

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTE DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2020

THÈSE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Myopie corrigée par lentilles d'orthokératologie : résultats fonctionnels et modifications anatomiques chez des patients équipés depuis plus de 12 mois, au CHU de Lille

Présentée et soutenue publiquement le 18 Mars 2020 à 18 heures
au Pôle Recherche

par Sofian AIT RABAH

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Jean-François ROULAND

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Pierre LABALETTE

Monsieur le Docteur Nassir MESSAADI

Madame le Docteur Françoise ERNOULD

Directrice de thèse :

Madame le Docteur Françoise ERNOULD

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABRÉVIATIONS	3
RÉSUMÉ	4
INTRODUCTION	6
I – Myopie	6
A) Définition	6
B) Épidémiologie	7
C) Facteurs de risque	9
D) Conséquences	10
E) Prévention et correction de la myopie	14
II – Définition de l’orthokératologie	17
A) Historique	17
B) Rappels anatomiques	18
C) Principes	19
III – Indications de l’orthokératologie	24
A) En fonction du patient	24
B) En fonction de l’amétropie	25
C) En fonction de la cornée	25
D) Contre-indications	27
IV – Adaptation des lentilles d’orthokératologie	28
A) Information du patient	28
B) La réfraction	28
C) La topographie	29
D) Choix de la lentille	34
E) Protocole de consultations	38
V – Complications et effets indésirables	45
A) Lésions et modifications de l’épithélium cornéen	45
B) Effet sur l’endothélium	49
C) Halos lumineux	50
D) Modification de la choroïde	51
VI – Justification et objectifs de notre étude	52
MATÉRIEL ET MÉTHODES	53
I – Type d’étude et sélection de la population	53

II – Recueil des données	53
III – Questionnaire de qualité de vie	57
IV – Analyses statistiques	58
RÉSULTATS	59
I – Description de la population	59
II – Résultats réfractifs	61
A) Acuité visuelle et réfraction	61
B) Modifications du profil cornéen	63
C) Cinétiques diurnes des paramètres réfractifs	66
D) Modifications aberrométriques	68
III – Critères de jugement secondaires	69
A) Analyse de l'endothélium cornéen	69
B) Analyse de l'épaisseur choroïdienne	71
IV – Qualité de vie des patients	73
DISCUSSION	75
I – À propos de la population étudiée	75
II – Avantages et inconvénients de l'orthokératologie	76
A) Rapidité et stabilité des résultats réfractifs	76
B) Technologie réversible	77
C) Retentissement positif sur la qualité de vie	77
D) Sécurité du port	78
E) Freination de l'évolution myopique	80
F) Contraintes liées à l'adaptation	81
G) Aberrations optiques et gêne fonctionnelle	83
III – Limites de l'étude	84
IV – Orthokératologie et chirurgie réfractive	86
V – Perspectives	89
CONCLUSION	91
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	92
ANNEXES	102

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMM : Autorisation de mise sur le marché

BFS : Best Fit Sphere

CCLRU : Cornea and Contact Lens Research Unit

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

EDI : Enhanced depth imaging

FDA : Food and Drug Administration

LASIK : Laser-assisted in-situ keratomileusis

OCT : Tomographie à cohérence optique

PMMA : Polyméthacrylate de méthyle

RAND : Research And Development

RMS : Root Mean Square

SFOALC : Société Française des Ophtalmologistes Adaptateurs de Lentilles de Contact

RÉSUMÉ

Contexte : La myopie est l'amétropie la plus fréquente. On assiste actuellement à une pandémie. Les lentilles d'orthokératologie permettent de corriger les troubles réfractifs. Leur port nocturne induit un remodelage cornéen permettant au patient de s'affranchir d'un équipement optique durant toute la journée. Notre objectif principal est d'évaluer l'efficacité de cette technologie en analysant les résultats réfractifs.

Méthode : Tous les patients myopes adaptés en lentilles d'orthokératologie au CHU de Lille et équipés depuis plus de 12 mois étaient inclus dans l'étude. Nous avons recueilli les données de 26 patients à partir des dossiers médicaux et du logiciel de topographie cornéenne. L'acuité visuelle, la réfraction, la kératométrie, la BFS et le RMS étaient mesurés en pré-adaptation puis lors de chaque consultation de contrôle. Afin d'étudier les effets du traitement sur l'endothélium cornéen et la choroïde, une microscopie spéculaire et une OCT étaient réalisées lors de leur dernière consultation, en 2019. Les données de ces 2 examens étaient comparées à celle d'un groupe témoin de myopes non équipés en orthokératologie. La satisfaction des patients était évaluée sur la base d'un questionnaire de qualité de vie : l'échelle NEI-RQL-42.

Résultats : L'acuité visuelle moyenne était de 82,8 lettres EDTRS à J7, 84,4 lettres à J30, 85,9 lettres après 1 an de port et 86,3 lettres après 2 ans. Dès le 30^{ème} jour d'équipement en orthokératologie, on ne constatait pas de différence significative de l'acuité visuelle ($p > 0,05$) par rapport à celle mesurée en pré-adaptation (avec la correction optique habituelle du patient). L'équivalent sphérique moyen passait de

- 2,23 dioptries (δ) à J0 à -0,45 δ à J7, - 0,37 δ à 1 an et - 0,15 δ à 2 ans. On remarquait une diminution significative de la kératométrie et de la BFS dès J7, témoin du remodelage du profil cornéen. Le RMS, objectivant les aberrations optiques, augmentait significativement après adaptation en orthokératologie. Concernant l'endothélium cornéen et l'épaisseur choroïdienne, on ne retrouvait pas de différences par rapport au groupe témoin. Aucune complication majeure liée aux lentilles n'a été constatée. Les patients adaptés en orthokératologie présentaient une qualité de vie satisfaisante avec 11 axes sur 13 ayant un score supérieur à 75/100.

Conclusion : L'orthokératologie se révèle être une technologie efficace, sûre et stable dans le temps. De nombreuses études ont également démontré l'intérêt de ces lentilles dans le cadre de la freination myopique.

INTRODUCTION

I – Myopie

A) Définition

La myopie est une amétropie responsable d'une baisse de la vision de loin. D'un point de vue étymologique, le terme myopie vient du grec $\mu\nu\omega\pi\iota\alpha$ (*muopia*), qui correspond à la contraction de $\mu\nu\omega$ (*muo*), je ferme, et de $\omega\psi$ (*ops*), œil. Ce terme découle des observations d'Aristote qui avait relevé, dès le IV^{ème} siècle avant notre ère, l'attitude des myopes fermant en partie leurs yeux pour créer une fente sténopéique et améliorer ainsi leur acuité visuelle de loin (1).

D'un point de vue réfractif, la myopie est l'amétropie sphérique dans laquelle, en vision de loin, le foyer image est situé en avant de la rétine (Figure 1).

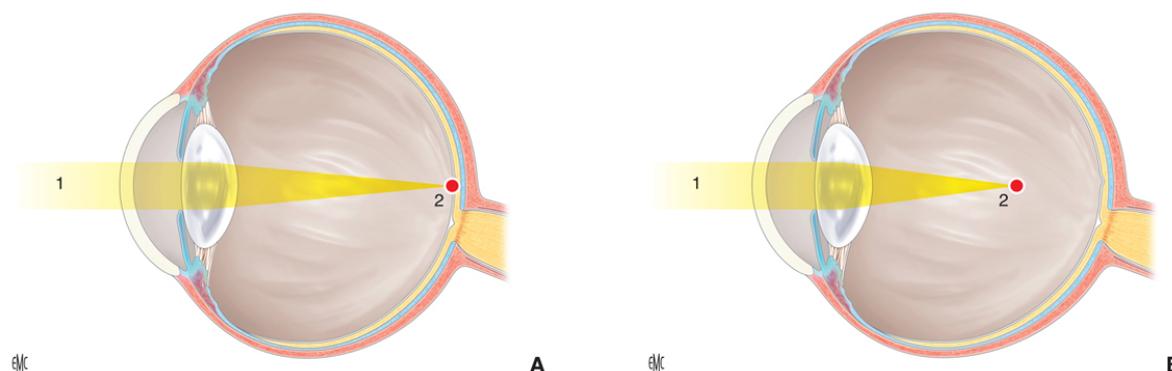


Figure 1

A. Œil emmétrope : la focale de l'image de loin se projette directement sur la rétine sans correction et donne une vision nette. 1.Rayon de lumière ; 2. Image sur la rétine

B. Œil myope : la focale de l'image de loin se projette en avant de la rétine et donne une vision floue de loin sans correction (2).

Il convient de distinguer deux formes de myopies :

- la plus courante est la myopie axiale : dans cette situation, la puissance optique de l'ensemble cornée-cristallin est normale mais l'œil est allongé ;
- la myopie d'indice est caractérisée par l'augmentation de l'indice de réfraction de l'une ou l'autre des lentilles de l'œil (cristallin dans une cataracte nucléaire, cornée dans le kératocône), ce qui induit une convergence plus forte des rayons lumineux.

Ces deux situations peuvent également s'associer.

La myopie forte, plus sujette aux complications, est définie par une puissance réfractive inférieure à -6 dioptries ou par une longueur axiale supérieure à 26 millimètres. On estime qu'une augmentation de longueur axiale d'un millimètre est responsable d'une myopie d'environ -2,5 dioptries (3).

B) Épidémiologie

La myopie est le trouble réfractif le plus fréquent dans le monde et sa prévalence ne cesse d'augmenter. En 2020, on évalue à 2,5 milliards le nombre de personnes myopes (4). Cette prévalence varie selon la région : elle est de 51,6% en Asie de l'Est et de 36,7% en Europe occidentale.

En 2050, on estime à 5 milliards le nombre de myopes dont un milliard atteint de myopie forte (Figure 2). Les prévalences attendues sont de 65% en Asie de l'Est et 56,2% en Europe occidentale (5).

En tenant compte de l'âge des patients, une étude européenne de 2015 a mis en évidence une prévalence de la myopie de 46% pour la tranche des 25-29 ans contre 15% chez les 70-74 ans (6).

