1497.

- 12 Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. Oświadczenie PRISMA 2020: zaktualizowane wytyczne dotyczące raportowania przeglądów systematycznych. *BMJ*. 2021;n71.
- 13 Stroup DF, Berlin JA, Morton SC i in. Metaanaliza badań obserwacyjnych w epidemiologii: propozycja sprawozdawczości. Metaanaliza badań obserwacyjnych w epidemiologii (MOOSE) grupa. *JAMA*. 2000;283:2008–2012.
- 14 Munn Z, Moola S, Riitano D, Lisy K. Opracowanie narzędzia do krytycznej oceny do wykorzystania w przeglądach systematycznych dotyczących kwestii częstości występowania krótkowzroczności (. *Int J Health Policy Manag*. 2014;3:123–128.
- 15 Pan W, Saw S-M, Wong TY, Morgan I, Yang Z, Lan W. Częstość występowania i trendy czasowe krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności u dzieci w Chinach: przegląd systematyczny i metaanaliza z prognoząmi na lata 2020–2050. *Lancet Reg Health West Pac*. 2025;55:101484.
- 16 Bourne RRA, Stevens GA, White RA i in. Przyczyny utraty wzroku na świecie w latach 1990–2010: analiza systematyczna. *Lancet Glob Health*. 2013;1:e339–e349.
- 17 Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Globalna częstość występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności oraz trendy czasowe od 2000 do 2050 r. *Ophthalmology*. 2016;123:1036–1042.
- 18 Aine E. Wady refrakcji w fińskiej populacji wiejskiej. *Acta Oph- thalmol*. 1984;62:944–954.
- 19 Villarreal MG, Ohlsson J, Abrahamsson M, Sjöström A, Sjöstrand J. Myopisation: the refractive tendency in teenagers. Prevalence of myopia among young teenagers in Sweden. *Acta Ophthalmol Scand*. 2000;78:177–181.
- 20 Midelfart A, Kinge B, Midelfart S, Lydersen S. Częstość występowania wad refrakcji u młodych i osób w średnim wieku w Norwegii. *Acta Ophthalmol Scand*. 2002;80:501–505.
- 21 Hagen LA, Gjelle JVB, Arnegard S, Pedersen HR, Gilson SJ, Baraas RC. Częstość występowania i możliwe czynniki krótkowzroczności u norweskich nastolatków. *Sci Rep*. 2018;8:13479.
- 22 Czepita D, Z cejmo M, Mojsa A. Częstość występowania krótkowzroczności i dalekowzroczności w populacji polskich uczniów. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2007;27:60–65.
- 23 Czepita M, Czepita D, Safranow K. Role of gender in the prevalence of myopia among polish schoolchildren. *J Ophthalmol*. 2019;2019:1–4.
- 24 Logan NS, Shah P, Rudnicka AR, Gilmanin B, Owen CG. Różnice etniczne w dzieciństwie w zakresie ametropii i biometrii oka: badanie Aston Eye Study przeprowadzone przez. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011;31:550–558.
- 25 Sherwin JC, Khawaja AP, Broadway D, et al. Niekorygowane wady refrakcji u starszych dorosłych Brytyjczyków: badanie EPIC-Norfolk Eye Study. *Br J Ophthalmol*. 2012;96:991–996.
- 26 Cumberland PM, Bountziouka V, Rahi JS. Wpływ zmiany definicji krótkowzroczności na szacunki dotyczące częstości występowania i powiązania z czynnikami ryzyka: czas na podejście służące badaniom, praktyce i polityce. *Br J Ophthalmol*. 2018;102:1407–1412.
- 27 Wolfram C, Höhn R, Kottler U, et al. Częstość występowania wad refrakcji w europejskiej populacji dorosłych: badanie Gutenberg Health Study (GHS). *Br J Ophthalmol*. 2014;98:857–861.
- 28 Mirshahi A, Ponto KA, Laubert-Reh D, et al. Krótkowzroczność a sprawność poznawcza: wyniki badania Gutenberg Health Study. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:5230–5236.
