

Évaluation des fonctions binoculaire et accommodative comme facteurs prédictifs de la progression de la myopie

Stanley W. Hatch, O.D., MPH,
FAAO, FOVDRA

Chef, Pediatric and Binocular Vision
Service, The Eye Institute

Professeur agrégé, Collège
d'optométrie de la Pennsylvanie,
États-Unis

N° d'identification ORCID
0000-0002-1696-7350

Résumé

Introduction

Cette étude a été conçue pour évaluer si des tests courants des fonctions binoculaire et accommodative peuvent prédire la progression de la myopie chez les enfants. Elle a porté sur des mesures cliniques moins étudiées, autres que le retard d'accommodation et la phorie.

Méthodologie

Cette étude de cohorte rétrospective a examiné les patients âgés de tout juste 5 ans à 17 ans moins un jour dans une clinique universitaire états-unienne située en milieu urbain. Les fonctions binoculaire et accommodative ont été mesurées dans un échantillon de 410 patients ayant une acuité visuelle corrigée normale. Ces fonctions ont été mises en corrélation avec l'évolution de la réfraction cycloplégique au fil du temps.

Résultats

La période d'observation moyenne était de 2,59 ans ($\pm 0,70$ an). Les coefficients de corrélation de Pearson entre les mesures des fonctions binoculaire et accommodative, et le changement réfractif étaient faibles ($r = -0,02$ à $0,03$). L'exclusion des patients ayant un strabisme constant et la stratification selon le type de phorie (exotropie ou ésophorie), ainsi que des mesures de la vergence fusionnelle n'ont apporté aucune amélioration significative ($r = -0,10$ à $0,07$). Même chez les patients à risque élevé de myopie et de progression de la myopie (réfraction de référence de $\leq 0,75$ D), les corrélations sont demeurées faibles ($r = -0,12$ à $0,06$).

Conclusion

Dans cet échantillon clinique, les résultats de tests courants des fonctions binoculaire et accommodative étaient indépendants des changements survenus dans l'erreur de réfraction, et aucune distinction n'a pu être établie entre l'apparition ou la progression future de la myopie.

Mots clés

Myopie, vision binoculaire, accommodation

Citation proposée

Hatch SW. Évaluation des fonctions binoculaire et accommodative comme facteurs prédictifs de la progression de la myopie. *Revue canadienne d'optométrie*. 2025;87(3):35-42. DOI : 10.15353/cjo.v87i3.6384

Introduction

Depuis plusieurs décennies, la fréquence et la gravité de la myopie ont augmenté, en particulier chez les enfants, et on s'attend à ce qu'elles continuent d'augmenter^{1,2}. Les principaux facteurs de risque non cliniques comprennent les antécédents parentaux, l'origine familiale, le temps passé à l'intérieur et la quantité d'activités visuelles sollicitant la vision de près (lecture, ordinateur, tablette, téléphone intelligent)³⁻¹⁴. Parmi eux, les antécédents parentaux sont ceux qui affichent la plus forte corrélation.

Les facteurs de risque cliniques de la progression de la myopie comprennent l'âge à l'apparition de l'anomalie, l'ampleur de la myopie, la longueur axiale, le rapport accommodation-convergence, le retard d'accommodation, la puissance cornéenne et l'épaisseur des lentilles^{3,4,6,15}. Parmi eux, l'ampleur de la myopie à l'âge de 6 à 8 ans s'est révélée être le meilleur facteur prédictif de la progression de la myopie⁴. Comme on l'a noté dans l'étude CLEERE (*Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error*) : « Les enfants dont l'apparition était plus précoce présentaient des taux plus élevés de progression de la myopie (0,58 D/année à 7 ans c. 0,16 D/année à 13 ans)⁴. » L'introduction de variables supplémentaires faibles, mais statistiquement significatives, telles que le rapport accommodation-convergence, le retard d'accommodation, la puissance cornéenne et l'épaisseur des lentilles, a légèrement amélioré les prédictions⁴.