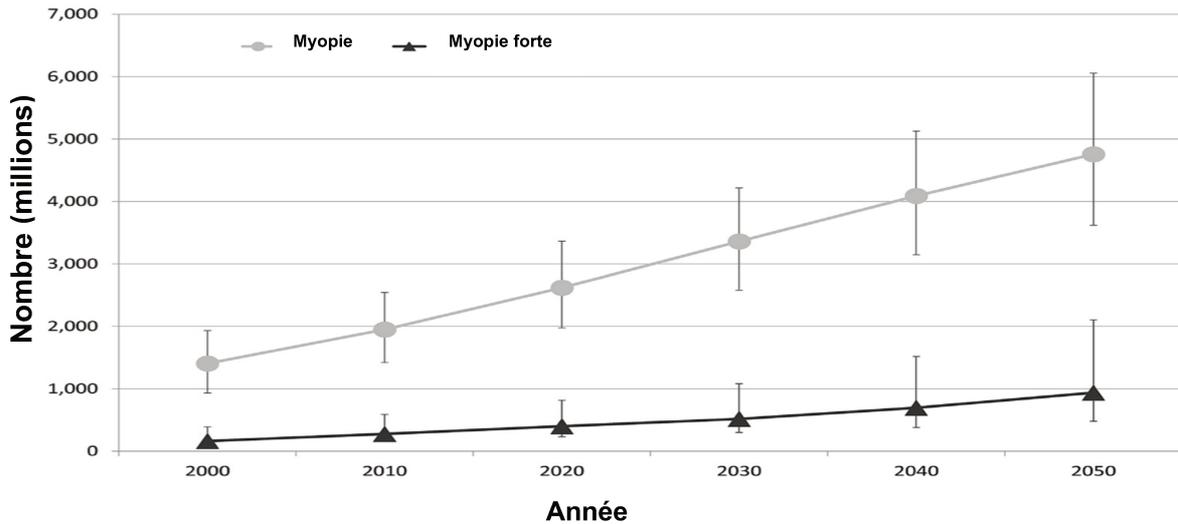


Figure 2 : Estimation du nombre de personnes atteintes de myopie ou de myopie forte selon la décennie entre 2000 et 2050 (5).

L'augmentation de la prévalence dans les populations jeunes et le vieillissement de cette même population conduisent au remplacement des sujets « normaux » emmétropes, initialement majoritaires, par des sujets myopes (Figure 3).

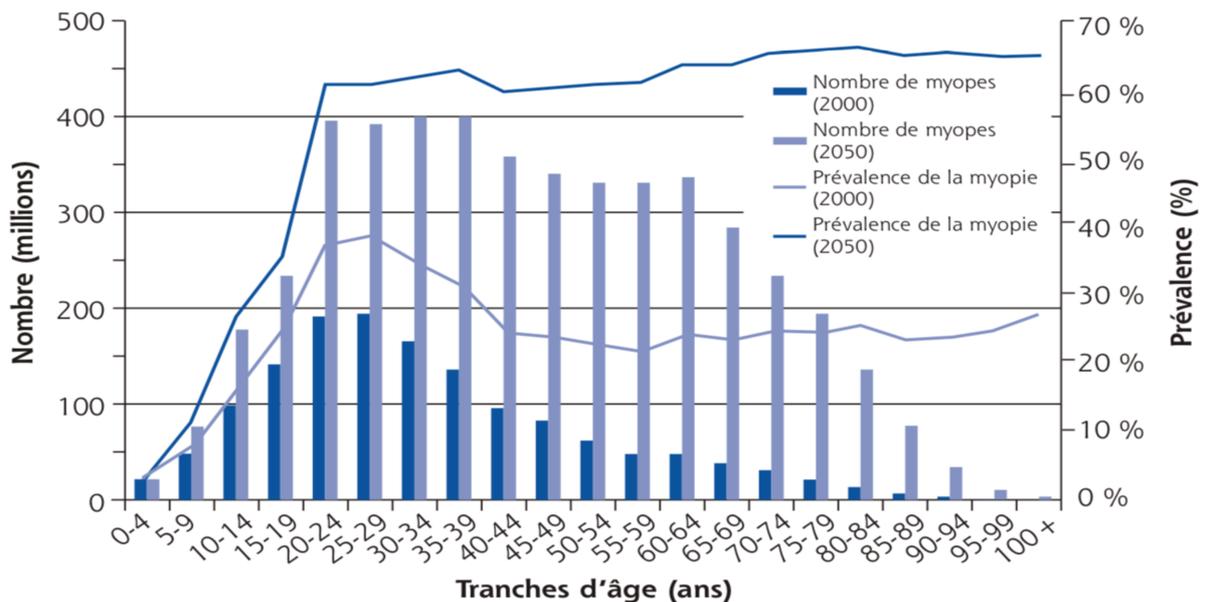


Figure 3 : Nombre et prévalence de la myopie selon la tranche d'âge en 2000, et projection en 2050 (5).

A travers les études épidémiologiques, on constate des disparités de prévalence selon les régions. Cela s'explique par l'origine multifactorielle de la myopie. D'une part, les facteurs génétiques et, d'autre part les facteurs environnementaux qui semblent être prépondérants.

C) Facteurs de risque

Le travail de près (7) et le défaut d'activités extérieures (8) induisant une diminution de l'exposition à la lumière (9) sont en grande partie responsable de la progression de la prévalence de la myopie depuis un demi-siècle. Lorsque l'on travaille en utilisant la vision de près, l'accommodation est constamment sollicitée. Cela permet à la partie centrale d'une image d'être projetée sur la rétine mais la partie périphérique de cette image reste en arrière de la rétine. Ce défocus hypermétropique est responsable d'une déformation antéro-postérieure du globe oculaire (ovalisation) et donc d'un allongement de la longueur axiale (Figure 4). Ce mécanisme expliquerait la corrélation entre myopie et niveau d'étude (10).

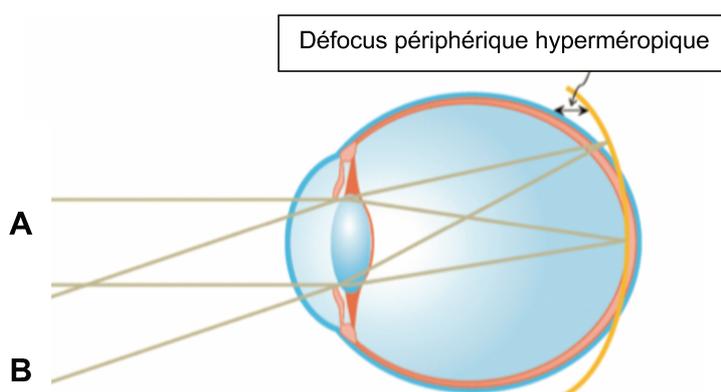


Figure 4

- A.** Partie centrale de l'image, nette, projetée sur la rétine.
- B.** Partie périphérique de l'image, floue, projetée en arrière de la rétine.

L'exposition à la lumière serait à l'origine, via la dopamine (11), de l'effet protecteur de la pratique des activités en extérieur sur le développement de la myopie. Toutefois, il

reste encore à déterminer l'effet associé de la relaxation accommodative, des différentes longueurs d'onde ou encore de l'activité physique.

Sur le plan génétique, à l'exception des myopies dites syndromiques (maladie de Marfan, syndrome de Stickler, homocystinurie...), aucun gène n'a pu être identifié de façon claire. Une trentaine de gènes sont potentiellement impliqués dans la cascade métabolique aboutissant, par remodelage scléral (12), à un allongement de la longueur axiale du globe.

Du fait de cette hétérogénéité génétique et de l'intrication de facteurs environnementaux dans le développement de la myopie, il n'est pas possible de définir un mode de transmission héréditaire. Néanmoins, les analyses de familles de myopes forts non syndromiques ont montré qu'il est fréquent d'observer une transmission autosomique dominante (13).

D) Conséquences

1. Anatomiques et pathologiques

L'anatomie pathologique du myope fort montre une nette hypertrophie macroscopique du globe qui contraste avec l'atrophie microscopique de ses tissus.

Cet allongement de longueur axiale du globe oculaire peut entraîner des complications. Les myopes forts sont davantage touchés par ces dernières.

L'une des complications majeures et potentiellement cécitante est le décollement de rétine rhégmato-gène. Avec une incidence annuelle d'un cas pour 10 000 personnes, il s'agit d'une pathologie rare. Ce risque est 4,4 fois plus élevé chez les myopes de 1 à 3 dioptries et 10,5 fois supérieur chez les myopes de 4 à 10 dioptries (14). Cela

s'explique par des lésions prédisposantes (dégénérescence rétinienne palissadique, touffes vitréorétiniennes...) plus nombreuses et une liquéfaction du vitré plus précoce chez le myope fort.

Au niveau du pôle postérieur, on peut retrouver une ectasie, décrite sous le terme de staphylome. Sa profondeur est corrélée avec la longueur axiale. La maculopathie myopique ou choroïdose myopique associe une atrophie de la choriocapillaire et de l'épithélium pigmentaire et se complique souvent de rupture de la membrane de Bruch, de « patch » d'atrophie rétinienne et de néovaisseaux sous rétiniens (Figure 5).

La myopie forte est la première cause de néovascularisation choroïdienne du sujet de moins de 50 ans ; elle toucherait 5 à 10 % des myopes forts (15).



Figure 5 : Photographie couleur d'une maculopathie myopique avec choroïdose, rupture de la membrane de Bruch et néovaisseaux choroidiens.

Les myopes sont également exposés à d'autres complications postérieures telles que le trou maculaire, le fovéoschisis, la macula bombée ou encore la membrane épirétinienne.

La papille, parfois normale, présente néanmoins le plus souvent des particularités morphologiques qui varient en fonction de l'importance de la myopie et de la localisation du staphylome postérieur. La dysversion papillaire correspond à une papille ovalisée avec une orientation oblique. Elle est souvent associée à une zone d'atrophie chorio-rétinienne péri papillaire en secteur (inféro-nasal ou inféro-temporal). Le risque de glaucome serait 2 à 3 fois plus élevé chez les sujets myopes (16). Ce risque semble corrélé à la longueur axiale (17). Du fait des particularités anatomiques du pôle postérieur du myope fort, le diagnostic et le suivi d'un glaucome dans cette population ne sont pas toujours aisés (Figure 6).



Figure 6 :
Difficultés d'évaluation clinique de la papille chez un patient myope (18).

La cataracte est relativement précoce chez les myopes forts. En effet, elle se manifeste 10 ans plus tôt que chez l'emmetrope. Elle est le plus souvent nucléaire, plus dense que celle des non myopes avec un risque majoré de cataracte brune (19).

2. Sociales et psychologiques

Les amétropies non corrigées constituent la première cause de malvoyance et la seconde cause de cécité dans le monde (20). La myopie étant le trouble réfractif le plus fréquent, l'augmentation de sa prévalence constitue un enjeu majeur de santé publique.

A Singapour, qui ne compte « que » 4 millions d'habitants, le coût annuel de la myopie et ses complications s'élève à 755 millions de dollars (21). A titre de comparaison, dans ce même pays, la maladie de Parkinson et l'insuffisance respiratoire chronique, coûtent respectivement 23 millions et 9 millions par an.

Une étude française en cours, dirigée par le Professeur Leveziel, analyse les réfractions anonymisées de 2,7 millions d'adultes et 500 000 enfants. Les premiers résultats retrouvent une prévalence de la myopie à 20,5 % chez les moins de 18 ans. Nous savons que plus le déclenchement de la myopie est précoce, plus son degré final sera important. Les myopies apparues dans l'enfance ont donc un fort potentiel d'évolution vers la myopie forte et son contingent de complications. Le poids économique de la myopie dans les dépenses de santé publique risque de croître fortement ces prochaines années.

La myopie est une pathologie potentiellement amblyogène. L'amblyopie peut perturber le développement psychomoteur de l'enfant, ses activités scolaires et parascolaires, et même limiter son futur choix professionnel. Le dépistage précoce et la correction de la myopie a donc un réel impact sur le futur d'un enfant.

