

## ARTYKUŁ



# Związek między używaniem smartwatchy a postępem krótkowzroczności u uczniów szkół podstawowych: roczna obserwacja prospektywna

Zhipeng Lai<sup>1,3</sup>, Runting Ma<sup>1,3</sup>, Feng Zhao<sup>1</sup>, Lan Guo<sup>2</sup>, Ciyong Lu<sup>1,2</sup>, Yin Hu<sup>1</sup> i Xiao Yang<sup>1</sup>

© Autorzy, na podstawie wyłącznej licencji udzielonej przez The Royal College of Ophthalmologists 2025

**CEL:** Zbadanie związku między używaniem smartwatchy a rocznymi zmianami refrakcji i długości osiowej u uczniów szkół podstawowych.**METODY:** Roczne prospektywne badanie obserwacyjne przeprowadzone w szkołach. Do udziału w badaniu zaproszono 661 uczniów (klasa 5 w momencie rozpoczęcia badania, w wieku 11–13 lat). W momencie rozpoczęcia badania i po upływie roku zmierzono refrakcję sferyczną ekwiwalentną (SER) po podaniu cykloplegika, długość osiową (AL) oraz wypełniono kwestionariusze wizycie po roku.**WYNIKI:** Pięćset dwadzieścia sześć osób (średnia wieku  $11,31 \pm 0,47$  lat; 52,3% mężczyzn) ukończyło roczne badanie i zostało podzielonych na trzy grupy w oparciu o czas użytkowania smartwatcha (<0,5, 0,5–1, >1 godz./dzień). Uczestnicy, którzy częściej korzystali ze smartwatcha (>1 godz./dzień), wykazywali bardziej znaczące zmiany refrakcji w kierunku krótkowzroczności (–0,95 D) i wydłużenia osiowego (0,47 mm) w porównaniu z osobami korzystającymi z urządzenia umiarkowanie (0,5–1 godz./dzień: –0,29 D i 0,25 mm) lub niskim (<0,5 godz./dzień: –0,33 D i 0,28 mm) (oba  $p < 0,001$ ). Czas użytkowania smartwatcha w dni powszednie był silnie powiązany ze zmianami SER ( $r = -0,173$ ,  $p < 0,001$ ) i AL ( $r = 0,163$ ,  $p < 0,001$ ). Uogólniony liniowy model mieszany (GLMM) wykazał, że całkowity czas korzystania z ekranu ( $\beta = -0,07$  dla zmiany SER,  $\beta = 0,03$  dla zmiany AL, oba  $p < 0,001$ ) oraz użytkowanie smartwatcha w dni powszednie ( $\beta = -0,58$  dla zmiany SER,  $\beta = 0,16$  dla zmiany AL, oba  $p < 0,001$ ) były istotnie związane z przesunięciami refrakcji w kierunku krótkowzroczności i wydłużeniem osiowym.**WNIOSKI:** Dane obserwacyjne wskazują na związek między całkowitym czasem spędzonym przed ekranem (w tym smartwatchem) a zmianami refrakcji w kierunku krótkowzroczności lub wydłużeniem osiowym. Wyniki te sugerują, że uzasadnione może być rozsądne zarządzanie czasem spędzonym przed ekranem.Eye; <https://doi.org/10.1038/s41433-025-04184-4>

## WPROWADZENIE

Krótkowzroczność stała się poważnym problemem zdrowia publicznego, szczególnie w Azji Wschodniej, ze względu na jej dramatyczny wzrost w ciągu ostatnich kilku dekad. Rosnącej częstości występowania krótkowzroczności towarzyszy coraz młodszy wiek jej wystąpienia, co w konsekwencji zwiększa ryzyko wysokiej krótkowzroczności [1, 2]. Wysoka krótkowzroczność wiąże się w szczególności z poważnymi, długotrwałymi powikłaniami i upośledzeniem wzroku [3]. Dowody wskazują, że wysoka krótkowzroczność wiąże się ze znacznie większym ryzykiem zwyrodnienia plamki żółtej, odwarstwienia siatkówki, zaćmy i jaskry z otwartym kątem przesączania [4]. Dlatego też niezbędne jest zbadanie czynników ryzyka krótkowzroczności, takich jak ekspozycja na ekran. Smartwatche to nowe, wielofunkcyjne urządzenia do noszenia, które łączą rozrywkę i interakcję cyfrową i w ostatnich latach stały się coraz bardziej popularne wśród dzieci. Jednak jako nowa forma ekspozycji na ekran, związek między ekspozycją na smartwatche a krótkowzrocznością pozostaje niezbadany.

Etiologia krótkowzroczności obejmuje wieloczynnikowe i interaktywne czynniki ryzyka. W ostatnich latach urządzenia elektroniczne stały się integralną częścią codziennego życia dzieci. Według raportu, wskaźnik penetracji rynku smartwatchy dla dzieci w Chinach wynosi około

30%, a wskaźnik noszenia smartwatchy przez dzieci wynosi około 50% w miastach [5]. Smartwatche stają się coraz bardziej popularne wśród chińskich dzieci, jednak ich wpływ na rozwój wzroku pozostaje niejasny. Tradycyjny czas spędzany przed ekranem odnosi się głównie do czasu korzystania z urządzeń takich jak komputery, smartfony i tablety [6]. Natomiast smartwatche są używane z mniejszej odległości podczas oglądania ekranów, co powoduje lukę badawczą w zrozumieniu ich roli w zdrowiu wzroku w porównaniu z tradycyjnymi ekranami. W przypadku ekranów z bliskiej odległości może być konieczna większa kontrola. Powszechne stosowanie ekranów może zwiększyć aktywność w pobliżu ekranu, ponieważ dzieci spędzają więcej czasu przed ekranami, a mniej na świeżym powietrzu [7–9]. Badania sugerują, że postęp krótkowzroczności może przyspieszyć z powodu zmian zachowań, w tym zwiększonego czasu spędzanego przed ekranem w związku z nauką online [10, 11]. Nadmierne korzystanie z ekranów jest nie tylko potencjalnym czynnikiem ryzyka krótkowzroczności, ale może również mieć związek ze zdrowiem psychicznym [12], zespołem suchego oka [13], a nawet funkcjami poznawczymi [14]. Chociaż związek przyczynowo-skutkowy między czasem spędzonym przed ekranem a krótkowzrocznością pozostaje niepewny [7, 15], coraz więcej dowodów wskazuje, że zarządzanie czasem spędzonym przed ekranem i zachęcanie do aktywności na świeżym powietrzu może pomóc w promowaniu ogólnego zdrowia [16–18]. Zwiększenie aktywności na świeżym powietrzu może być bardziej

<sup>1</sup> Państwowe Laboratorium Okulistyki im. Centrum Okulistyczne Zhongshan, Uniwersytet Sun Yat-sen, Kanton, Chiny. <sup>2</sup> Katedra Statystyki Medycznej i Epidemiologii, Szkoła Zdrowia Publicznego, Uniwersytet Sun Yat-sen, Kanton, Chiny. <sup>3</sup> Autorzy wnieśli równy wkład: Zhipeng Lai, Runting Ma. ✉ e-mail: eddy06980094@163.com; Yangx\_zoc@163.com

Otrzymano: 24 kwietnia 2025 r. Poprawiono: 30 listopada 2025 r. Zaakceptowano: 11 grudnia 2025 r.