Certaines études sur l'accommodation ont révélé une corrélation insuffisante entre la réponse accommodative et l'ampleur de la myopie¹⁶⁻¹⁹. D'autres études ont révélé que la réponse accommodative ne prédisait pas l'apparition ou la progression de la myopie^{20,21}. Goss et ses collaborateurs ont publié une série d'articles sur les caractéristiques cliniques des enfants âgés de 6 à 15 ans chez lesquels la myopie est apparue comparativement à ceux qui sont demeurés emmétropes^{19,22,23}. Les variables corrélées à l'apparition de la myopie étaient une amplitude d'accommodation binoculaire plus faible (mesurée par stimulation à l'aide d'une lentille négative), l'ésophorie, une insuffisance de convergence plus élevée de près et un retard d'accommodation plus important.

Des essais cliniques subséquents ont montré que le port de lunettes multifocales peut ralentir la progression de la myopie chez les enfants dans certains

cas, notamment en présence d'ésophorie (moyenne de 0,14 D de moins sur 18 à 36 mois d'usure)²⁴. L'étude COMET (*Correction of Myopia Evaluation Trial*) a révélé que les enfants qui présentaient une ésophorie et un retard d'accommodation élevés, et qui portaient des lunettes multifocales ont progressé en moyenne de 0,64 D de moins par rapport à un groupe apparié d'enfants qui portaient des lunettes unifocales pour la vision de loin, pendant une période d'observation de trois ans²⁵. On ne sait pas si les écarts découlaient des effets sur le retard d'accommodation, l'amplitude d'accommodation, l'ésophorie ou une combinaison de ces fonctions.

Donc, parmi les facteurs de risque cliniques connus, l'ampleur de la myopie à l'âge de 6 à 8 ans est le meilleur pour prédire la progression de la myopie dans les années à venir, tandis que d'autres mesures cliniques n'apportent que des améliorations modestes au modèle prédictif. Toutefois, certaines études apportent des preuves relativement solides du rôle prédictif des fonctions binoculaire et accommodative, en particulier la réponse accommodative et l'ésophorie, tandis que d'autres n'en ont relevé que peu.

Les traitements de contrôle de la myopie ont gagné en popularité auprès des fournisseurs de soins oculovisuels et des patients. Les méthodes les plus étudiées sont notamment l'orthokératologie, les lentilles de contact en hydrogel à distance multifocale, l'atropine à faible dose, la thérapie par lumière rouge et les lentilles à multiples segments de défocalisation (DIMS, pour *Defocus Incorporated Multiple Segments*)^{24,26}. Chacun de ces traitements freine généralement la progression de la myopie. Dans un rapport précédent tiré de cet ensemble de données, la myopie est apparue chez 80 % des patients emmétropes et chez 67 % des patients atteints d'une hypermétropie de 0,75 D ou moins²⁷. Serait-il approprié de prodiguer un traitement pour freiner la myopie chez ces patients? Les enfants atteints de myopie ne connaissent pas tous une progression de l'anomalie, et ce ne sont pas tous les enfants emmétropes ou atteints d'hypermétropie faible qui deviennent myopes.

La présente étude vise à déterminer si des mesures issues de tests courants des fonctions binoculaire et accommodative peuvent servir à prédire l'apparition ou la progression de la myopie. Plus précisément, plusieurs mesures qui n'avaient pas

Tableau 1. Critères d'appartenance à la cohorte.

Inclusion	Exclusion
De tout juste 5 ans à 17 ans moins un jour	Amblyopie, soit meilleure acuité visuelle corrigée inférieure à 20/30 (6/9) dans un œil ou l'autre, ou écart de deux lignes d'acuité ou plus entre les yeux en présence d'un facteur amblyogénique
Capacité à fournir une confirmation verbale ou équivalente de l'acuité visuelle sur un tableau de Snellen, de Lea, HOTV ou de traitement précoce de la rétinopathie diabétique	Antécédents d'au moins un des traitements de contrôle de la myopie suivants : atropine à faible dose, lentilles cornéennes multifocales ou orthokératologie
Meilleure acuité visuelle corrigée de 20/30 (6/9) ou mieux pour chaque œil	Affection oculaire diagnostiquée qui pourrait diminuer l'acuité visuelle centrale
Examen complet de la vue, dont la réfraction cycloplégique	Manifestation d'un nystagmus en position primaire
Examen complet subséquent, dont la réfraction cycloplégique, plus d'un an après l'examen de référence	

été étudiées auparavant, mais qui ont facilement été intégrées à l'examen oculovisuel de routine, ont été évaluées en ce qui a trait au changement réfractif. Ces mesures ont été prises pour toutes les erreurs de réfraction et toutes les déviations de l'œil, puis stratifiées de la façon suivante :

- les erreurs de réfraction présentant le risque le plus élevé de progression de la myopie;
- l'exophorie et l'ésophorie.

