

Czy w Azji Południowo-Wschodniej zbliża się epidemia krótkowzroczności? Ocena dowodów

Ian George Morgan ^{a,b,*}

^a Szkoła Badań Biologicznych, Australijski Uniwersytet Narodowy, Canberra, ACT 2601, Australia

^b Państwowe Laboratorium Okulistyki, Centrum Okulistyczne Zhongshan, Kanton, Chiny

INFORMACJE ARTYKUŁU

Słowa kluczowe:

Epidemia
krótkowzroczność
i Azja
Południowo-
Wschodnia
Częstość
występowania
Edukacja

STRESZCZENIE

Prognozy dotyczące przyszłej częstości występowania krótkowzroczności sugerują, że w jednym z regionów objętych globalnym obciążeniem chorobami rozwinie się epidemia podobna do tej w Azji Wschodniej i Singapurze w Azji Południowo-Wschodniej. W niniejszym artykule przeanalizowano dostępne dane dotyczące częstości występowania krótkowzroczności w tym regionie i stwierdzono, że większość dowodów wskazuje, iż częstość występowania krótkowzroczności pod koniec nauki szkolnej jest nadal niewielka, chociaż dwa artykuły sugerują, że wśród młodych dorosłych w Tajlandii i Indonezji częstość występowania krótkowzroczności może zbliżać się do poziomów typowych dla epidemii krótkowzroczności. Analizuje również wskaźnik oczekiwanej liczby lat nauki w momencie rozpoczęcia nauki w szkole, a także aktualny poziom wykształcenia dorosłych, wykorzystując dane z obliczeń wskaźnika rozwoju społecznego ONZ. Następnie analizuje wyniki uzyskane przez kraje regionu Azji Południowo-Wschodniej w międzynarodowych badaniach PISA dotyczących osiągnięć uczniów. Żaden z tych wskaźników edukacyjnych nie sugeruje zbliżającej się epidemii krótkowzroczności. Potrzebne są dodatkowe dane, aby wyjaśnić tę niepewność. Sugeruje się, aby przyszłe gromadzenie danych koncentrowało się na określeniu częstości występowania krótkowzroczności wśród młodych dorosłych kończących naukę. Nawet tak prosta metodologia, jak określenie poziomu obniżonej ostrości wzroku u uczniów szkół średnich, powinna wystarczyć do wyjaśnienia tej niepewności. Grupa ta stanowi solidną podstawę do prognozowania przyszłego poziomu krótkowzroczności w populacji dorosłych i pozwala uniknąć wpływu wysokiego poziomu krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności związanej z rozwojem zaćmy, które występują w większości krajów Azji Południowo-Wschodniej.

Dowody na pojawienie się epidemii krótkowzroczności w większości krajów Azji Wschodniej oraz w Singapurze w Azji Południowo-Wschodniej po raz pierwszy pojawiły się w przełomowych badaniach przeprowadzonych na Tajwanie i w Singapurze.^{1,2} W miarę gromadzenia się dowodów w ciągu ostatnich 20–30 lat³ powszechnie uznano, że w tych częściach świata występuje epidemia krótkowzroczności, gdzie charakterystyczne jest, że około 80% młodych dorosłych jest krótkowzrocznych pod koniec nauki szkolnej.^{4,5} Od 10% do 30% tych kohort może mieć wysoką krótkowzroczność i być narażonych na rozwój krótkowzroczności patologicznej, powodującej poważne, ale nieuleczalne upośledzenie wzroku. Wzrost częstości występowania był tak wysoki, że obecnie powszechnie uznaje się, iż epidemia ta musi być spowodowana zmianami czynników środowiskowych, ponieważ pula genów rzadko zmienia się tak szybko.⁶ Wniosek ten został potwierdzony przez fakt, że szeroko zakrojone badania genetyczne wyjaśniły jedynie niewielką część wysokiej dziedziczności krótkowzroczności odnotowanej w badaniach bliźniąt,⁷ co sprawia, że krótkowzroczność jest kolejnym przykładem powszechnego zjawiska braku dziedziczności.⁸

Jednym z najbardziej wpływowych i najczęściej cytowanych artykułów na temat krótkowzroczności w ostatnich latach jest artykuł autorstwa Holdena i innych⁹ z Brien Holden Vision Institute (BHVI). Przedstawia on prognozy dotyczące przyszłej częstości występowania

krótkowzroczności, które sugerują, że do 2050 r. prawie połowa światowej populacji będzie krótkowzroczna, a prawie 10% będzie miało wysoką krótkowzroczność i znacznie zwiększone ryzyko rozwoju patologicznej krótkowzroczności, niekorekcyjnej wad wzroku, a nawet ślepoty. Często, powołując się na tę publikację, inne artykuły na temat krótkowzroczności stwierdzają, że „częstość występowania krótkowzroczności wyniesie 50% do 2050 r.”, najwyraźniej zapominając, że są to prognozy, a nie ustalone fakty, i że, podobnie jak wszystkie prognozy, są one tak dobre, jak model prognostyczny, na którym się opierają. Przewidywane wyniki wymagają potwierdzenia.

Wiele artykułów twierdzi, że prognozy opierają się na analizie lokalnych trendów, ale nie jest to do końca prawdą. Autorzy artykułu BHVI jasno przedstawili większość aspektów metodologii tych prognoz, zaczynając od obszernej metaanalizy danych dotyczących częstości występowania, z uwzględnieniem przewidywanych zmian w równowadze populacji miejskiej i wiejskiej. Kolejnym krokiem było opracowanie wzoru, który łączy roczny wskaźnik wzrostu częstości występowania krótkowzroczności z bazową częstością występowania krótkowzroczności, który nieuchronnie opierał się na niewielkiej liczbie badań. Ten ogólny wzór został następnie zastosowany do wszystkich regionów objętych globalnym obciążeniem chorobami (GBD) Światowej Organizacji Zdrowia. Podejście to zostało wybrane po rozważeniu dwóch innych czynników prognostycznych, a mianowicie wskaźnika

* Korespondencja: 3/252 Stanmore Road, Stanmore, NSW 2048, Australia.

Adres e-mail: ian.morgan@anu.edu.au.

<https://doi.org/10.1016/j.apjo.2024.100113>

Otrzymano 27 października 2024 r.; Otrzymano w poprawionej formie 11 listopada 2024 r.; Zaakceptowano 28 listopada 2024 r.

Dostępne online 2 grudnia 2024 r.

2162-0989/© 2024 Autor. Opublikowane przez Elsevier Inc. w imieniu Azjatycko-Pacyficznej Akademii Okulistyki i Akademii Profesorów Okulistyki Azji i Pacyfiku. Jest to artykuł dostępny na zasadach otwartego dostępu na licencji CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

urbanizacji i tempa zmian wskaźnika rozwoju społecznego, które nie wypadły tak dobrze, chociaż ten ostatni również wykazywał wysoką korelację. Następnie przyjęto to, co w artykule określono jako konserwatywne założenie, aby uwzględnić fakt, że istnieje bardzo niewiele danych dotyczących podstawowych wskaźników rozpowszechnienia poniżej 28%, więc wysokie wskaźniki wzrostu przewidywane dla tego zakresu zostały ograniczone do poziomu stwierdzonego dla rozpowszechnienia wynoszącego 28%. Jednakże, jeśli rzeczywisty wskaźnik wzrostu częstości występowania krótkowzroczności w miejscach, gdzie częstość występowania krótkowzroczności jest nadal niska, byłby w rzeczywistości bardzo niski, co wydaje się zasadniczo prawdopodobne, założenie to mogłoby prowadzić do znacznego przeszacowania przyszłej częstości występowania krótkowzroczności w miejscach o niskiej częstości występowania.