- 29 O'Donoghue L, McClelland JF, Logan NS, Rudnicka AR, Owen CG, Saunders KJ. Wady refrakcji i upośledzenie wzroku u dzieci w wieku szkolnym w Irlandii Północnej. *Br J Ophthalmol*. 2010;94:1155–1159.
- 30 French AN, O'Donoghue L, Morgan IG, Saunders KJ, Mitchell P, Rose KA. Porównanie refrakcji i biometrii oka u europejskich dzieci rasy kaukaskiej mieszkających w Irlandii Północnej i Sydney w stanie w Australii. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:4021.
- 31 McCullough SJ, O'Donoghue L, Saunders KJ. Szesnastoletnia zmiana refrakcji u białych dzieci i młodych dorosłych: dowody na znaczny wzrost krótkowzroczności wśród białych dzieci w Wielkiej Brytanii. *PLoS One*. 2016;11:e0146332.
- 32 Harrington SC, Stack J, O'Dwyer V. Czynniki ryzyka związane z krótkowzrocznością u dzieci w wieku szkolnym w Irlandii. *Br J Ophthalmol*. 2019. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313325>.
- 33 Harrington SC, Stack J, Saunders K, O'Dwyer V. Wady refrakcji i upośledzenie wzroku u dzieci w wieku szkolnym w Irlandii. *Br J Ophthalmol*. 2019;103:1112–1118.
- 34 Tideman JWL, Polling JR, Jaddoe VVW, Vingerling JR, Klaver CCW. Czynniki ryzyka środowiskowego mogą zmniejszyć wydłużenie osiowe i częstość występowania krótkowzroczności u dzieci w wieku od 6 do 9 lat. *Ophthalmology*. 2019;126:127–136.
- 35 Tideman JWL, Polling JR, Hofman A, Jaddoe VW, Mackenbach JP, Klaver CC. Czynniki środowiskowe wyjaśniają społeczno-ekonomiczne różnice w częstości występowania krótkowzroczności u dzieci w wieku 6 lat. *Br J Ophthalmol*. 2018;102:243–247.
- 36 Tideman JWL, Polling JR, Voortman T, et al. Niski poziom witaminy D w surowicy jest związany z długością osiową i ryzykiem krótkowzroczności u małych dzieci. *Eur J Epidemiol*. 2016;31:491–499.
- 37 Enthoven CA, Polling JR, Verzijden T, et al. Używanie smartfonów związane z wadami refrakcji u nastolatków. *Ophthalmology*. 2021;128:1681–1688.
- 38 Tideman JWL, Polling JR, Vingerling JR, et al. Wzrost długości osiowej i ryzyko rozwoju krótkowzroczności u europejskich dzieci. *Acta Ophthalmol*. 2018;96:301–309.
- 39 Giloyan A, Harutyunyan T, Petrosyan V. Czynniki ryzyka rozwoju krótkowzroczności wśród uczniów w Erywaniu i prowincji Gegharkunik w Armenii. *Ophthalmic Epidemiol*. 2017;24:97–103.
- 40 Lundberg K, Suhr Thykjaer A, Sogaard Hansen R, et al. Aktywność fizyczna a krótkowzroczność u duńskich dzieci — badanie CHAMPS Eye Study. *Acta Ophthalmol*. 2018;96:134–141.
- 41 Hansen MH, Laigaard PP, Olsen EM i in. Niska aktywność fizyczna i częstsze korzystanie z urządzeń ekranowych są związane z krótkowzrocznością w wieku 16–17 lat w badaniu CCC2000 Eye Study. *Acta Ophthalmol*. 2020;98:315–321.
- 42 Dragomirova M, Antonova A, Stoykova S, Mihova G, Grigorova D. Krótkowzroczność u bułgarskich dzieci w wieku szkolnym: częstość występowania, czynniki ryzyka i zakres opieki zdrowotnej w Bułgarii. *BMC Ophthalmol*. 2022;22:248.
- 43 Markova EYu, Isabekov RS, Venediktova LV. Postęp krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym po kwarantannie domowej spowodowanej COVID-19. *Ophthalmology Russia*. 2021;18:922–925.