Peu d'études ont exploré le retentissement psychologique de la myopie chez les patients. Une récente étude chinoise (22) retrouvait un lien entre myopie et symptômes

dépressifs sur une cohorte de 4500 patients chinois de plus de 60 ans. Les myopes présentaient significativement plus de symptômes dépressifs que les non-myopes.

E) Prévention et correction de la myopie

L'augmentation du temps passé à l'extérieur et l'exposition à la lumière naturelle ont été identifiées comme des facteurs préventifs sur l'apparition et l'évolution de la myopie. Une étude prospective randomisée effectuée en Chine chez 3000 enfants âgés de 6 ans retrouvait une moindre incidence de la myopie pour le groupe d'enfants ayant une activité extérieure supplémentaire quotidienne de 40 minutes (23).

Concernant la correction de la myopie, elle se fera par un verre ou une lentille divergente concave de puissance négative. Les recommandations actuelles orientent vers la prescription d'une correction monofocale optique totale. L'accommodation ayant potentiellement un rôle dans l'évolution de la myopie, il serait tentant de sous-corriger afin de moins solliciter le processus accommodatif. Cette hypothèse n'a pas été vérifiée dans la littérature. Au contraire, en entretenant un flou visuel, on constate une progression de la myopie proportionnelle à la sous correction. Les patients ayant une correction optique totale présentent une myopie moins évolutive (24).

Afin de maintenir une vision nette et de limiter les efforts accommodatifs, des études ont été réalisées en comparant les patients équipés en verres monofocaux et ceux équipés en verres bifocaux ou progressifs. Les résultats de ces études (25, 26) retrouvent une progression plus faible de la myopie chez les enfants porteurs de verres progressifs ou bifocaux. Néanmoins, bien que statistiquement significatifs, ces résultats ne sont pas encore suffisants pour être considérés comme une stratégie efficace en pratique clinique pour ralentir l'évolution de la myopie.

Certains agents pharmaceutiques appliqués en collyre ont démontré un effet freinateur indiscutable sur l'évolution de la myopie. Il s'agit des agents anti-muscariniques. L'atropine est un antagoniste muscarinique non spécifique et son mécanisme d'action pour freiner l'évolution de la myopie est encore mal connu. Il pourrait agir par trois mécanismes : en réduisant l'accommodation, en créant une mydriase (qui augmente la quantité de lumière captée par la rétine) ou en inhibant les récepteurs muscariniques présents au niveau rétinien, choroïdien et scléral (27). Dans l'étude ATOM-1 (28), on constate une différence significative d'évolution de 0,92 dioptries à 2 ans entre le groupe d'enfants recevant quotidiennement une goutte d'atropine 0,1% et celui recevant une goutte d'un collyre placebo. Un effet dose non significatif a été constaté entre les groupes recevant de l'atropine 0,5% versus 0,1% versus 0,01% (29). L'efficacité de l'atropine 0,01% reste significative. Cette concentration semble être la meilleure option en matière de ratio bénéfices/risques puisqu'elle présente moins d'effets secondaires (photophobie, baisse d'acuité visuelle de près) par rapport aux concentrations plus élevées. Pour l'heure, l'atropine est disponible uniquement sous délivrance hospitalière.

Un autre antagoniste muscarinique, la pirenzépine, moins actif mais mieux toléré, serait également efficace sur la freination de la myopie (30). Ce collyre n'est à ce jour pas commercialisé en France.

Concernant les lentilles de contact monofocales, souples ou rigides, leur port ne prévient pas l'évolution de la myopie (31, 32). En Europe, il existe une lentille souple journalière, la MiSight 1 Day du laboratoire Coopervision®, qui a une indication dans la freination de la myopie. Cette lentille utilise le principe de défocalisation myopique périphérique permettant une focalisation en avant de la rétine périphérique et ralentissant ainsi l'allongement axial du globe.

Une méta-analyse impliquant 30 essais cliniques randomisés a été publiée en 2017 (33) afin de déterminer l'efficacité des différentes interventions visant à ralentir la progression de la myopie (Tableau 1).

Pas efficace	Peu efficace	Efficace
<ul style="list-style-type: none"> - Myopie sous corrigée - Lentilles rigides ou souples conventionnelles - Verres bifocaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Verres progressifs - Collyre à la pirenzépine (pas d'AMM en France) 	<ul style="list-style-type: none"> - Collyre à l'atropine (délivrance hospitalière uniquement) - Lentilles souples à défocalisation périphérique (peu de recul) - Orthokératologie

Tableau 1 : Efficacité des moyens de freination myopique

Depuis une vingtaine d'années, une technologie s'est révélée être efficace dans la freination de la myopie et dispose de l'AMM en France. Il s'agit du port nocturne de lentilles rigides permettant un remodelage cornéen : l'orthokératologie.

II – Définition de l'orthokératologie

A) Historique

Les prémices de l'orthokératologie apparaissent il y a plusieurs centaines d'années, à l'époque de la Chine antique. Les chinois dormaient avec de petits sacs de sable sur leurs paupières afin de diminuer leur myopie. Il s'agit probablement de la première tentative de remodelage cornéen (34). Dans les années 50, Morrison fut le premier à constater une stabilisation de la myopie pendant deux ans chez 1000 adolescents équipés en lentilles rigides en PMMA. Ces lentilles étaient adaptées volontairement plus plates de 1 à 2 dioptries (35).

En 1962, Georges Jensen évoque le concept « d'orthofocus ». Ce concept reprend les travaux de Morrison et consiste à modifier la géométrie cornéenne avec des lentilles plus plates afin de corriger la myopie. Les résultats étaient encourageants mais à long terme, on retrouvait des distorsions cornéennes. De plus, le matériau des lentilles ne permettait pas un port prolongé.

La seconde génération de lentilles à géométrie inversée est apparue dans les années 1980. Grant a décrit, le premier, la « Night Therapy ». Partant du fait que l'orthokératologie nécessitait huit heures pour agir et maintenir ses effets, il suggéra que le port s'effectue la nuit (36).

En 1993, l'apparition des lentilles quadricourbes à géométrie inversée réalisées dans des matériaux à haute perméabilité à l'oxygène a permis des progrès considérables. Cela concernait la facilité d'adaptation, l'effet réfractif, le port nocturne et la rapidité des résultats qui passaient de quelques mois à quelques jours. L'orthokératologie a largement bénéficié des progrès de la topographie cornéenne.

En 2002, cette technique dite d'orthokératologie moderne accélérée a obtenu l'agrément de la FDA.

B) Rappels anatomiques

L'orthokératologie est une méthode de remodelage de la surface cornéenne réalisée par l'intermédiaire d'une lentille rigide.

La cornée, enchâssée dans la sclérotique, représente la face antérieure du globe oculaire. Il s'agit d'une structure transparente et avasculaire formée de cinq couches tissulaires différentes : l'épithélium, la couche de Bowman, le stroma, la membrane de Descemet et l'endothélium (Figure 7). Son épaisseur varie de 550 microns (um) environ en son centre pour augmenter en périphérie jusqu'à 700 microns.

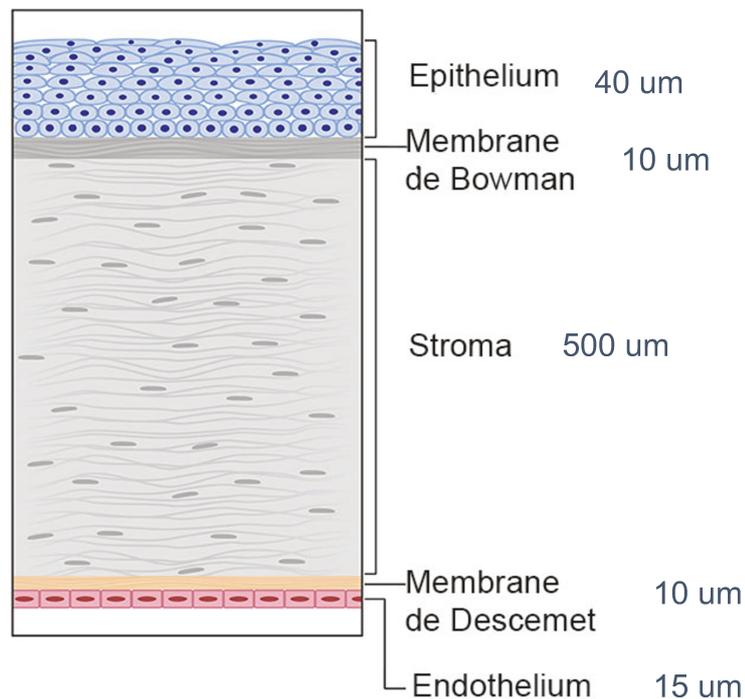


Figure 7 : Schéma des différentes couches cornéennes

L'épithélium, indissociable du film lacrymal, assure le rôle de barrière protectrice de l'œil. L'agencement des fibres de collagènes du stroma est responsable de la

transparence cornéenne. Les propriétés biomécaniques de la cornée sont essentiellement dues aux propriétés de la couche de Bowman et du stroma. L'endothélium régule l'hydratation cornéenne, sa transparence ainsi que son épaisseur. Grâce à une puissance dioptrique de + 43,5 δ , la cornée assure les deux tiers du pouvoir réfractif de l'œil (37).

C) Principes

Les lentilles d'orthokératologie se portent la nuit et permettent un remodelage de la couche superficielle de la cornée : l'épithélium. Cela induit l'élimination ou la réduction temporaire de l'amétropie durant la journée.

Le profil cornéen est le plus souvent assimilé à une ellipse prolata dans laquelle le rayon apical (R_0) s'aplatit de façon plus ou moins importante vers la périphérie. La variation de cet aplatissement est exprimée par l'excentricité cornéenne (e), avec une excentricité moyenne de 0,5. Elle est calculée lors de la topographie. Plus l'excentricité est grande, plus la modification du rayon et la possibilité de corriger la myopie sont importantes.

Pour un même diamètre de lentille, l'excentricité cornéenne est inversement proportionnelle à la hauteur sagittale de cette lentille. Plus l'excentricité est élevée, plus la hauteur sagittale sera faible (Figure 8).