Należy zwrócić uwagę na kilka cech charakterystycznych tych prognoz. Po pierwsze, podana częstość występowania krótkowzroczności odnosi się do populacji w wieku od 0 do 100 lat. Był to ambitny cel, ponieważ dane dotyczące najmłodszej grupy wiekowej są bardzo skąpe, chociaż można racjonalnie założyć, że częstość występowania będzie bardzo niska, a dostępne dane zawierają wiele luk. Po drugie, uwzględniono dane dotyczące refrakcji zarówno po podaniu środków cykloplegicznych, jak i bez ich podania, co prowadzi do pewnego przeszacowania częstości występowania krótkowzroczności. Wreszcie, podano całkowitą krótkowzroczność, nie wykluczając wysokich wartości krótkowzroczności związanych z zaćmą, która występuje u osób starszych w niektórych częściach świata. Włączenie niskich poziomów refrakcji krótkowzrocznej, które mogą być związane ze wzrostem mocy rogówki, jak w przypadku stożka rogówki, stanowi mniejszy problem. Jednym z aspektów metodologii, który wymaga dalszego wyjaśnienia, jest to, że nie jest jasne, w jaki sposób zastosowano stwierdzenie, że „każda grupa wiekowa z obszarów miejskich lub wiejskich, dla której brakowało danych dla regionu GBD, przyjęła dane z najbardziej podobnego regionu”.

Przeglądając się bliżej prognozom, tabela 1 Holdena i in. (2016) zawiera konkretne prognozy dla 21 regionów GBD. Obecnie jurysdykcje, które wyróżniają się dobrze udokumentowanym poziomem epidemii krótkowzroczności, to Chińska Republika Ludowa (Chiny lub Chiny kontynentalne), Hongkong i Makau, Tajwan (określany w literaturze jako Tajwan, Chińskie Tajpej lub prowincja Tajwan w Chinach), Republika Korei (Korea Południowa), Japonia i Singapur, koncentrują się w dwóch regionach GBD – regionie Azji i Pacyfiku o wysokim dochodzie (APHI) oraz regionach Azji Wschodniej. Szacunki na rok 2020 wykazały, że częstość występowania krótkowzroczności w tych regionach wynosi

Odpowiednio 53,4% i 51,6%, wzrastając do odpowiednio 66,4% i 65,3% do 2050 r. Dla porównania, częstość występowania w regionie Azji Południowo-Wschodniej wyniosła 46,1% w 2020 r., wzrastając do 62,0% do 2050 r.

Prognozy sugerują, że do 2050 r. wiele dodatkowych regionów będzie miało częstość występowania powyżej 50%, co postawi je w sytuacji podobnej do regionów, w których obecnie występuje epidemia krótkowzroczności. W szczególności dotyczy to całej Ameryki Łacińskiej (Ameryka Łacińska andyjska, Karaiby, Ameryka Łacińska Środkowa, Ameryka Łacińska Południowa, Ameryka Łacińska tropikalna), Australazji, całej Europy (Europa Środkowa, Europa Wschodnia, Europa Zachodnia), Afryki Północnej

i Bliski Wschód, Ameryka Północna, regiony o wysokich dochodach, Azja Południowa i Azja Południowo-Wschodnia. Przewiduje się, że region Azji Środkowej również zbliży się do osiągnięcia tego poziomu.

Celem niniejszego artykułu jest szczegółowa analiza prawdopodobieństwa wystąpienia epidemii krótkowzroczności w regionie GBD Azji Południowo-Wschodniej. Należy zauważyć, że chociaż Singapur i Brunei Darussalam są geograficznie częścią Azji Południowo-Wschodniej i są członkami Stowarzyszenia Narodów Azji Południowo-Wschodniej (ASEAN), to zostały one umieszczone w regionie GBD APHI. Ponadto Sri Lanka, Malediwy i Seszele, które często klasyfikuje się jako część Azji Południowej, w regionach GBD zaliczane są do Azji Południowo-Wschodniej.

Podejście przyjęte w niniejszej analizie znacznie różni się od podejścia zastosowanego przez Holdena i współpracowników, którzy opracowali matematyczny model prognostyczny mający zastosowanie w skali globalnej. Obecne podejście opiera się na wnioskach dotyczących czynników prowadzących do epidemii krótkowzroczności wśród uczniów w regionie Azji i Pacyfiku, regionie o wysokich dochodach oraz regionie Azji Wschodniej. Jurysdykcje, w których rozwinęła się epidemia krótkowzroczności. Analiza czynników ryzyka wykazała, że dwa znane czynniki ryzyka związane z krótkowzrocznością to duża presja edukacyjna od najmłodszych lat oraz ograniczona ekspozycja na przebywanie na świeżym powietrzu. Zgodnie z ważną rolę, jaką odgrywają w powstawaniu epidemii krótkowzroczności, te lokalizacje o „wysokiej częstości występowania krótkowzroczności” mają dość podobne systemy szkolnictwa ⁽¹⁰⁾ W tych lokalizacjach wysoki odsetek dzieci kończy około 12 lat formalnej edukacji szkolnej, której często poprzedza dwa do trzech lat nauki przedszkolnej, a po której następuje jakiś rodzaj studiów policealnych. Miejsca te charakteryzują się wczesnym pojawieniem się presji edukacyjnej, często już w wieku przedszkolnym, wzmacnianej przez cały okres nauki szkolnej poprzez szerokie stosowanie dodatkowych prywatnych korepetycji (PST) oraz znaczny napływ uczniów do szkół lub klas selektywnych pod względem akademickim. Niestety, istnieje niewiele systematycznych międzynarodowych dowodów dotyczących ilości czasu spędzanego przez dzieci na świeżym powietrzu, chociaż ograniczone dostępne dane sugerują, że czas spędzany na świeżym powietrzu jest niski w regionach APHI i Azji Wschodniej w porównaniu z innymi częściami świata.

Znaczenie wczesnej presji edukacyjnej podkreśla fakt, że w społecznościach ultraortodoksyjnych w Izraelu występuje bardzo podobna pod względem jakościowym i ilościowym epidemia krótkowzroczności ^(11,12) ale wysoka częstość występowania krótkowzroczności obserwowana jest tylko u chłopców z rodzin ultraortodoksyjnych, a nie u ich siostr. Mniejsza epidemia występuje u chłopców z rodzin ortodoksyjnych. Natomiast w Azji Wschodniej częstość występowania krótkowzroczności jest wysoka u obu płci, przy czym dziewczęta są zazwyczaj nieco bardziej krótkowzroczne niż chłopcy. W społecznościach ultraortodoksyjnych i, w mniejszym stopniu, ortodoksyjnych, tylko chłopcy od najmłodszych lat otrzymują intensywną edukację religijną, podczas gdy ich siostry otrzymują mniej intensywną edukację. W rezultacie, podczas gdy chłopcy są bardzo krótkowzroczni, zarówno pod względem częstości występowania, jak i stopnia zaawansowania, dziewczynki znacznie rzadziej zapadają na krótkowzroczność. Ogólnie rzecz biorąc, ta wyraźna różnica w częstości występowania krótkowzroczności u dzieci z tej samej

Tabela 1
Statystyki dotyczące regionu GBD Azji Południowo-Wschodniej.