- 44 Bikbov MM, Kazakbaeva GM, Fakhretudinova AA i in. Częstość występowania i czynniki związane z krótkowzrocznością u dzieci i młodzieży w Rosji: badanie Ural Children Eye Study. *Br J Ophthalmol*. 2024;108:593–598.
- 45 Mukazhanova A, Aldasheva N, Iskabayeva J, et al. Częstość występowania wad refrakcji i czynników ryzyka krótkowzroczności wśród uczniów w Almaty w Kazachstanie: badanie przekrojowe. *PLoS One*. 2022;17:e0269474.
- 46 Németh J, Dankovics G, Barna I, Limburg H, Nagy ZZ. Częstość występowania wad refrakcji na Węgrzech wskazuje na trzykrotny wzrost krótkowzroczności. *Int J Ophthalmol*. 2022;15:1174–1179.
- 47 Liang J, Pu Y, Chen J, et al. Globalna częstość występowania, trendy i prognozy dotyczące krótkowzroczności u dzieci i młodzieży w latach 1990–2050: kompleksowy przegląd systematyczny i metaanaliza. *Br J Ophthalmol*. 2024. <https://doi.org/10.1136/bjo-2024-325427>.
- 48 Morgan IG, Rose KA. Krótkowzroczność a międzynarodowe wyniki w nauce. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2013;33:329–338.
- 49 Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, et al. Globalne różnice i trendy czasowe w częstości występowania krótkowzroczności u dzieci, przegląd systematyczny i metaanaliza ilościowa: implikacje dla etiologii i wczesnej profilaktyki. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:882–890.
- 50 Hansen MH, Hvid-Hansen A, Jacobsen N, Kessel L. Częstość występowania krótkowzroczności w Danii — przegląd 140 lat badań nad krótkowzrocznością. *Acta Ophthalmol*. 2021;99:118–127.
- 51 Demir P, Baskaran K, Ramos PL, Naduvilath T, Sankaridurg P, Macedo AF. Częstość występowania krótkowzroczności wśród szwedzkich uczniów: badanie podłużne. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2024;44:1301–1308.
- 52 Bro T, Löfgren S. Stosunkowo stabilna częstość występowania krótkowzroczności wśród szwedzkich dzieci w wieku od 4 do 7 lat w latach 2015–2020. *Optom Vis Sci*. 2023;100:91–95.
- 53 Sankaridurg P, He X, Naduvilath T i in. Porównanie autorefrakcji bez cykloplegii i z cykloplegią w kategoryzowaniu danych dotyczących wad refrakcji u dzieci. *Acta Ophthalmol*. 2017;95:e633–e640.
- 54 Sun Y-Y, Wei S-F, Li S-M, et al. Refrakcja cykloplegiczna przy użyciu 1% cykloptolatu u młodych dorosłych: czy jest to złoty standard? Badanie oczu studentów Uniwersytetu Anyang (AUSES). *Br J Ophthalmol*. 2018;bjophthalmol-2018-312199. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-312199>.
- 55 Hashemi H, Khabazkhoob M, Asharous A, et al. Autorefrakcja cykloplegiczna a refrakcja subiektywna: badanie oczu w Teheranie. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:1122–1127.
- 56 Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, Grzybowski A. Refrakcja cykloplegiczna jest złotym standardem w badaniach epidemiologicznych. *Acta Ophthalmol*. 2015;93:581–585.
- 57 Li X, Li L, Qin W, et al. Środowisko życia w mieście a krótkowzroczność u dzieci w Chinach. *JAMA Netw Open*. 2023;6:e2346999.
- 58 Eppenger LS, Davis A, Resnikoff S, et al. Kluczowe strategie zmniejszenia globalnego obciążenia krótkowzrocznością: konsensus z międzynarodowego szczytu poświęconego krótkowzroczności. *Br J Ophthalmol*. 2025. <https://doi.org/10.1136/bjo-2024-326643>.
- 59 Światowa Organizacja Zdrowia ITU. Be he@lthy, be mobile: zestaw narzędzi dotyczących wdrażania programu MyopiaEd. Genewa. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352435/9789240042377-eng.pdf?sequence=1>; 2022. Dostęp: 20 września 2024 r.