Méthodologie

Nous avons choisi le contexte pandémique du SRAS-2-CoV comme période d'observation en raison de l'incidence accrue de la myopie dans la population fréquentant la clinique. L'augmentation de la myopie peut être associée au passage à l'apprentissage en ligne, à la réduction du temps passé à l'extérieur ou à l'utilisation accrue des appareils numériques^{14,27}.

Un comité d'éthique indépendant a examiné notre projet recherche et l'a reconnu conforme aux principes et lignes directrices applicables pour la protection des sujets humains dans le cadre de la recherche biomédicale. Plus particulièrement, selon une procédure d'évaluation accélérée, le comité d'examen institutionnel de l'Université Salus a approuvé le projet comme étant exonéré en vertu du règlement fédéral des États-Unis 45CFR 46.104, paragraphe (d)(4)(ii).

Ainsi, nous avons examiné le dossier de tous les patients de tout juste 5 ans à 17 ans moins un jour qui ont passé des examens complets de la vue au Pediatric and Binocular Vision Service du Eye Institute

de Philadelphie, en Pennsylvanie, du 1^{er} mars 2019 au 29 février 2020, inclusivement. Les critères d'inclusion et d'exclusion figurent dans le tableau 1.

Les données de référence (expositions) et les données sur les résultats tirées des examens complets de 2019 à 2020 sont présentées dans le tableau 2. Toutes les données sur les sujets ont été anonymisées. La fréquence des erreurs de réfraction dans les données de référence était l'hypermétropie à 62 %, l'emmétropie à 2 % et la myopie à 36 %. La fréquence des erreurs de réfraction dans les résultats observés était l'hypermétropie à 54 %, l'emmétropie à 2 % et myopie à 44 %. La mesure des fonctions binoculaire et accommodative était conforme aux lignes directrices de Scheiman et Wick²⁸. En bref, les procédures normalisées au sein de la clinique pour cette mesure consistaient à effectuer des tests des fonctions binoculaire et accommodative à l'aide d'une réfraction non cycloplégique dans une lunette d'essai ou au moyen de la correction habituelle si aucun changement important n'était prévu dans la prescription des lunettes. Le point de convergence de près a été mesuré à l'aide d'une cible accommodative de 0,18 logMAR (20/30, [6/9]) déplacée de 40 cm vers le plan des lunettes jusqu'à ce que le patient signale une diplopie ou que l'observateur voie un œil tourner. La vergence fusionnelle négative (point de rupture base externe) de près a été généralement mesurée avec la même cible et une barre à prisme. Le prisme base interne de la puissance la plus basse a été placé devant un œil et augmenté jusqu'à ce que le patient signale une diplopie ou que l'observateur remarque une perte de l'alignement. La vergence fusionnelle positive (point de rupture base

Tableau 2. Variables d'exposition recueillies lors des examens de référence préalables à la pandémie effectués du 1^{er} mars 2019 au 29 février 2020

Variable indépendante
Date de l'examen
Âge
Moment de l'observation
Réfraction cycloplégique
Test de l'écran de loin
Test de l'écran de près
Point de rupture du punctum proximum de convergence
Point de reprise du punctum proximum de convergence
Divergence de près (flou, rupture et reprise)
Convergence de près (flou, rupture et reprise)
Amplitude d'accommodation de chaque œil

interne) de près a été mesurée de la même manière, mais à l'aide d'un prisme base externe. L'amplitude d'accommodation monoculaire a été mesurée avec la même cible accommodative placée à moins de 2 cm de l'œil, puis déplacée jusqu'à ce que le patient puisse lire la ou les lettres.