Kraj	Liczba ludności	Odniesienia w Holden et al. (2016)	PKB/ na mieszkańca w USD	Przewidywana liczba lat nauki	Średnia liczba lat nauki	PISA Czytanie	PISA Matematyka	PISA Nauki ścisłe
Indonezja	283 487 931	1	4248	14,6	8,6	371	379	396
Filipiny	115 843 670	0	3668	12,5	9,0	340	353	357
Wietnam	100 987 686	1	3817	13,1	8,5	462	469	472
Tajlandia	71 668 011	0	6365	15,6	8,8	393	419	426
Mjanma	54 500 091	1	1169	12,1	5,2			
Malezja	35 557 673	2	11 691	12,9	10,7	415	440	438
Sri Lanka	23 103 865	0	3969	13,6	11,2			
Kambodża	17 638 801	1	1553	11,6	5,2	329	336	347
Laos	7 769 819	1	2660	10,2	5,9			
Timor Wschodni	1 400 638	0	1361	13,2	6			
Malediwy	528 384	0	11 535	12,2	7,8			
Seszele	131 142	0	16 715	13,9	11,2			

- Dane PISA dla Kambodży i Wietnamu pochodzą z badania PISA z 2022 r., ponieważ dane dla tych krajów nie były dostępne w badaniu z 2018 r.
- Mjanma, Sri Lanka, Laos, Malediwy, Seszele i Timor Wschodni nie uczestniczyły dotychczas w badaniach PISA.

Rodziny stanowią ważny test ważności wielu proponowanych czynników ryzyka, który należy zastosować przy rozważaniu innych proponowanych czynników ryzyka.

Systemy szkolnictwa w Azji Wschodniej i Singapurze osiągają również wiodące na świecie wyniki w międzynarodowych badaniach wyników edukacyjnych, takich jak badania PISA (Program Międzynarodowej Oceny Uczniów) przeprowadzane przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju.^{10,13} Wiele krajów rozwiniętych również osiąga dobre wyniki w badaniach PISA, nie doświadczając epidemii krótkowzroczności, ale wysokie wyniki w badaniach PISA są wspólną cechą wszystkich jurysdykcji dotkniętych epidemią krótkowzroczności. Dlatego też ważne jest, czy systemy szkolnictwa w Azji Południowo-Wschodniej zbliżają się do tego standardu.

W niniejszym artykule analizuję, czy w oparciu o te charakterystyczne wskaźniki związane z wysoką częstością występowania krótkowzroczności, region Azji Południowo-Wschodniej, zdefiniowany przez Światową Organizację Zdrowia, jest narażony na epidemię krótkowzroczności do 2050 r. Kluczowym założeniem jest to, że jeśli epidemia ma wystąpić w tym okresie, częstość występowania krótkowzroczności wśród młodych dorosłych będzie musiała osiągnąć 80% do 2050 r., a przedtem systemy edukacyjne w regionie będą musiały rozwijać cechy charakterystyczne dla systemów edukacyjnych w jurysdykcjach, które już uległy epidemii krótkowzroczności, a mianowicie wysokie wyniki w międzynarodowych badaniach PISA i szeroko zakrojona edukacja policealna.

1. Metody

Kraje należące do regionu GBD WHO w Azji Południowo-Wschodniej to, od największego do najmniejszego pod względem liczby ludności: Indonezja, Filipiny, Wietnam, Tajlandia, Birma, Malesja, Sri Lanka, Kambodża, Laos, Timor Wschodni, Malediwy i Seszele. Dane porównawcze uzyskano dla grupy jurysdykcji sprawozdawczych (Japonia, Republika Korei (Korea Południowa), Singapur, Chińska Republika Ludowa, Specjalny Region Administracyjny Hongkong, Specjalny Region Administracyjny Makau oraz Tajwan lub Chińskie Tajpej, gdzie występuje znana epidemia krótkowzroczności). Szacunki dotyczące liczby ludności uzyskano ze strony <http://www.worldometers.info/world-population/population-by-country>. Dane dotyczące PKB na mieszkańca uzyskano od Banku Światowego w stałych dolarach amerykańskich z 2015 r. (<http://www.data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>).

Wskaźnik rozwoju społecznego ONZ zawiera dane dotyczące edukacji obliczone na podstawie oficjalnych statystyk dotyczących dwóch mierników. Przewidywany czas trwania nauki w wieku rozpoczęcia nauki szkolnej jest obliczany na podstawie aktualnych wzorców rekrutacji do szkół. Liczba lat nauki dostarcza danych na temat dotychczasowych wyników systemu w zakresie średniej liczby lat nauki dla osób dorosłych w wieku 25 lat i starszych. Dane uzyskano na stronie <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index/#/indicators/HDI>.

Dane PISA zostały uzyskane z badań przeprowadzonych w 2018 r. (https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2018-results-volume-i_5f07c754-en.html) i 2022 r. (https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html). Badania PISA są organizowane przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju i obejmują wszystkich członków OECD oraz szereg krajów partnerskich i gospodarek. Badania PISA rozpoczęły się w 2000 r. z udziałem 32 krajów lub gospodarek, a w 2018 i 2022 r. objęły odpowiednio 79 i 81 krajów. Badają one statystycznie reprezentatywną próbę 15-letnich uczniów ze wszystkich uczestniczących krajów w trzech obszarach: czytaniu, matematyce i naukach ścisłych, a testy mają na celu sprawdzenie zrozumienia i umiejętności zastosowania wiedzy, a nie samej wiedzy faktograficznej. Chiny jako całość nigdy nie uczestniczyły w badaniach PISA, ale dane zostały zebrane z określonych lokalizacji w Chinach kontynentalnych. W 2018 r. dane z Chin zostały zebrane w Pekinie, Szanghaju, prowincjach Jiangsu i Zhejiang. Dane dotyczące Specjalnego Regionu Administracyjnego Hongkong i Specjalnego Regionu Administracyjnego Makau są przedstawiane oddzielnie. Chiny kontynentalne nie uczestniczyły w badaniu w 2022 r. z powodu zakłóceń spowodowanych pandemią COVID.

Szacunki dotyczące częstości występowania krótkowzroczności w poszczególnych krajach uzyskano z 4 źródeł. Po pierwsze, sprawdzono odniesienia wymienione w publikacji Holden et al. (2016). W serwisie PubMed przeprowadzono zaktualizowane wyszukiwanie odniesień przy użyciu

„myopia” i „prevalence” oraz nazwę kraju lub jurysdykcji i „myopia”. Na koniec przeprowadzono wyszukiwanie w Google przy użyciu tych samych terminów, aby zidentyfikować dane opublikowane poza indeksowaną literaturą naukową. Następnie przeanalizowano wszystkie listy referencyjne w celu zidentyfikowania dodatkowych artykułów.

2. Wyniki

W tabeli 1 podsumowano dostępne dane dotyczące krajów tworzących region Azji Południowo-Wschodniej według klasyfikacji WHO GBD. Jak widać, pod względem liczby ludności dwa najbardziej zaludnione kraje, Indonezja i Filipiny, stanowią prawie 60% całkowitej populacji. Pięć największych krajów stanowi prawie 90% całkowitej populacji. Kraje te będą zatem głównymi determinantami zagregowanych statystyk dla regionu. W tabeli 2 podsumowano dane dotyczące lokalizacji, w których występowanie epidemii krótkowzroczności jest dobrze udokumentowane, dla celów porównawczych.