Published online: 26 December 2025

skutecznej interwencji, dopóki nie zostaną ustalone bardziej przyczynowo-skutkowe dowody między badaniami przesiewowymi a krótkowzrocznością.

Ponadto, wraz z ewolucją korzystania przez dzieci z urządzeń elektronicznych, smartwatche stanowią wyjątkową kategorię ekspozycji na ekrany ze względu na swoją przenośność, częste użytkowanie i potencjał do długotrwałej pracy z bliska. W przeciwieństwie do tradycyjnych ekranów, takich jak tablety lub telewizory, smartwatche są często noszone przez cały dzień, umożliwiając nieprzerwany dostęp do treści cyfrowych i potencjalnie wzmacniając wzorce zachowań związane z krótkowzrocznością i wydłużeniem osiowym. Pomimo rosnącej popularności smartwatchy nadal istnieje luka w zrozumieniu, w jaki sposób ekspozycja na ten konkretny ekran wpływa na zdrowie oczu. Wypełnienie tej luki ma kluczowe znaczenie, ponieważ smartwatche mogą przyczynić się do wykonywania czynności wymagających pracy z bliska i zmieniać formę lub nawyki związane z ekspozycją na ekran.

Dlatego też niniejsze badanie ma na celu przeprowadzenie obserwacji longitudinalnej wśród uczniów szkół podstawowych w celu zbadania związku między zmianami refrakcji i wydłużeniem osiowym a czasem spędzonym przed ekranem, ze szczególnym uwzględnieniem smartwatchy.

## METODY

### Projekt badania

Prospektywne badanie obserwacyjne. Uczestnicy pochodzą ze szkolnej kohorty (Guangzhou, Chiny). Badanie zostało zatwierdzone przez Komisję Bioetyczną Szkoły Zdrowia Publicznego Uniwersytetu Sun Yat-sen i przeprowadzone zgodnie z Deklaracją Helsińską. Dane zostały zebrane po uzyskaniu świadomej zgody i przetworzone zgodnie z zasadami ochrony prywatności, a wszystkie dane osobowe zostały zanonimizowane. Procedura i informacje podstawowe zostały opisane w poprzednich badaniach [19–21]. Obecnie kohorta zakończyła 5 lat corocznych wizyt kontrolnych u okulisty. Jako uzupełniające badanie podgrupy głównej kohorty, w analizie określono roczny okres obserwacji od marca 2023 r. do marca 2024 r., przy czym wizyta w 2023 r. służyła jako punkt odniesienia, a wizyta kontrolna w 2024 r. jako punkt końcowy. W okresie badania nie podjęto żadnych interwencji. Głównym celem było określenie związku między ekspozycją na smartwatche a rozwojem krótkowzroczności wśród uczniów szkół podstawowych w ciągu 1 roku.

### Uczestnicy

W ramach badania zaproszono 661 uczniów szkół podstawowych (klasa 5 w momencie rozpoczęcia badania) do wypełnienia ustrukturyzowanego kwestionariusza w 2023 r. W analizie uwzględniono łącznie 526 uczestników (średni wiek:  $11,31 \pm 0,47$  lat; zakres: 11–13 lat), którzy przeszli zarówno badania okulistyczne na początku badania (2023 r.), jak i badania kontrolne (2024 r.). Po szczegółowym wyjaśnieniu celów i procedur badania podczas seminariów szkolnych uzyskano pisemną świadomą zgodę rodziców lub opiekunów, w tym na obecne badanie częstkowe. Za udział w badaniu nie przewidziano żadnych nagród ani zachęt.

w badaniu. W pierwotnej kohorcie wykluczono uczestników z następującymi schorzeniami oczu: słaba zgodność z testami; nieudana cykloplegia; tropia; niedowidzenie; schorzenia oczu lub ogólnoustrojowe; poddani innym metodom kontroli lub leczenia krótkowzroczności (np. Ortho-K, soczewki okularowe o mikrostrukturze, atropina o niskim stężeniu) z wyjątkiem soczewek jednoogniskowych.

### Wizyty kontrolne i gromadzenie danych

Na początku badania, w marcu 2023 r., przeprowadzono badania okulistyczne i wypełnienie kwestionariuszy. Wizyta kontrolna z drugim badaniem okulistycznym odbyła się 12 miesięcy  $\pm$  30 dni później jako punkt końcowy. Wizyty obejmowały badanie okulistyczne (cykloplegia SER, biometria oka) oraz kwestionariusz dotyczący zegarków.

Głównym wynikiem była roczna zmiana refrakcji sferycznej po cykloplegii w stosunku do wartości wyjściowej. SER mierzono co najmniej 30 minut po trzykrotnym podaniu kropli 1% cyklopentolatu, w odstępach 5 minut między każdą kroplą, przy użyciu autorefraktometru KP8800 Topcon (Topcon Corporation, Japonia). Obiektywną refrakcję przeprowadzano dopiero po osiągnięciu odpowiedniej cykloplegii. W przypadku utrzymywania się odruchu źrenicznego podawano dodatkowe krople, aż do osiągnięcia cykloplegii. Roczna zmianę długości osiowej (AL) zdefiniowano jako wynik drugorzędowy. AL mierzono za pomocą urządzenia IOL Master 500 (Carl Zeiss,

Niemcy) i zarejestrowano średnio pięć pomiarów. Kwestionariusz został wysłany do uczestników i rodziców na tydzień przed planowanymi wizytami kontrolnymi w szkole. Uczniowie zostali poproszeni o rejestrowanie wzorców korzystania z ekranów przez siedem dni. W dniu wizyty kontrolnej wszyscy uczniowie samodzielnie wypełnili kwestionariusze w szkołach, bez ingerencji rodziców. Egzaminatorzy udzielali wyjaśnień, jeśli uczestnicy nie rozumieli poszczególnych pytań. (Tabela S1).

### Analiza statystyczna

Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu R w wersji 4.4.1 (R Foundation for Statistical Computing, Wiedeń, Austria) oraz programu SPSS w wersji 27 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Zmienne katégoriczne przedstawiono jako wartości procentowe, a zmienne ciągłe jako średnią  $\pm$  błąd standardowy. W przypadku danych ilościowych sprawdzono zarówno jednorodność wariancji, jak i rozkład normalny. Średni czas spędzany przed ekranem (godziny/dzień) obliczono na podstawie dzienników czasu użytkowania poszczególnych urządzeń według następującego wzoru (1). Czas spędzany przed ekranem w dni powszednie i weekendy zsumowano oddzielnie. Czas spędzany przed ekranem smartwatcha dla uczestników nieposiadających smartwatcha odnotowano jako 0 godz./dzień. Zgodnie z obliczonym średnim czasem oglądania wszyscy uczestnicy zostali podzieleni na trzy grupy w celu porównania rozwoju krótkowzroczności (0–0,5 godz./dzień, 0,5–1 godz./dzień, >1 godz./dzień). Analiza mocy post hoc ANOVA została przeprowadzona przy użyciu programu GPower 3.1.9.7 (Franz Faul, Niemcy). Moc statystyczna osiągnęła 99,3% przy poziomie alfa wynoszącym 5% i całkowitej wielkości próby wynoszącej 526. Porównania grupowe przeprowadzono za pomocą niezależnych testów t lub jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Porównania par po ANOVA przeprowadzono przy użyciu testu najmniejszej istotnej różnicy. Do analizy zmiennych katégoricznych wykorzystano testy chi-kwadrat. Korelacja Pearsona oceniła związek między dwiema zmiennymi ciągłymi. Istotne interakcje między wyjściowym SER a czasem spędzonym przed smartwatchem zidentyfikowano zarówno dla zmiany AL, jak i zmiany SER jako zmiennych zależnych (oba  $p < 0,001$ ). W analizie warstwowej uczestnicy zostali podzieleni na cztery grupy zgodnie z wyjściowym SER ( $SER \leq -0,50$  D;  $-0,50 < SER \leq -0,25$  D;  $0,25 < SER \leq 0,75$  D;

