



## Traitement freinateur de la myopie : mise au point Focus on the modalities of slowing myopia

C. Khodriss, F. Chraïbi, A. Bennis, M. Abdellaoui, I. Benatiya Andaloussi

CHU Hassan II Fès - Université Sidi Mohamed ben abdellah de Fès

Correspondance: Chaimae Khodriss ; email : khodriss.chaimae@gmail.com

**Summary :** Myopia is currently considered a real pandemic in the world. Stopping its evolution is a public health issue. The understanding of the main aetiopathogenic theories involved in myopia evolution is the basis of the treatment. Several frenetic therapeutic modalities seem promising. However, primary prevention and control of environmental factors hold a place of choice.

**Keywords:** Myopia ; Atropine; Orthokeratology; Progressive addition lenses; multifocal contact lenses.

**Résumé :** Actuellement, la myopie est assimilée à une véritable pandémie dans le monde. Stopper son évolution est un enjeu de santé publique. La compréhension des principales théories étiopathogéniques impliquées dans l'évolution la myopie est la base du traitement freinateur. Plusieurs modalités thérapeutiques frénatrices semblent prometteuses. Cependant, la prévention primaire et le contrôle des facteurs environnementaux gardent une place de premier choix.

**Mots-clés :** Myopie ; Atropine ; orthokeratologie ; verres progressifs avec addition ; lentilles multifocales.

La myopie est l'amétropie la plus fréquente dans le Monde. C'est un facteur de risque majeur de plusieurs pathologies oculaires graves, tel que la cataracte, le glaucome, le décollement de rétine, et la néovascularisation choroïdienne. Ce risque augmente avec la progression de la myopie, puisque l'incidence du décollement de rétine est estimée à 0.015% chez les myopes de moins 4.74D, alors qu'elle est estimée à 3.2% chez les myopes de plus de 6D. [1] Flitcort assimile le rôle de la myopie dans la survenue de graves complications oculaires, au rôle de l'hypertension artérielle dans la survenue de l'infarctus du myocarde. [2] Donc lutter contre la progression de la myopie, revient à lutter contre une cause importante de cécité, et à réduire le coût économique qu'elle génère.

### LA MYOPIE : UNE PANDEMIE MONDIALE ET UN PROBLEME DE SANTE PUBLIQUE

La prévalence de la myopie a doublé au cours du siècle dernier, elle est estimée à 44% aux Etats Unis et en Europe. [3] En Asie, elle atteint des proportions importantes, puisqu'on l'estime à 90% chez les adolescents dans certaines régions urbanisées. [4] On estime qu'en 2050, la moitié de la population mondiale sera myope. [5]

Ce défaut réfractif constitue un véritable fardeau socio-économique à l'échelle mondiale. Il entraîne une perte de productivité, et une véritable charge financière (pour l'équipement optique ainsi que le traitement des complications). L'impact annuel sur le budget du gouvernement américain est estimé à 13,7 milliards de dollars US. [6]

### DEFINITION DE LA MYOPIE ET FORMES CLINIQUES :

A la naissance, le nouveau-né a une réfraction d'environ +2D. Cette hypermétropie diminue progressivement à +1D à l'âge de 2 ans. [7] Entre 2 ans et 14 ans, le globe oculaire continue à se développer en augmentant sa longueur axiale, ce qui entraîne un « Shift myopique » contrebalancé par l'aplatissement cornéen et la croissance cristallinienne. La longueur axiale passe de 18 mm à la naissance à 24mm à l'âge adulte. Ce processus est nommé : émmetropisation. [8]

La myopie résulte d'une altération de ce phénomène d'émmetropisation. On distingue alors trois types de myopie : cornéenne, d'indice, et axiale. Jusqu'à présent, il n'existe pas un véritable consensus sur la définition de la myopie. La plupart des auteurs la définissent comme une amétropie ayant un équivalent sphérique inférieur ou égal à -0,5D. [8] D'autres auteurs proposent une définition basée sur une longueur axiale supérieure ou égale à 24mm. [9]

La myopie axiale est la forme clinique la plus fréquente, elle résulte d'une elongation importante du globe oculaire. La myopie forte constitue la forme la plus grave, et elle est définie par une longueur axiale de plus de 26 mm ou un équivalent sphérique de -6D ou plus. [10]

