



Artykuł

# Częstość występowania i czynniki ryzyka krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym w Madrycie: badanie refrakcji cykloplegicznej przeprowadzone w szkołach

Maria Nieves-Moreno <sup>1</sup>, Gonzalo Carracedo-Rodriguez <sup>2</sup>, David Pablo Piñero-Llorens <sup>3</sup>,  
Laura Batres Valderas <sup>4</sup>, Sergio Recalde-Maestre <sup>5,6</sup>, Javier García-da-Silva <sup>7</sup>, Blanca Díaz-Vega <sup>8</sup>, Sara Llorente-  
Gonzalez <sup>5</sup>, Maria Alarcón-Tomás <sup>9</sup>, Monica Lovera-Rivas <sup>10</sup>, Sara Gutierrez-Jorrián <sup>11</sup>,  
Paulina Dotor-Goytia <sup>12</sup>, Patricia Fernández-Robredo <sup>6</sup>, Pilar Gómez de Liaño <sup>13</sup>, Susana Noval-Martin <sup>1</sup> oraz Macarena Dosal-  
Franco <sup>8,\*</sup>

- <sup>1</sup> Oddział Okulistyki Dziecięcej, IdiPaz, Szpital Uniwersytecki La Paz, 28046 Madryt, Hiszpania; maria.nieves@salud.madrid.org (M.N.-M.); susana.noval@salud.madrid.org (S.N.-M.)
- <sup>2</sup> Grupa badawcza OcuPharm, Uniwersytet Complutense w Madrycie, 28037 Madryt, Hiszpania; jgcarrac@ucm.es
- <sup>3</sup> Katedra Optyki, Farmakologii i Anatomii, Uniwersytet w Alicante, 03690 Alicante, Hiszpania; david.pinyero@gcloud.ua.es
- <sup>4</sup> Wydział Optometrii i Wzroku, Wydział Optyki i Optometrii, Uniwersytet Complutense w Madrycie, 28037 Madryt, Hiszpania; lbatres@ucm.es
- <sup>5</sup> Katedra Okulistyki, Klinika Uniwersytetu Nawarry, 31008 Pampeluna, Hiszpania; srecalde@unav.es (S.R.-M.); sllorente@unav.es (S.L.-G.)
- <sup>6</sup> Grupa ds. Patologii Siatkówki i Nowych Terapii, Laboratorium Okulistyki Eksperymentalnej, Katedra Okulistyka, Universidad de Navarra, 31008 Pampeluna, Hiszpania; pfrobredo@unav.es
- <sup>7</sup> Stowarzyszenie Magna Myopia with Retinopathies — AMIRES, 28002 Madryt, Hiszpania; amires@miopiamagna.org
- <sup>8</sup> Gran Visión Oftalmología, 28026 Madryt, Hiszpania; blancadiazvega@yahoo.es
- <sup>9</sup> Szpital Uniwersytecki Puerta de Hierro, 28222 Madryt, Hiszpania; draalarcontomas@gmail.com
- <sup>10</sup> Avalens, 28009 Madryt, Hiszpania; lililovera@hotmail.com
- <sup>11</sup> OCULUS Iberia SL, 28760 Madryt, Hiszpania; saragutierrez@oculus.es
- <sup>12</sup> Indizen Optical Technologies S.L., 28002 Madryt, Hiszpania; paulina.dotor@gmail.com
- <sup>13</sup> General University Hospital Gregorio Marañón, 28007 Madryt, Hiszpania; pilargomezgl@gmail.com
- \* Korespondencja: direccion@miopiamagna.org



Redaktor naukowy: Shirley Wyver

Otrzymano: 7 października 2025 r.

Poprawiono: 7 listopada 2025 r.

Przyjęto: 17 listopada 2025 r.

Opublikowano: 21 listopada 2025 r.

**Cytat:** Nieves-Moreno, M.; Carracedo-Rodriguez, G.; Piñero-Llorens, D.P.; Batres Valderas, L.; Recalde-Maestre, S.; García-da-Silva, J.; Díaz-Vega, B.; Llorente-Gonzalez, S.; Alarcón-Tomás, M.; Lovera-Rivas, M.; i in. Częstość występowania i czynniki ryzyka krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym w Madrycie: badanie refrakcji cykloplegicznej przeprowadzone w szkołach. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2025**, *22*, 1766. <https://doi.org/10.3390/ijerph22121766>

**Prawa autorskie:** © 2025 autorzy. Licencjodawca MDPI, Bazylea, Szwajcaria. Niniejszy artykuł jest artykułem ogólnodostępnym rozpowszechnianym na warunkach licencji Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Streszczenie

Cel: Oceniamy częstość występowania krótkowzroczności i czynniki z nią związane wśród dzieci w wieku szkolnym w Madrycie w Hiszpanii, gdzie obecnie brakuje danych szkolnych opartych na refrakcji cykloplegicznej. Metody: Przeprowadzono badanie przekrojowe w 39 losowo wybranych szkołach w Madrycie, obejmujące dzieci z drugiej klasy (6–7 lat) i szóstej klasy (11–12 lat). Rodzice wypełnili kwestionariusze zawierające szczegółowe informacje na temat historii chorób oczu w rodzinie, stylu życia dziecka i czasu spędzanego przed ekranem. Status społeczno-ekonomiczny został określony na podstawie wskaźnika rozwoju społecznego okręgów szkolnych. Dzieci zostały zbadane w dwóch etapach: wstępne badanie przesiewowe z badaniem ostrości wzroku i fotorefrakcją Plusoptix (próg wykrywalności krótkowzroczności  $\leq 0,00$  D ekwiwalentu sferycznego), a następnie potwierdzająca autorefrakcja cykloplegiczna (trzy krople cyklopentolatu 1% podawane w odstępach 10-minutowych), przy czym krótkowzroczność zdefiniowano jako ekwiwalent sferyczny  $\leq -0,50$  D. Analizy statystyczne obejmowały testy chi-kwadrat i modele regresji logistycznej w celu oceny czynników powiązanych. Wyniki: Spośród 3680 zaproszonych dzieci zbadano 2489 (67,6%). Częstość występowania krótkowzroczności wynosiła 6,5% w drugiej klasie i 18,7% w szóstej klasie. Istotnym czynnikiem ryzyka była krótkowzroczność w rodzinie (OR 2,04; 95% CI: 1,53–2,70;  $p < 0,001$  dla obojga rodziców). Aktywność na świeżym powietrzu w weekendy była związana z niższą częstością występowania krótkowzroczności (OR 0,50; 95% CI: 0,37–0,66;  $p < 0,01$  dla 2–6 godzin). Czas spędzany przed ekranem nie był istotnym czynnikiem w analizie wielowymiarowej. Wnioski: To szeroko zakrojone badanie przeprowadzone w szkołach z wykorzystaniem refrakcji cykloplegicznej dostarcza dokładniejszych danych dotyczących częstości występowania krótkowzroczności wśród hiszpańskich uczniów. Potwierdza ono, że historia rodzinna jest głównym czynnikiem ryzyka, oraz podkreśla związek między aktywnością na świeżym powietrzu a krótkowzrocznością.

z mniejszą częstością występowania krótkowzroczności. Wyniki te podkreślają potrzebę podjęcia działań zapobiegawczych i wskazują obszary przyszłych badań interwencyjnych.

**Słowa kluczowe:** krótkowzroczność; wysoka krótkowzroczność; refrakcja; refrakcja cykloplegiczna; częstość występowania krótkowzroczności

## 1. Wprowadzenie

Krótkowzroczność staje się coraz powszechniejszym schorzeniem – przewiduje się, że do 2050 r. prawie połowa światowej populacji będzie krótkowzroczna [1]. Chociaż w większości przypadków schorzenie to można skorygować za pomocą okularów, soczewek kontaktowych lub chirurgii refrakcyjnej, ciężkie postacie krótkowzroczności zwiększają ryzyko powikłań zagrażających wzroku, w tym odwarstwienia siatkówki, zeza, jaskry i zwyrodnienia plamki żółtej, stanowiąc poważny problem zdrowotny i społeczno-ekonomiczny [2].