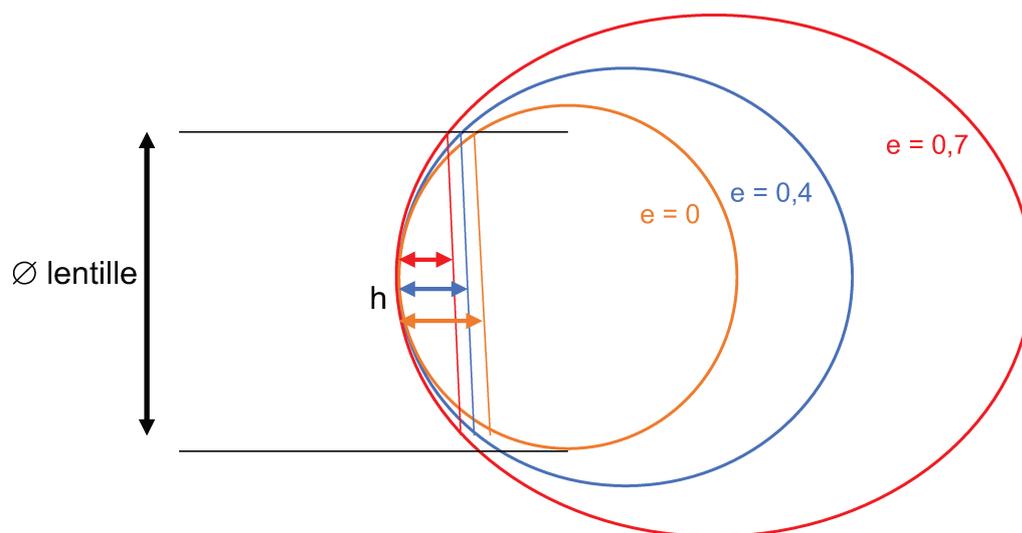


Figure 8 : Rapport entre excentricité et hauteur sagittale

Les lentilles d'orthokératologie vont modifier le profil cornéen dans le but d'obtenir une cornée centrale oblate avec une excentricité proche de zéro. On obtient ainsi (Figure 9) :

- une zone cornéenne centrale aplatie d'un diamètre suffisant (environ 4 à 5 mm) pour permettre une vision nette et un bon contraste dans des conditions normales d'éclairage ;
- une zone annulaire concentrique, plus serrée, entourant la zone centrale. Plus cette zone est régulière, meilleur est le centrage de la lentille ;
- une périphérie cornéenne inchangée.

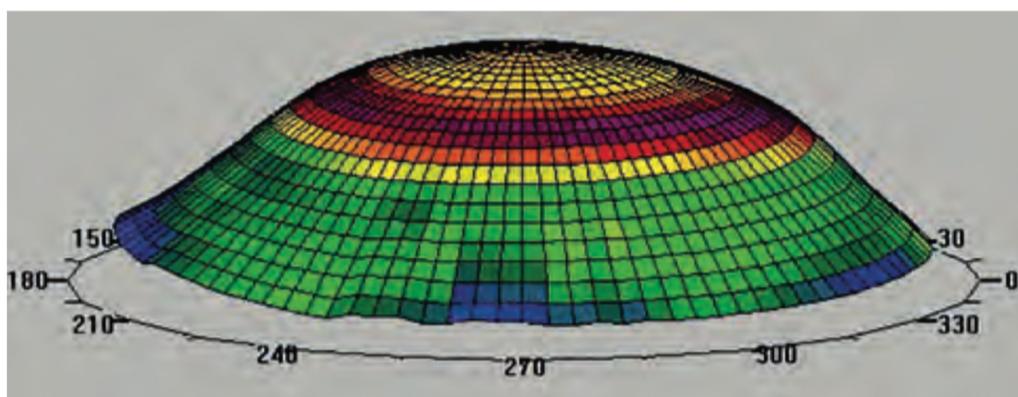


Figure 9 : Aspect topographique du remodelage cornéen

Pour obtenir l'effet voulu, les lentilles d'orthokératologie ont un rayon central très plat, suivi d'une zone de rayon plus serré, à laquelle s'ajoute la zone d'appui périphérique ; le tout se terminant par un rayon de dégagement (Figure 10).

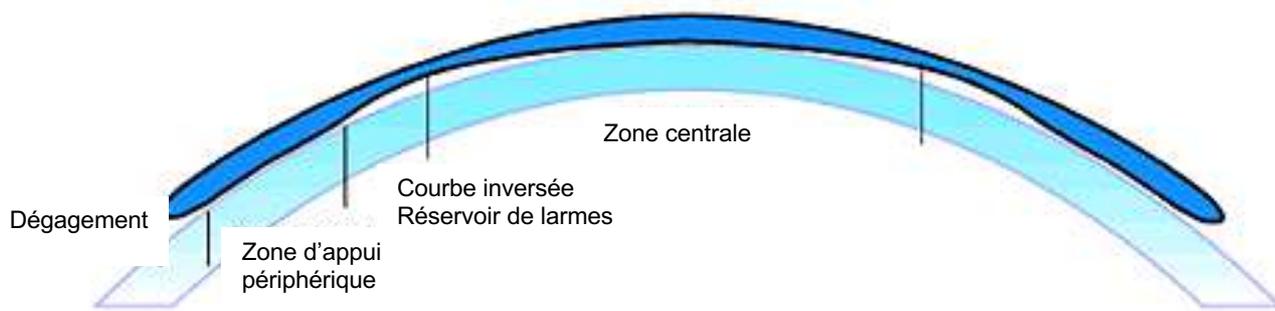


Figure 10 : Géométrie d'une lentille d'orthokératologie

Il s'agit d'une lentille quadri-courbe sans transition, à double inversion, avec une zone d'appui asphérique. Avec cette géométrie, le film lacrymal est distribué selon différentes épaisseurs entre la cornée et la lentille. Il est très mince au centre et augmente progressivement en épaisseur vers la périphérie moyenne. Ceci crée des forces hydrostatiques distinctes qui agissent sur la cornée : pression positive au centre et négative (traction) dans la zone de réservoir. Pour que les forces puissent agir, la lentille ne doit pas prendre appui sur la cornée mais reposer sur le film lacrymal, aussi mince soit-il.

Ce principe de fonctionnement tend à ramener l'excentricité d'une géométrie asphérique continue à une configuration sphérique. On essaie d'obtenir dans la zone centrale une géométrie de plus faible excentricité. Cette zone devient alors plus plate et la capacité réfractive de la cornée diminue (38).

Concernant l'évolution de la myopie, l'orthokératologie va la contrôler en freinant l'augmentation de la longueur axiale. Nous savons que lorsque l'on corrige la myopie

avec un verre concave, la partie centrale de l'image va se projeter sur la rétine mais il persistera toujours un défocus périphérique hypermétropique. Ce défocus induira un signal de croissance (« growth signal ») pour le globe oculaire, cherchant à ramener l'image périphérique dans le plan rétinien.

Le remodelage cornéen induit par la lentille d'orthokératologie comprend un anneau de défocus périphérique positif permettant de refocaliser l'image périphérique en avant du plan rétinien (Figure 11) et donc de stopper la croissance du globe oculaire.

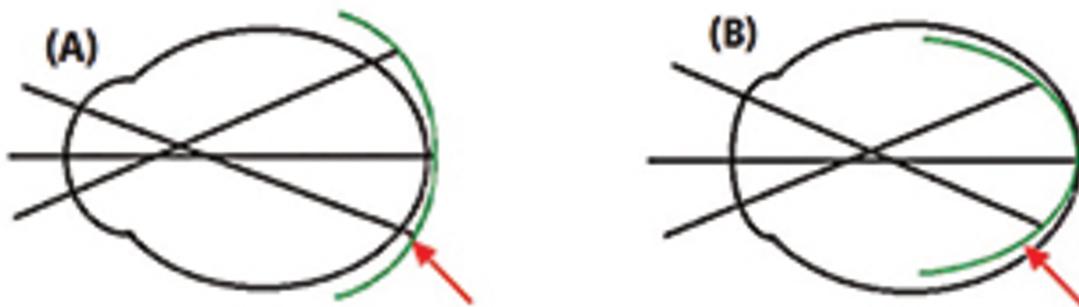


Figure 11

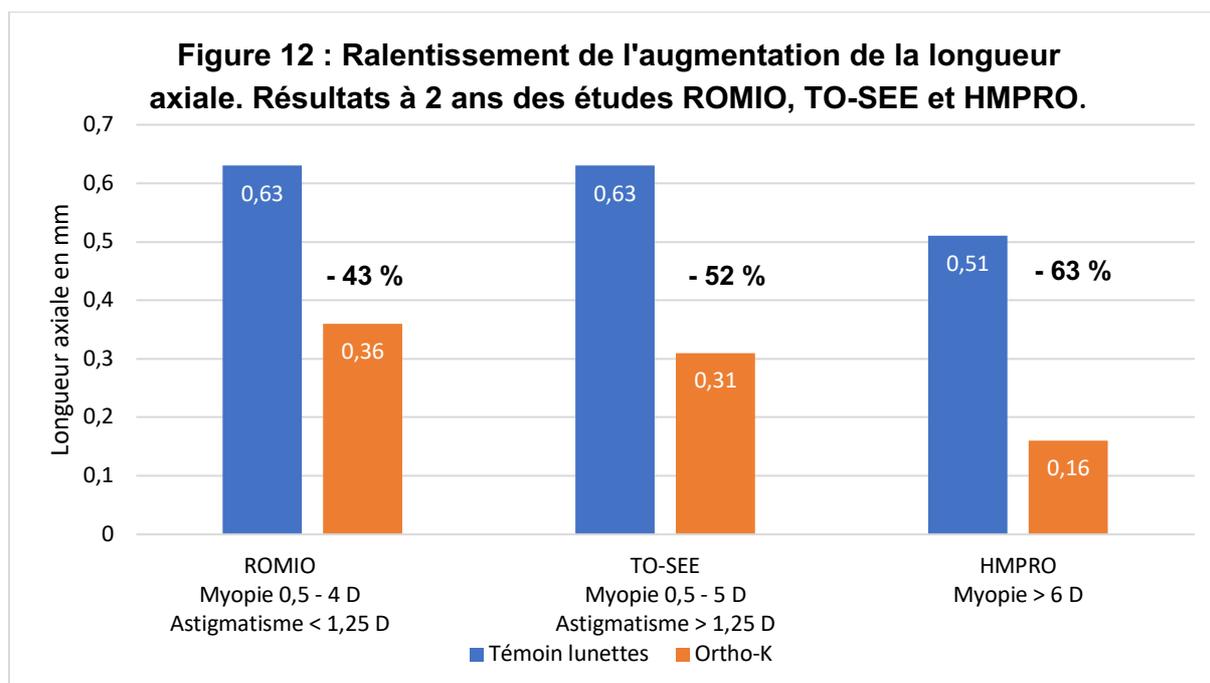
A. Correction avec lunettes ou lentilles standards : défocus hypermétropique périphérique responsable du « growth signal » ;

B. Correction après orthokératologie : défocus périphérique myopique.

Plusieurs études randomisées confirment cet effet freinateur. Les études ROMIO (39) et TO-SEE (40) comparent des enfants de 6 à 10 ans, myopes uniquement (étude ROMIO) et d'autres âgés de 6 à 12 ans, myopes et astigmates équipés en orthokératologie (étude TO-SEE), à un groupe témoin équipé en lunettes en mesurant la longueur axiale. Cette mesure s'effectue avec un IOL-Master, sous cycloplégie. Les résultats montrent que chez les enfants porteurs de lunettes, dans ROMIO, la longueur axiale a augmenté de 0,63 mm sur 2 ans alors que chez les enfants traités par orthokératologie, l'augmentation était de 0,36 mm seulement, soit une réduction de

43% de l'allongement axial. On retrouve des résultats semblables dans l'étude TO-SEE (Figure 12).