Actuellement, on admet qu'il existe deux types de myopie : la myopie congénitale qui constitue 4 à 6% des cas, elle est sous l'influence de facteurs génétiques et apparaît à la petite enfance ; [11] alors que la myopie scolaire ou juvénile est la plus fréquente, apparaît à partir de 6 ans. [12]

## Progression de la Myopie : à quelle vitesse et jusqu'à quel âge ?

La survenue d'une myopie à bas âge est corrélée à l'apparition d'une myopie forte à l'âge adulte. [13] Puisque sa vitesse de progression est plus importante à bas âge. [14] Cependant, on a constaté que cette vitesse de progression est variable selon l'ethnie. Puisqu'elle progresse d'environ -1D chez les enfants asiatiques, alors qu'en Finlande elle progresse de -0.93D par an à l'âge de 8ans, et de -0.52D à l'âge de 13 ans. [8]

La progression de la myopie chez l'enfant âgé de 6 à 16 ans, est définie comme :

- Lente : longueur axiale évolue de moins 0.1 mm sur 7 mois.
- Modérée : longueur axiale évolue de 0.1 mm à moins de 0.2 mm sur 7 mois.
- Sévère : longueur axiale évolue de plus 0.2 mm sur 7 mois. [15]

On considère que la myopie évolue au cours de l'enfance et se stabilise à la puberté. Bien que, dans quelques cas, la progression se poursuit jusqu'à l'âge adulte. [16] La plupart des études, définissent la population cible du traitement freinateur de la myopie par les enfants âgés de 6 à 12 ans. [17]

## Théorie ETIOPATHOGENIQUES :

La compréhension des mécanismes physiopathologiques impliqués dans la survenue et la progression de la myopie suscite beaucoup d'engouement de la part des scientifiques, puisque ces mécanismes constituent une cible thérapeutique prometteuse. A l'heure actuelle, il est admis que la myopie est un défaut réfractif multifactoriel et évolutif, dû à l'interaction de facteurs génétiques (innés) et de facteurs environnementaux (acquis).

Le risque de développer une myopie augmente significativement avec le nombre de parents myopes. [18] La Genome-wide Association Studies (GWAS) a mis le point sur la nature polygénique de la myopie. [19] Plus de 100 variantes génétiques ont été identifiées jusqu'à présent.

Plusieurs facteurs environnementaux ont été directement incriminés dans la progression de la myopie. Des études comparant la prévalence de la myopie en milieu urbain et en milieu rural ont constaté une prévalence élevée en milieu urbain. [20] Ce qui suggère que le temps limité passé à l'extérieur soit directement lié à la myopie. On suppose que lors de l'exposition à la lumière du jour, il se produit une sécrétion de la dopamine par la rétine qui agit comme un inhibiteur de la croissance des yeux. [21] [22]

L'association entre le travail de près et la myopie a été clairement établie. Des méta-analyses ont objectivé que les enfants sollicitant de manière prolongée leur vision de près ont 80% de chances de développer une myopie. [23] La vision de près entraînerait un lag accommodatif (retard accommodatif), (figure 1) chez le myope et donc un flou visuel qui agirait

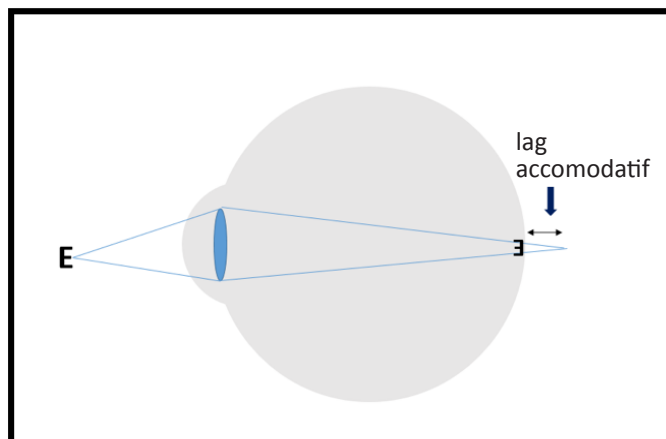


Figure 1 : En vision de près, l'image de l'objet est projetée en arrière de la rétine (lag accommodatif)