Częstość występowania krótkowzroczności różni się w zależności od regionu geograficznego, grupy etnicznej i pokolenia, przy czym najwyższa częstość występowania odnotowuje się w Azji Wschodniej, a najniższa w Afryce [3,4]. W Chinach 80% uczniów szkół średnich ma krótkowzroczność, a częstość występowania wśród uczniów szkół podstawowych wzrosła z 22,53% w latach 1989–2014 do 38,92% w latach 2018–2020 przy użyciu refrakcji bez cykloplegii [5,6]. Alvarez-Peregrina i wsp. [7] odnotowali wzrost krótkowzroczności u dzieci w Hiszpanii z 16,8% w 2016 r. do 19,1% w 2017 r. przy użyciu refrakcji bez cykloplegii. Najbardziej aktualne i kompleksowe szacunki dotyczące częstości występowania krótkowzroczności w Europie, oparte konkretnie na refrakcji cykloplegicznej, wynoszą 18,9% (95% CI: 13,2–26,5%) [8]. Na całym świecie rozwój krótkowzroczności u dzieci wiąże się z czynnikami dziedzicznymi, zanieczyszczeniem środowiska, stylem życia, warunkami życia, mniejszą ilością czasu spędzanego na świeżym powietrzu i częstszym korzystaniem z urządzeń elektronicznych [9–11].

Chociaż kilka badań wykazało znaczny wzrost częstości występowania krótkowzroczności na całym świecie, w Hiszpanii brakuje badań w tej dziedzinie. Konieczne jest kontynuowanie badań epidemiologicznych w różnych populacjach w celu uzupełnienia informacji i wyjaśnienia częstości występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności w Europie. Środki zapobiegające krótkowzroczności mają zastosowanie przede wszystkim w dzieciństwie i to właśnie na tym etapie krótkowzroczność postępuje najszybciej. Dlatego celem niniejszego badania była analiza częstości występowania krótkowzroczności po refrakcji cykloplegicznej u dzieci w drugiej i szóstej klasie szkoły podstawowej (w wieku 6–7 i 11–12 lat) w Madrycie oraz jej związek z takimi czynnikami ryzyka, jak historia rodzinna, aktywność na świeżym powietrzu i czas spędzany przed ekranem.

## 2. Metody i materiały

Opracowano epidemiologiczne badanie przekrojowe i zebrano dane w 39 szkołach w Madrycie. Badanie było zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, a protokół został zatwierdzony przez Komisję Etyczną Clínica Univer-sidad de Navarra. Wybrano dzieci z drugiej klasy (w wieku 6–7 lat) i szóstej klasy (w wieku 11–12 lat). Dzieci z drugiej i szóstej klasy zostały wybrane w celu uzyskania dużej, podzielonej według wieku próby w ramach edukacji podstawowej, kierując się do jednej grupy z pierwszych lat nauki i drugiej z ostatnich lat tego etapu edukacyjnego. Celowo pominięto pierwszą klasę, ponieważ dzieci w tym wieku wciąż rozwijają umiejętności społeczne i współpracy, co może utrudniać udział w ustrukturyzowanych badaniach wzroku.

### 2.1. Wielkość próby

Aby określić wielkość próby, przyjęto szacunkową częstość występowania wysokiej krótkowzroczności (>6 dioptrii) na poziomie 2%, z błędem próby wynoszącym  $\pm 1$  i poziomem ufności 95%. Dodatkowo, częstość występowania krótkowzroczności łagodnej do umiarkowanej (0,5–6 dioptrii) oszacowano na 10%, z błędem próby wynoszącym  $\pm 2$  przy tym samym poziomie ufności [1]. Szacunki te oparto na danych wstępnych. Biorąc pod uwagę efekt projektowy wynoszący 1,25, optymalną wielkość próby ustalono na 1200 przypadków.

w poszczególnych grupach wiekowych, a konkretnie wśród uczniów klas 2 i 6, co daje łącznie 2400 uczestników. Biorąc pod uwagę średnią liczbę 25 uczniów w klasie i wskaźnik ważnych odpowiedzi poniżej 70%, oczekiwano średnio 17 zgód rodziców na klasę. Na podstawie tych szacunków potrzeba będzie około 140 klas wybranych spośród 44 szkół, z których niektóre mają jedną klasę w każdej klasie, a inne co najmniej dwie klasy w klasie drugiej i dwie w klasie szóstej.

## 2.2. Proces gromadzenia danych

W sumie wybrano losowo 44 szkoły spośród wszystkich szkół w Madrycie. Spośród nich 5 szkół odmówiło udziału w badaniu. Proces gromadzenia danych w szkołach przebiegał następująco:

1. Pierwszy kontakt: do dyrektorów wybranych szkół wysłano pocztą formalne pismo wprowadzające, wyjaśniające cele badania i poziom zaangażowania wymagany od instytucji.
2. Potwierdzenie telefoniczne: wykonano wstępny telefon, aby potwierdzić udział każdej szkoły, zweryfikować liczbę uczniów zapisanych do wybranych klas i zaplanować pierwszą wizytę na miejscu.
3. Wizyty w szkołach: W każdej szkole przeprowadzono co najmniej dwie lub trzy wizyty:
  - Pierwsza wizyta: Poproszono o listę uczestniczących klas, aby rozdać rodzinom indywidualne informacje, w tym list wyjaśniający, formularz zgody rodziców na udział dziecka oraz krótki kwestionariusz dotyczący historii zdrowia wzroku i nawyków związanych z widzeniem.
  - Druga wizyta (3–5 dni później): Otrzymane formularze zgody zostały sprawdzone. Biorąc pod uwagę oczekiwany odsetek odpowiedzi, rozdano drugą partię tych samych dokumentów uczniom, których rodzice nie udzielili jeszcze odpowiedzi, aby zmaksymalizować udział w programie.
  - Trzecia wizyta: Wykwalifikowani specjaliści przeprowadzili pomiary refrakcji u dzieci, których rodzice wyrazili zgodę. Z każdej klasy uwzględniono wszystkie dzieci, których rodzice wyrazili zgodę, bez żadnych kryteriów wykluczenia.

## 2.3. Opracowanie badania

Kilka dni przed badaniem rodzice wypełnili niezatwierdzony kwestionariusz opracowany przez komisję ekspertów (DP, SRC i PGL), zawierający pytania dotyczące historii chorób oczu w rodzinie (krótkowzroczność i wysoka krótkowzroczność u rodziców), historii osobistej dziecka (wcześniejsza korekcja refrakcji i niedowidzenie) oraz stylu życia (liczba godzin spędzanych na świeżym powietrzu/w pomieszczeniach i czas spędzany przed ekranem). Rodzice zostali poproszeni o udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

(1) Liczba godzin spędzonych na zajęciach na świeżym powietrzu w dni powszednie i weekendy (np. piłka nożna, zabawy w parku); (2) Liczba godzin spędzonych na zajęciach w pomieszczeniach, które nie wymagają nadmiernego widzenia z bliska w dni powszednie i weekendy (np. koszykówka, pływanie, taniec); (3) Liczba godzin spędzonych na zajęciach w pomieszczeniach wymagających widzenia z bliska w dni powszednie i weekendy (np. malowanie, nauka nowego języka, nauka) oraz (4) Liczba godzin spędzonych przed urządzeniami elektronicznymi z bliska w weekendy i dni powszednie.

Kwestionariusz dotyczący stylu życia i historii rodziny został opracowany specjalnie na potrzeby tego projektu i nie został zatwierdzony. Rodzice wypełniali kwestionariusz samodzielnie w domu po otrzymaniu standardowych instrukcji pisemnych. Odpowiedzi zbierano w formie kategorii (np. <1 godz., 1–2 godz., >2 godz. dziennie), a nie w formie dowolnego tekstu. Przed wdrożeniem nie przeprowadzono fazy testów pilotażowych. Kopia kwestionariusza znajduje się w materiałach dodatkowych (plik S1).

Uczestnicy zostali podzieleni według statusu społeczno-ekonomicznego na podstawie wskaźnika rozwoju społecznego (HDI) dzielnic, w których znajdowały się szkoły.

Wskaźnik HDI opublikowany i opracowany przez Radę Miasta Madrytu opiera się na takich wskaźnikach, jak poziom dochodów, poziom wykształcenia i średnia długość życia. Podział ten opiera się na czterech warstwach odpowiadających poziomom rozwoju, od najwyższego do najniższego (klasa wyższa, wyższa klasa średnia, klasa średnia i klasa niższa). Nie gromadzono danych społeczno-ekonomicznych na poziomie indywidualnym.

Badanie zostało zatwierdzone przez Komisję Etyczną Kliniki Uniwersyteckiej w Nawarrze. Wszyscy rodzice podpisali formularz zgody na udział swoich dzieci w badaniu.