Les procédures normalisées pour la cycloplégie au cours de la période à l'étude consistaient à utiliser une ou deux gouttes de cyclopentolate à 1 % chez les nouveaux patients, les patients pris en charge présentant un strabisme et les patients pris en charge présentant une ésochorie. À sa discrétion, la personne responsable de la correction pouvait utiliser du tropicamide à 1 % chez les patients pris en charge présentant une myopie, une emmétropie ou une faible hypermétropie sans ésochorie ni ésochorie. On a utilisé des erreurs de réfraction en équivalent sphérique de l'œil droit dans les calculs. De même, seules les données de l'œil droit ont servi à mesurer la fonction monoculaire, notamment l'amplitude d'accommodation. Il est possible d'avoir accès aux données originales en communiquant avec l'auteur.

Résultats

Au total, 410 patients ont été observés pendant 2,59 ans ($\pm 0,70$ an) en moyenne. Les mesures réfractives et les amplitudes d'accommodation sont consignées pour l'œil droit seulement. La taille de

Tableau 3. Coefficient de corrélation de Pearson (r) pour la mesure clinique et la variation en équivalent sphérique de la réfraction cycloplégique de l'œil droit

Variable indépendante	n	r
Test de l'écran de loin	401	-0,02
Test de l'écran de près	403	-0,01
Test de l'écran de loin à l'exclusion des patients ayant un strabisme constant	396	-0,02
Test de l'écran de près à l'exclusion des patients ayant un strabisme constant	398	0,01
Point de rupture du punctum proximum de convergence	387	-0,01
Point de reprise du punctum proximum de convergence	382	-0,02
Amplitude d'accommodation de l'œil droit	373	0,03

l'échantillon et le coefficient de corrélation pour chaque test de vision binoculaire avant la stratification par type de phorie et par réfraction de référence sont présentés au tableau 3. Le nombre de participants pour chaque test indiqué dans les tableaux varie. Certains examens n'ont pas pu être réalisés chez tous les patients. Par exemple, les vergences ne peuvent être mesurées chez les patients qui présentent un strabisme constant. Des enfants refusaient certains tests ou ne les comprenaient pas suffisamment, et les paramètres de quelques examens n'étaient tout simplement pas mesurés ou consignés.

Étant donné que l'état binoculaire peut avoir une incidence sur l'accommodation et possiblement la progression de la myopie, les patients présentant un strabisme constant de loin ou de près ont été exclus des analyses secondaires. Les données ont ensuite été stratifiées par direction de la déviation. Les résultats stratifiés sont présentés aux tableaux 4 et 5. L'orthophorie a été combinée à l'ésochorie parce que l'alignement normal de près est légèrement exophorique²⁸.

Le tableau 6 présente les corrélations des fonctions binoculaire et accommodative avec l'évolution de la réfraction cycloplégique chez les patients à risque élevé, ceux dont l'erreur de réfraction de référence est de $\leq 0,75$ D.

Tableau 4. Premières analyses secondaires de patients atteints d'ésophorie* ou d'ésotropie intermittente (à l'exclusion des patients ayant un strabisme constant)

Variable indépendante	<i>n</i>	<i>r</i>
Test de l'écran de loin (ampleur de l'écart)	167	-0,01
Test de l'écran de près (ampleur de l'écart)	168	-0,01
Point de rupture de la vergence fusionnelle négative de près	151	-0,05
Point de rupture de la vergence fusionnelle négative de près par rapport à l'ampleur de l'exophorie ou de l'exotropie intermittente	168	-0,07
Amplitude d'accommodation de l'œil droit	152	0,02

* L'orthophorie est incluse dans l'ésophorie parce que la phorie de près moyenne est légèrement exophorique²⁹.

Discussion

Les facteurs de risque les plus importants pour la progression de la myopie sont l'âge à l'apparition de l'anomalie, l'ampleur de la myopie et les antécédents parentaux de myopie³⁻¹². Des rapports antérieurs ont révélé des relations entre certaines fonctions binoculaire (ésophorie) et accommodative (amplitude et réponse accommodatives)^{16-19,22,23}. De plus, les sujets qui présentaient une ésophorie et à qui on avait prescrit une addition en vision de près présentaient généralement une progression plus lente de la myopie que ceux qui portaient des lunettes à simple foyer²³⁻²⁵. Dans cet échantillon, la phorie mesurée à l'aide d'un test de l'écran avec correction de réfraction n'était pas corrélée à la progression de la myopie ($r = 0,03$ pour tous les types de phorie ou le strabisme intermittent et $r = -0,01$ pour l'ésophorie uniquement). Pour approfondir l'étude, le rapport du point de rupture pour la vergence fusionnelle négative de près divisée par la quantité de phorie a été analysé en fonction de la progression de la myopie. Une meilleure vergence fusionnelle négative suggère une tendance à un retard d'accommodation, qui est un facteur de risque pour l'apparition et la progression de la myopie²³⁻²⁵. La valeur de corrélation résultante ($r = -0,05$) montre clairement que ce n'est pas le