i  $SER > 0,75$  D). Regresja liniowa pozwoliła ocenić związki między czasem spędzonym przed ekranem smartwatcha a zmianą długości osiowej gałki ocznej lub zmianą SER w każdej grupie SER. Aby zbadać czynniki wpływające na zmiany refrakcji i wydłużenie osiowe związane z krótkowzrocznością, zastosowano uogólnione liniowe modele mieszane (GLMM), w których szkoły uczestników określono jako efekty losowe, a pozostałe zmienne (informacje bazowe i czas spędzany przed ekranem) jako efekty stałe. Ze względu na wysoką korelację między dwoma oczami ( $r = 0,922$  i  $0,807$  odpowiednio dla wyjściowej długości osiowej i sferycznej refrakcji równoważnej; oba  $p < 0,001$ ), do analizy wykorzystano wyłącznie dane dotyczące prawego oka. Wszystkie analizy statystyczne były dwustronne, a poziom istotności ustalono na  $p < 0,05$ .

$$Ekranczas(\text{godziny/dzień}) = \frac{\text{Czas w dni powszednie} \times 5 + \text{Czas w weekendy}}{\times 2} \quad (1)$$

## WYNIKI

### Badana populacja

Sześćset sześćdziesiąt jeden uczestników, którzy ukończyli badanie podstawowe w 2023 r., zostało losowo zaproszonych do wypełnienia kwestionariusza. Jedenaście osób zostało wykluczonych z powodu niekompletnych kwestionariuszy, a 85 uczestników wycofało się po badaniu podstawowym. W analizie uwzględniono łącznie 526 uczestników. Wypełnili oni kwestionariusz na początku badania oraz przeszli dwa badania okulistyczne (na początku badania i po upływie roku). Średni wiek 526 uczestników wynosił  $11,31 \pm 0,47$  lat, z czego 275 (52,3%) stanowiły osoby płci męskiej. Na podstawie samooceny odsetek posiadaczy smartwatchy wśród uczniów szkół podstawowych wynosi 50,2%. Przyczyny rezygnacji uczestników nie były związane z ankietą ani badaniem okulistycznym. Nie stwierdzono istotnych różnic w parametrach wyjściowych, z wyjątkiem czasu spędzanego na świeżym powietrzu i średniego czasu oglądania telewizji, czasu spędzanego przed ekranem w dni powszednie lub weekendy (Tabela 1).

### Roczne zmiany SER i AL

Po rocznej obserwacji dłuższy czas oglądania telewizji wiązał się z bardziej wyraźnym postępem krótkowzroczności. Roczna zmiana SER wyniosła  $-0,33 \pm 0,02$  D,  $-0,29 \pm 0,06$  D i  $-0,95 \pm 0,13$  D dla

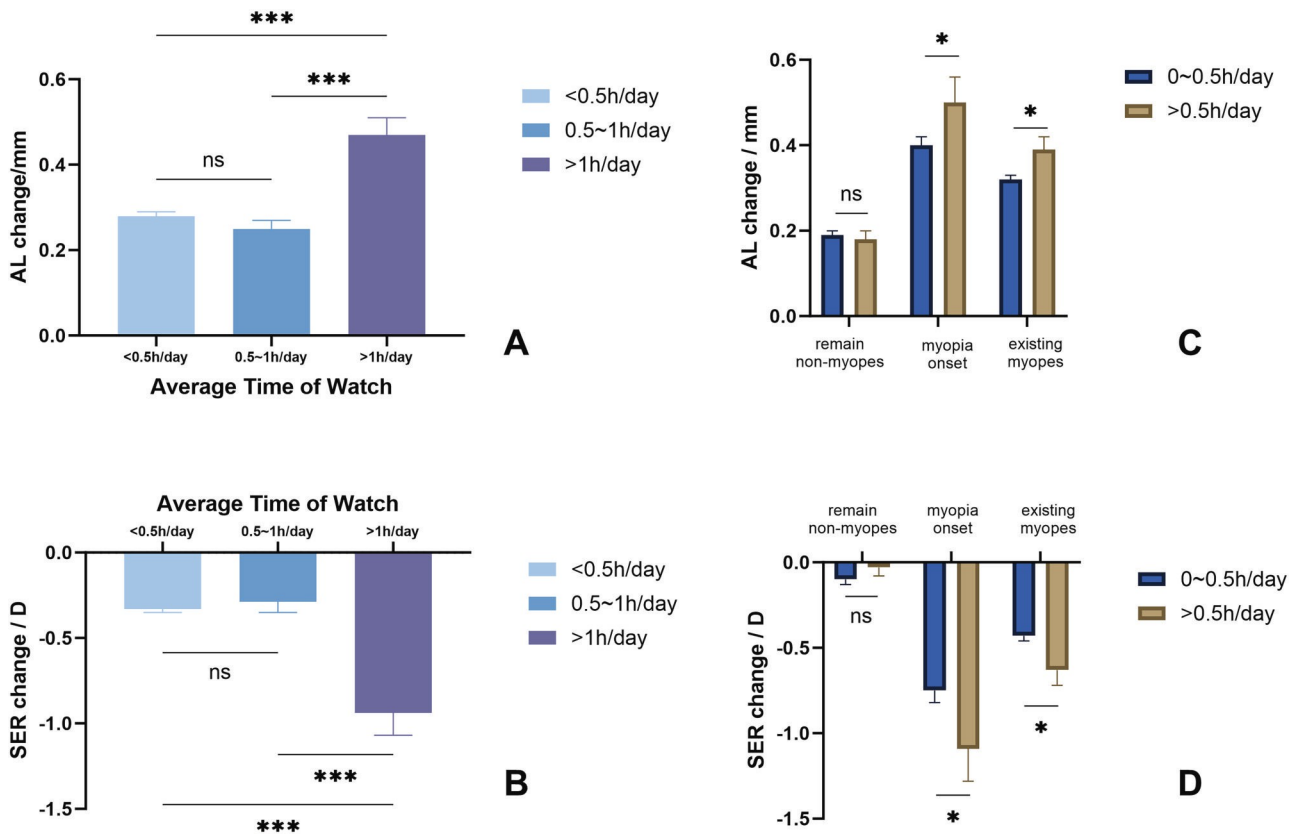
**Tabela 1.** Informacje wyjściowe (średnia  $\pm$  SE lub stosunek) osób, które ukończyły dwie wizyty.