Podczas wstępnych badań przesiewowych dzieci badano za pomocą fotorefraktometru Plusoptix (Plusoptix, Plusoptix GmbH, Norymberga, Niemcy) z odległości 1 m. Wynik badania przesiewowego uznano za pozytywny w przypadku możliwej krótkowzroczności, jeśli sferyczny ekwiwalent (SE) wynosił  $\leq 0,00$  D. U tych dzieci przeprowadzono następnie refrakcję cykloplegiczną, aby uniknąć błędów spowodowanych akomodacją, ponieważ Plusoptix ma tendencję do przeszacowywania krótkowzroczności [12]. Drugą analizę przeprowadzono 45 minut po zakropieniu trzech kropli 1% chlorowodoru cyklopentolanu (minims, Bausch & Lomb) w odstępach 10-minutowych. Skuteczność cykloplegii potwierdzono rozszerzeniem źrenicy i brakiem odruchu świetlnego przed pomiarem refrakcji cykloplegicznej. Następnie przeprowadzono badanie okulistyczne za pomocą oftalmoskopii i pomiar refrakcji za pomocą autorefraktometru (Myopia Master, OCULOS Iberia S.L., Tres Cantos, Madryt), wykonane przez optometrystę i okulistę. W badaniu tym nie przeprowadzono refrakcji subiektywnej.

Pomiary były powtarzane, jeśli urządzenie Plusoptix sygnalizowało niską wiarygodność (np. z powodu słabej fiksacji, mrugania lub małego rozmiaru źrenicy) lub jeśli nie udało się uzyskać co najmniej trzech prawidłowych odczytów autorefrakcji po podaniu cykloplegika. Pomiar był powtarzany do momentu uzyskania co najmniej trzech wiarygodnych odczytów. Dzieci, u których po wielokrotnych próbach nie udało się uzyskać prawidłowych pomiarów obuocznych, zostały wykluczone z analizy.

Krótkowzroczność zdefiniowano jako  $SE \leq -0,50$  D w co najmniej jednym oku, a wysoką krótkowzroczność jako  $SE \leq -6,00$  D. W przypadku dzieci z anizometrią (zdefiniowaną jako różnica międzyoczowa w  $SE \geq 1,00$  D) każde oko analizowano oddzielnie, ale klasyfikację uczestnika jako krótkowzrocznego oparto na oku bardziej krótkowzrocznym.

#### 2.4. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu oprogramowania R (wersja 4.3.1). Normalny rozkład zmiennych potwierdzono za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa. Poziom istotności ustalono na 0,05, a częstość występowania obliczono z 95% przedziałem ufności. Częstość występowania krótkowzroczności obliczono jako liczbę dzieci z potwierdzoną krótkowzrocznością po refrakcji cykloplegicznej podzieloną przez całkowitą liczbę dzieci badanych w każdej grupie wiekowej. Analizy porównujące zmienne jakościowe zostały rozstrzygnięte za pomocą testu chi-kwadrat, a do uzyskania ilorazu szans (OR) zastosowano jednoczynnikowy i wieloczynnikowy model regresji logistycznej. Zmienne o wartości  $p < 0,10$  w analizach jednoczynnikowych lub uznane za istotne klinicznie na podstawie wcześniejszej literatury zostały wprowadzone do wieloczynnikowego modelu regresji logistycznej. Potencjalną wielokolinearność między zmiennymi niezależnymi (np. czas spędzany przed ekranem, praca w bliskiej odległości i czynności wykonywane w pomieszczeniach) oceniono za pomocą współczynnika inflacji wariancji (VIF) i wartości tolerancji; nie wykryto kolinearności (wszystkie VIF  $< 2$ ). Dopasowanie modelu oceniono za pomocą współczynnika Nagelkerke  $R^2$  i testu dopasowania Hosmera-Lemeshowa.

### 3. Wyniki

Spośród 3680 dzieci zapisanych do wybranych szkół 2616 rodziców (71%) wyraziło zgodę na udział swoich dzieci w badaniu, a spośród nich zbadano 2489 (67%). 50,9% dzieci stanowiły chłopcy, 1183 (47,2%) uczęszczało do drugiej klasy (6–7 lat), a 1306 (52,8%) w szóstej klasie (11–12 lat).

Częstość występowania krótkowzroczności wynosiła 6,5% wśród dzieci w drugiej klasie [5,25–7,87] i 18,7% wśród dzieci w szóstej klasie [CI: 16,56–20,93] ( $p < 0,001$ ). Średnia refrakcja krótkowzroczności wynosiła  $-1,98$  (SD 1,76) w drugiej klasie i  $-2,12$  (SD 1,76) w szóstej klasie ( $p < 0,001$ ). Co najmniej 32,3% dzieci miało krótkowzroczność w rodzinie u jednego z rodziców, a 33,8% u obojga rodziców, 4,2% miało wysoką krótkowzroczność w rodzinie u jednego lub obojga rodziców.

Wyniki analizy czynników związanych z krótkowzrocznością przedstawiono w tabeli 1, a bardziej szczegółowe informacje zawarto w tabeli S1. Wielowymiarowa analiza regresji potwierdziła, że jedynym czynnikiem związanym z występowaniem krótkowzroczności u dzieci w drugiej klasie była krótkowzroczność u jednego z rodziców w rodzinie. Występowanie krótkowzroczności u dzieci w szóstej klasie było związane z występowaniem krótkowzroczności u ojca w rodzinie, a spędzanie 2–6 godzin i ponad sześciu godzin w weekendy na świeżym powietrzu było czynnikiem związanym z mniejszym prawdopodobieństwem wystąpienia krótkowzroczności, co potwierdziła wielowymiarowa analiza regresji.

**Tabela 1.** Analiza czynników związanych z krótkowzrocznością u uczniów szkół podstawowych w Madrycie.

Zmienna	Poziomy	Z	Bez	Klasa 2	Klasa 6
		krótkowzrocznością N (%)	krótkowzroczności N (%)	OR (CI95%, p) Analiza wielowymiarowa	OR (CI95%, p) Analiza wielowymiarowa
Płeć	Mężczyźni	1136 (52,0)	132 (43,3)	-	-
	Kobieta	1048 (48,0)	173 (56,7)	-	1,27 (0,76–2,11, 0,35)
Społeczno-ekonomiczny status	Górna	182 (8,3)	31 (10,2)	-	-
	Wyższa średnia	834 (38,2)	112 (36,7)	0,67 (0,26–1,70, 0,40)	-
	Średni	802 (36,7)	90 (29,5)	0,74 (0,29–1,87, 0,52)	-
	Dolna	366 (16,8)	72 (23,6)	1,62 (0,61–4,21, 0,33)	-
Historia rodzinna Krótkowzroczność	Krótkowzroczność Ojciec	581 (26,6)	111 (37,0)	5,09 (1,49–17,30, 0,01)	7,85 (2,52–24,37, <0,01)
	Wysoką krótkowzroczność Ojciec	45(2,1)	19 (6,2)	-	-
	Krótkowzroczność Matka	705 (32,3)	133 (44,4)	2,63 (1,19–5,78, 0,02)	2,58 (0,76–9,08, 0,14)
	Wysoką krótkowzroczność Matka	59(2,7)	23 (7,5)	-	-
	Krótkowzroczność Oba	705 (32,3)	133 (43,6)	-	-
	Wysoką krótkowzroczność Obie	20(0,9)	12 (3,9)	-	-
Godziny poświęcone na różne czynności od poniedziałku do piątku					
Liczba godzin spędzone na aktywnościach na świeżym powietrzu aktywności	Mniej niż 2 godz.	687 (31,5)	101 (33,1)	-	-
	Od 2 do 6 godzin	943 (43,2)	111 (36,4)	-	-
	Ponad 6 godzin	269 (12,3)	26 (8,5)	-	5,16 (0,94–28,20, 0,06)
	Brak odpowiedzi	144 (6,6)	39 (12,8)	-	-
Liczba godzin spędzone w pomieszczeniach czynności, które nie wymagają nadmiernego widzenie z bliska	Mniej niż 2 godz.	708 (32,4)	96 (31,5)	0,37 (0,11–1,15, 0,09)	-
	Od 2 do 6 godzin	605 (27,7)	80 (26,2)	0,75 (0,25–2,22, 0,61)	-
	Ponad 6 godzin	47 (2,2)	6 (2,0)	0,45 (0,09–2,12, 0,31)	-
	Brak odpowiedzi	219 (10,0)	46 (5,1)	-	-
Liczba godzin spędzonych w pomieszczeniach czynności wymagające widzenie z bliska	Mniej niż 2 godziny	672 (30,8)	74 (24,3)	0,37 (0,11–1,15, 0,09)	-
	Od 2 do 6 godzin	877 (40,2)	123 (40,3)	0,75 (0,25–2,22, 0,61)	-
	Ponad 6 godzin	225 (10,3)	41 (13,4)	0,45 (0,09–2,12, 0,31)	-
	brak danych	167 (7,6)	35 (11,5)	-	-
Liczba godzin korzystania z urządzeń elektronicznych urzędzenia w pobliżu odległość	Mniej niż 2 godziny	813 (37,2)	97 (31,8)	-	-
	Od 2 do 6 godzin	537 (24,6)	90 (29,5)	-	-
	Ponad 6 godzin	234 (10,7)	40 (13,1)	-	-
	Brak odpowiedzi	402 (18,4)	63 (20,7)	-	-

Tabela 1. Kont.