Wszystkie kraje regionu GBD w Azji Południowo-Wschodniej mają stosunkowo niski PKB na mieszkańca. Kontrastuje to z PKB na mieszkańca w regionach APhi i Azji Wschodniej, gdzie występuje epidemia krótkowzroczności, a PKB na mieszkańca jest generalnie znacznie wyższy. Istnieje jednak jeden wyjątek, jakim są Chiny kontynentalne, gdzie PKB na mieszkańca jest nadal dość niski, co sugeruje, że PKB na mieszkańca nie jest sam w sobie przyczyną występowania krótkowzroczności.

2.1. Częstość występowania krótkowzroczności

Istnieje wiele dowodów na występowanie krótkowzroczności i jej epidemiczny poziom w lokalizacjach wymienionych w tabeli 2, chociaż dane z Japonii i Korei Południowej są nadal dość ograniczone. Jednak dowody dotyczące sytuacji w krajach regionu Azji Południowo-Wschodniej są znacznie mniej liczne.

W bazie danych Holdena i innych autorów znalazła się tylko jedna publikacja dotycząca częstości występowania krótkowzroczności w Indonezji, poświęcona częstości występowania krótkowzroczności u dorosłych na Sumatrze, oparta na refrakcji bez cykloplegii⁽¹⁴⁾ Aby uwzględnić możliwość przeszacowania częstości występowania u młodych dorosłych bez cykloplegii, podano dane dotyczące kilku wartości granicznych. Przy zastosowaniu normalnego progu $-0,5$ D częstość występowania krótkowzroczności w grupie osób w wieku 21–29 lat wynosiła 61,6%, natomiast przy bardziej rygorystycznym progu wynoszącym $-1,0$ D częstość występowania spadła do 29,9%. Jedną z nietypowych cech przedstawionych danych była stosunkowo wysoka częstość występowania krótkowzroczności u osób bez formalnego wykształcenia, gdzie częstość występowania krótkowzroczności była prawie tak samo wysoka jak u osób z wyższym wykształceniem, a poziom krótkowzroczności u osób starszych był dość wysoki.

Wyszukiwanie dalszych dowodów w PubMed wykazało jeden artykuł z 2017 r., w którym odnotowano częstość występowania krótkowzroczności na poziomie 32,68% wśród uczniów szkół podstawowych⁽¹⁵⁾. Chociaż interpretowano to jako częstość występowania w populacji⁽¹⁶⁾, w rzeczywistości 410 badanych uczniów zostało zrekrutowanych z 36 szkół podstawowych po niepowodzeniu w badaniach przesiewowych przeprowadzonych w szkole. Niestety nie jest możliwe obliczenie częstości występowania w populacji, ponieważ nie są dostępne dane dotyczące całkowitej liczby przebadanych osób ani całkowitej liczby skierowanych do badania, ale wszelkie korekty prawdopodobnie znacznie obniżą szacunki. Niedawno Yusni i Meutia odnotowali częstość występowania wynoszącą 21,3% wśród uczniów szkół średnich⁽¹⁷⁾, natomiast Barliana i wsp. odnotowali częstość występowania wynoszącą 5,5% wśród uczniów gimnazjów (18).⁽¹⁸⁾ W obu tych pracach jako podstawę do diagnozy krótkowzroczności przyjęto ostrość wzroku, z doprecyzowaniem przez okulistę. Mogło to spowodować zaniżenie częstości występowania krótkowzroczności, ale istnieje znaczna różnica między wynikami zgłoszonymi dla Sumatry a wynikami zgłoszonymi w badaniach przeprowadzonych w szkołach.

W bazie danych Holdena i wsp. nie znaleziono danych dotyczących częstości występowania krótkowzroczności na Filipinach, a dalsze poszukiwania doprowadziły jedynie do znalezienia streszczenia ARVO, w którym odnotowano częstość występowania na poziomie 5,3%⁽¹⁹⁾.

W oryginalnej bazie danych BHVI znalazł się jeden artykuł z Wietnamu. Paudel i wsp.⁽²⁰⁾ opisali refrakcję po cykloplegii przeprowadzoną u dzieci w wieku 12–15 lat z ostrością wzroku poniżej 20/40, wykazując, że około 20% z nich miało krótkowzroczność z wartością graniczną $-0,5$ D. Jest to prawdopodobnie

Tabela 2

Statystyki dotyczące lokalizacji o znanej wysokiej częstości występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności w regionach APHI i GBD Azji Wschodniej.

Jurysdykcja sprawozdawcza	PKB/ na mieszkańca w USD	Przewidywana liczba lat nauki	Średnia liczba lat nauki	PISA Czytanie	PISA matematyka	PISA Nauki ścisłe
Japonia	37 079	15,5	12,7	504	527	529
Korea Południowa		16,5	12,6	514	528	519
Chiny (kontynent)	12 174	15,2	8,1	555	591	590
Specjalny Region Administracyjny Hongkong	43 548	17,8	12,3	524	551	517
Specjalny Region Administracyjny Makau	57 932			525	558	544
Chińskie Tajpej/Tajwan				503	531	516
Singapur	65 423	16,9	11,9	549	569	551

nie doceniają częstości występowania krótkowzroczności, ponieważ wielu krótkowidzów ma ostrość widzenia

> 20/40. Późniejsze badanie przeprowadzone w wiejskiej części Wietnamu wykazało częstość występowania wśród uczniów klas 9. na poziomie 17,7%, przy użyciu podobnej metodologii.⁽²¹⁾

W Tajlandii w oryginalnej bazie danych BHVI nie uwzględniono żadnych danych, chociaż dostępna była publikacja, w której odnotowano częstość występowania krótkowzroczności wynoszącą

11,1% wśród dzieci w wieku szkolnym w Bangkoku w porównaniu z 4,3% w bardziej prowincjonalnym mieście Nakhonpathom.²² W artykule opartym na wynikach krajowego badania dotyczącego ślepoty z 2006 r.²³ częstość występowania krótkowzroczności w grupie wiekowej 21–30 lat wynosiła 63,79% przy zastosowaniu definicji Attebo i wsp.²⁴ z wartością graniczną —0,5 D, ale 31,78% przy zastosowaniu definicji Kempen i wsp.²⁵ z wartością graniczną —1 D. Wynik ten jest zatem bardzo podobny do wyników badań Saw i wsp. dotyczących krótkowzroczności na Sumatrze.

Nie ma danych dotyczących krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym w Mjanmie. Jednak w pierwotnej analizie uwzględniono jeden artykuł dotyczący krótkowzroczności u osób dorosłych, który wykazał częstość występowania krótkowzroczności na poziomie 42,7% u osób dorosłych powyżej 40 roku życia⁽²⁶⁾. Artykuł ten wykazał wzrost częstości występowania krótkowzroczności wraz z wiekiem, co jest zgodne z powiązaniem krótkowzroczności z rozwojem zaćmy. Związek ten został dokładnie zbadany, wykazując wyraźną zależność między wyższą opalizacją jądra soczewki a wyższą częstością występowania krótkowzroczności. Co ważne, analiza pod kątem wykształcenia wykazała, że iloraz szans dla osób dorosłych, które ukończyły szkołę podstawową, wynosił 0,4, podczas gdy dla osób dorosłych, które ukończyły szkołę średnią lub wyższą, wynosił 0,2 w porównaniu z osobami bez wykształcenia.