zmienne	Średni czas użytkowania smartwatcha (godziny/dzień)			Wartość <i>p</i>
	0–0,5 godz. ( <i>n</i> = 432)	0,5–1 godz. ( <i>n</i> = 67)	>1 godz. ( <i>n</i> = 27)	
Wiek wyjściowy/lata <sup>a</sup>	11,94 $\pm$ 0,02	11,98 $\pm$ 0,06	11,98 $\pm$ 0,11	0,865
Wartość wyjściowa SER/D <sup>a</sup>	-0,72 $\pm$ 0,09	-0,73 $\pm$ 0,19	-0,90 $\pm$ 0,30	0,865
Wartość wyjściowa AL/mm <sup>a</sup>	23,86 $\pm$ 0,05	23,70 $\pm$ 0,10	23,93 $\pm$ 0,16	0,406
Płeć (mężczyzna lub kobieta) <sup>b</sup>	54,9%/46,1	44,8%/55,2	44,4%/55,6	0,266
Liczba rodziców z krótkowzrocznością <sup>b</sup> (0/1/2)	51,4%/31,9%/16,7	46,3%/40,3%/13,4	25,9%/55,6%/18,5	0,063
Czas spędzany na świeżym powietrzu/godziny dziennie <sup>a</sup>	1,04 $\pm$ 0,03	1,23 $\pm$ 0,13	0,86 $\pm$ 0,09	<0,001
Średni czas oglądania/godziny dziennie <sup>a</sup>	0,11 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,01	1,27 $\pm$ 0,03	<0,001
Całkowity czas spędzony przed ekranem <sup>a</sup>	2,39 $\pm$ 0,07	2,71 $\pm$ 0,17	2,86 $\pm$ 0,18	0,093
Całkowity czas spędzony przed ekranem <sup>a</sup> (dzień powszedni)	1,84 $\pm$ 0,07	2,02 $\pm$ 0,18	2,87 $\pm$ 0,21	0,001
Całkowity czas spędzony przed ekranem <sup>a</sup> (weekend)	3,77 $\pm$ 0,11	4,44 $\pm$ 0,27	2,83 $\pm$ 0,20	0,006

SER – sferyczny ekwiwalent refrakcji, D – dioptria, AL – długość osiowa.

<sup>a</sup> ANOVA.

<sup>b</sup> Test chi-kwadrat.



**Ryc. 1** Porównanie rozwoju SER i wydłużenia osiowego. **A** Zmiany AL w różnych okresach czasu smartwatcha; **B** zmiany SER w różnych okresach czasu smartwatcha; **C** zmiany AL w różnych wynikach; **D** zmiany SER w różnych wynikach.

trzy grupy czasu obserwacji. Różnice w zmianach SER między trzema grupami były znaczące ( $p < 0,001$ ) (rys. 1 i tabela 2). Podobnie zmiana wydłużenia osiowego w stosunku do wartości wyjściowej wyniosła odpowiednio  $0,28 \pm 0,01$  mm,  $0,25 \pm 0,02$  mm i  $0,47 \pm 0,04$  mm dla trzech grup czasu obserwacji. Różnica w zmianie AL między trzema grupami była znacząca ( $p < 0,001$ ) (rys. 1 i tabela 2). Analizy podgrup wykazały ponadto zróżnicowany postęp w zależności od wyników. Wyraźne efekty

zaobserwowano u osób z rozpoznaną krótkowzrocznością ( $n = 256$ ), u których postęp krótkowzroczności ( $-0,63$  D vs.  $-0,43$  D,  $p = 0,015$ ) i wydłużenie długości osiowej gałki ocznej ( $0,39$  mm vs.  $0,32$  mm,  $p = 0,013$ ) były znacznie większe w grupie  $>0,5$  godz./dzień w porównaniu z grupą  $<0,5$  godz./dzień (tabela S2; rys. 1C, D). Podobną tendencję zaobserwowano w grupie z początkiem krótkowzroczności, ale nie w grupie osób bez krótkowzroczności (tabela S2). Czas użytkowania smartwatcha pozostawał istotnie związany zarówno z wydłużeniem osiowym, jak i przesunięciem krótkowzroczności w

refrakcja po uwzględnieniu płci, wieku, czasu spędzanego na świeżym powietrzu oraz wyjściowej wartości AL ( $\beta = 0,07, p = 0,003$ ) lub SER ( $\beta = -0,21, p = 0,004$ ).

Związek ten był istotny w podgrupie z wyjściowym SER  $> J0,75$  D. (Tabela S3).

Analizy korelacji wykazały, że zmiany SER ( $r = -0,185, p < 0,001$ ) i AL ( $r = 0,208, p < 0,001$ ) są silnie związane z całkowitym czasem spędzonym przed ekranem przez wszystkich uczestników. Czas spędzany przed ekranem w dni powszednie ( $r = 0,235, p < 0,001$ ) jest bardziej istotnie skorelowany z wydłużeniem osiowym w porównaniu z czasem spędzonym przed ekranem w weekendy ( $r = 0,110, p = 0,012$ ) (tabela S4). W szczególności korzystanie z telewizora, komputera i telefonu w dni powszednie, a także korzystanie z zegarka w dni powszednie, było istotnie związane z roczną zmianą refrakcji w kierunku krótkowzroczności ( $r = -0,173$  do  $-0,123$ , wszystkie  $p < 0,05$ ) lub wydłużenie osiowe ( $r = 0,097$ – $0,195$ , wszystkie  $p < 0,05$ ) w różnym stopniu (tabela S4).

### Zmiany w przydzielaniu czasu na korzystanie z ekranu

Zwyczajnie uczestników badania dotyczące czasu spędzanego przed ekranem w zależności od czasu użytkowania smartwatcha wskazują na zmianę związaną z urządzeniem (tabela S5). Użytkownicy smartwatcha korzystający z niego przez ponad 1 godzinę dziennie (często) spędzali znacznie mniej czasu przed telewizorem (0,87 godziny dziennie) i komputerem (0,57 godziny dziennie) w weekendy w porównaniu z osobami korzystającymi z niego umiarkowanie (0,5–1 godzina dziennie: odpowiednio 1,64 i 0,94 godz./dobę) lub niskim czasem użytkowania (<0,5 godz./dobę: odpowiednio 1,43 i 1,00 godz./dobę) (telewizja:  $p = 0,017$ ; komputer:  $p = 0,038$ ). Całkowity czas spędzany przed ekranem (odpowiednio 2,39 vs. 2,71 vs. 2,86 godz./dzień dla niskiego, umiarkowanego i wysokiego poziomu użytkowania) nie różnił się znacząco ( $p = 0,093$ ). Sugeruje to przeniesienie czasu spędzanego przed ekranem na użytkowników zegarków, podczas gdy całkowity czas spędzany przed ekranem musi pozostać stabilny. Chociaż całkowity czas spędzany przed ekranem jest podobny, wyniki wskazały ponadto na zmniejszającą się różnicę w czasie spędzonym przed ekranem w dni powszednie i weekendy wraz ze wzrostem czasu spędzanego przed zegarkiem (Tabela 1).