Zmienna	Poziomy ZKrótkowzrocność	N (%)	Bez krótkowzroc ności N (%)	Klasa 2	Klasa 6
				OR (CI95%, p) Analiza wielowymiarow a	OR (CI95%, p) Analiza wielowymiarowa
Liczba godzin poświęconych na różne czynności w weekendy (sobota i niedziela)					
Liczba godzin spędzone na aktywnościach na świeżym powietrzu aktywności	Mniej niż 2 godziny	356 (16,3)	75 (24,6)	-	-
	Od 2 do 6 godzin	1384 (63,4)	150 (49,2)	-	0,18 (0,05–0,65, 0,04)
	Ponad 6 godzin	274 (12,5)	26 (8,5)	-	0,17 (0,04–0,73, 0,02)
	Brak odpowiedzi	124 (5,7)	32 (10,5)	-	-
Liczba godzin spędzone w pomieszczeniach czynności, które nie wymagają nadmiernego widzenie z bliska	Mniej niż 2 godz.	735 (33,7)	99 (32,5)	-	0,41 (0,16–1,00, 0,05)
	Od 2 do 6 godzin	423 (19,4)	46 (15,1)	-	0,56 (0,21–1,41, 0,22)
	Ponad 6 godzin	33 (1,5)	3 (1,0)	-	0,37 (0,04–3,32, 0,37)
	Brak odpowiedzi	254 (11,6)	52 (17,0)	-	-
Liczba godzin spędzonych w pomieszczeniach czynności wymagające widzenie z bliska	Mniej niż 2 godziny	717 (32,8)	82 (26,9)	-	-
	Od 2 do 6 godzin	900 (41,2)	131 (43,0)	-	-
	Ponad 6 godzin	52 (2,4)	5 (1,6)	-	-
	Brak odpowiedzi	188 (8,6)	42 (13,8)	-	-
Liczba godzin korzystania z urządzeń elektronicznych urządzeń w pobliżu odległości	Mniej niż 2 godziny	542 (24,8)	53 (17,4)	-	-
	Od 2 do 6 godzin	1244 (57,0)	177 (58,0)	-	-
	Ponad 6 godzin	208 (9,5)	44 (14,4)	-	-
	Brak odpowiedzi	114 (5,2)	26 (8,5)	-	-
Czas spędzany przed ekranem					
Przed snem Korzystanie z ekranu	Tak	835 (38,2)	137 (44,9)	6,27 (0,28–Inf, 0,25)	-
	Nie	1271 (58,2)	149 (48,9)	5,86 (0,20–Inf, 0,24)	-
Korzystanie z ekranu wczesnym rankiem użycie	Tak	309 (14,1)	57 (18,7)	0,17 (0,00–4,17, 0,30)	-
	Nie	1798 (82,3)	229 (75,1)	0,16 (0,00–3,62, 0,25)	-

W analizie jednoczynnikowej iloraz szans dla krótkowzrocności u dzieci, których matka miała krótkowzrocność, wynosił 1,99 (1,52–2,60,  $p < 0,001$ ), a dla dzieci, których ojciec miał krótkowzrocność, wynosił 1,93 (1,47–2,54,  $p < 0,001$ ). W przypadku krótkowzrocności obojga rodziców współczynnik szans dla krótkowzrocności u dzieci wynosił 2,04 (1,53–2,70,  $p < 0,001$ ) w analizie jednoczynnikowej. W modelu wieloczynnikowym (tabela 1) uwzględniono tylko połączoną zmienną dotyczącą krótkowzrocności rodziców, ponieważ uwzględnienie oddzielnych zmiennych dotyczących matki i ojca spowodowałoby kolinearność.

Zbadaliśmy nawyki dzieci w dni powszednie i weekendy. W dni powszednie większość dzieci spędzała 2–6 godzin tygodniowo na świeżym powietrzu, a mniejsze grupy spędzały mniej niż 2 godziny lub więcej niż 6 godzin. W weekendy czas spędzany na świeżym powietrzu wydłużył się, a większość dzieci spędzała 2–6 godzin, a tylko mniejszość spędzała mniej niż 2 godziny. Dzieci z krótkowzrocnością częściej obserwowano w kategoriach niższej aktywności na świeżym powietrzu w porównaniu z rówieśnikami bez krótkowzrocności ( $p < 0,001$ ).

Jeśli chodzi o czas spędzany przed ekranem, większość dzieci zgłaszała 2–6 godzin zarówno w dni powszednie, jak i weekendy, chociaż znaczna część spędzała mniej niż 2 godziny. W weekendy odsetek dzieci spędzających >6 godzin był nieco wyższy. Dzieci z krótkowzrocnością częściej występowały w kategoriach o dłuższym czasie spędzonym przed ekranem w porównaniu z dziećmi bez krótkowzrocności ( $p < 0,001$ ). W tabelach S2 i S3 bardziej szczegółowo opisano nawyki uczniów szkół podstawowych w Madrycie.

#### 4. Dyskusja

Podobnie jak w pozostałych częściach świata, również w Hiszpanii rodziny i okuliści wyrażają zaniepokojenie rosnącą tendencją występowania krótkowzrocności. Zgodnie z wynikami naszego badania częstość występowania krótkowzrocności była znacznie wyższa wśród dzieci w szóstej klasie (11–12 lat) w porównaniu z dziećmi w drugiej klasie (6–7 lat) (18,7% w porównaniu z 6,5%).

Różnica ta prawdopodobnie odzwierciedla specyficzne dla danej klasy czynniki środowiskowe, takie jak zwiększone wymagania szkolne i skrócony czas spędzany na świeżym powietrzu, a nie sam wiek. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi badaniami wskazującymi, że częstość występowania krótkowzroczności wzrasta wraz z liczbą lat spędzonych w szkole [13]. Wyniki te są porównywalne z wynikami odnotowanymi w innych krajach europejskich. Na przykład Czepita i wsp. [14] w Polsce zaobserwowali częstość występowania krótkowzroczności wynoszącą 2,4% w wieku 6 lat, 8,4% w wieku 8 lat i 14,7% w wieku 12 lat, stosując refrakcję cykloplegiczną. Wyniki badania Irish Eye Study, w którym również zastosowano refrakcję cykloplegiczną, wykazały częstość występowania wynoszącą 3,3% u dzieci w wieku 6–7 lat, nieco niższą niż nasze wyniki, oraz 19,9% u dzieci w wieku 12–13 lat [15], a badanie przeprowadzone w Niemczech wykazało krótkowzroczność u 11,6% dzieci w wieku 0–17 lat [16]. Z drugiej strony częstość występowania krótkowzroczności w Hiszpanii jest daleka od częstości występowania w Chinach, gdzie Zhang i wsp. odnotowali częstość występowania wynoszącą 60% wśród uczniów szkół podstawowych w Shenyang [9]. Niższa częstość występowania krótkowzroczności u dzieci hiszpańskich w porównaniu z populacjami Azji Wschodniej może być częściowo wyjaśniona czynnikami środowiskowymi i stylem życia. Południowe położenie geograficzne Hiszpanii i łagodny klimat sprzyjają zabawom na świeżym powietrzu i większej ekspozycji na światło dzienne, a programy nauczania we wczesnym dzieciństwie są zazwyczaj mniej intensywne niż w Azji Wschodniej. Warunki te prawdopodobnie przyczyniają się do mniejszego skumulowanego zmęczenia wzroku i pomagają chronić przed rozwojem krótkowzroczności.

Szczegółowe porównanie z badaniem przeprowadzonym przez Álvarez-Peregrina i wsp. [7] dodatkowo podkreśla znaczenie metodologii przy interpretacji danych dotyczących częstości występowania. W badaniu tym, w którym odnotowano 20,1% częstości występowania krótkowzroczności u hiszpańskich dzieci w wieku od 5 do 7 lat, zastosowano refrakcję bez cykloplegii, a uczestników rekrutowano w ramach dobrowolnej kampanii w centrach optometrycznych. Podejście to prawdopodobnie spowodowało błąd selekcji, ponieważ rodziny zaniepokojone wzrokiem swoich dzieci mogły być bardziej zmotywowane do udziału w badaniu. Natomiast w naszym badaniu zastosowano refrakcję cykloplegiczną i strategię pobierania próbek w szkołach, co dało częstość występowania wynoszącą 6,5% wśród dzieci z drugiej klasy (w wieku 6–7 lat). Biorąc pod uwagę, że cykloplegia zmniejsza liczbę wyników fałszywie dodatnich spowodowanych akomodacją, a pobieranie próbek w szkołach zwiększa reprezentatywność, te różnice metodologiczne prawdopodobnie wyjaśniają znaczną rozbieżność w zgłaszanej częstości występowania. Wyniki te podkreślają potrzebę ustandaryzowania protokołów w badaniach epidemiologicznych dotyczących krótkowzroczności, aby zapewnić porównywalność i dokładność.