Une autre étude randomisée HMPRO Study (41) a comparé un groupe composé d'enfants ayant des myopies supérieures à 6 dioptries équipés en orthokératologie jusqu'à 4 dioptries et avec un complément de lunettes, à un groupe d'enfants équipés seulement en lunettes. Après 2 ans, la longueur axiale a évolué seulement de 0,16 mm dans le groupe orthokératologie plus lunettes contre 0,51 mm dans le groupe témoin en lunettes seules (soit un ralentissement de 63 %). L'effet freinateur de l'orthokératologie se retrouve donc même lorsque la myopie n'est corrigée que partiellement.



Une méta-analyse de 2016 reprenant les résultats de trois essais contrôlés randomisés et six études de cohorte, étudiant ainsi 667 enfants de 6 à 16 ans, confirmait l'effet freinateur de l'orthokératologie sur l'évolution de la myopie. Après deux ans de traitement, la différence moyenne d'élongation axiale était de -0,27mm ($p < 0,01$) dans le groupe orthokératologie versus contrôle (lunettes), soit un ralentissement de la progression myopique de 45% (42).

III – Indications de l'orthokératologie

A) En fonction du patient

Tous les patients indemnes de pathologie de la surface oculaire (de type sécheresse sévère, dystrophie cornéenne, kératite neurotrophique, blépharite chronique...) peuvent être candidats à l'orthokératologie. Cette option peut être proposée aux patients ayant une « rupture de tolérance » aux lentilles souples ou rigides en port diurne (si la cause de cette « rupture » ne constitue pas en elle-même une contre-indication à l'orthokératologie).

Le port nocturne libère les patients de tout dispositif de correction durant la journée et est particulièrement indiqué pour la pratique du sport, notamment aquatique et de contact. Il en va de même pour le travail sur écran, qui concerne pratiquement tout le monde aujourd'hui, et qui génère des inconforts liés à la sécheresse diurne. Le travail en milieu poussiéreux est également une bonne indication.

Les patients exclus de la chirurgie réfractive momentanément ou définitivement (myopie non stabilisée, cornée trop fine ...) sont souvent très motivés par cette technique considérée comme une alternative.

Concernant l'âge des patients, on peut envisager l'orthokératologie à partir de 6 ans selon la maturité de l'enfant. A cet âge, il n'est pas nécessaire de savoir manipuler les lentilles car celles-ci peuvent être posées par les parents. La maturité de l'enfant et la relation parent-enfant sont des facteurs importants de réussite ou d'échec de l'orthokératologie. L'acceptation de cette technologie est, en général, aisée pour les parents, motivés par la possibilité de freiner l'évolution de la myopie de leur enfant (43).

B) En fonction de l'amétropie

L'orthokératologie est en mesure de traiter toutes les formes d'amétropie. Cependant, il existe une limite dans l'efficacité conditionnée par l'importance de ces amétropies. Certaines lentilles récentes permettent de corriger une myopie allant jusqu'à - 7 dioptries, un astigmatisme cornéen de 4 dioptries et une hypermétropie de 4 dioptries. Néanmoins, les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'on adapte des patients ayant une myopie ne dépassant pas 4 dioptries, associée ou non à un astigmatisme cornéen ne dépassant pas 2 dioptries.

C) En fonction de la cornée

Deux paramètres cornéens sont essentiels lors d'une adaptation en orthokératologie : la kératométrie et l'excentricité.

La kératométrie correspond à la mesure de la courbure cornéenne. Elle s'exprime soit en rayon de courbure en mm, soit en puissance réfractive en dioptrie. Plus le rayon sera courbé, plus il sera petit et plus sa puissance réfractive sera élevée. En orthokératologie, lorsque l'on souhaite corriger une myopie, il est conseillé de ne traiter que les cornées ayant une kératométrie supérieure ou égale à 41 dioptries (inférieure à 8,2 mm). Une cornée à kératométrie trop plate (< 41 dioptries) sera moins sujette à s'aplatir qu'une cornée cambrée et, de ce fait, la myopie maximum corrigée sera moins importante.

L'autre élément important pour prédire les résultats escomptés est l'excentricité. Rappelons que l'excentricité est le gradient de courbure cornéenne entre le centre et la périphérie. Pour corriger une myopie, on a recours à une diminution de celle-ci. La cornée étant asphérique, il est plus aisé de corriger les cornées prolates

(correspondant à la majorité des cornées) que les cornées oblates (post-chirurgie réfractive). L'excentricité est calculée par les logiciels de vidéo-topographies. La prédictibilité est bonne lorsque l'on retrouve une excentricité supérieure ou égale à 0,4.

Kératométrie moyenne (mm)	8,23	8,04	7,85	7,67	7,5	7,33
e = 0,4	-1,39	-1,5	-1,62	-1,75	-1,88	-2,02
e = 0,5	-2,08	-2,23	-2,41	-2,6	-2,79	-2,99
e = 0,6	-2,86	-3,07	-3,3	-3,54	-3,8	-4,06

Tableau 2 : Influence de l'excentricité et de la kératométrie moyenne sur la limite de correction myopique (on ajoute environ 1 à 1,5 dioptrie au résultat brut).

Plus l'excentricité est grande et plus la kératométrie en mm est faible, plus la myopie maximum corrigée sera importante (Tableau 2). Par exemple, pour une excentricité de 0,6 et une kératométrie moyenne de 7,5 mm, on peut espérer corriger une myopie de 4,8 à 5,3 dioptries (44).

D) Contre-indications

Les contre-indications sont liées aux pathologies sévères de la surface oculaire : syndrome sec sévère (syndrome de Gougerot-Sjögren ou autre pathologie auto-immune), kératite neurotrophique, dystrophie cornéenne, antécédent de kératite herpétique (contre-indication relative). L'orthokératologie est également contre-indiquée en cas d'antécédent de kératotomie radiaire.

L'antécédent de chirurgie réfractive par laser Excimer n'est pas une contre-indication mais plutôt une non-indication par inefficacité sur cornée oblate. Les autres non-indications sont une kératométrie plate (<41 dioptries), une excentricité < 0,4, un patient peu disponible ou peu motivé.

IV – Adaptation des lentilles d’orthokératologie

A) Information du patient

L’adaptation en lentilles d’orthokératologie nécessite une participation active du patient. Une information claire et complète avant l’adaptation est donc indispensable. Après avoir recherché les contre-indications et expliquer le principe et les nombreux bénéfices de l’orthokératologie, l’adaptateur informera le patient du fonctionnement de cette technologie et des contraintes d’une adaptation. Chez l’adulte en activité professionnelle, l’écueil principal est l’organisation, avec une série de rendez-vous incompressibles le premier mois (minimum 4). Il faudra se méfier du rythme de vie du patient puisque l’orthokératologie nécessite au minimum 6 heures de sommeil par nuit pour un effet durable. D’autres explications seront également données : nécessité d’un port et d’un entretien quotidien, déprotéinisation hebdomadaire, coût des lentilles (entre 400 et 500 euros la paire), risque majoré d’infection en cas de mésusage, comportement à adopter en cas d’œil rouge ou douloureux.

Les bénéfices sont évidemment plus nombreux que les risques et les contraintes mais une information complète, en plus de renforcer la relation médecin-patient, permet également d’estimer la motivation de ce dernier.

B) La réfraction

Avant de débiter, l’adaptateur récupère les anciennes corrections afin d’évaluer le profil évolutif du patient. En cas d’équipement par lentilles, il est préconisé de retirer les lentilles souples 72 heures avant et les lentilles rigides 4 semaines avant la consultation.

La réfraction doit être la plus précise possible et l'on utilisera d'autant plus volontiers un collyre cycloplégique que le porteur est jeune. Une correction totale de la myopie mais sans surcorrection est optimale dans le cadre de la freination. Toutefois, certains fabricants préconisent de légèrement surcorriger afin de compenser l'absorption mécanique due à l'élasticité du tissu cornéen et d'anticiper sur la légère perte d'effet au cours de la journée. Cela permet de maintenir une acuité visuelle correcte le soir. Chez l'hypermétrope, la cycloplégie permettra d'éviter de dépasser la limite de correction (4 dioptries) et la correction optique totale limitera la réadaptation quelques semaines plus tard, quand l'accommodation résiduelle qui aura été sollicitée en permanence, se sera révélée et qu'il faudra modifier les paramètres de la lentille. Concernant l'astigmatisme, rappelons que l'astigmatisme total est la résultante de l'astigmatisme de la face antérieure de la cornée, mesurable par les kératomètres ou les topographes spéculaires, et de l'astigmatisme interne (face postérieure de la cornée, cristallin voir sclère au pôle postérieur) qui se déduit de la différence des deux premiers, à défaut de moyens de mesure en pratique courante. L'orthokératologie corrige l'astigmatisme cornéen antérieur (jusqu'à 4 dioptries) et on considère qu'un astigmatisme interne supérieur à une dioptrie est un facteur d'échec. En cas d'astigmatisme, il est donc nécessaire de toujours calculer sa composante interne. Enfin chez le presbyte, il faudra déterminer l'œil dominant et l'addition minimum, une bascule étant possible.

C) La topographie

Il s'agit d'un examen indispensable car il conditionne le calcul des paramètres de la lentille. On privilégie les topographes à cône (Figure 13) qui analysent une plus grande surface cornéenne par rapport aux topographes à coupole. Avec un cône, la capture

des images peut parfois être difficile selon l'anatomie du visage (orbite creux ou nez proéminent) mais certains topographes présentent des cônes orientables ou de tailles différentes.



Figure 13 : Topographe cornéen à cône Keratron Piccolo ® utilisé au CHU de Lille lors des adaptations en orthokéatologie

Le topographe prend des mesures de la surface antérieure de la cornée. Il en donne les indices chiffrés (kératométrie, excentricité...) et en fait une représentation après analyse par des algorithmes propres à chaque topographe sur des cartes colorées différentes selon l'échelle utilisée. Quelle que soit l'échelle, les couleurs chaudes correspondent aux zones cambrées et les couleurs froides aux zones plates.

En orthokératologie, on privilégie l'échelle absolue qui est la même pour chaque cornée. Les bornes supérieures et inférieures sont fixes, cela permet de comparer des yeux différents ou une même cornée lors d'exams successifs. L'échelle relative est intéressante pour mieux visualiser les détails, les bornes supérieures et inférieures étant fonction de la cornée examinée (Figure 14).