Analizy podgrup potwierdziły związek między używaniem smartwatcha a zmianą nawyków związanych z czasem spędzonym przed ekranem (tabela S6). Porównując czas spędzany przed ekranem (telewizja, komputer, telefon) w zależności od czasu użytkowania zegarka (<1 rok, 1–2 lata, >2 lata), stwierdzono, że czas spędzany przed telewizorem w dni powszednie zmniejszał się wraz z czasem użytkowania zegarka (0,74 vs. 0,51 vs. 0,45 godz./dzień,  $p = 0,007$ ), podobnie jak czas spędzany przed komputerem (0,67 vs. 0,49 vs. 0,39 godz./dzień,  $p = 0,021$ ) i telefonem (0,61 vs. 0,49 vs. 0,39 godz.,  $p = 0,006$ ) w dni powszednie.

Podsumowując, użytkownicy zegarków poświęcali więcej czasu na korzystanie z zegarków, utrzymując jednocześnie całkowity czas korzystania z ekranów, co prawdopodobnie wynikało z dłuższego czasu użytkowania smartwatchy.

### Zmienne związane ze zmianami refrakcji w kierunku krótkowzroczności i wydłużeniem osiowym

W odniesieniu do rocznej zmiany SER (tabela 3) model 1 GLMM wskazał, że całkowity czas spędzany przed ekranem był istotnie powiązany ze zmianą SER ( $\beta = -0,07, p < 0,001$ ) po uwzględnieniu parametrów wyjściowych (płeć, wiek, wyjściowa wartość SER, krótkowzroczność rodziców, czas korzystania z zegarka i czas spędzany na świeżym powietrzu). W szczególności model 2 sugerował, że czas spędzany przed komputerem w dni powszednie ( $\beta = -0,09, p = 0,037$ ) i czas spędzany przed smartwatchem ( $\beta = -0,58, p < 0,001$ ) były istotnie związane z roczną zmianą SER po skorygowaniu o parametry wyjściowe i konkretny czas spędzany przed wszystkimi ekranami (telewizor, komputer, telefon i zegarek). Podobnie model 3 sugerował, że całkowity czas spędzany przed ekranem w dni powszednie ( $\beta = -0,09, p < 0,001$ ) był istotnie powiązany z roczną zmianą SER, ale nie całkowity czas spędzany przed ekranem w weekendy.

W przypadku rocznej zmiany AL (tabela 4) model 1 GLMM wskazał, że całkowity czas spędzany przed ekranem był istotnie powiązany z wydłużeniem osiowym ( $\beta = 0,03, p < 0,001$ ) po skorygowaniu o parametry wyjściowe (płeć, wiek, wyjściowa wartość AL, krótkowzroczność rodziców, czas korzystania z zegarka i czas spędzany na świeżym powietrzu). W szczególności wyniki modelu 2 sugerowały, że czas spędzany przed komputerem w dni powszednie ( $\beta = 0,03, p = 0,019$ ), czas spędzany przed telefonem ( $\beta = 0,02, p = 0,047$ ) oraz czas spędzany przy smartwatchu ( $\beta = 0,16, p < 0,001$ ) były istotnie związane z wydłużeniem osiowym po skorygowaniu o parametry wyjściowe i konkretny czas spędzany przy wszystkich ekranach (telewizor, komputer, telefon i zegarek). Podobnie model 3 sugerował, że całkowity czas spędzany przed ekranem w dni powszednie ( $\beta = 0,03, p < 0,001$ ) był istotnie powiązany ze zmianą AL, ale nie całkowity czas spędzany przed ekranem w weekendy.

Warto zauważyć, że posiadanie zegarka nie miało związku z krótkowzrocznością w refrakcji ani wydłużeniem osiowym w żadnym z modeli skorygowanych, zarówno w przypadku zmiany SER, jak i zmiany AL.

### DYSKUSJA

W ostatnich latach coraz więcej dowodów wskazuje na pozytywną korelację między ekspozycją na ekran a postępem krótkowzroczności, co potwierdzają zarówno badania kohortowe, jak i przekrojowe [9, 22–25]. Jednak konkretny związek między smartwatchami a krótkowzrocznością pozostaje niedostatecznie zbadany. Nasze wyniki podkreślają, że całkowity czas spędzany przed ekranem jest istotnie powiązany z krótkowzrocznością i wydłużeniem osiowym u uczniów szkół podstawowych, a co ważne, nadmierne korzystanie ze smartwatchy może stanowić nowy czynnik ryzyka rozwoju krótkowzroczności.

Po roku obserwacji zaobserwowano znaczące różnice w zmianach refrakcji i wydłużeniu osiowym w trzech grupach. Ogólnie rzecz biorąc, całkowity czas spędzany przed ekranem był silnie skorelowany z rocznymi zmianami SER i AL, co potwierdza znaczenie zarządzania całkowitym czasem spędzonym przed ekranem w strategiach kontroli krótkowzroczności. Biorąc pod uwagę, że zmiany refrakcji są różne na różnych etapach i są bardziej wyraźne około rok przed wystąpieniem krótkowzroczności,

**Tabela 2.** Porównanie rozwoju krótkowzroczności SER (średnia  $\pm$  SE).

Czas oglądania	Rozwój krótkowzroczności w ciągu 1 roku	
	Zmiana w SER	Zmiana w AL
0–0,5 h	–0,33 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,01
0,5–1 godz.	–0,29 $\pm$ 0,06	0,25 $\pm$ 0,02
>1 godz.	–0,95 $\pm$ 0,13 <sup>bc</sup>	0,47 $\pm$ 0,04 <sup>bc</sup>
Wartość P <sup>a</sup>	<0,001	<0,001

<sup>a</sup> ANOVA.

<sup>b</sup> W porównaniu z 0–0,05 godz./dzień,  $p < 0,05$ .

<sup>c</sup> W porównaniu z 0,5–1 godz./dzień,  $p < 0,05$ .

**Tabela 3.** Związki między czynnikami roczną zmianą SER i ryzyka krótkowzroczności ( ) a zmianami SER w ciągu roku

Model 1		Model 2		Model 3	
Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$	Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$	Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$
Całkowity czas spędzony przed ekranem	–0,07	Czas oglądania (dzień powszedni)	–0,58	Całkowity czas spędzony przed ekranem (w dni powszednie)	–0,09
Wartość bazowa SER	0,06	Czas spędzany przed komputerem (w dni powszednie)	–0,09	Wartość wyjściowa SER	0,06
		Wartość wyjściowa SER	0,04		

Model 1: skorygowany o informacje wyjściowe | wyjściowy SER | całkowity czas spędzany przed ekranem (tabela S7).

Model 2: skorygowany o informacje bazowe | SER bazowy | czas korzystania z określonych ekranów (telewizor, komputer, telefon i zegarek) (tabela S8).

Model 3: skorygowany o informacje bazowe | SER bazowy | całkowity czas spędzany przed ekranem (dni powszednie) | całkowity czas spędzany przed ekranem (weekend) (Tabela S9).

<sup>a</sup> Przedstawiono wyłącznie zmienne o istotnej wartości  $p < 0,05$ .

**Tabela 4.** Związki a z 1-letnim wydłużeniem osiowym

Model 1		Model 2		Model 3	
Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$	Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$	Istotny czynnik prognostyczny <sup>a</sup>	$\beta$
Całkowity czas spędzony przed ekranem	0,03	Czas oglądania (dzień powszedni)	0,16	Całkowity czas spędzony przed ekranem (dzień powszedni)	0,03
Wartość bazowa AL	0,03	Czas spędzany przed komputerem (w dni powszednie)	0,03	Czas spędzany na świeżym powietrzu	-0,03
Czas spędzony na świeżym powietrzu	-0,03	Czas spędzany przy telefonie (w dni powszednie)	0,02	Płeć (mężczyzna/kobieta)	0,03
				Wartość wyjściowa AL	0,05

Model 1: skorygowany o informacje bazowe / bazowy AL / całkowity czas spędzony przed ekranem (tabela S10).