Tableau 5. Deuxièmes analyses secondaires de patients atteints d'exophorie ou d'exotropie intermittente (à l'exclusion des patients ayant un strabisme constant)

Variable indépendante	<i>n</i>	<i>r</i>
Test de l'écran de loin (ampleur de l'écart)	118	-0,10
Test de l'écran de près (ampleur de l'écart)	230	0,03
Point de rupture du punctum proximum de convergence	223	-0,01
Point de reprise du punctum proximum de convergence	217	-0,07
Point de rupture de la vergence fusionnelle positive de près	213	-0,08
Point de rupture de la vergence fusionnelle positive de près par rapport à l'ampleur de l'exophorie ou de l'exotropie intermittente	213	0,03
Amplitude d'accommodation de l'œil droit	213	0,05

cas dans cet échantillon. La même analyse a été effectuée pour le rapport du point de rupture pour la vergence fusionnelle positive de près divisée par la quantité d'exophorie. Le fait que les critères de Sheard ne soient pas satisfaits (ratio de $< 2,0$) est un facteur prédictif d'une insuffisance de convergence symptomatique²⁸. Les sujets présentant des ratios plus élevés sont plus susceptibles de répondre aux critères de Sheard et, par conséquent, de présenter une vision moins floue (dysfonction accommodative) et sont peut-être mieux protégés contre la myopie. Encore une fois, nous n'avons trouvé aucune corrélation avec la mesure de l'exophorie ($r = 0,03$) ou le rapport entre la vergence fusionnelle positive et l'exophorie ($r = 0,03$).

Une faible amplitude d'accommodation et un punctum proximum de convergence inadéquat ont également été corrélés à la progression de la myopie dans d'autres études^{16-19,22,23}. Dans cet échantillon, les changements réfractifs étaient indépendants du point de convergence proche et de l'amplitude d'accommodation, même après une analyse séparée de l'ésophorie et de l'exophorie. En outre, des corrélations ont été calculées pour les patients qui présentaient le plus grand risque d'apparition ou

Tableau 6. Mesure des fonctions binoculaire et accommodative corrélée à la progression de la myopie dans l'œil droit chez les patients dont la réfraction cycloplégique de référence était de $\leq 0,75$ D (à l'exclusion des patients ayant un strabisme constant)

Variable indépendante	<i>n</i>	<i>r</i>
Test de l'écran de loin	235	-0,02
Test de l'écran de près	236	0,01
Point de rupture du punctum proximum de convergence	225	-0,04
Point de reprise du punctum proximum de convergence	225	-0,07
Point de rupture de la vergence fusionnelle négative de près	217	-0,12
Point de rupture de la vergence fusionnelle positive de près	216	-0,09
Amplitude d'accommodation	215	0,06

de progression de la myopie, ceux dont la réfraction cycloplégique de référence était de 0,75 D ou moins²⁷. Encore une fois, les corrélations étaient essentiellement nulles (voir tableau 6).

Dans d'autres études, le retard d'accommodation était un facteur prédictif de la myopie¹⁶⁻¹⁹. Dans la présente étude, le retard d'accommodation n'a pas été mesuré systématiquement, de sorte que sa corrélation avec l'apparition ou la progression de la myopie n'a pu être calculée. Un retard d'accommodation plus élevé est généralement observé dans les cas d'ésophorie de près et d'insuffisance accommodative²⁸. Les données présentées ici n'ont pas montré de lien entre l'ésophorie de près ou l'insuffisance accommodative et la progression de la myopie, un résultat similaire à celui trouvé par Price et ses collaborateurs²⁰.