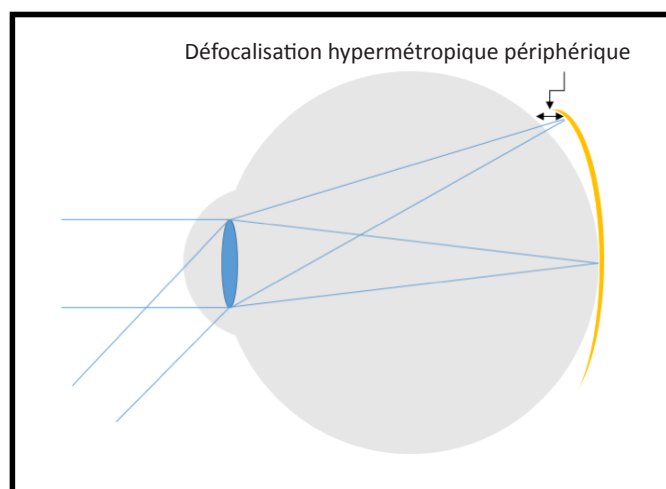


Figure 2 : l'image de l'objet est projetée en arrière de la rétine périphérique. (défocalisation hypermétropique)

comme un signal de croissance entraînant une élongation du globe oculaire. [24] [25] L'étude de modèles animaux a mis le point sur le rôle de la rétine périphérique dans l'allongement de l'œil, donnant naissance à un nouveau concept physiopathologique «le défocus hypermétropique». [26] (Figure 2)

Ce boom de la myopie est constaté parallèlement au développement et la généralisation des nouvelles technologies, tel que les ordinateurs, tablettes, et smartphones. Ce qui suggère qu'une sollicitation soutenue de la vision de près ainsi qu'une exposition à la lumière bleue émise par les écrans LED soient associées à la myopie. [8] [27] Ce qui ouvre le champ à de nouvelles recherches scientifiques.

Une variation saisonnière de la progression de la myopie est suggérée. Puisque son évolution semble moins importante en été qu'en hiver. [28]



## Prise en charge thérapeutique :

Les moyens thérapeutiques dont nous disposons actuellement peuvent être classés en trois catégories :

### A. Moyens thérapeutiques qui corrigent la myopie sans la freiner :

- **Les verres unifocaux et les lentilles de contact monofocales :**  
Sont les plus communément utilisés, sauf qu'ils ne permettent de corriger que la vision centrale, sans tenir compte du lag accommodatif et du défocus hypermétrope. D'autant plus qu'on a longtemps cru que sous-corriger le myope permettrait de freiner sa myopie. Sauf que des travaux menés par Chang et al ont clairement établi que la sous-correction optique entraîne plutôt une évolution plus importante de la myopie. [29]
- **Chirurgie réfractive :**  
La chirurgie réfractive agit en réduisant la puissance cornéenne (PKR, LASIK, SMILE..), ou en agissant sur le cristallin (implant chambre antérieure ou remplacement du cristallin par un implant). Sauf qu'elle ne permet de corriger ni le défocus hypermétrope, ni le lag accommodatif, et ne peut être proposée à l'enfance.

### B. Moyens thérapeutiques qui corrigent la myopie et la freinent :

En alternance, aux moyens thérapeutiques habituels, de nouveaux moyens prenant en considération les deux entités physiopathologiques de l'évolution de la myopie, à savoir le lag accommodatif et le défocus hypermétrope, ont été élaborés. (Figure 3)

- **Verres avec addition périphérique :**  
Ces verres présentent deux zones de vision. Une zone centrale visant la correction complète de la myopie, et une zone périphérique avec addition de puissance visant à corriger le défocus hypermétrope. Cependant une étude randomisée n'a pas démontré leur supériorité dans

le contrôle de la progression de la myopie par rapport aux verres monofocaux. [30]