Wyniki badania RESC przeprowadzonego w dzielnicy Gombak w Kuala Lumpur zostały uwzględnione w oryginalnym zbiorze danych BHVI²⁷. Częstość występowania krótkowzroczności przy użyciu autorefrakcji cykloplegicznej wyniosła 32,5%, przy czym znacznie wyższa częstość występowania krótkowzroczności odnotowano wśród osób pochodzenia chińskiego. Było to zgodne z wcześniejszym badaniem dotyczącym dzieci malajskich, w którym odnotowano częstość występowania wynoszącą 25,6% w wieku 15–16 lat bez cykloplegii²⁸. W późniejszym badaniu odnotowano częstość występowania krótkowzroczności na poziomie 50% w grupie wiekowej 13–18 lat bez cykloplegii²⁹. Znacznie niższa częstość występowania wynosząca 5,4%, została odnotowana wśród dzieci pochodzenia malajskiego bez cykloplegii.³⁰ W niewielkim badaniu noworodków wykazano częstość występowania wynoszącą 1,3% w wieku od 6 do 36 miesięcy.³¹ Inne niewielkie, niedawne badanie wykazało częstość występowania wynoszącą 64,6% wśród dzieci w wieku szkolnym pochodzenia chińskiego bez cykloplegii.³² Bardziej aktualne badanie przeprowadzone na odizolowanych wyspach wschodniego wybrzeża Malezji wykazało częstość występowania wynoszącą 7,5% wśród dzieci w wieku 7–12 lat bez cykloplegii w populacji pochodzenia głównie malajskiego.⁽³³⁾ Chociaż opublikowano kilka artykułów na temat częstości występowania krótkowzroczności w Malezji, wiele z nich jest dość starych, a niespójności w projekcie badania i metodologii refrakcji utrudniają wyodrębnienie wniosków dotyczących aktualnej częstości występowania, chociaż jasne jest, że częstość występowania jest wyższa na obszarach miejskich niż wiejskich i ogólnie wyższa wśród osób pochodzenia chińskiego niż malajskiego.

W jednym z artykułów zawartych w oryginalnym raporcie dotyczącym częstości występowania krótkowzroczności w Kambodży zastosowano refrakcję cykloplegiczną³⁴. W szkołach miejskich częstość występowania krótkowzroczności wśród dzieci w wieku 12–14 lat wynosiła 12,3%, natomiast w szkołach wiejskich – 2,2%. Nie są dostępne żadne dodatkowe dane.

W jednym z artykułów z oryginalnej bazy danych opisano również częstość występowania krótkowzroczności w Laosie³⁵. Wśród dzieci w wieku 6–11 lat częstość występowania krótkowzroczności wynosiła 0,8%. Dla porównania, w późniejszym badaniu dotyczącym osób dorosłych powyżej 40. roku życia oszacowano częstość występowania na ponad 50%, głównie w związku z zaćmą.

Nie było dostępnych danych dotyczących dzieci ze Sri Lanki, Timoru Wschodniego,

Malewidiach i Seszelach.

W kilku z cytowanych powyżej artykułów odnotowano dość wysoką częstość występowania krótkowzroczności u osób starszych. W sekcji 5 materiałów uzupełniających do artykułu Holdena i innych autorów przedstawiono szczegółowe szacunki dotyczące częstości występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności w poszczególnych grupach wiekowych dla regionów GBD, w podziale na obszary miejskie i wiejskie. Dane dla regionów GBD APHI, Azji Wschodniej i Azji Południowo-Wschodniej przedstawiono na **wykresie 1. Rys. 1A** pokazuje, że we wszystkich regionach częstość występowania krótkowzroczności jest wysoka w grupie młodych dorosłych i maleje w grupach osób starszych. Jednak spadek ten nie jest tak wyraźny w Azji Południowo-Wschodniej. Natomiast na obszarach wiejskich odnotowano szczególnie wysoką (ponad 50%) i rosnącą częstość występowania krótkowzroczności wśród osób starszych (**rys. 1B**). Podobny efekt w odniesieniu do częstości występowania wysokiej krótkowzroczności można zaobserwować na **rys. 1C** i **D** dla obszarów wiejskich, gdzie częstość występowania wysokiej krótkowzroczności wzrasta wraz z wiekiem u osób dorosłych, a częstość występowania wysokiej krótkowzroczności w starszych grupach wiekowych często przewyższa częstość występowania w młodszych grupach wiekowych.

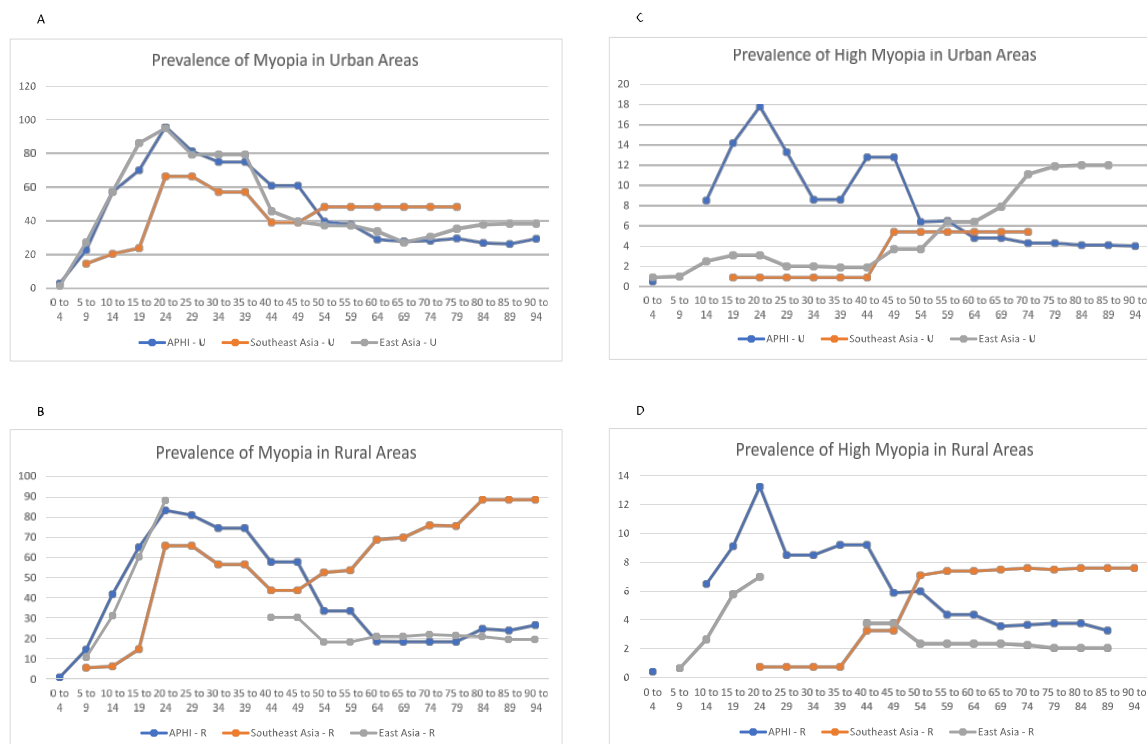
2.2. Wyniki edukacyjne

W **tabeli 1** przedstawiono również dwa parametry uwzględnione w indeksie rozwoju społecznego ONZ: przewidywaną liczbę lat nauki w momencie rozpoczęcia nauki w szkole oraz średnią liczbę lat nauki dla osób w wieku 25 lat i starszych. Średnia liczba lat nauki dla wszystkich krajów wynosiła mniej niż 12 lat dla grupy dorosłych, co jest zgodne z niskim poziomem krótkowzroczności w tej grupie. Oczekiwania dotyczące poziomu wykształcenia w momencie rozpoczęcia nauki w szkole wzrosły, a większość respondentów wskazała, że oczekuje co najmniej 12 lat nauki. Jednak kraj o najwyższym oczekiwanym poziomie wykształcenia, Tajlandia, osiągnął jedynie 15,6 lat.