Pourquoi l'absence de corrélation entre la vision binoculaire et les conditions d'accommodation dans cet échantillon par rapport à la plupart des publications précédentes? La myopie était courante à tous les âges dans cet échantillon, de sorte que les enfants atteints de myopie n'étaient pas sous-représentés. La clientèle du Eye Institute de Philadelphie est principalement d'origine afro-américaine et compte un petit nombre d'enfants asiatiques et blancs. Les enfants d'Asie de l'Est présentent la plus forte incidence et progression de la myopie, bien qu'elle

ne soit certainement pas rare chez les enfants afro-américains^{4,5}. Les différences raciales sont des explications possibles. Cependant, il n'existe pas de différences connues dans les mécanismes de la myopie entre les origines ethniques ou dans les fonctions binoculaire et accommodative. La différence la plus importante dans cet échantillon est le moment de l'observation. La présente étude porte sur le seul groupe observé pendant la pandémie de SRAS-2-CoV, lorsque les enfants ont suivi un apprentissage à distance. De plus, la plupart des études précédentes sur les fonctions binoculaire et accommodative comme facteurs prédictifs ont été réalisées avant l'arrivée des téléphones intelligents et des tablettes numériques. La question de savoir si l'exposition à un écran d'affichage numérique a un effet différent du point de vue biologique de la lecture de livres et de l'écriture sur papier pour le développement de la myopie demeure controversée, mais la plupart conviendront que la durée de l'exposition à une vision proche a considérablement augmenté au cours des dernières années. La façon dont l'exposition à un appareil numérique pourrait modifier la relation entre les fonctions binoculaire et accommodative au fil du temps et leur relation avec la progression de la myopie est une question qui doit être étudiée davantage.

Limites

Il se peut que les données d'une population clinique ne soient pas comparables à celles d'une population générale et qu'une clinique universitaire ne soit pas représentative de la pratique des soins ophtalmologiques primaires. Nous ne pouvons pas non plus exclure qu'un rôle des fonctions binoculaire et accommodative n'ait pas fait l'objet d'une étude, comme le retard d'accommodation, la facilité d'accommodation, la facilité de vergence et d'autres, en nombre insuffisant pour l'analyse. Notons aussi que la longueur axiale n'était pas disponible chez la majorité des patients. Par ailleurs, l'agent cycloplégique utilisé et le moment de la réfraction après l'instillation des gouttes n'ont pas été consignés, ce qui peut avoir mené à une erreur de mesure. Cependant, il est peu probable que ces variations de mesure aléatoires contaminent les résultats, car ils devraient être répartis également entre les examens de référence et ceux à l'origine des résultats. En d'autres termes, la proportion et les quantités de personnes ayant subi un examen sous cycloplégie incomplète

devraient être les mêmes dans les données de référence et les résultats. Par conséquent, il ne devrait pas y avoir d'effet net sur l'importance de la myopie. Certains soutiennent que seul le cyclopentolate à 1 % induit une cycloplégie adéquate. Toutefois, les données probantes n'appuient pas cet argument. Le tropicamide à 1 % est un agent cycloplégique tout aussi efficace^{29,30}. Même chez les sujets présentant une hypermétropie, la différence entre les examens sous tropicamide et ceux sous cyclopentolate est inférieure à 0,50 D.

Conclusion

Dans cette clinique universitaire en milieu urbain des États-Unis, la mesure des fonctions binoculaire et accommodative n'a pas pu servir à prédire la progression de la myopie. Les antécédents parentaux, l'âge à l'apparition et l'ampleur de la myopie demeurent les meilleurs facteurs prédictifs de la progression de la myopie.

Divulgations

Remerciements : aucun

Les données sont disponibles sur une feuille Google partagée accessible sur demande. Envoyez un courriel à l'auteur.

Financement : aucun

Divulgence de renseignements financiers ou conflits d'intérêts : aucun. Formulaire de divulgation uniforme de l'ICMJE rempli.

Approbation éthique : Le comité d'examen institutionnel de l'Université Salus a approuvé le projet à titre d'exemption en vertu du règlement fédéral des États-Unis 45CFR 46.104, paragraphe (d)(4)(ii). L'étude est conforme aux principes de la Déclaration d'Helsinki pour la recherche sur les sujets humains.