- **Verres avec addition en vision de près :**  
Ces verres présentent également deux zones de vision. Une zone supérieure destinée à corriger complètement la myopie. Et une zone inférieure qui présente une addition supplémentaire destinée à corriger le lag accommodatif. La valeur d'addition recommandée est de +2D. [31] Il faut tenir compte de la phorie de près de l'enfant, car l'addition en vision de près entraîne une diminution de l'accommodation et de la convergence, ce qui peut entraîner un virage exophorique. Il est donc recommandé de prescrire des verres bifocaux avec prisme pour les enfants à tendance exophorique. [32] Une étude randomisée menée sur 3 ans, a confirmé leur efficacité. [33]
- **Lentilles de contact multifocales :**  
Se présentent sous forme de lentilles multifocales progressives ou d'anneaux concentriques. Leur partie centrale permet une vision centrale de loin optimale, alors que leur partie périphérique permet la correction de la défocalisation hypermétrope en créant un défocus myopique. Ils permettraient un freinage de 25% de la myopie. [34] Cependant ils nécessitent un port journalier, et une mauvaise utilisation expose au risque de kératite infectieuse. [35]
- **Orthokératologie :**  
C'est une lentille élaborée de façon personnalisée, que l'enfant va porter que pendant la nuit. La géométrie cornéenne est modifiée par cette lentille. Elle entraîne un aplatissement central de la cornée assurant la focalisation sur la fovéa, alors que la cornée semi-périphérique est accentuée afin de créer une défocalisation myopique. Elle permet un certain confort, puisque l'enfant n'aura pas à porter un équipement optique au cours de la journée, en plus d'un freinage de la myopie d'environ 43%. [36] Les études menées jusqu'à présent concernent les enfants âgés de 6 à 16ans avec une myopie inférieure à -6D. Elle nécessite un monitoring parental strict, puisqu'une mauvaise utilisation peut entraîner de sérieuses complications. Ainsi un guidelines récemment publié, recommande de limiter son utilisation aux enfants avec myopie rapidement évolutive. [15]

### C. Moyens thérapeutiques qui freinent la myopie sans la corriger :

- **Moyens pharmacologiques :**  
L'atropine est le seul agent pharmacologique ayant réellement prouvé son efficacité dans le ralentissement de la myopie. Son mécanisme d'action est mal élucidé, on suppose qu'il agit directement sur les fibroblastes en inhibant la synthèse des glycosaminoglycanes. [37] Elle permettrait un ralentissement de -1D par an chez les enfants asiatiques et de -0,5D chez les enfants caucasiens. [38] Les concentrations à 0,5 et 1% ont prouvé leur efficacité et supériorité, cependant elles exposent à des effets se-

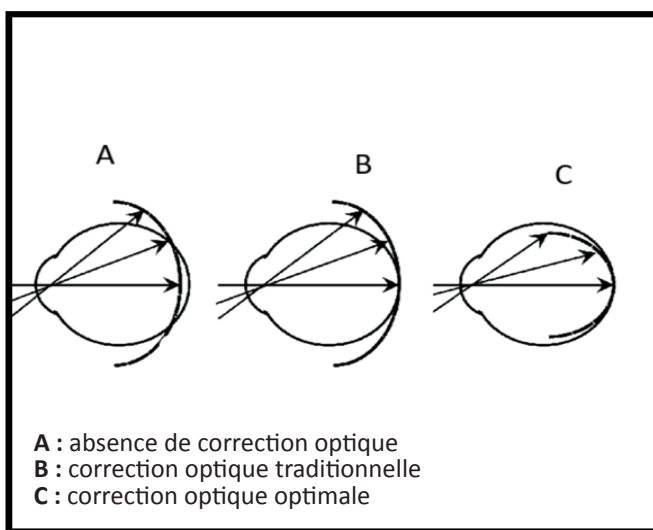


Figure 3 : Comparaison entre l'effet de la correction optique traditionnelle et optimale sur le défocus hypermétrope.



concomitantes gênantes pour l'enfant tel que la photophobie, ce qui peut amener à un manque de compliance au traitement. Donc de nouveaux dosages à 0,05 et 0,01% ont été proposés. Leur efficacité a été confirmée par l'étude ATOM2. [39] Cependant un effet rebond à l'arrêt de l'atropine a été constaté.

En alternance à l'Atropine. Un agent muscarnique sélectif a été développé. Il s'agit de la Pirenzepine qui aurait un effet cycloplégique moindre avec une meilleure efficacité. Cependant, elle s'est révélée moins efficace, d'où l'arrêt de sa commercialisation actuellement.

#### • Contrôle des facteurs environnementaux :

Le contrôle de ces facteurs ne peut être envisagé sans l'aide des parents et du personnel éducatif. Qui doivent être sensibilisés, sur l'impact de ces facteurs sur le statut réfractif de l'enfant.