Wyniki te należy porównać z danymi zawartymi w **tabeli 2**, dotyczącymi jurysdykcji, w których odnotowano wysoką częstość występowania krótkowzroczności. Średnia liczba lat nauki była tu nieco wyższa, chociaż w przypadku Chin kontynentalnych była podobna do wyników krajów Azji Południowo-Wschodniej, co jest zgodne z opóźnionym rozwojem systemu edukacji w Chinach kontynentalnych, który przyspieszył dopiero po zakończeniu rewolucji kulturalnej. Nie było nakładania się miar oczekiwanej liczby lat nauki dla obu grup. Wszystkie jurysdykcje, dla których dostępne były dane, wskazywały na ponad 12 lat oczekiwanej nauki, co sugeruje znaczny wzrost popularności dalszej edukacji w przyszłości, ale szacunki dla regionów APHI i GBD Azji Wschodniej były konsekwentnie wyższe niż dla regionu Azji Południowo-Wschodniej.

2.3. Wyniki PISA

Średnie wyniki surowe dla różnych tematów testów PISA w 2018 r. w zakresie czytania, matematyki i nauk ścisłych przedstawiono w **tabelach 1 i 2**. Wszystkie wyniki dla lokalizacji dotkniętych epidemią krótkowzroczności były powyżej 500 punktów, co plasuje je znacznie powyżej średniej OECD. Szczególnie w matematyce lokalizacje te osiągają najwyższy poziom. Natomiast wszystkie lokalizacje w Azji Południowo-Wschodniej osiągnęły wyniki znacznie poniżej średniej, plasując się generalnie w dolnej trzeciej części tabeli. W 2022 r. Chiny nie uczestniczyły w badaniu, ale dołączyła do niego Kambodża jako partner i zajęła ostatnią pozycję.



Ryc. 1. A do 1D: Ryciny te przedstawiają częstość występowania krótkowzroczności lub wysokiej krótkowzroczności (definiowanej jako krótkowzroczność większa niż -5D) w poszczególnych grupach wiekowych dla różnych regionów GBD. Dane zostały ponownie przedstawione na podstawie danych uzupełniających do pracy Holden et al.⁹ –a konkretnie z sekcji 5. Dane metaanalizy według regionu i urbanizacji. APHI oznacza region GBD Azji i Pacyfiku o wysokim dochodzie, który jest porównywany z regionami Azji Wschodniej i Azji Południowo-Wschodniej. -U oznacza, że dane dotyczą obszarów miejskich, natomiast -R oznacza, że dane dotyczą obszarów wiejskich.

3. Dyskusja

Ogólnie rzecz biorąc, analiza ta pokazuje, że dane, na których oparto prognozy dla krajów Azji Południowo-Wschodniej, były i pozostają bardzo ograniczone. Wszystkie dane pochodziły z badań przekrojowych, a ich niedostateczna ilość ogranicza możliwość wyciągnięcia wniosków. Nawet jeśli dostępnych jest więcej danych przekrojowych, znaczne różnice w metodologii uniemożliwiają próby wywnioskowania trendów w zakresie częstości występowania na podstawie porównania wyników badań przekrojowych przeprowadzonych w różnych momentach.

Główną kwestią jest zatem niepewność co do częstości występowania krótkowzroczności w grupie młodych dorosłych. Dwa artykuły, jeden dotyczący Indonezji, a drugi Tajlandii, sugerują, że częstość występowania jest bardzo wysoka i wynosi 61,6% oraz

63,7%, co jest zgodne z pojawieniem się epidemii krótkowzroczności. Oba badania przeprowadzono bez cykloplegii. Trudno pogodzić te dane z wynikami ostatnich badań przeprowadzonych w szkołach w Indonezji, które wykazały częstość występowania na poziomie 20–30%, chociaż ilość dostępnych danych jest ograniczona. Wskaźniki częstości występowania w tym zakresie stanowiłyby wyzwanie dla prognoz dotyczących zbliżającej się epidemii do 2050 r., ponieważ pozostało już tylko 25 lat. Kohorta wiekowa, która w 2050 r. będzie w wieku młodych dorosłych, urodzi się w ciągu najbliższych 10 lat, a systemy edukacyjne, które spowodują u nich krótkowzroczność, muszą być gotowe do czasu rozpoczęcia przez nich nauki.

Dane dotyczące oczekiwanej liczby lat nauki zawarte w Indeksie Rozwoju Społecznego ONZ oraz niskie wyniki krajów regionu Azji Południowo-Wschodniej nie wskazują, aby do 2035 r. udało się wdrożyć wymagane systemy edukacyjne o wysokiej wydajności. Biorąc pod uwagę obecny poziom wyników, konieczne byłoby znaczne zwiększenie intensywności nauczania, aby osiągnąć wysokie wyniki w badaniu PISA, które wydają się być warunkiem wstępnym epidemii krótkowzroczności. Biorąc pod uwagę tego rodzaju środki, wydaje się mało prawdopodobne, aby prognozy BHVI się spełniły.

Istnieje jednak precedens dla tego rodzaju gwałtownego wzrostu, ponieważ podobny wzrost w ciągu jednego pokolenia miał miejsce w Chinach pod koniec rewolucji kulturalnej⁴. Można uznać, że sytuacja w

w Chinach pod koniec rewolucji kulturalnej była pod wieloma względami wyjątkowa, ponieważ kraj ten kładł silny nacisk na edukację zgodnie z zasadami konfucjanizmu³⁶ i odczuwał stłumiony popyt na edukację spowodowany zakłóceniami podczas rewolucji kulturalnej, nagle przyjmując szybki rozwój gospodarczy, rozbudowę systemu szkolnictwa i rozszerzenie edukacji uniwersyteckiej, a także doganiając resztę regionu Azji Wschodniej pod względem rozwoju krótkowzroczności w ciągu około 20 lat. Równie szybki rozwój mniej udokumentowanej epidemii krótkowzroczności nastąpił wśród ludności Eskimosów zamieszkujących dalekie północne szerokości geograficzne, kiedy to ludność ta została przeniesiona do osad, a raczej prymitywna edukacja stała się obowiązkowa³⁷.

Sytuacja w Azji Południowo-Wschodniej nie jest analogiczna do powyższych przypadków. Chociaż można oczekiwać, że przynajmniej niektóre kraje Azji Południowo-Wschodniej osiągną dość szybki rozwój gospodarczy dzięki coraz lepiej wykształconej populacji, byłoby zaskakujące, gdyby podążyły one niezwykle szybką ścieżką rozwoju obraną przez Chiny. Azja Południowo-Wschodnia nie ma takiego samego kulturowego zaplecza, jakim jest konfucjańskie przekonanie, że droga do sukcesu prowadzi przez intensywną naukę, z wyjątkiem społeczności chińskich zamieszkujących te tereny. Azja Południowo-Wschodnia nie leży również na ekstremalnych szerokościach geograficznych północnych, gdzie destabilizujące skutki ekstremalnych zmian sezonowych w nasłonecznieniu mogą sprawiać, że dzieci są bardziej podatne na presję edukacyjną.