Déclaration de consentement du patient : Sans objet. Étude rétrospective classée, exemptée de la règle commune des États-Unis. Toutes les données ont été anonymisées.

Énoncé relatif à l'intelligence artificielle (IA) : L'auteur confirme qu'aucune technologie d'IA générative ou assistée par l'IA n'a été utilisée pour créer du contenu.

Auteur pour la correspondance :

Stanley W. Hatch sh3734@drexel.edu

Références

1. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends From 2000 Through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036-1042. doi:10.1016/j.ophtha.2016.01.006
2. Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, et al. Global Variations and Time Trends in the Prevalence of Childhood Myopia, a Systematic Review and Quantitative Meta-Analysis: Implications for Aetiology and Early Prevention. *Br J Ophthalmol*. 2016;100(7):882-890. doi:10.1136/bjophthalmol-2015-307724
3. Han X, Liu C, Chen Y, He M. Myopia Prediction: A Systematic Review. *Eye (Lond)*. 2022;36(5):921-929. doi:10.1038/s41433-021-01805-6
4. Zadnik K, Sinnott LT, Cotter SA, et al. Prediction of Juvenile-Onset Myopia. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(6):683-689. doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.0471
5. Kleinstein RN, Sinnott LT, Jones-Jordan LA, Sims J, Zadnik K. New Cases of Myopia in Children. *Arch Ophthalmol*. 2012;130(10):1274-1279. doi:10.1001/archophthalmol.2012.1449
6. Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Chu RH, et al. Myopia Progression as a Function of Sex, Age, and Ethnicity. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021;62(10):36. doi:10.1167/iovs.62.10.36
7. Jong M, Naduvilath T, Saw J, Kim K, Flitcroft DI. Association Between Global Myopia Prevalence and International Levels of Education. *Optom Vis Sci*. 2023;100(10):702-707. doi:10.1097/OPX.0000000000002067
8. Gopalakrishnan A, Hussaindeen JR, Sivaraman V, et al. Myopia and Its Association With Near Work, Outdoor Time, and Housing Type Among Schoolchildren in South India. *Optom Vis Sci*. 2023;100(1):105-110. doi:10.1097/OPX.0000000000001975
9. Deng L, Pang Y. Effect of Outdoor Activities in Myopia Control: Meta-Analysis of Clinical Studies. *Optom Vis Sci*. 2019;96(4):276-282. doi:10.1097/OPX.0000000000001357
10. Tideman JW, Polling JR, Jaddoe VVW, Vingerling JR, Klaver CCW. Environmental Risk Factors Can Reduce Axial Length Elongation and Myopia Incidence in 6- to 9-Year-Old Children. *Ophthalmology*. 2019;126(1):127-136. doi:10.1016/j.ophtha.2018.06.029
11. Enthoven CA, Tideman JW, Polling JR, Yang-Huang J, Raat H, Klaver CCW. The Impact