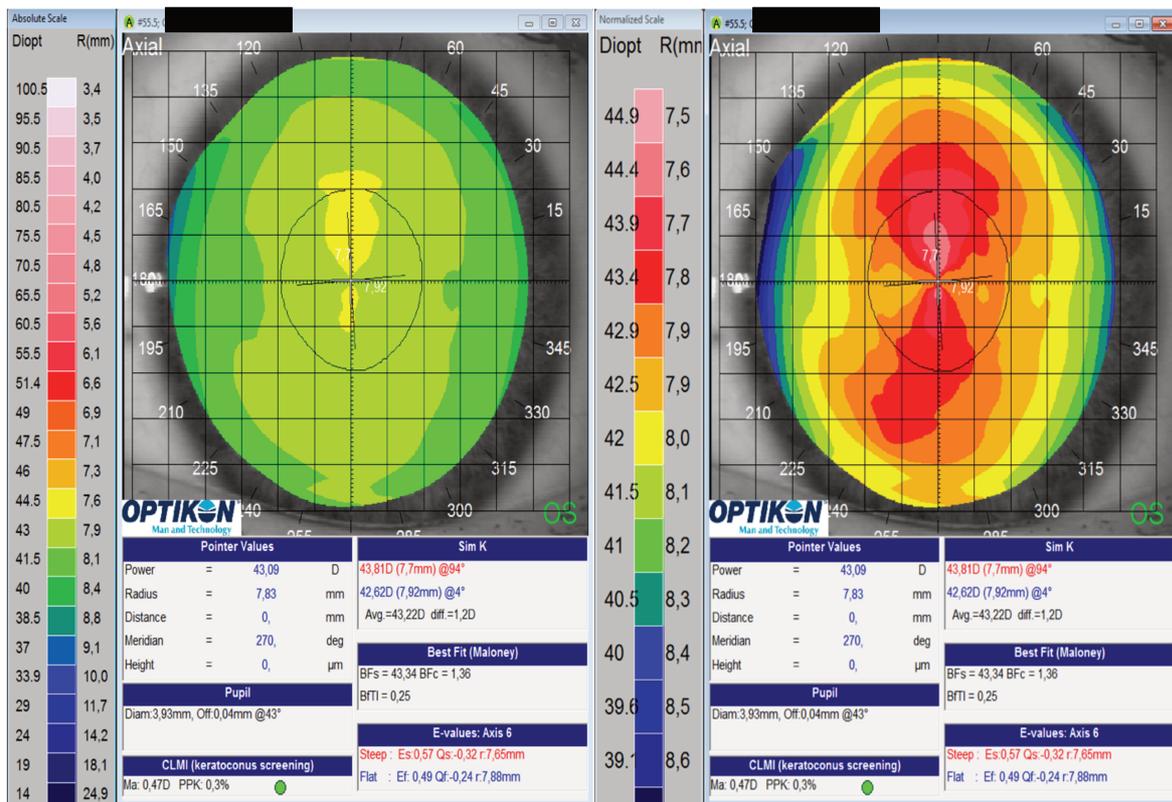


Figure 14 : Topographie spéculaire en échelle absolue (à gauche) et relative (à droite) d'une même cornée

La topographie spéculaire, indispensable lors d'une adaptation, est basée sur la numérisation des données fournies par le reflet d'un disque de Placido sur la cornée. Le logiciel fait ensuite une reconstruction de la cornée à partir des courbures axiales

et tangentielle. Les cartes utiles et nécessaires en orthokératologie sont au nombre de 4 (Figures 15 et 16) :

- la carte tangentielle : elle décrit la surface cornéenne indépendamment de l'axe optique, en millimètres ou en dioptries. Il s'agit d'une carte de relief représentant au mieux la forme de la cornée et son asphéricité. Elle est intéressante pour visualiser l'apex, les variations locales de la cornée et le centrage de la zone optique après une procédure d'orthokératologie ;
- la carte axiale : elle analyse la surface cornéenne par rapport à l'axe optique. C'est une carte de puissance renseignant plus sur la qualité visuelle que sur la forme de la cornée

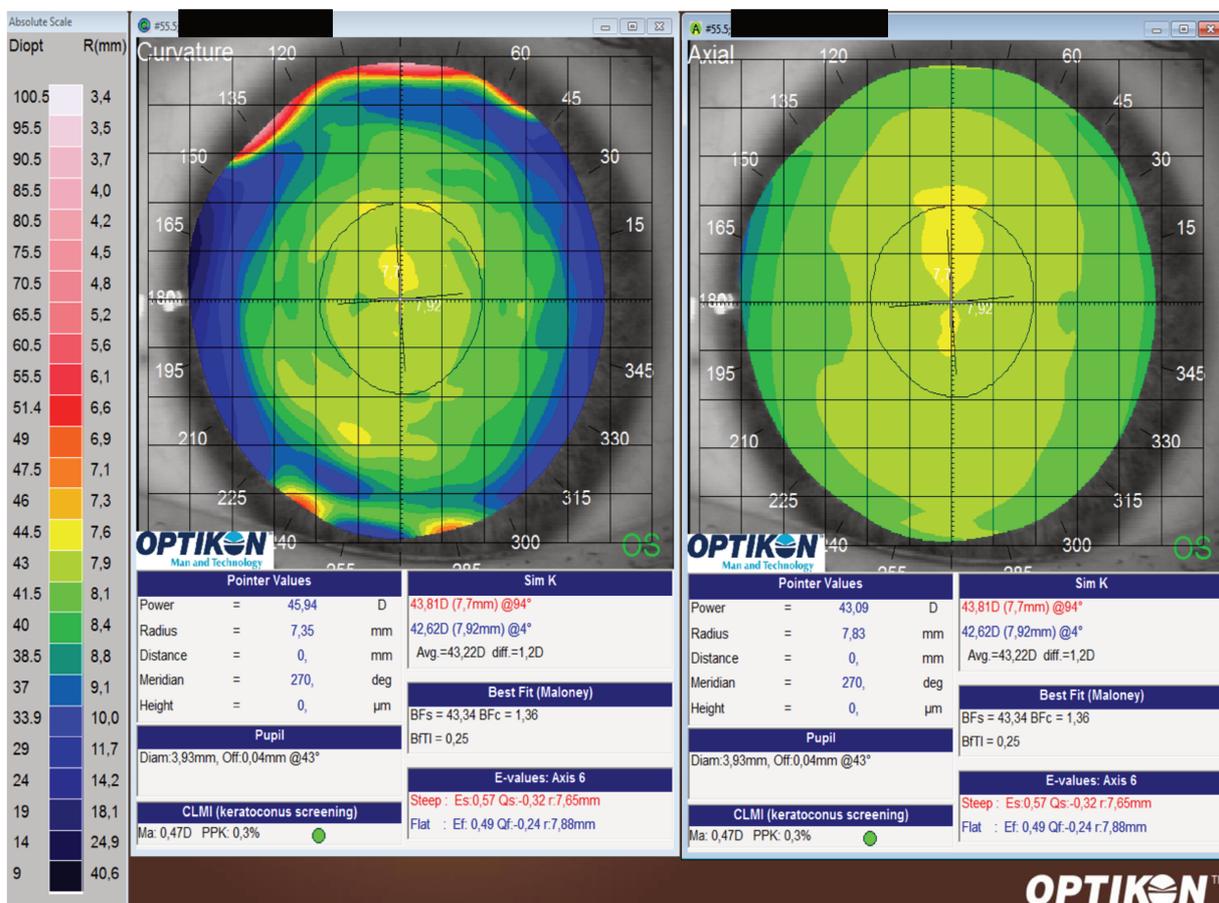


Figure 15 : Topographie spéculaire en mode tangentiel (à gauche) et en mode axial (à droite), en échelle absolue

- la carte réfractive : elle décrit la puissance réfractive de la cornée et affiche les aberrations sphériques ;
- la carte différentielle, permettant d'analyser l'effet du port des lentilles d'orthokératologie lors de deux examens successifs. Elle peut se faire en mode tangentiel pour constater les modifications de forme et le centrage du traitement, en mode réfractif pour visualiser la taille de la zone de traitement et le changement du pouvoir réfractif de la cornée, et enfin, en mode axial pour analyser l'évolution de la puissance de la surface cornéenne.

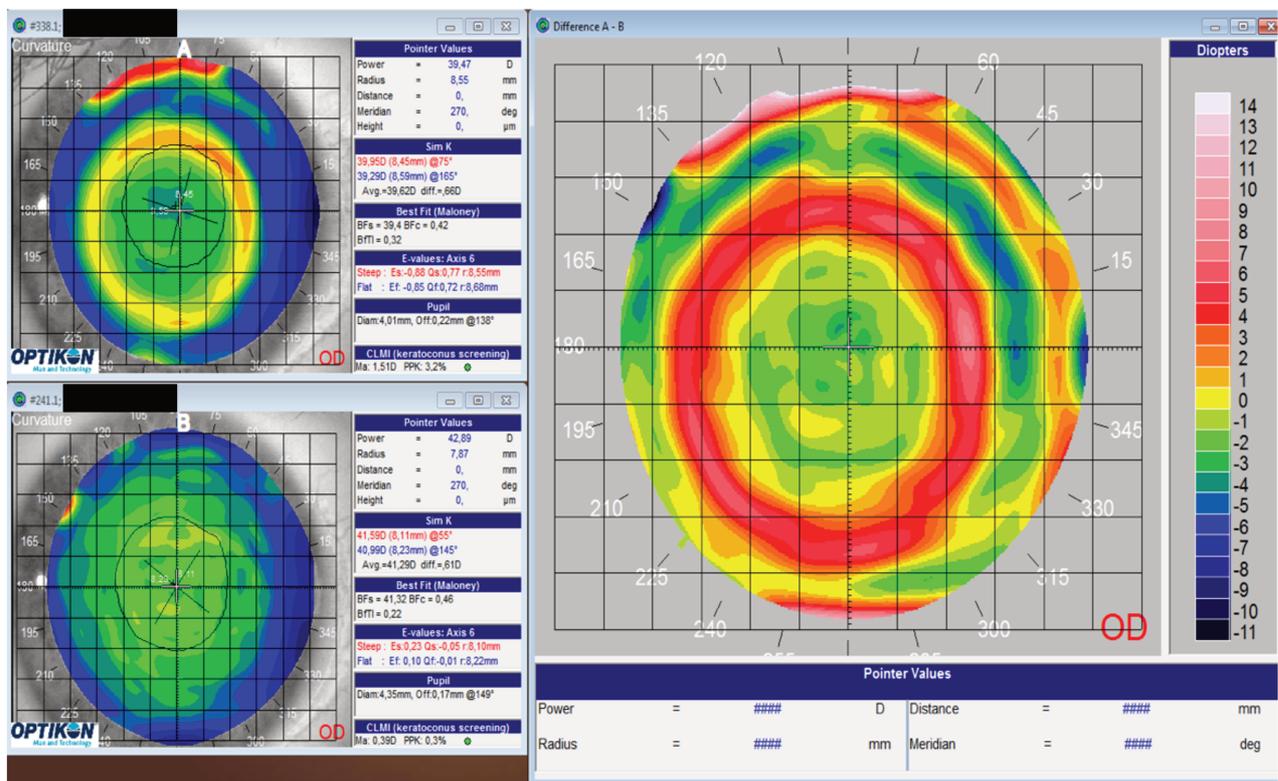


Figure 16 : Carte différentielle, en mode tangentiel, avant adaptation par des lentilles d'orthokératologie et après un an de port. On constate le centrage du traitement et les modifications du relief cornéen

La topographie d'élévation, peu utile en orthokératologie, recueille des informations sur le relief de la cornée en fonction d'une sphère de référence (Best Fit Sphere). Les mesures se font en hauteur (mm) et non plus en rayon de courbure.