Model 2: skorygowany o informacje wyjściowe / wyjściowy AL / czas korzystania z określonych ekranów (telewizor, komputer, telefon i zegarek) (tabela S11).

Model 3: skorygowany o informacje wyjściowe / wyjściowy AL / całkowity czas spędzony przed ekranem (dni powszednie) / całkowity czas spędzony przed ekranem (weekend) (Tabela S12).

<sup>a</sup> Przedstawiono tylko zmienne o istotnej wartości  $p < 0,05$ .

przeprowadzono analizy podgrup. Wyniki sugerują, że przynajmniej pod względem trendów dłuższe użytkowanie smartwatchy może wiązać się z większym wydłużeniem osiowym lub przesunięciem krótkowzroczności, zwłaszcza w procesie początkowym i ustalonej krótkowzroczności. Wśród poszczególnych urządzeń najsilniejszy związek z przesunięciem krótkowzroczności w refrakcji i wydłużeniem osiowym wykazało użytkowanie telefonów, komputerów i smartwatchy, co podkreśla potrzebę ukierunkowanych interwencji. Obecne wyniki zostały dodatkowo poparte analizami GLMM, które wykazały, że korzystanie ze smartwatchy w dni powszednie jest istotnym czynnikiem prognostycznym zmian krótkowzroczności w refrakcji i wydłużeniu osiowego, po uwzględnieniu cech wyjściowych, takich jak wiek, płeć, krótkowzroczność rodziców i aktywność na świeżym powietrzu. Korzystanie ze smartwatcha w dni powszednie wykazało najsilniejszy związek zarówno z krótkowzrocznością refrakcji ( $\beta = -0,58$ ), jak i wydłużeniem osiowym ( $\beta = 0,16$ ) w porównaniu z korzystaniem z telefonu (AL:  $\beta = 0,02$ ) i oglądaniem obrazu na komputerze (SER:  $\beta = -0,09$ ; AL:  $\beta = 0,03$ ). Wyniki te sugerują korelację między smartwatchami a zmianami refrakcji w kierunku krótkowzroczności lub wydłużeniem osiowym, prawdopodobnie spowodowaną różnicami w odległości patrzenia i zachowaniach użytkowników. Dzieci z krótkowzrocznością spędzają więcej czasu dziennie na czynnościach wykonywanych w odległości

<20 cm niż dzieci bez krótkowzroczności [26]. Analiza sugeruje, że smartwatch może zwiększać ryzyko krótkowzroczności poprzez krótszą odległość widzenia wymaganą do interakcji z ekranem w porównaniu z papierem [27]. W porównaniu z telefonami lub telewizorami, mniejsze ekrany zazwyczaj wymagają długotrwałej aktywności z bliska, co potencjalnie zwiększa akomodację i konwergencję u użytkowników smartwatchów [28]. Natomiast telefony, które są często używane z nieco większej odległości, oraz telewizory, które zazwyczaj ogląda się z odległości kilku metrów, stawiają coraz mniejsze wymagania dotyczący pracy z bliska, co znajduje odzwierciedlenie w ich mniejszych wartościach wpływu. Dalsza analiza ujawniła znaczące różnice między grupami w zakresie dziennego czasu spędzanego przed ekranem. Grupa z początkiem krótkowzroczności wykazywała większą ekspozycję na ekran (3,10 godz./dzień) w porównaniu z pozostałymi grupami bez krótkowzroczności (2,33 godz./dzień) i z ugruntowaną krótkowzrocznością (2,43 godz./dzień) ( $p < 0,001$ ), co sugeruje zwiększoną pracę z bliska podczas początków krótkowzroczności. Jednak czas spędzany na świeżym powietrzu nie wykazał istotnych różnic (odpowiednio 1,1 vs. 1,2 vs. 1,0 godz./dzień;  $p = 0,132$ ). Podsumowując, wyniki te mogą odzwierciedlać brak równowagi między aktywnością na świeżym powietrzu a pracą z bliska, zwłaszcza w populacji osób z początkiem krótkowzroczności. Nagła zmiana w postaci nadmiernej pracy z bliska mogła zwiększyć ryzyko wystąpienia krótkowzroczności. W przypadku ustalenia krótkowzroczności zmniejszone działanie ochronne czasu spędzanego na świeżym powietrzu może przyczyniać się do przyspieszenia postępu choroby przy porównywalnej ekspozycji na ekran. Nasze wyniki nie wyjaśniają w pełni mechanizmów leżących u podstaw tego zjawiska. Dlatego też konieczne są dalsze badania longitudinalne w celu wyjaśnienia tego złożonego zjawiska.

Całkowity dzienny czas spędzany przed ekranem w naszych trzech grupach (2,39–2,86 godz./dzień) był zgodny z wcześniejszymi doniesieniami, według których dzieci w wieku 6–14 lat spędzają przed ekranem średnio 2,77 godziny dziennie [29]. Warto zauważyć, że chociaż całkowity czas spędzany przed ekranem wydaje się stosunkowo stabilny we wszystkich grupach, użytkownicy smartwatchy wykazują zmianę nawyków związanych z korzystaniem z ekranów, poświęcając więcej czasu na korzystanie ze smartwatchy niż osoby, które ich nie używają. Dostępność urządzeń (np. osobiste urządzenia na wyłączność) jest największym potencjalnym czynnikiem prognostycznym zmiany czasu spędzanego przed ekranem [30]. Smartwatche, będące urządzeniami noszonymi i łatwo dostępnymi

Oko

przez cały dzień może sprzyjać sporadycznemu, ale częstemu korzystaniu z urządzeń. Ta „ciągła dostępność” może zwiększać narażenie na pracę z bliska w porównaniu z telefonami, które są rzadziej używane przez krótki czas, lub telewizorami, które są zazwyczaj używane w wyznaczonych porach wolnych od zajęć. Ponadto wpływ rodziców na korzystanie z ekranów może silnie wpływać na nawyki dzieci [31]. Uczniowie są bardziej skłonni do spędzania czasu przed ekranami przez losowe okresy w dni powszednie ze względu na niewystarczający nadzór rodziców w szkołach [32]. Szkoły lub nauczyciele często nie są w stanie kontrolować czasu spędzanego przed ekranem i w pełni monitorować sytuacji bez jasno określonych zasad i polityki [33]. Natomiast rodzice mogą zwracać uwagę na niewłaściwe nawyki w domu. Biorąc pod uwagę rosnącą świadomość rodziców w zakresie kontroli krótkowzroczności w Chinach, badanie wykazało, że 41,68% chińskich rodziców często nadzorowało dzieci, aby praktykowały dobre nawyki związane z oczami, a 33,98% czasami zabierało dzieci na świeżym powietrzu w celu

>2 godziny dziennie [34]. Te spostrzeżenia częściowo wyjaśniają, dlaczego korzystanie z zegarka w dni powszednie może być bardziej niebezpieczne niż w weekendy. Jednakże konieczne są dalsze badania, aby sprawdzić, czy czas spędzany przed ekranem w dni powszednie jest silniej powiązany z krótkowzrocznością. Z jednej strony, większa liczba zadań edukacyjnych i praca z bliska w dni powszednie mogą wprowadzać potencjalne odchylenia. Z czasem ta redystrybucja może wpłynąć na czas spędzany na innych urządzeniach, takich jak telefony lub komputery, co stanowi hipotezę wymagającą dalszych badań longitudinalnych w celu oceny jej potencjalnych długoterminowych skutków. Chociaż większość właścicieli smartwatchy nie jest intensywnymi użytkownikami, a potencjalne ryzyko krótkowzroczności nie jest jeszcze w pełni zrozumiałe, warto rozważyć konieczność stosowania smartwatchy u dzieci, biorąc pod uwagę, że wpływ na rozwój fizyczny i umysłowy również nie jest jasny.