- of Computer Use on Myopia Development in Childhood: The Generation R Study [published corrigendum appears in *Prev Med*. 2025 Apr;193:108243. doi: 10.1016/j.ypmed.2025.108243]. *Prev Med*. 2020 Mar;132:105988. doi:10.1016/j.ypmed.2020.105988
12. Tang SM, Kam KW, French AN, et al. Independent Influence of Parental Myopia on Childhood Myopia in a Dose-Related Manner in 2,055 Trios: The Hong Kong Children Eye Study [erratum appears in *Am J Ophthalmol*. 2022 Aug;240:353. doi: 10.1016/j.ajo.2022.03.001]. *Am J Ophthalmol*. 2020 Oct;218:199-207. doi:10.1016/j.ajo.2020.05.026
 13. French AN, Morgan IG, Mitchell P, Rose KA. Risk Factors for Incident Myopia in Australian Schoolchildren: The Sydney Adolescent Vascular and Eye Study. *Ophthalmology*. 2013;120(10):2100-2108. doi:10.1016/j.ophtha.2013.02.035
 14. Aslan F, Sahinoglu-Keskek N. The Effect of Home Education on Myopia Progression in Children During the COVID-19 Pandemic. *Eye*. 2022;36(7):1427-1432. doi:10.1038/s41433-021-01655-2
 15. Tricard D, Marillet S, Ingrand P, Bullimore MA, Bourne RRA, Leveziel N. Progression of Myopia in Children and Teenagers: A Nationwide Longitudinal Study. *Br J Ophthalmol*. 2022;106(8):1104-1109. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-318256
 16. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Myopic Children Show Insufficient Accommodative Response to Blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993;34(3):690-694.
 17. Gwiazda J, Bauer J, Thorn F, Held R. A Dynamic Relationship Between Myopia and Blur-Driven Accommodation in School-Aged Children. *Vision Res*. 1995;35(9):1299-1304. doi:10.1016/0042-6989(94)00238-h
 18. Allen PM, O'Leary DJ. Accommodation Functions: Co-Dependency and Relationship to Refractive Error. *Vision Res*. 2006;46(4):491-505. doi:10.1016/j.visres.2005.05.007
 19. Goss DA. Clinical Accommodation and Heterophoria Findings Preceding Juvenile Onset of Myopia. *Optom Vis Sci*. 1991;68(2):110-116. doi:10.1097/00006324-199102000-00005
 20. Price H, Allen PM, Radhakrishnan H, et al. The Cambridge Anti-Myopia Study: Variables Associated With Myopia Progression. *Optom Vis Sci*. 2013;90(11):1274-1283. doi:10.1097/OPX.0000000000000067
 21. Koomson NY, Amedo AO, Opoku-Baah C, Ampeh PB, Ankamah E, Bonsu K. Relationship Between Reduced Accommodative Lag and Myopia Progression. *Optom Vis Sci*. 2016;93(7):683-691. doi:10.1097/OPX.0000000000000867
 22. Goss DA, Jackson TW. Clinical Findings Before the Onset of Myopia in Youth: 3. Heterophoria. *Optom Vis Sci*. 1996;73(4):269-278. doi:10.1097/00006324-199604000-0000
 23. Goss DA, Rainey BB. Relationship of Accommodative Response and Nearpoint Phoria in a Sample of Myopic Children. *Optom Vis Sci*. 1999;76(5):292-294. doi:10.1097/00006324-199905000-00016
 24. Walline JJ, Lindsley KB, Vedula SS, et al. Interventions to Slow Progression of Myopia in Children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020 Jan 13;1(1):CD004916. doi:10.1002/14651858.CD004916.pub4
 25. Gwiazda JE, Hyman L, Norton TT, et al. Accommodation and Related Risk Factors Associated With Myopia Progression and Their Interaction With Treatment in COMET Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45(7):2143-2151. doi:10.1167/iovs.03-1306
 26. Modjtahedi BS, Abbott RL, Fong DS, Lum F, Tan D; Task Force on Myopia. Reducing the Global Burden of Myopia by Delaying the Onset of Myopia and Reducing Myopic Progression in Children: The Academy's Task Force on Myopia. *Ophthalmology*. 2021;128(6):816-826. doi:10.1016/j.ophtha.2020.10.040
 27. Hatch SW. Trends in Childhood Myopia in an Urban U.S. Clinic Population During the COVID-19 Pandemic. *Vision Dev & Rehab*. 2024;10(3):155-161. doi.org/10.31707/VDR2024.10.3.p155
 28. Scheiman M, Wick B. *Clinical Management of Binocular Vision, 4th Ed*. Philadelphia: Lippencott, Williams & Wilkins, 2013.
 29. Yazdani N, Sadeghi R, Momeni-Moghaddam H, Zarifmahmoudi L, Ehsaei A. Comparison of Cyclopentolate Versus Tropicamide Cycloplegia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Optom*. 2018;11(3):135-143. doi: 10.1016/j.optom.2017.09.001
 30. Bist J, Paudel N, Kandel S, Marasini S. Comparative Efficacy of Tropicamide 1% and Cyclopentolate 1% for Cycloplegic Refraction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Optom Vis Sci*. 2025;102(3):175-180. doi:10.1097/OPX.0000000000002226
 21. Koomson NY, Amedo AO, Opoku-Baah C, Ampeh PB, Ankamah E, Bonsu K. Relationship Between Reduced Accommodative Lag and Myopia