W Europie najnowsza metaanaliza przeprowadzona przez Moreira-Rosário i wsp. [8] zawierała szczegółowe oszacowania częstości występowania według metody refrakcji, wskazując częstotliwość występowania krótkowzroczności na poziomie 18,9% (95% CI: 13,2–26,5%) w badaniach z zastosowaniem cykloplegii w porównaniu z 31,2% (95% CI: 24,9–38,3%) w badaniach bez zastosowania cykloplegii. Wyniki te wskazują, że metody bez stosowania cykloplegii znacznie zawyżają częstość występowania krótkowzroczności, zwłaszcza u dzieci i młodzieży, ze względu na wpływ akomodacji. W metaanalizach konsorcjum European Eye Epidemiology (E(3)) zastosowano refrakcję bez stosowania cykloplegii i odnotowano wyższe wskaźniki częstości występowania u osób dorosłych (30,6% dla krótkowzroczności) [17].

Dragomirova i wsp. [18] odnotowali 14,2% częstość występowania krótkowzroczności u bułgarskich dzieci w wieku 6–10 lat i 19,9% w wieku 11–15 lat, przy refrakcji bez cykloplegii. Wyniki te wydają się być wyższe niż częstość występowania krótkowzroczności i podkreślają znaczenie refrakcji cykloplegicznej podczas pomiaru krótkowzroczności u dzieci. Częstość występowania krótkowzroczności w różnych krajach porównano w tabeli 2.

**Tabela 2.** Częstość występowania krótkowzroczności w różnych krajach.

Kraj	Rok publikacji	Liczba Pacjenci	Technika refrakcji	Wiek pacjentów	Krótkowzroczn
				ość	Częstość występowania
Etiopia [19]	2023	20 757	C i NC	Szkoławiek dzieci	5,26%
Wiele krajów [3]	2022	36 395	C i NC	5–11 lat	3,4

Tabela 2. Kontynuacja

Kraj	Rok publikacji	Liczba Pacjenci	Refrakcja Technika	Krótkowzroczność	Częstość występowania
Indie [20]	2017	9616	C	5–15 lat	3,4
Indie [6]	2022	13 572	C	6–15 lat	3,7
Chiny [9]	2023	34 644	NC	11,9 lat	60
Chiny [5]	2022	721 032	NC	11,53 lat	51,8
Chiny [21]	2025	218 794	C	5–9 lat	22
				10–14 lat	45,4
Bułgaria [18]	2022	1401	NC	6–10 lat	14,2
				11–15 lat	19,9
Hiszpania [13]	2021	1601	NC	5–7 lat	19,7
Polska [22]	2019	4875	C	6–13	8,30% chłopców 5,71% dziewcząt
				6–7 lat	3,3
Irlandia [15]	2020	1626	C	12–13 lat	19,9
Niemcy [16]	2020	15 023	NC	0–17 lat	11,4
Holandia [23]	2023	6032	C	6 lat	2,4
				13 lat	22,5

Legenda: C — cykloplegiczne; NC — niecykloplegiczne.

Najnowsze globalne prognozy Brien Holden Vision Institute szacują, że do 2050 r. około 50% światowej populacji i 56% populacji europejskiej będzie miało krótkowzroczność [1]. Prognozy te opierają się głównie na danych z Azji Wschodniej, gdzie częstość występowania krótkowzroczności wśród dzieci w wieku szkolnym przekracza już 50%. W białych księgach IMI (International Myopia Institute) prognozuje się dramatyczny wzrost częstości występowania krótkowzroczności, ale szacunki te opierają się na zbiorczych danych z badań wykorzystujących zarówno metody cykloplegiczne, jak i niecykloplegiczne, a zatem mogą zawyżać rzeczywistą częstość występowania w młodszych populacjach [24]. Natomiast nasze badanie, w którym zastosowano refrakcję cykloplegiczną w reprezentatywnej próbie szkolnej, wykazało częstość występowania wynoszącą zaledwie 18,7% wśród dzieci w 6. klasie (w wieku 11–12 lat) w Madrycie. Biorąc pod uwagę, że dzieci w Hiszpanii kończą 12 lat nauki szkolnej, podobnie jak w większości krajów europejskich, trudno wyobrazić sobie trzykrotny wzrost częstości występowania krótkowzroczności w ciągu najbliższych 25 lat bez znaczących zmian w systemie edukacji lub stylu życia. Nasze wyniki podkreślają znaczenie danych regionalnych i konieczność ostrożnej interpretacji globalnych prognoz.

Podobnie jak w przypadku wielu innych chorób przewlekłych, rozwój krótkowzroczności jest związany z czynnikami genetycznymi i środowiskowymi. Jeśli chodzi o historię rodzinną, zgodnie z naszymi wynikami ryzyko krótkowzroczności jest o 50% wyższe, jeśli jedno lub oboje rodziców ma krótkowzroczność. Ryzyko to jest wyższe niż wcześniej podawane przez Alvareza-Peregrinę, gdzie OR wynosiło 1,28 [7]. Nasze wyniki są bardziej zbliżone do wyników opublikowanych przez Zhanga i wsp., którzy stwierdzili OR wynoszące 2,16, jeśli ojciec ma krótkowzroczność, 2,00, jeśli matka ma krótkowzroczność, i 2,94, jeśli oboje rodzice mają krótkowzroczność [9]. Podobnie jak w poprzednich badaniach, nasze wyniki pokazują, że najważniejszym czynnikiem związanym z rozwojem krótkowzroczności jest krótkowzroczność rodziców [25]. Niemniej jednak w naszym badaniu, podobnie jak w innych, dane dotyczące rodziców są oparte na ich własnych deklaracjach, a krótkowzroczność rodziców nie została potwierdzona badaniem okulistycznym, co stanowi ograniczenie przy interpretacji tych wyników.

Chociaż krótkowzroczność rodziców jest powszechnie interpretowana jako genetyczny czynnik ryzyka, coraz częściej uznaje się, że związek ten może również odzwierciedlać wpływ środowiska. Krótkowzroczni rodzice mogą być bardziej skłonni do tworzenia warunków sprzyjających krótkowzroczności u swoich dzieci, takich jak zachęcanie do pracy z bliska lub ograniczanie aktywności na świeżym powietrzu. Najnowsze dowody przedstawione przez Guggenheima

i wsp. [26] potwierdzają tezę, że znaczna część związku międzypokoleniowego wynika raczej ze wspólnych czynników środowiskowych niż wyłącznie z dziedziczności.

Jeśli chodzi o wpływ płci i krótkowzroczności, chociaż wyniki nie są całkowicie spójne, częstość występowania krótkowzroczności jest wyższa u kobiet niż u mężczyzn, jak wcześniej opisano w literaturze [9,22]. W naszych badaniach stwierdzono wyższą częstość występowania krótkowzroczności u dziewcząt, ale nie odnotowano różnic statystycznych. He i wsp. sugerują, że różnice między płciami w zakresie krótkowzroczności mogą wynikać z tego, że dziewczęta są mniej aktywne na świeżym powietrzu i spędzają więcej czasu na czytaniu i pisaniu w porównaniu z chłopcami [27]. Wydaje się to rozsądnym wyjaśnieniem, ponieważ edukacja dziewcząt uległa znacznym zmianom w ciągu ostatnich 50–100 lat. Z kolei Xie i wsp. [28] zasugerowali, że krótkowzroczność może być związana ze zmianami hormonalnymi w okresie dojrzewania, ponieważ wysoki poziom estrogenu w okresie dojrzewania może zmienić kształt oka, prowadząc do krótkowzroczności. Jednak Enthoven i wsp. [29] wykazali, że różnice między płciami w zakresie krótkowzroczności są dynamiczne i prawdopodobnie odzwierciedlają szersze zmiany społeczne i edukacyjne. W ich holenderskiej kohorcie chłopcy mieli wyższą częstość występowania krótkowzroczności we wcześniejszych pokoleniach, podczas gdy dziewczęta wykazują obecnie nieco wyższą częstość występowania w młodszych kohortach — prawdopodobnie ze względu na większe zaangażowanie w edukację i różnice w stylu życia, takie jak mniejsza aktywność na świeżym powietrzu. O ile historia rodzinna, płeć i czynniki genetyczne pozostaną niezmiennie w czasie, wyniki te sugerują, że powinniśmy zwracać szczególną uwagę na czynniki środowiskowe i nawyki wpływające na rozwój krótkowzroczności.