Il est essentiel de recueillir des images topographiques de bonne qualité afin d'avoir des mesures fiables. Nous demanderons au patient une grande ouverture palpébrale et une stabilité, les paupières et les cils doivent être en dehors du champ. L'irrégularité des mires de Placido sur la cornée peut être la conséquence d'un film lacrymal instable. Dans ce cas, le patient pourra cligner plusieurs fois avant la capture ou, si besoin, en cas de mauvaise qualité du film lacrymal, il s'instillera des larmes artificielles. On recommande 3 à 4 cartes topographiques pour chaque œil. Celles-ci serviront de base pour le choix de la lentille et seront utiles pour le suivi.

D) Choix de la lentille

Sept lentilles sont actuellement commercialisées par quatre laboratoires (Tableau 3) :

- Sleep & See, DreamLite, Prévention DRL et DRL (Precilens)
- Z Night (Menicon)
- Overnight (Ophtalmic)
- CRT (LCS)

	Z Night	Sleep & See	DreamLite	DRL	Overnight	CRT
Laboratoire	Menicon	Precilens			Ophtalmic	LCS
Matériau	Tisifocon (Z)	Hexafocon A ou B (Boston XO ou XO2)	Hexafocon A (Boston XO)		Roflufocon (Optimum Extra)	Paflucocon (HDS 100)
Limites de correction (en dioptries)	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 4 - Astigmatisme direct < 1,5 (< 2,5 pour Z Night Toric) - Astigmatisme inverse < 0,75 (< 1,50 pour Z Night Toric) 	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 5 - Astigmatisme < 1,5 	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 4 - Astigmatisme direct < 2,5 - Astigmatisme inverse < 1,5 	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 7 - Astigmatisme < 4 - Hypermétropie < 4 - Presbytie 	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 5 - Astigmat. Direct < 1,5 - Astigmat. Inverse < 1 	<ul style="list-style-type: none"> - Myopie < 7,5 - Astigmatisme < 1,75 (jusqu'à 3 avec un profil torique) - Hypermétropie < 3
Géométrie	Quadricourbe			5 zones (double réservoirs de larmes)	Quadricourbe	
Ø Zone optique	6 mm	7,5 à 10 mm	6 mm	Variable		
Ø Lentille	10,2 mm; 10,60 mm; 11 mm	10 à 12 mm	10,1 à 10,9 mm	10 à 11,4 mm	10,3 mm; 10,6mm; 10,9 mm	9,5 à 12 mm
Dk	163 ISO	100 ISO pour le XO / 141 ISO pour le XO2				145 ISO
Logiciel d'adaptation	Easyfit	Click & Fit			Ophtalmic.com	iAdapt

Tableau 3 : Caractéristiques des lentilles d'orthokératologie

Le choix de la lentille dépendra essentiellement du type et du degré de l'amétropie ainsi que des habitudes de l'adaptateur. Toutes les lentilles compensent les myopies jusqu'à - 4 dioptries et un astigmatisme cornéen direct inférieur à la moitié de la sphère. Un astigmatisme plus important requiert un profil torique soit en périphérie (DreamLite, DRL, Z Night, CRT) soit également au centre (DRL). Concernant l'astigmatisme interne, la limite n'est pas franche mais on peut considérer qu'au-delà d'une dioptrie d'astigmatisme cristallinien ou cornéen postérieur, les résultats optiques sont moins probants. Les lentilles d'orthokératologie commercialisées sont réalisées dans des matériaux avec une bonne perméabilité à l'oxygène, représentée par le Dk. Cela limite la majorité des complications sous lentilles, souvent liées à une hypoxie cornéenne.

Chaque marque possède son propre logiciel d'adaptation. Ils sont mis à disposition par les fabricants pour les adaptateurs et permettent de remplacer les boîtes d'essai, qui, du fait du nombre élevé de paramètres, sont souvent incomplètes.

Dans le service d'ophtalmologie du CHU de Lille, nous adaptons les patients principalement avec des lentilles Menicon Z Night®. Après avoir réalisé la réfraction et la topographie cornéenne, les paramètres de la lentille sont calculés par l'intermédiaire du logiciel Easyfit®. Ces derniers sont (Figure 17) :

- le rayon de courbure r_0 de la zone optique permettant l'aplatissement cornéen central qui est en lien direct avec la myopie à corriger. Il suit la règle indiquant qu'un rayon 0,1 mm plus plat que le rayon plat de la cornée corrige environ 0,5 dioptrie de myopie. A ce rayon s'ajoute une valeur de « résistance épithéliale » pour arriver au r_0 définitif ;
- l'angle des tangentes, exprimé en degrés, est celui entre une droite passant par l'axe optique de la lentille et une droite passant par la tangente en semi-

périphérie de cette lentille. Cet angle est donc l'expression de la forme cornéenne périphérique et permet d'obtenir un parfait centrage de la lentille par pincement de la cornée. Plus l'angle est faible, plus le dégagement est fermé (pincé) ;

- la hauteur sagittale, exprimée en millimètre, représente la hauteur entre le milieu de la tangente (situé dans la zone d'appui périphérique) et la périphérie de la zone optique (début de la zone inversée). Elle correspond, indirectement, à la distance qui sépare le sommet postérieur de la lentille au sommet cornéen. Si elle est trop faible, il y'a risque de kératite centrale ou d'irrégularité de la zone centrale d'aplanissement et si elle est trop importante, il n'y a pas d'effet d'aplatissement ;
- le diamètre de la lentille, calculé à partir du diamètre cornéen horizontal représente environ 90% de ce dernier. Il permet un centrage optimal de la lentille. S'il est trop petit, la lentille risque d'être instable. S'il est trop grand, la lentille se soulève au limbe diminuant ainsi la pression centrale et l'effet réfractif.

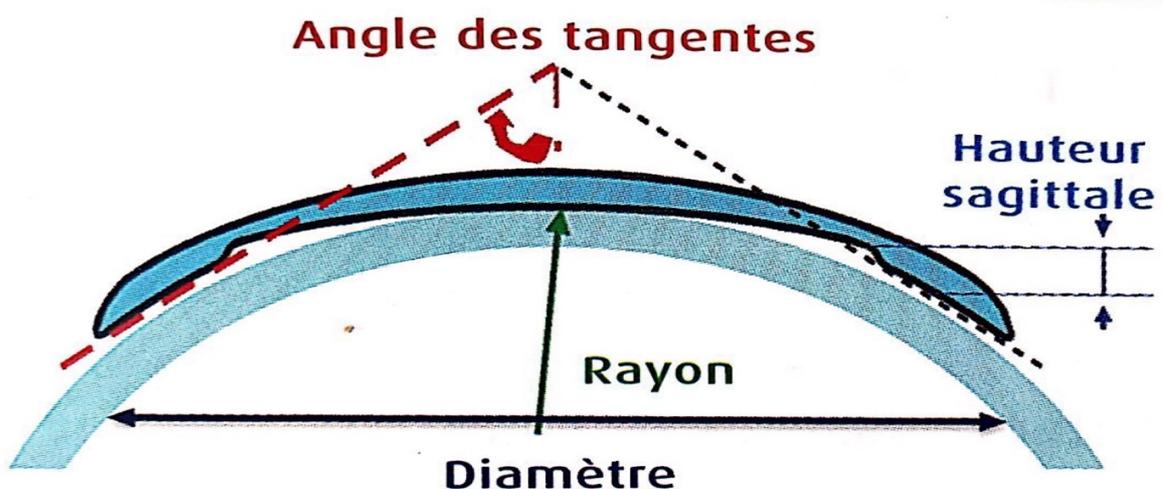


Figure 17 : Paramètres d'une lentille Menicon Z Night ®

La puissance de la lentille est nulle. Le patient verra tout de même net avec les lentilles portées puisque le ménisque de larmes agit comme un dioptré concave et corrige la myopie. Les lentilles Menicon ont la particularité de présenter trois perforations, qui ont pour but de limiter le ventousage de la lentille lors de son retrait après une nuit de port.

Concernant la Menicon Z Night Toric®, permettant de corriger les astigmatismes cornéens périphériques, les paramètres sont les mêmes que pour la lentille sphérique mais on retrouve deux angles des tangentes et deux hauteurs sagittales (une pour le méridien plat et une pour le méridien serré).

E) Protocole de consultations

1. Premier essai

La première pose s'effectue en présence de l'ophtalmologiste. Il existe un code couleur sur les lentilles afin d'éviter toute confusion. Pour les lentilles Menicon Z Night®, on retrouve une teinte rosée pour la droite et une teinte bleutée pour la gauche. Après instillation de quelques gouttes d'acide hyaluronique dans les lentilles, le patient met ses dernières la tête penchée vers le bas puis attend 30 minutes en salle d'attente les yeux fermés. A l'issue de ce délai, l'acuité visuelle est au moins égale à celle des lunettes. On vérifie la mobilité de la lentille, son centrage et ses rapports avec la cornée après instillation d'une goutte de fluorescéine et observation en lumière bleue cobalt au travers un filtre jaune (Figure 18). La fluorescéine doit être présente en bonne quantité dans la zone du réservoir (zone inversée) ainsi qu'au bord de la lentille. On doit également la retrouver en fine couche au centre et en périphérie.

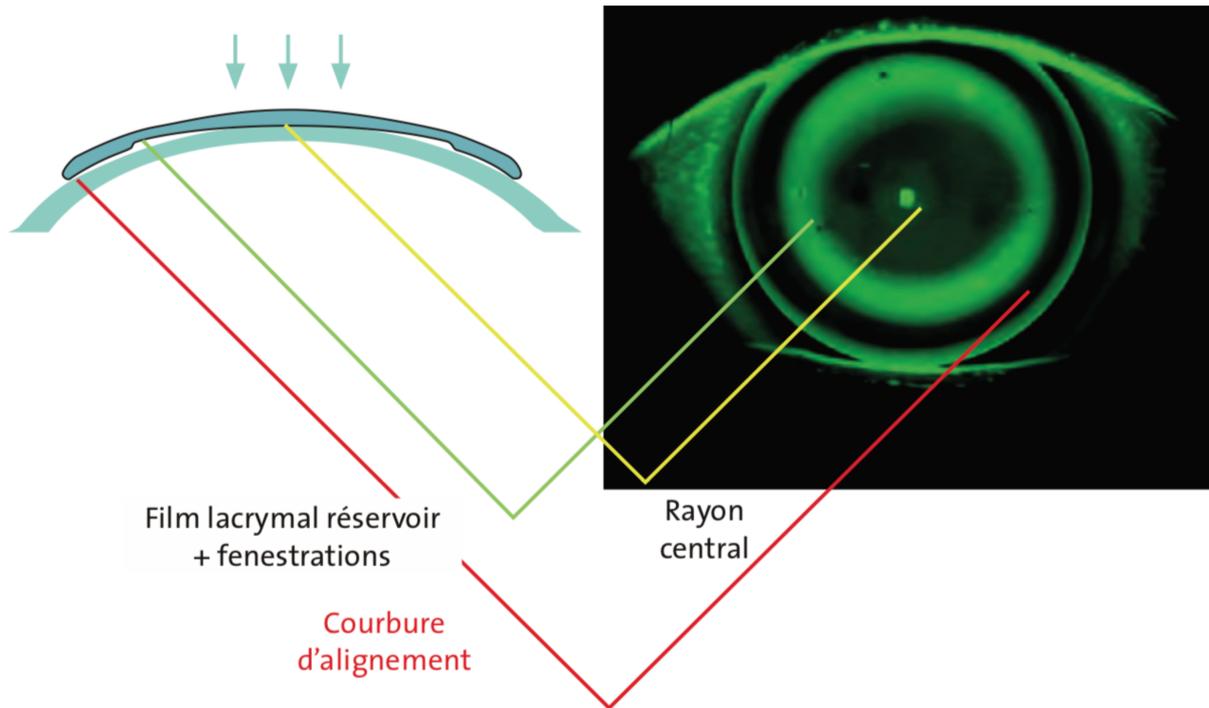


Figure 18 : Image satisfaisante de la lentille après instillation de fluorescéine

L'examen se termine par la vérification de l'intégrité de l'épithélium cornéen après retrait des lentilles. Si cette première pose s'est révélée concluante, on autorise alors la première nuit de port. On réinforme le patient de la nécessité d'instiller de l'acide hyaluronique dans ses lentilles avant la pose. Cela permet d'éviter l'incarcération de bulles d'air dans la zone de réservoir (Figure 19), potentiellement responsable d'une diminution de l'effet de pression négative (suction).