Dane dotyczące częstości występowania są zatem trudne do interpretacji. Dwie publikacje sugerują, że Indonezja i Tajlandia w Azji Południowo-Wschodniej są już na dobrej drodze do rozwoju epidemii krótkowzroczności. Jednak większość pozostałych danych dotyczących częstości występowania krótkowzroczności sugeruje, że region ten jest daleki od osiągnięcia poziomu epidemii, a wniosek ten jest zgodny z dowodami dotyczącymi osiągnięć edukacyjnych i oczekiwań oraz niskimi wynikami w badaniach PISA.

Jedną z możliwości, którą należy wziąć pod uwagę, jest to, że wysoka częstość występowania krótkowzroczności zgłaszana wśród młodych dorosłych w Indonezji i Tajlandii odzwierciedla krótkowzroczność związaną z wczesnym pojawieniem się zmian w zaćmie spowodowanych wysokim narażeniem na promieniowanie UV w tych środowiskach.

a nie rozwój krótkowzroczności związany z nauką szkolną. Silne działanie ochronne edukacji opisane w badaniu dotyczącym osób starszych w Mjanmie, które znacznie różni się od większości innych wyników dotyczących związku między edukacją a krótkowzrocznością, sugeruje, że w tym więksim środowisku, gdzie standardy edukacyjne były prawdopodobnie bardzo niskie, dzieci, które otrzymały pewne wykształcenie, były zwolnione z długich godzin pracy w polu, a tym samym chronione przed rozwojem krótkowzroczności związanej z zaćmą. Ujawniło to mniejszą częstość występowania krótkowzroczności związanej z ich edukacją szkolną.

Istnieje zatem pilna potrzeba uzyskania większej ilości danych dotyczących częstości występowania krótkowzroczności w regionie Azji Południowo-Wschodniej, a także w wielu innych częściach świata. Sugeruję, aby w ramach szybkiego gromadzenia danych skoncentrować się na określeniu częstości występowania krótkowzroczności w grupie młodych dorosłych pod koniec formalnej edukacji szkolnej. Wysoka częstość występowania krótkowzroczności na tym etapie wydaje się być charakterystyczną cechą obecnej epidemii. Chociaż idealnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie refrakcji cykloplegicznej, która jest złotym standardem ⁽³⁸⁾, pozostaje pytanie, czy częstość występowania zbliża się do 80%, czy raczej wynosi 20–30%, a poziom ten można osiągnąć poprzez pomiary ostrości wzroku lub refrakcję niecykloplegiczną na reprezentatywnej próbie uczniów szkół średnich, uwzględniając odsetek osób w danym wieku, które ukończyły 12 lat nauki szkolnej. Niezależnie od tego, jakie dane zostaną wykorzystane, należy je dokładnie zbadać, aby sprawdzić, czy refrakcja krótkowzroczna lub niższa ostrość wzroku są związane z rozwojem krótkowzroczności szkolnej lub z wczesnym pojawieniem się zmian refrakcji związanych z rozwojem zaćmy.

Ocena tych dowodów wywołała bardziej ogólne pytania dotyczące prac nad przyszłymi prognozami dotyczącymi częstości występowania krótkowzroczności. Prognozy BHVI koncentrowały się na określeniu częstości występowania w populacji w wieku od 0 do 100 lat i obejmowały wszystkie refrakcje krótkowzroczne. Dane z sekcji 5 materiałów uzupełniających Holdena i wsp. sugerują, że poziom krótkowzroczności, a w mniejszym stopniu również wysoka krótkowzroczność, są bardzo wysokie wśród osób starszych w niektórych badanych regionach. Wzorec wysokiej i rosnącej częstości występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności u osób starszych jest bardziej zgodny z rozwojem krótkowzroczności u osób starszych w połączeniu z zaćmą. Może to stanowić szczególnie problem w regionie Azji Południowo-Wschodniej, położonym w regionach równikowych, gdzie ekspozycja na promieniowanie UV jest znacznie wyższa niż w bardziej ekstremalnych szerokościach geograficznych. W połączeniu z ograniczonym dostępem do operacji zaćmy na obszarach wiejskich może to prowadzić do wysokich szacunków częstości występowania, które będą miały wpływ na szacunki i prognozy dotyczące częstości występowania w populacji.

Ponieważ krótkowzroczność związana z nauką szkolną wydaje się być podstawą obecnej epidemii w regionach APHI i GBD Azji Wschodniej i wydaje się być etiologicznie odrębna od krótkowzroczności związanej z zaćmą u osób starszych, przydatne byłoby, gdyby przyszłe modele prognostyczne rozróżniały te dwie formy krótkowzroczności. Ograniczenie analizy do młodych dorosłych w najstarszym wieku w znacznym stopniu wyeliminowałoby wpływ krótkowzroczności związanej z zaćmą na obecne prognozy, zwłaszcza jeśli podjęto by próby zidentyfikowania przypadków związanych z bardzo wczesnymi zmianami zaćmy. Medycyna precyzyjna wymaga rozpoznania różnych etiologii różnych schorzeń powodujących krótkowzroczność, a uwzględnienie tego w przyszłych prognozach pozwoliłoby na większą pewność co do prawdopodobnych perspektyw rozwoju szerszej epidemii krótkowzroczności w przyszłości.

Ponadto częstość występowania krótkowzroczności wśród młodych dorosłych, interpretowana w kontekście odsetka osób w danej grupie wiekowej, które ukończyły różne poziomy edukacji, stanowi solidną podstawę do prognozowania przyszłej częstości występowania krótkowzroczności wśród dorosłych, chociaż należy uwzględnić dalszy rozwój krótkowzroczności szkolnej u dorosłych. Co ważne, oparcie analizy na częstości występowania krótkowzroczności w tej grupie wiekowej oznacza, że wpływ prawdopodobnie nieprzewidywalnych zmian w systemie edukacji, które będą raczej specyficzne dla poszczególnych krajów niż regionów, jak pokazuje różnica w rozwoju epidemii krótkowzroczności w Chinach kontynentalnych w porównaniu z pozostałymi krajami Azji Wschodniej, jest uwzględniony w punkcie odniesienia dla prognoz. Powinno to umożliwić bardziej precyzyjne prognozy w przyszłości.