Dzieci z krótkowzrocznością spędzały więcej czasu przed ekranami niż dzieci bez krótkowzroczności ( $p < 0,001$ ). Wyniki te sugerują, że mniejsza ekspozycja na aktywność na świeżym powietrzu i dłuższy czas spędzany przed ekranem są związane z większą częstością występowania krótkowzroczności u dzieci. Jednak po uwzględnieniu pracy w bliskiej odległości i aktywności na świeżym powietrzu czas spędzany przed ekranem nie wykazał niezależnego związku z krótkowzrocznością. Brak niezależnego związku w modelu wielowymiarowym prawdopodobnie odzwierciedla nakładanie się innych powiązanych zachowań, takich jak praca w bliskiej odległości i ograniczona aktywność na świeżym powietrzu. Z punktu widzenia zdrowia publicznego nadmierne korzystanie z ekranów może nadal pośrednio przyczyniać się do ryzyka krótkowzroczności, zastępując czas spędzany na świeżym powietrzu i zwiększając zapotrzebowanie na długotrwałe skupianie wzroku na bliskich odległościach. Dlatego też nadal zdecydowanie popiera się zalecenia promujące zrównoważone korzystanie z ekranów i odpowiednią ilość czasu spędzanego na świeżym powietrzu.

Z drugiej strony stwierdzono, że więcej czasu spędzanego na świeżym powietrzu wiąże się z mniejszą częstością występowania krótkowzroczności u starszych dzieci. Sugeruje się, że ochronne działanie przebywania na świeżym powietrzu przed krótkowzrocznością wiąże się ze stymulacją foniczną uwalniania dopaminy w siatkówce: zwiększone uwalnianie dopaminy wydaje się hamować wydłużanie osiowe, które jest podstawą strukturalną krótkowzroczności [30]. Szkoły i rodzice powinni otrzymać zalecenie, aby zwiększyć czas spędzany na świeżym powietrzu, ponieważ jest to główny czynnik ochronny przed rozwojem krótkowzroczności. W odpowiedziach na pytania ankietowe rodzice podali, że 31,7% dzieci spędzało mniej niż dwie godziny tygodniowo na świeżym powietrzu w dni powszednie. Dane te mogą wynikać ze zmiany nawyków hiszpańskich dzieci, choć bardziej prawdopodobne jest, że badanie zostało przeprowadzone w 2021 r., kiedy to niektóre rodziny wolały pozostać w domu z powodu COVID-19.

W ciągu ostatniej dekady urządzenia elektroniczne, takie jak smartfony, tablety i komputery, w coraz większym stopniu zdominowały czas wolny i rozrywkę dzieci, a dzieci mają kontakt z ekranami w coraz młodszy wiek, nawet przed ukończeniem 2 lat. Dlatego też kwestia, czy czas spędzany przed ekranem, jako potencjalnie modyfikowalny czynnik ryzyka, zwiększa częstość występowania krótkowzroczności, stała się pilnym problemem dla rodziców i okulistów. Obecnie wyniki badań dotyczące korzystania z ekranów i zwiększonego ryzyka krótkowzroczności są niejednoznaczne: podczas gdy niektóre badania wskazują, że ekrany mogą być czynnikiem ryzyka [31], inne nie wykazały bezpośredniego związku między krótkowzrocznością a czasem spędzonym przed ekranem [10]. W naszym badaniu, chociaż dzieci z krótkowzrocznością częściej obserwowano w kategoriach o dłuższym czasie spędzonym przed ekranem, związek ten nie pozostał istotny w modelu wielowymiarowym. Możliwym wyjaśnieniem jest kolinearność z innymi czynnikami stylu życia, w szczególności pracą w bliskiej odległości i czasem spędzonym na świeżym powietrzu, które są koncepcyjnie i behawioralnie związane z korzystaniem z ekranów. To nakładanie się czynników mogło przesłonić niezależny wpływ ekranów.

czas. Podobne trudności w oddzieleniu czasu spędzanego przed ekranem od innych rodzajów pracy wymagających skupienia wzroku odnotowano w poprzednich badaniach epidemiologicznych, co podkreśla potrzebę wprowadzenia bardziej precyzyjnych i znormalizowanych metod pomiaru czasu korzystania z urządzeń cyfrowych. Ponieważ czas spędzany przed ekranem wydaje się wzrastać w Hiszpanii, gdzie coraz więcej szkół wykorzystuje go do celów edukacyjnych, wyniki te powinny zostać ponownie przeanalizowane w miarę upływu czasu, ale nie znaleźliśmy żadnych dowodów przemawiających za ograniczeniem korzystania z ekranów w szkole i powrotem do czytania książek.

Chociaż status społeczno-ekonomiczny został uwzględniony przy użyciu wskaźnika rozwoju społecznego (HDI) okręgów szkolnych, nie zebrano danych dotyczących poszczególnych osób, takich jak dochody rodziców, wykształcenie czy zawód. Ogranicza to możliwość analizy konkretnego wpływu warunków społeczno-ekonomicznych na rozwój krótkowzroczności. Przyszłe badania powinny uwzględniać dane społeczno-ekonomiczne dotyczące poszczególnych osób, aby lepiej zrozumieć ich interakcję z czynnikami środowiskowymi i behawioralnymi ryzyka krótkowzroczności.

Chociaż na całym świecie przeprowadzono wiele badań epidemiologicznych dotyczących częstości występowania krótkowzroczności, w Hiszpanii przeprowadzono niewiele badań, a nasze badanie jest największym badaniem wykorzystującym refrakcję cykloplegiczną do określenia obecności krótkowzroczności. Jednak pomimo dużej wielkości próby, ponieważ jest to badanie przekrojowe, nie jesteśmy w stanie wyciągnąć wniosków dotyczących przyczynowości krótkowzroczności. Aby potwierdzić nasze ustalenia, należy przeprowadzić badanie kohortowe.

Nasze badanie ma kilka istotnych zalet, które zwiększają wiarygodność jego wyników. Zastosowanie refrakcji cykloplegicznej minimalizuje błędy pomiarowe związane z akomodacją, zapewniając dokładną ocenę krótkowzroczności. Ponadto duża, reprezentatywna próba 2489 dzieci z 39 losowo wybranych szkół w Madrycie zapewnia solidny zbiór danych i zwiększa możliwość uogólnienia wyników. Przeprowadziliśmy również kompleksową ocenę zarówno czynników genetycznych, takich jak krótkowzroczność rodziców, jak i czynników środowiskowych, w tym aktywności na świeżym powietrzu i czasu spędzanego przed ekranem, z potencjalnymi czynnikami zakłócającymi kontrolowanymi za pomocą wielowymiarowej regresji logistycznej. Niemniej jednak badanie ma pewne ograniczenia. Jego przekrojowy charakter uniemożliwia wyciąganie wniosków dotyczących związku przyczynowo-skutkowego, a poleganie na danych zgłaszanych przez samych respondentów dotyczących historii rodziców i czynników związanych ze stylem życia może wprowadzać błąd pamięciowy. Ponadto, chociaż status społeczno-ekonomiczny został uwzględniony przy użyciu wskaźnika rozwoju społecznego okręgów szkolnych, nie zebrano danych dotyczących statusu społeczno-ekonomicznego na poziomie indywidualnym. Wreszcie, wyniki, choć mają znaczenie dla miejskiej części Madrytu, mogą nie być w pełni uogólnialne na obszary wiejskie lub regiony o innym profilu społeczno-demograficznym.

Głównym ograniczeniem niniejszego badania jest wykorzystanie niewalidowanego kwestionariusza dla rodziców do oceny stylu życia i historii rodziny. Chociaż kwestionariusz został opracowany przez panel ekspertów, nie został on przetestowany ani zweryfikowany, co mogło spowodować błędy związane z pamięcią i klasyfikacją. Podejście to opiera się wyłącznie na pamięci rodziców, co budzi obawy dotyczące wiarygodności, błędów związanych z pamięcią i porównywalności z innymi badaniami epidemiologicznymi. Ponadto kategorie kwestionariusza mogą się koncepcyjnie pokrywać; na przykład godzina spędzona przed komputerem może być jednocześnie sklasyfikowana jako aktywność w pomieszczeniu, czas spędzony przed ekranem i praca z bliska, co może prowadzić do podwójnego liczenia i błędnej klasyfikacji. Nie uwzględniono kluczowych zmiennych, takich jak odległość widzenia podczas pracy z bliska i ciągłość czynności, ani nie dokonano rozróżnienia między czytaniem książek drukowanych a korzystaniem z urządzeń cyfrowych. Rodzice wypełniali kwestionariusz samodzielnie w domu po otrzymaniu pisemnych instrukcji, ale nie przeprowadzono żadnych testów pilotażowych. Ponadto narzędzie nie było zgodne z międzynarodowymi standardami. Przyszłe badania w Hiszpanii powinny uwzględniać sprawdzone kwestionariusze i zharmonizowane protokoły cykloplegii, aby zwiększyć powtarzalność i porównywalność między populacjami.