##### ✓ Activités à l'extérieur :

Il est conseillé aux enfants myopes ou non myopes de passer en moyenne 2 heures par jour à l'extérieur afin de profiter de l'effet bénéfique de la lumière du jour. Il a été prouvé que chaque heure passée à l'extérieur par semaine, permet une réduction de 2% de la progression de la myopie. [40] Il est aussi recommandé que les classes scolaires soient ensoleillées et d'allonger la période de récréation.

##### ✓ Réduction des activités de près :

Le développement et la généralisation des nouvelles technologies (téléphone portable, tablettes, ....) pousse les enfants à solliciter leur vision de près de manière soutenue, sans repos à une distance souvent inférieure à 30 cm. Il est donc recommandé aux parents de limiter à leurs enfants l'utilisation de ces technologies, d'adopter à l'école et à la maison une posture et une distance de lecture adéquates (ne pas baisser la tête avec une distance de plus de 30 cm) au cours de la réalisation de leurs devoirs scolaires, et de faire régulièrement des pauses.

## Conclusion :

Ce «boom de la myopie» constitue un véritable catalyseur pour les sociétés savantes afin d'élaborer un traitement freinateur optimal. Plusieurs traitements ont prouvé leur efficacité dans la réduction de la progression de la myopie à des degrés différents. Sauf que jusqu'à présent on ne dispose pas d'un véritable consensus sur la stratégie thérapeutique à adopter face à un enfant myope, quand instaurer et quand arrêter le traitement freinateur. La prévention primaire reste alors la meilleure option thérapeutique.

## Références

- [1] Arevalo JF, Ramirez E, Suarez E, et al. Rhegmatogenous retinal detachment after laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) for the correction of myopia. *Retina* 2000; 20:338–341
- [2] Flitcroft DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Prog Retin Eye Res* 2012;31:622–660.
- [3] Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL III. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol* 2009;127:1632–1639
- [4] Dolgin E. The myopia boom. *Nature* 2015; 519: 276-278.
- [5] Holden B, Fricke T, Wilson D, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050; *Ophthalmology*, 2016.
- [6] Rein DB, Zhang P, Wirth K, Lee PP, Hoerger TJ, McCall N, Klein R, Tielsch JM, Vijan S, Saaddine J, The Economic Burden of Major Adult Visual Disorders in the United States. *JAMA Ophthalmology*, Dec. 1, 2006.
- [7] Mayer DL, Hansen RM, Moore BD, et al. Cycloplegic refractions in healthy children aged 1 through 4 months. *Arch Ophthalmol*. 2001;119:1625–1628.
- [8] Pei-Chang Wu, MD, PhD, Hsiu-Mei Huang, MD, MS, Hun-Ju Yu, MD, Po-Chiung Fang, MD, and Chueh-Tan Chen, MS. Epidemiology of Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol* 2016; 5: 386–393.
- [9] Percival SP. Redefinition of high myopia: the relationship of axial length measurement to myopic pathology and its relevance to cataract surgery. *Dev Ophthalmol*. 1987;14:42–46.
- [10] Meng W, Butterworth J, Malecaze F, et al. Axial length of myopia: a review of current research. *Ophthalmologica*. 2011;225:127–134.
- [11] Curtin BJ. The pathogenesis of congenital myopia. A study of 66 cases. *Arch Ophthalmol*. 1963; 6:166–173.
- [12] Pei-Chang Wu, MD, PhD, Hsiu-Mei Huang, MD, MS, Hun-Ju Yu, MD, Po-Chiung Fang, MD, and Chueh-Tan Chen, MS. Epidemiology of Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol* 2016;5: 386–393
- [13] Chua SY, Sabanayagam C, Cheung YB, et al. Age of onset of myopia predicts risk of high myopia in later childhood in myopic Singapore children. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2016;36:388–394.
- [14] Saw SM, Tong L, Chua WH, et al. Incidence and progression of myopia in Singaporean school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:51–57.
- [15] Sin-Wan Cheung, Maureen V. Boost, Pauline Cho. Pre-treatment observation of axial elongation for evidence-based selection of children in Hong Kong for myopia control. *Contact Lens and Anterior Eye* xxx (xxxx) xxx–xxx.
- [16] Chen Y, Chang BHW, Ding X, et al. Patterns in longitudinal growth of refraction in southern Chinese children: cluster and principal component analysis. *Sci Rep*. 2016;6:37636.
- [17] Padmaja Sankaridurg, et al. Controlling Progression of Myopia: Optical and Pharmaceutical Strategies. *Asia-Pac J Ophthalmol* 2018; 0:0–0.
- [18] Saw SM, Shankar A, Tan SB, et al. A cohort study of incident myopia in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006; 47(5): 1839–1844.
- [19] Hysi PG, Wojciechowski R, Rahi JS, Hammond CJ. Genome-wide association studies of refractive error and myopia, lessons learned, and implications for the future. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55:3344–3351.