Referencje

- Chew SJ, Chia SC, Lee LK. Wzorec krótkowzroczności u młodych mężczyzn w Singapurze. *Singap Med J*. 1988;29:201–211.
- Lin LL, Shih YF, Hsiao CK, et al. Częstość występowania krótkowzroczności wśród tajwańskich uczniów: 1983–2000. *Ann Acad Med Singap*. 2004;33:27–33.
- He M, Zeng J, Liu Y, et al. Wady refrakcji i upośledzenie wzroku u dzieci mieszkających w miastach południowych Chin. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:793–799.
- Morgan IG, French AN, Ashby RS i in. Epidemia krótkowzroczności: etiologia i profilaktyka. *Prog Retin Eye Res*. 2018;62:134–149.
- Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Krótkowzroczność. *Lancet*. 2012;379:1739–1748.
- Morgan I, Rose K. Jak bardzo krótkowzroczność szkolna jest uwarunkowana genetycznie? *Prog Retin Eye Res*. 2005;24:1–38.
- Tedja MS, Haarman AEG, Meester-Smoor MA i in. IMI – Raport dotyczący genetyki krótkowzroczności. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60:M89–M105.
- Manolio TA, Collins FS, Cox NJ i in. Odkrywanie brakującej dziedziczności złożonych chorób. *Nature*. 2009;461:747–753.
- Holden BA, Frick TR, Wilson DA i in. Globalna częstość występowania krótkowzroczności i wysokiej krótkowzroczności oraz trendy czasowe w latach 2000–2050. *Okulistyka*. 2016;123:1036–1042.
- Morgan IG, Rose KA. Krótkowzroczność a wyniki w nauce na poziomie międzynarodowym. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2013;33:329–338.
- Bez D, Megreli J, Bez M, et al. Związek między rodzajem systemu edukacyjnego a częstością występowania i nasileniem krótkowzroczności wśród nastoletnich chłopców w Izraelu. *JAMA Ophthalmol*. 2019;137:887–893.
- Zylbermann R, Landau D, Berson D. Wpływ nawyków związanych z nauką na krótkowzroczność u nastolatków pochodzenia żydowskiego. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1993;30:319–322.
- Jong M, Naduvilath T, Saw J, et al. Związek między globalną częstością występowania krótkowzroczności a międzynarodowym poziomem edukacji. *Optom Vis Sci*. 2023;100:702–707.
- Saw SM, Gazzard G, Koh D, et al. Częstość występowania wad refrakcji na Sumatrze w Indonezji. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43:3174–3180.
- Mahayana IT, Indrawati SG, Pawioranu S. Częstość występowania nieskorygowanych wad refrakcji u dzieci w wieku szkolnym mieszkających w miastach, na przedmieściach, na obszarach podmiejskich i wiejskich w populacji indonezyjskiej. *Int J Ophthalmol*. 2017;10:1771–1776.
- Grzybowski A, Kancelerz P, Tsubota K, et al. Przegląd epidemiologii krótkowzroczności wśród dzieci w wieku szkolnym na całym świecie. *BMC Ophthalmol*. 2020;20:27.
- Yusni Y, Meutia F. Częstość występowania krótkowzroczności i jej korelacja z cechami demograficznymi przed pandemią COVID-19 wśród dzieci w wieku szkolnym (6–19 lat) z Aceh w Indonezji. *Mod Med*. 2023;30:125–131.
- Barliana JD, Yeni DL, Fedora G i in. Częstość występowania krótkowzroczności i czynniki z nią związane wśród dzieci w wieku szkolnym w miejscowości Pamijahan w dystrykcie Bogor. 2023;11:3–7.
- Zakrzewski H, Berzins S, Bulloch AGM, et al. Częstość występowania krótkowzroczności u dzieci w wieku szkolnym na obszarach wiejskich i miejskich wyspy Cebu na Filipinach. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56:2934.
- Paudel P, Ramson P, Naduvilath T, et al. Częstość występowania wad wzroku i wad refrakcji u dzieci w wieku szkolnym w prowincji Ba Ria - Vung Tau w Wietnamie. *Clin Exp Ophthalmol*. 2014;42:217–226.
- Hung HD, Chinh DD, Tan PV, et al. Częstość występowania krótkowzroczności i czynniki z nią związane wśród dzieci w wieku szkolnym na obszarach wiejskich Wietnamu. *Clin Ophthalmol*. 2020;14:1079–1090.
- Yingyong P. Badanie wad refrakcji u dzieci w wieku szkolnym (6–12 lat) w dwóch prowincjach: Bangkok i Nakhonpathom (wyniki z jednego roku). *J Med Assoc Thai*. 2010;93:1205–1210.
- Jenchitr W, Raiyawa S. Wady refrakcji: główna przyczyna upośledzenia wzroku w Tajlandii. *Rangsit J Arts Sci*. 2012;2:133–141.
- Attebo K, Ivers RQ, Mitchell P. Wady refrakcji u osób starszych: badanie Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*. 1999;106:1066–1072.
- Kempen JH, Mitchell P, Lee KE i in. Częstość występowania wad refrakcji wśród dorosłych w Stanach Zjednoczonych, Europie Zachodniej i Australii. *Arch Ophthalmol*. 2004;122:495–505.
- Gupta A, Casson RJ, Newland HS i in. Częstość występowania wad refrakcji na obszarach wiejskich w Birnie: badanie Meiktila Eye Study. *Okulistyka*. 2008;115:26–32.
- Goh PP, Abqariyah Y, Pokharel GP, et al. Wady refrakcji i upośledzenie wzroku u dzieci w wieku szkolnym w dystrykcie Gombak w Malezji. *Ophthalmology*. 2005;112:678–685.
- Garner LF, Meng CK, Grosvenor TP i in. Wymiary gałki ocznej i moc refrakcyjna u dzieci malajskich i melanezyjskich. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1990;10:234–238.
- Chung KM, Mohidin N, Yeow PT i in. Częstość występowania zaburzeń widzenia u chińskich uczniów. *Optom Vis Sci*. Listopad 1996;73:695–700.
- Hashim SE, Tan HK, WH Wan-Hazabbah i in. Częstość występowania wad refrakcji u malajskich dzieci w wieku szkolnym w przedmieściach Kota Bharu, Kelantan, Malezja. *Ann Acad Med Singap*. 2008;37:940–946.
- Yahya AN, Sharanjeet-Kaur S, Akhir SM. Rozkład wad refrakcji wśród zdrowych niemowląt i małych dzieci w wieku od 6 do 36 miesięcy w Kuala Lumpur w Malezji – badanie pilotażowe. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:4730.
- Omar R, Wong MES, Majumder C, Knight VF. Rozkład wad refrakcji wśród chińskich dzieci w wieku szkolnym na obszarach wiejskich w Pahang w Malezji. *Malays Fam Physician*. 2022;17:29–35.
- Wardati HJ, Karimamah W, Khadijah M, et al. Wady refrakcji i niedowidzenie wśród dzieci ze szkół podstawowych na odległych wyspach wschodniego wybrzeża Półwyspu Malajskiego. *Med J Malaysia*. 2024;79:499–506.
- Gao Z, Meng N, Muecke J, et al. Wady refrakcji u dzieci w wieku szkolnym w środowisku miejskim i wiejskim w Kambodży. *Ophthalmic Epidemiol*. 2012;19:16–22.
- Casson RJ, Kahawita S, Kong A, et al. Wyjątkowo niskie występowanie wad refrakcji i zaburzeń widzenia u dzieci w wieku szkolnym z Laotańskiej Republiki Ludowo-Demokratycznej. *Ophthalmology*. 2012;119:2021–2027.

36. Yii F. Kulturowe korzenie boomu na krótkowzroczność w konfucjańskiej Azji i ich implikacje. *J Public Health Policy*. 2024.
37. Rozema JJ, Boulet C, Cohen Y, et al. Ponowna ocena historycznej epidemii krótkowzroczności w rdzennych społecznościach arktycznych. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2021;41:1332–1345.
38. Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, et al. Refrakcja cykloplegiczna jest złotym standardem w badaniach epidemiologicznych. *Acta Ophthalmol*. 2015;93:581–585.