Kolejnym istotnym ograniczeniem naszego badania jest stosunkowo niski wskaźnik uczestnictwa, ponieważ tylko 67% kwalifikujących się dzieci zostało poddanych badaniu. Stwarza to możliwość wystąpienia błędu selekcji, ponieważ dzieci, które nie wzięły udziału w badaniu, mogą się systematycznie różnić od tych, które w nim uczestniczyły. Jeśli na przykład dzieci bez dolegliwości wzrokowych lub dzieci z niższych warstw społecznych

osoby o niższym statusie ekonomicznym rzadziej brały udział w badaniu, nasze szacunki dotyczące częstości występowania mogą być zawyżone. W skrajnym scenariuszu, w którym żadne z dzieci, które nie wzięły udziału w badaniu, nie miało krótkowzroczności, rzeczywista częstość występowania mogłaby być znacznie niższa niż podana w raporcie. Przyszłe badania powinny mieć na celu zwiększenie udziału poprzez ulepszone strategie angażowania, takie jak dodatkowe działania informacyjne skierowane do rodziców, elastyczny harmonogram i zachęty szkolne.

Podsumowując, w tym przekrojowym badaniu uczniów klas drugiej i szóstej w Madrycie ustaliliśmy częstość występowania krótkowzroczności na poziomie 6,5% wśród uczniów klas drugich i 18,7% wśród uczniów klas szóstych. Częstość występowania krótkowzroczności wśród uczniów szkół podstawowych w Madrycie jest porównywalna z częstością występowania w innych krajach europejskich i chociaż wartości te pozostają znacznie poniżej wartości odnotowanych w Azji Wschodniej, należy je uważnie monitorować. Nasze wyniki wskazują, że starszy wiek i krótkowzroczność w rodzinie są istotnymi czynnikami ryzyka, podczas gdy zwiększona aktywność na świeżym powietrzu wydaje się być związana z niższą częstością występowania krótkowzroczności. Dzięki zastosowaniu refrakcji cykloplegicznej nasze badanie zapewnia dokładniejsze oszacowania częstości występowania krótkowzroczności w porównaniu z poprzednimi raportami, w których stosowano metody niecykloplegiczne. Wyniki te podkreślają znaczenie wczesnego wykrywania i promowania zmian stylu życia mających na celu zwiększenie ekspozycji na świeżym powietrzu jako potencjalnych strategii zapobiegania krótkowzroczności. Ograniczenia obejmują poleganie na niewalidowanym kwestionariuszu, potencjalną niestabilność szacunków w małych podgrupach oraz ograniczoną możliwość uogólnienia wyników poza populacją objętą badaniem. Ponadto niektóre zależności zaobserwowane w analizach jednoczynnikowych, takie jak czas spędzany przed ekranem, nie zostały potwierdzone w modelach wieloczynnikowych. Konieczne są dalsze badania longitudinalne w celu dokładniejszego wyjaśnienia postępu krótkowzroczności oraz wzajemnego oddziaływania czynników genetycznych i środowiskowych w tej populacji.

**Materiały uzupełniające:** Poniższe informacje uzupełniające można pobrać pod adresem: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijerph22121766/s1>;

Plik S1. Kwestionariusz dla rodziców dotyczący nawyków dziecka (jakie czynności wykonuje po szkole); Tabela S1: Analiza czynników związanych z krótkowzrocznością uczniów szkół podstawowych w Madrycie; Tabela S2. Nawyki uczniów szkół podstawowych w Madrycie od poniedziałku do piątku; Tabela S3. Nawyki uczniów szkół podstawowych w Madrycie w weekendy.

**Wkład autorów:** Koncepcja i projekt: G.C.-R., D.P.P.-L., L.B.V., S.R.-M., J.G.-d.-S., S.L.-G.

i B.D.-V.; analiza i interpretacja danych: M.N.-M., J.G.-d.-S., M.A.-T., M.L.-R., S.G.-J., P.D.-G., P.F.-R. i P.G.d.L.; przygotowanie projektu artykułu: M.N.-M.; krytyczna weryfikacja treści intelektualnej artykułu: S.N.-M. i D.P.P.-L.; ostateczne zatwierdzenie wersji do publikacji: S.N.-M., M.D.-F. i J.G.-d.-S. Wszyscy autorzy zapoznali się z opublikowaną wersją manuskryptu i wyrazili na nią zgodę.

**Finansowanie:** Badania nie otrzymały żadnego zewnętrznego finansowania.

**Oświadczenie komisji bioetycznej:** Komisja etyczna Uniwersytetu w Nawarze zatwierdziła protokół niniejszego badania (kod: 2019.155).

**Oświadczenie o dostępności danych:** Dane są niedostępne ze względu na ochronę prywatności.

**Podziękowania:** Autorzy pragną podziękować *Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE)* za wsparcie kosztów publikacji niniejszego artykułu.

**Konflikt interesów:** Autorka Monica Lovera-Rivas jest zatrudniona w firmie Avanlens, autorka Sara Gutierrez-Jorin jest zatrudniona w firmie OCULUS Iberia S.L., a autorka Paulina Dotor-Goytia jest zatrudniona w firmie Indizen Optical Technologies. Pozostali autorzy oświadczają, że badania zostały przeprowadzone bez żadnych powiązań handlowych lub finansowych, które mogłyby zostać uznane za potencjalny konflikt interesów.

## Referencje

1. Holden, B.A.; Fricke, T.R.; Wilson, D.A.; Jong, M.; Naidoo, K.S.; Sankaridurg, P.; Wong, T.Y.; Naduvilath, T.J.; Resnikoff, S. Globalna częstość występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności oraz trendy czasowe w latach 2000–2050. *Okulistyka* **2016**, *123*, 1036–1042. [[CrossRef](#)]
2. Ikuno, Y. Przegląd powikłań wysokiej krótkowzroczności. *Retina* **2017**, *37*, 2347–2351. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