- [20] Saw SM, Tan SB, Fung D, et al. IQ and the association with myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:2943–2948
- [21] Ashby RS, Schaeffel F. The effect of bright light on lens compensation in chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:5247–5253.
- [22] French AN, Ashby RS, Morgan IG, et al. Time outdoors and the prevention of myopia. *Exp Eye Res*. 2013;114:58–68.
- [23] Huang H-M, Chang DS-T, Wu P-C (2015) The Association between Near Work Activities and Myopia in Children—A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 10(10): e0140419
- [24] Gwiazda JE, Thorn F, Bauer J, Held R. Myopic children show insufficient accommodative response to blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993 Mar;34(3):690-4.
- [25] Harb E, Thorn F, Troilo D. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes. *Vision Res*. 2006 Aug; 46(16):2581-92.
- [26] Earl L. Smith III, Li-Fang Hung, Juan Huang. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys. *Vision Res*. 2009 September; 49(19): 2386–2392.
- [27] F. Behar-Cohen, C. Martinsons, F. Viénot, G. Zissis, A. Barlier-Salsi, J.P. Cesarini, O. Enouf, M. Garcia, S. Picaud, D. Attia, Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? *Prog Retin Eye Res*. 2011 Jul;30(4):239-57.
- [28] Donovan et al. Myopia Progression in Chinese Children is slower in Summer Than in Winter. *Optom Vis Sci*. 2012 August; 89(8): 1196–1202.
- [29] Kahmeng Chung, Norhani Mohidin, Daniel J. O'Leary. Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression. *Vision Research*, Volume 42, Issue 22, 2002, 2555-2559.
- [30] Padmaja Sankaridurg, PhD, Leslie Donovan, BOptom, Saulius Varnas, PhD, Arthur Ho, PhD, Xiang Chen, MS, Aldo Martinez, PhD, FAAO, Scott Fisher, BScPsych, Zhi Lin, MSc, Earl L. Smith III, PhD, FAAO, Jian Ge, MD, and Brien Holden, PhD, FAAO. Spectacle Lenses Designed to Reduce Progression of Myopia: 12-Month Results. *Optom Vis Sci*. 2010 September; 87(9): 631–641.
- [31] Leung JT, Brown B. Progression of myopia in Hong Kong Chinese schoolchildren is slowed by wearing progressive lenses. *Optom Vis Sci*. 1999
- [32] Cheng D, Schmid KL, Woo GC. The effect of positive-lens addition and base-in prism on accommodation Accuracy and near horizontal phoria in Chinese myopic children. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2008 May;28(3): 225-37
- [33] Cheng D, Woo GC, Drobe B, Schmid KL. Effect of Bifocal and Prismatic Bifocal Spectacles on Myopia Progression in Children: Three-Year Results of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(3):258–264. doi:10.1001/jamaophthalmol.2013.7623.
- [34] Lam CSY, Tang WC, Tse DY, et al Defocus Incorporated Soft Contact (DISC) lens slows myopia progression in Hong Kong Chinese schoolchildren: a 2-year randomised clinical trial *British Journal of Ophthalmology* 2014;98:40-45.
- [35] 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: 1036–1042.
- [36] Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optom Vis Sci* 2013;90:530–539.
- [37] Tan D, Tay SA, Loh KL, Chia A. Topical atropine in the control of myopia. *Asia Pac J Ophthalmol* 2016; 5:424–428.
- [38] Pei-Chang Wu, Meng-Ni Chuang, Jessy Choi, Huan Chen, Grace Wu, Kyoko Ohno-Matsui, Jost B Jonas, Chui Ming Gemmy Cheun. Update in myopia and treatment strategy of atropine use in myopia control. *EYE* 2018
- [39] Chia et al. Atropine Treatment of Childhood Myopia. *Ophthalmology* Volume 119, Number 2, February 2012.
- [40] Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, et al. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmol* 2012; 119:2141–2151.

#### Conflit d'intérêt :

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