Pomimo tych wyników, badanie ma pewne ograniczenia. Czas spędzany przed ekranem był zgłaszany samodzielnie w ankietach, co mogło spowodować potencjalne błędy pamięciowe. Roczny okres badania, choć wystarczający do obserwacji krótkoterminowych, ogranicza możliwość oceny długoterminowych skutków. Co ważne, wyniki naszych obserwacji mogą jedynie wskazywać na potencjalną korelację; ustalenie związku przyczynowego wymaga przeprowadzenia w przyszłości randomizowanego badania kontrolowanego. Smartwatche są dostępne w różnych markach, rozmiarach ekranów i funkcjach, co utrudnia ilościowe określenie i analizę tych różnic. Ponadto próba była ograniczona do uczniów szkół podstawowych w obszarach miejskich, co ogranicza możliwość uogólnienia wyników na inne populacje. Przyszłe badania powinny obejmować dłuższe obserwacje, zróżnicowane populacje i obiektywne pomiary czasu spędzanego przed ekranem, aby potwierdzić i rozszerzyć te wyniki.

Podsumowując, wyniki obserwacji sugerują, że całkowity czas spędzany przed ekranem może być powiązany z większymi zmianami refrakcji i wydłużeniem osiowym. Wyniki te podkreślają wartość kompleksowych strategii zarządzania czasem spędzanym przed ekranem, w tym smartwatchami, w celu zmniejszenia ryzyka krótkowzroczności.

## PODSUMOWANIE

Co było wiadomo wcześniej

- Istniejące dowody łączą wydłużony czas spędzany przed ekranem z postępowaniem krótkowzroczności. Smartwatche są popularne wśród uczniów szkół podstawowych. Jednak konkretny związek między używaniem smartwatchy a krótkowzrocznością pozostaje niedostatecznie zbadany.

#### Co dodaje niniejsze badanie

- W niniejszym badaniu po raz pierwszy wykazano, że korzystanie ze smartwatchy może być związane z rocznymi zmianami refrakcji i wydłużeniem osiowym. Wyniki ujawniają ryzyko związane z konkretnymi urządzeniami i nawykami użytkownika. Wyniki podkreślają znaczenie holistycznego zarządzania czasem spędzonym przed ekranem, priorytetowo traktując ograniczenie korzystania ze smartwatchy w strategiach zapobiegania krótkowzroczności.

#### DOSTĘPNOŚĆ DANYCH

Zbiory danych wygenerowane i przeanalizowane w trakcie niniejszego badania są dostępne u autora korespondencyjnego na uzasadniony wniosek.

#### BIBLIOGRAFIA

- Morgan IG, French AN, Ashby RS, Guo X, Ding X, He M, et al. Epidemia krótkowzroczności rozpraszającej ( ): etiologia i profilaktyka. *Prog Retin Eye Res.* 2018;62:134–49.
- Pan CW, Ramamurthy D, Saw SM. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012;32:3–16.
- Chen Y, Xiong R, Zhang J, Yang S, Li H, Zhu Z, et al. Dziesięcioletnia zmiana funkcji wzroku i częstość występowania zaburzeń widzenia u dzieci z wysoką krótkowzrocznością i dorosłych z krótkowzrocznością z. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2025;66:2.
- Haarman AEG, Enthoven CA, Tideman JWL, Tedja MS, Verhoeven VJM, Klaver CCW. Powikłania krótkowzroczności: przegląd i metaanaliza. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2020;61:49.
- ChinaIRN. 2022–2027 Raport z badań dotyczących chińskiej branży smartwatchy dla dzieci oraz prognozy inwestycyjne. 2021; Zero Power Intelligence Group, Chiny.
- Barber SE, Kelly B, Collings PJ, Nagy L, Bywater T, Wright J. Częstość występowania, trajektorie i czynniki determinujące czas spędzany przed telewizorem w zróżnicowanej etnicznie próbie małych dzieci z Wielkiej Brytanii. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14:88.
- Khalaf AM, Alhazimi AY, Almaymuni KK, Alsubaie NA. Częstość występowania krótkowzroczności wśród dzieci w wieku szkolnym i wpływ wydłużonego czasu spędzanego przed ekranem: systematyczny przegląd. *Cureus.* 2024;16:e66815.
- Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, Tideman JWL, Yam JC, Lan W, et al. Czynniki ryzyka IMI dla krótkowzroczności. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62:3.
- Tsai TH, Liu YL, Ma IH, Su CC, Lin CW, Lin LL, et al. Ewolucja częstości występowania krótkowzroczności wśród tajwańskich uczniów: przegląd danych ankietowych z lat 1983 do 2017. *Ophthalmology.* 2021;128:290–301.
- Kim E, Stec M, Shaikh N, Huang J, Ralay Ranaivo H, Mets-Halgrimson R. Zmiany refrakcji u dzieci w rejonie Chicago podczas pandemii COVID-19: retrospektywne badanie obserwacyjne. *Br J Ophthalmol.* 2025;109:543–548.
- Zong Z, Zhang Y, Qiao J, Tian Y, Xu S. Związek między czasem spędzonym przed ekranem a krótkowzrocznością u dzieci i młodzieży: metaanaliza. *BMC Public Health.* 2024;24:1625.
- Sun C, Hu B, Zhang P, Wu T, Wang L, Xue W, et al. Negatywne emocje wśród chińskich uczniów szkół podstawowych i gimnazjalnych a związek z czasem spędzonym przed ekranem: analiza sieciowa. *J Affect Disord.* 2025;370:373–80.
- Jadeja JN, Shroff KV, Shah A, Pandey A, Dubey S. Związek między korzystaniem z urządzeń cyfrowych a zespołem suchego oka u dzieci w wieku szkolnym. *Indian J Ophthalmol.* 2024;72:1031–6.
- Lakicevic N, Manojlovic M, Chichinina E, Drid P, Zinchenko Y. Czas spędzany przed ekranem, ekspozycja na i funkcje wykonawcze u dzieci w wieku przedszkolnym. *Sci Rep.* 2025;15:1839.
- Lanca C, Saw SM. Związek między czasem spędzonym przed ekranem cyfrowym a krótkowzrocznością: przegląd systematyczny. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2020;40:216–29.
- Rasmussen MGB, Pedersen J, Olesen LG, Brage S, Klakk H, Kristensen PL, et al. Krótkoterminowa skuteczność ograniczenia korzystania z ekranów na aktywność fizyczną, sen i stres fizjologiczny w rodzinach z dziećmi w wieku 4–14 lat: protokół badania dla randomizowanego badania kontrolowanego SCREENS. *BMC Public Health.* 2020;20:380.
- Zong B, Li L, Cui Y, Shi W. Wpływ czasu spędzanego na świeżym powietrzu, czasu spędzanego przed ekranem oraz statusu społeczno-ekonomicznego rodziny na zdrowie fizyczne dzieci w wieku przedszkolnym. *Front Public Health.* 2024;12:1434936.
- Iqbal M, Soliman A, Ibrahim O, Gad A. Analiza wyników ograniczenia czasu spędzanego przed ekranem w zespole widzenia komputerowego: badanie porównawcze kohortowe. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:123–34.