3. Oveneri-Ogbomo, G.; Osuagwu, U.L.; Ekpenyong, B.N.; Agho, K.; Ekure, E.; Ndep, A.O.; Ocansey, S.; Mashige, K.P.; Naidoo, K.S.; Ogbuehi, K.C. Systematyczny przegląd i metaanaliza częstości występowania krótkowzroczności wśród afrykańskich dzieci w wieku szkolnym. *PLoS ONE* **2022**, *17*, e0263335. [[CrossRef](#)]
4. Liang, J.; Pu, Y.; Chen, J.; Liu, M.; Ouyang, B.; Jin, Z.; Ge, W.; Wu, Z.; Yang, X.; Qin, C.; i in. Globalna częstość występowania, trendy i prognozy dotyczące krótkowzroczności u dzieci i młodzieży w latach 1990–2050: kompleksowy przegląd systematyczny i metaanaliza. *Br. J. Ophthalmol.* **2025**, *109*, 362–371. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Wang, H.; Li, Y.; Qiu, K.; Zhang, R.; Lu, X.; Luo, L.; Lin, J.W.; Lu, Y.; Zhang, D.; Guo, P.; i in. Częstość występowania krótkowzroczności i niekorekowanej krótkowzroczności wśród 721 032 uczniów w ramach ogólnomiejskich badań przesiewowych wzroku w południowych Chinach: badanie Shantou Myopia Study. *Br. J. Ophthalmol.* **2022**, *107*, 1798–1805. [[CrossRef](#)]
6. Huang, S.; Shen, F.; Zhou, F.; Gong, Q.; Liu, K.; Feng, W.; Cen, D. Krótkowzroczność wśród uczniów szkół podstawowych we wschodnich Chinach podczas pandemii COVID-19. *Front. Public Health* **2023**, *11*, 1167379. [[CrossRef](#)]
7. Alvarez-Peregrina, C.; Martinez-Perez, C.; Villa-Collar, C.; González-Pérez, M.; González-Abad, A.; Sánchez-Tena, M.Á. Częstość występowania krótkowzroczności u dzieci w Hiszpanii: zaktualizowane badanie z 2020 r. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 12375. [[CrossRef](#)]
8. Moreira-Rosário, A.; Lanca, C.; Grzybowski, A. Częstość występowania krótkowzroczności w Europie: przegląd systematyczny i metaanaliza danych z 14 krajów z bazy danych. *Lancet Reg. Health-Eur.* **2025**, *54*, 101319. [[CrossRef](#)]
9. Zhang, D.; Sun, B.; Wu, M.; Liu, H.; Zhou, L.; Guo, L. Częstość występowania krótkowzroczności wśród uczniów szkół w Shenyang w Chinach i czynniki z nią związane: badanie przekrojowe. *Front. Public Health* **2023**, *11*, 1239158. [[CrossRef](#)]
10. Liu, X.; Zhao, F.; Yuan, W.; Xu, J. Związki przyczynowo-skutkowe między wzrostem, czasem spędzonym przed ekranem, aktywnością fizyczną, snem i krótkowzrocznością: Jednoczynnikowa i wieloczynnikowa randomizacja mendlowska. *Front. Public Health* **2024**, *12*, 1383449. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Yu, M.; Hu, Y.; Han, M.; Song, J.; Wu, Z.; Xu, Z.; Liu, Y.; Shao, Z.; Liu, G.; Yang, Z.; i in. Globalna analiza czynników ryzyka wystąpienia krótkowzroczności u dzieci: przegląd systematyczny i metaanaliza. *PLoS ONE* **2023**, *18*, e0291470. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Peterseim, M.M.W.; Papa, C.E.; Wilson, M.E.; Cheeseman, E.W.; Wolf, B.J.; Davidson, J.D.; Trivedi, R.H. Fotoscreener w gabinecie okulistycznym dla dzieci: porównanie testowalności i refrakcji u dzieci z grupy wysokiego ryzyka. *Am. J. Ophthalmol.* **2014**, *158*, 932–938. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Brennan, N.A.; Cheng, X.; Jong, M.; Bullimore, M.A. Badania dotyczące miesiąca urodzenia potwierdzają rolę edukacji w rozwoju krótkowzroczności: przegląd. *AJO Int.* **2025**, *2*, 100090. [[CrossRef](#)]
14. Czepita, D.; Zejmo, M.; Mojsa, A. Częstość występowania krótkowzroczności i dalekowzroczności w populacji polskich uczniów. *Ophthalmic Physiol. Opt.* **2007**, *27*, 60–65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Harrington, S.C.; Stack, J.; Saunders, K.; O'Dwyer, V. Wady refrakcji i upośledzenie wzroku wśród irlandzkich uczniów. *Br. J. Ophthalmol.* **2019**, *103*, 1112–1118. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Schuster, A.K.; Krause, L.; Kuchenbäcker, C.; Prütz, F.; Elflein, H.M.; Pfeiffer, N.; Urschitz, M.S. Częstość występowania i trendy czasowe krótkowzroczności refrakcyjnej wśród dzieci i młodzieży. *Dtsch. Arztebl. Int.* **2020**, *117*, 855–860. [[CrossRef](#)]
17. Williams, K.M.; Bertelsen, G.; Cumberland, P.; Wolfram, C.; Verhoeven, V.J.M.; Anastasopoulos, E.; Buitendijk, G.H.S.; Cougnard-Grégoire, A.; Creuzot-Garcher, C.; Erke, M.G.; i in. Rosnąca częstość występowania krótkowzroczności w Europie i wpływ edukacji. *Ophthalmology* **2015**, *122*, 1489–1497. [[CrossRef](#)]
18. Dragomirova, M.; Antonova, A.; Stoykova, S.; Mihova, G.; Grigorova, D. Krótkowzroczność wśród bułgarskich dzieci w wieku szkolnym: częstość występowania, czynniki ryzyka i zakres opieki zdrowotnej. *BMC Ophthalmol.* **2022**, *22*, 248. [[CrossRef](#)]
19. Lorato, M.M.; Yimer, A.; Kebede Bizueneh, F. Częstość występowania krótkowzroczności wśród dzieci w wieku szkolnym w Etiopii: przegląd systematyczny i metaanaliza. *SAGE Open Med.* **2023**, *11*, 20503121231200105. [[CrossRef](#)]
20. Saxena, R.; Vashist, P.; Tandon, R.; Pandey, R.M.; Bhardawaj, A.; Gupta, V.; Menon, V. Częstość występowania i postęp krótkowzroczności oraz czynniki z nią związane u dzieci w wieku szkolnym w Delhi: badanie North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0189774. [[CrossRef](#)]
21. Pan, W.; Saw, S.M.; Wong, T.Y.; Morgan, I.; Yang, Z.; Lan, W. Częstość występowania i trendy czasowe krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności u dzieci w Chinach: przegląd systematyczny i metaanaliza z prognozami na lata 2020–2050. *Lancet Reg. Health West Pac.* **2025**, *55*, 101484. [[CrossRef](#)]
22. Czepita, M.; Czepita, D.; Safranow, K. Rola płci w występowaniu krótkowzroczności wśród polskich uczniów. *J. Ophthalmol.* **2019**, *2019*, 9748576. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Kneepkens, S.; Tideman, J.W.; Polling, J.R.; Klaver, C.C.W. Częstość występowania krótkowzroczności wśród obecnego młodego pokolenia w Holandii ( ). *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **2023**, *64*, 805.
24. Sankaridurg, P.; Tahhan, N.; Kandel, H.; Naduvilath, T.; Zou, H.; Frick, K.D.; Marmamula, S.; Friedman, D.S.; Lamoureux, E.; Keeffe, J.; i in. IMI Impact of Myopia. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **2021**, *62*, 2. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Jones, L.A.; Sinnott, L.T.; Mutti, D.O.; Mitchell, G.L.; Moeschberger, M.L.; Zadnik, K. Historia krótkowzroczności rodziców, uprawianie sportów i aktywność na świeżym powietrzu a przyszła krótkowzroczność. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci.* **2007**, *48*, 3524–3532. [[CrossRef](#)]

26. Guggenheim, J.A.; M Verhoeven, V.J.; Morgan, I.G.; Virginie, M.; Verhoeven, C.J. Czy krótkowzroczność ma charakter głównie genetyczny, czy też głównie środowiskowy? *Ophthalmic Physiol. Opt.* **2025**, *45*, 911–917. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. He, M.; Xiang, F.; Zeng, Y.; Mai, J.; Chen, Q.; Zhang, J.; Smith, W.; Rose, K.; Morgan, I.G. Wpływ czasu spędzanego na świeżym powietrzu w szkole na rozwój krótkowzroczności wśród dzieci w Chinach – randomizowane badanie kliniczne. *JAMA—J. Am. Med. Assoc.* **2015**, *314*, 1142–1148. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Xie, H.; Mao, X.; Yang, H.; Xie, Z.; Pan, Y.; Gao, Y. Analiza związku między krótkowzrocznością u nastolatków a poziomem hormonu płciowego w surowicy. *Natl. Med. J. China* **2014**, *94*, 1294–1297. [[CrossRef](#)]
29. Enthoven, C.A.; Haarman, A.E.G.; Swierkowska-Janc, J.; Tideman, J.W.L.; Polling, J.R.; Raat, H.; Verhoeven, V.J.M.; Labrecque, J.; Klaver, C.C.W. Kwestie płci w krótkowzroczności: zmieniający się paradygmat w pokoleniach. *Eur. J. Epidemiol.* **2024**, *39*, 1315–1324. [[CrossRef](#)]
30. French, A.N.; Ashby, R.S.; Morgan, I.G.; Rose, K.A. Czas spędzany na świeżym powietrzu a zapobieganie krótkowzroczności. *Exp. Eye Res.* **2013**, *114*, 58–68. [[CrossRef](#)]
31. Foreman, J.; Salim, A.T.; Praveen, A.; Fonseka, D.; Ting, D.S.W.; Guang He, M.; Bourne, R.R.A.; Crowston, J.; Wong, T.Y.; Dirani, M. Związek między korzystaniem z cyfrowych urządzeń inteligentnych a krótkowzrocznością: przegląd systematyczny i metaanaliza. *Lancet Digit. Health* **2021**, *3*, e806–e818. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

**Zastrzeżenie/Uwaga wydawcy:** Oświadczenia, opinie i dane zawarte we wszystkich publikacjach są wyłącznie opiniami poszczególnych autorów i współpracowników, a nie MDPI i/lub redaktorów. MDPI i/lub redaktorzy nie ponoszą odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody osobowe lub majątkowe wynikające z pomysłów, metod, instrukcji lub produktów, o których mowa w treści.