- Hu Y, Zhao F, Ding X, Zhang S, Li Z, Guo Y, et al. Wskaźniki rozwoju krótkowzroczności u młodych chińskich uczniów w okresie pandemii COVID-19. *JAMA Ophthalmol.* 2021;139:1115–21.
- Guo L, Zhang J, Guo Y, Hu Y, Wang L, Yang X, et al. Związki między występowaniem krótkowzroczności i jej rozwojem a czynnikami powiązanymi wśród dzieci w wieku szkolnym z różnych klas: czteroletnie badanie podłużne. *Eye.* 2025;39:725–33.
- Xu S, Ruan Z, Wang Y, Jiang J, Zhao F, Tang X, et al. Stworzenie modelu przewidywania wystąpienia krótkowzroczności u dzieci bez krótkowzroczności przy użyciu refrakcji cykloplegicznej i wcześniejszej zmiany długości osiowej. *Ophthalmology.* 2025;132:1260–72.
- Hansen MH, Laigaard PP, Olsen EM, Skovgaard AM, Larsen M, Kessel L, et al. 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;98:315–21.
- Harrington S, O'Dwyer V. Związek między czasem spędzonym przed ekranami i czytaniem a krótkowzrocznością, przedkrótkowzrocznością oraz pomiarami biometrycznymi i antropometrycznymi oczu u 6-7-letnich uczniów w Irlandii. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2023;43:505–16.
- Chiang SY, Weng TH, Lin CM, Lin SM. Różnice etniczne w częstości występowania i powiązanych czynnikach ryzyka krótkowzroczności u nastolatków. *J Formos Med Assoc.* 2020;119:134–43.
- Guan H, Yu NN, Wang H, Boswell M, Shi Y, Rozelle S, et al. Wpływ różnych rodzajów pracy w bliskiej odległości i czasu spędzanego na świeżym powietrzu o różnych porach dnia na ostrość wzroku i wady refrakcji u chińskich dzieci w wieku szkolnym. *PLoS ONE.* 2019;14:e0215827.
- Wen L, Cao Y, Cheng Q, Li X, Pan L, Li L, et al. Obiektywnie zmierzona praca w bliskiej odległości, przebywanie na świeżym powietrzu i krótkowzroczność u dzieci. *Br J Ophthalmol.* 2020;104:1542–7.
- Myrberg C, Wiberg N. Ekran a papier: jaka jest różnica w czytaniu i nauce? *Insights UKSG J.* 2015;28:49–54.
- Bababekova Y, Rosenfield M, Hue JE, Huang RR. Rozmiar czcionki i odległość oglądania na smartfonach. *Optom Vis Sci.* 2011;88:795–7.
- Qi J, Yan Y, Yin H. Czas spędzany przed ekranem przez dzieci w wieku szkolnym od 6 do 14 lat: przegląd systematyczny. *Glob Health Res Policy.* 2023;8:12.
- Lukavska K, Bozik M, Mannikko N, Hirabec O, Slussareff M, Vacek J, et al. Czynniki społeczno-demograficzne i inne przyczyniające się do nadmiernego czasu spędzanego przed ekranem w czasie wolnym przez dzieci w wieku przednastoletnim. *Cent Eur J Public Health.* 2024;32:205–14.
- Brindova D, Pavelka J, Sevcikova A, Zezula I, van Dijk JP, Reijneveld SA, et al. Jak rodzice mogą wpływać na nadmierne spędzanie czasu przed ekranem. *BMC Public Health.* 2014;14:1261.
- Limin Y, Ying Z. Badania nad budową szkolnego systemu zarządzania telefonami komórkowymi z perspektywy interesariuszy. *Basic Educ Res.* 2024;5:14–7.
- He M, Piche L, Beynon C, Kurtz J, Harris S. Siedzący tryb życia dzieci w wieku szkolnym związany z korzystaniem z ekranów: perspektywa dyrektorów i nauczycieli. *Health Educ J.* 2011;70:32–8.
- Qian Y, Lu P. Wiedza, postawy i praktyki rodziców lub opiekunów w zakresie zapobiegania i leczenia krótkowzroczności u dzieci. *Ophthalmol Ther.* 2024;13:3095–109.

#### WKŁAD AUTORÓW

ZL i RM przyczynili się do opracowania projektu badania, interpretacji danych i przygotowania manuskryptu. LG i FZ nadzorowali gromadzenie danych i kontrolę jakości. CL przyczynił się do krytycznej oceny i poprawek manuskryptu. YH uczestniczył w opracowaniu projektu badania i analizie statystycznej. XY nadzorował proces badawczy, przyczynił się do poprawek manuskryptu i krytycznej oceny oraz zatwierdził ostateczną wersję do publikacji. Wszyscy autorzy przejrzieli i zatwierdzili ostateczną wersję manuskryptu.

#### FINANSOWANIE

Praca została sfinansowana ze środków Specjalnego Funduszu na rzecz Nauki i Technologii. Strategia innowacyjna prowincji Guangdong (2023A1111120013).

#### KONFLIKT INTERESÓW

Autorzy oświadczają, że nie występuje konflikt interesów.

#### ZATWIERDZENIE ETYCZNE

Badania zostały zatwierdzone przez Komisję Bioetyczną Szkoły Zdrowia Publicznego Uniwersytetu Sun Yat-sen i przeprowadzone zgodnie z Deklaracją Helsińską. Wszyscy uczestnicy wyrazili świadomą zgodę.

**INFORMACJE DODATKOWE**

**Informacje uzupełniające** Wersja internetowa zawiera materiały uzupełniające dostępne pod adresem <https://doi.org/10.1038/s41433-025-04184-4>.

**Korespondencję** i prośby o materiały należy kierować do Yin Hu lub Xiao Yang.

**Informacje dotyczące przedruków i zezwoleń** są dostępne na stronie <http://www.nature.com/reprints>

**Uwaga wydawcy** Springer Nature zachowuje neutralność w odniesieniu do roszczeń jurysdykcyjnych dotyczących opublikowanych map i powiązań instytucjonalnych.

Springer Nature lub jego licencjodawca (np. stowarzyszenie lub inny partner) posiada wyłączne prawa do niniejszego artykułu na mocy umowy wydawniczej zawartej z autorem (autorami) lub innym posiadaczem praw; samodzielne archiwizowanie przez autora zaakceptowanej wersji manuskryptu niniejszego artykułu podlega wyłącznie warunkom takiej umowy wydawniczej i obowiązującym przepisom prawa.