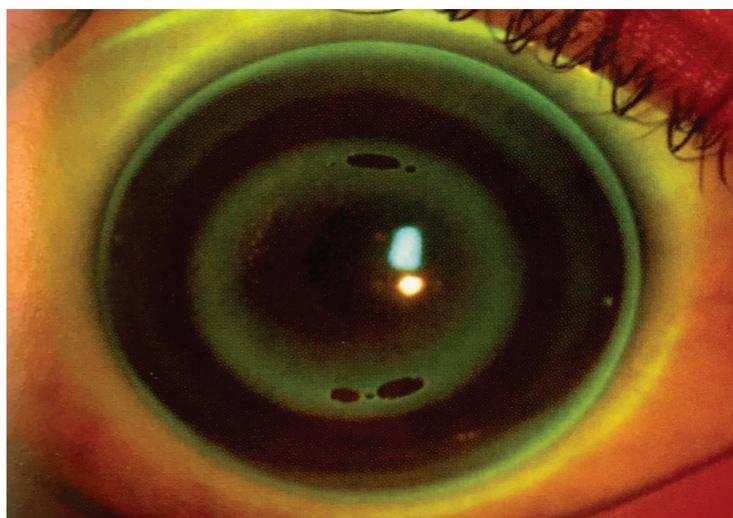


Figure 19 : Bulles d'air dans la zone de réservoir

On conseillera également l'instillation d'un lubrifiant au réveil quelques minutes avant le retrait. Cela facilitera la mobilisation de la lentille et évitera une lésion traumatique épithéliale par ventousage.

Concernant les modalités d'entretien, elles diffèrent selon les lentilles. On remet au patient un kit de départ comprenant étui, produit de trempage et déprotéinisant. Pour la lentille Menicon Z Night®, il est recommandé de la tremper quotidiennement dans une solution multifonction et de réaliser une déprotéinisation hebdomadaire.

2. Lendemain de la première nuit de port

Cette consultation permet de juger de la tolérance de l'équipement. Il est préférable de réaliser ce contrôle en début de matinée et sans les lentilles. L'acuité visuelle sans correction est généralement déjà améliorée (supérieure ou égale à 4/10) mais n'a pas de valeur prédictive.

Le point le plus important de l'examen est de constater l'intégrité de l'épithélium cornéen et l'absence de kératite. Une empreinte épithéliale cornéenne de la lentille peut être présente, elle est acceptable les premiers jours si elle n'est pas trop marquée. La topographie permet d'apprécier le centrage.

Si l'examen est satisfaisant, on rassure le patient et on lui rappelle les consignes de manipulation et d'entretien. La poursuite du port est autorisée et on programme un contrôle à 8 à 10 jours. Dans le cas contraire, on ne change pas les paramètres de la lentille mais on revoit le patient plus précocement (entre 4 et 7 jours) dans l'après-midi. Si l'adaptation n'est toujours pas satisfaisante, il faudra arrêter le port et commander une nouvelle lentille.

3. Contrôle entre le 8^{ème} et le 10^{ème} jour de port

On interroge le patient sur la tolérance du port, la manipulation des lentilles et la compréhension des règles d'hygiène. On s'assure que ces dernières soient bien respectées.

Pour les myopies inférieures à 4 dioptries, l'acuité visuelle doit être au moins équivalente à celle qu'avait le patient avec sa précédente correction. En cas d'insuffisance de correction, on peut modifier la courbure de 0,05 mm par quart de dioptrie à rattraper. Pour les myopies plus fortes et les hypermétropies, le remodelage cornéen et l'effet réfractif peuvent être plus long. A l'examen biomicroscopique, on ne doit pas constater d'effraction épithéliale.

On réalise une topographie cornéenne en mode tangentiel. On sélectionne la carte différentielle avec la topographie initiale (Figure 20). L'image idéale est l'aspect en « Bull's eye ».

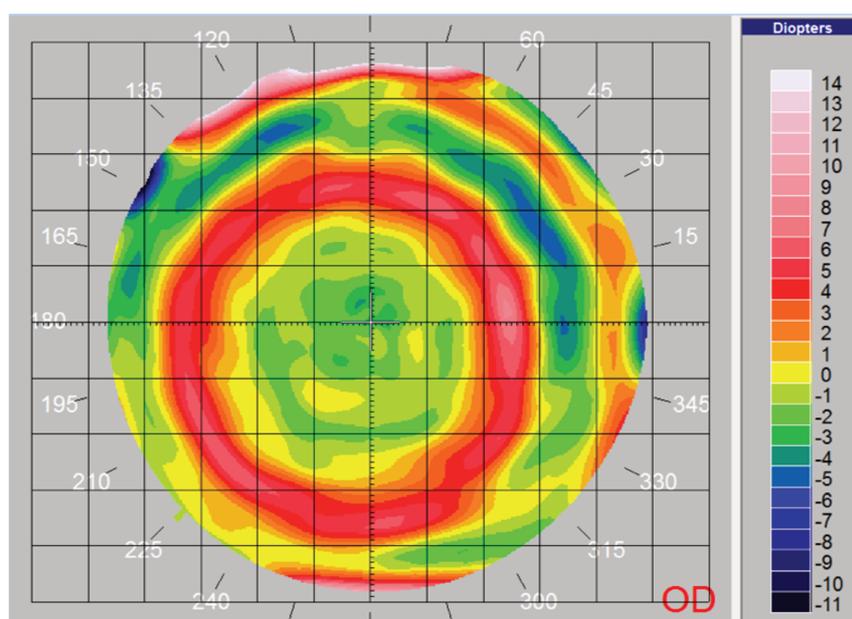


Figure 20 : Aspect topographique en « Bull's Eye » résultant d'une adaptation réussie

On retrouve un aplatissement bien centré (zone bleue/verte) qui correspond à la zone optique. Celui-ci est entouré d'un anneau plus serré (couleur rouge/orange), il s'agit de la zone inversée.

Lorsque l'acuité visuelle n'est pas optimale, différentes images topographiques sont possibles :

- l'aspect en « Smiley face » (Figure 21), la zone d'aplatissement et l'anneau de succion sont décalés vers le haut. On retrouve un bombement inférieur.

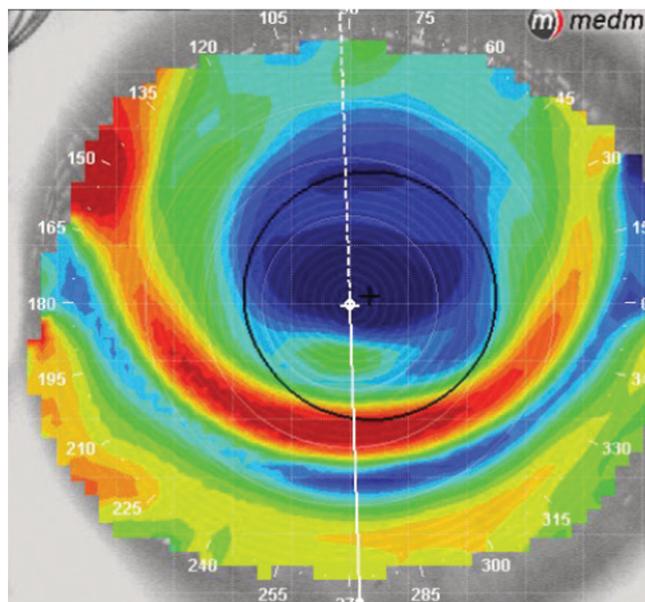


Figure 21 : Aspect en « Smiley Face »

La lentille est trop plate, il faudra resserrer la périphérie en réduisant l'angle des tangentes et conseiller au patient de s'endormir sur le dos,

- l'aspect en « Central island » (Figure 22), l'image est centrée mais il existe un îlot central un peu plus cambré par rapport à la zone d'aplatissement. La lentille est trop serrée, il faudra diminuer la hauteur sagittale.

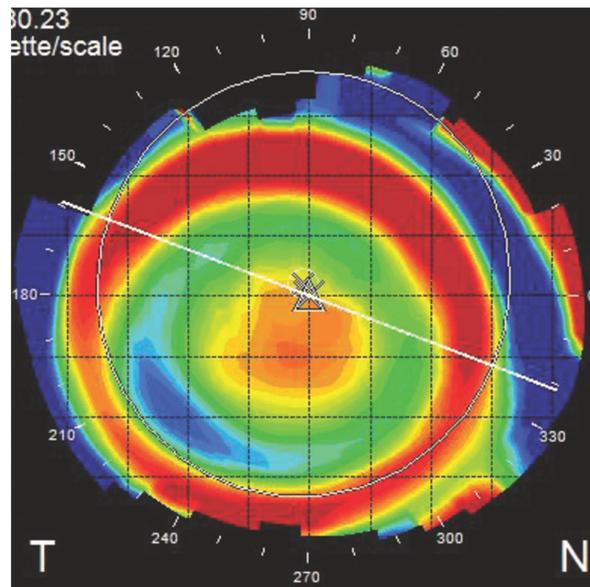


Figure 22 : Aspect en « Central Island »

On note que parfois cet aspect peut être lié à une lésion et un remaniement épithélial central, d'où l'importance de l'examen en lampe en fente. Dans ce cas, on augmentera la hauteur sagittale,

- l'aspect « Frowny face » (Figure 23), l'anneau en moyenne périphérie est décentré vers le bas. La lentille a un appui trop important au niveau de la zone d'alignement, on suggère d'augmenter l'angle des tangentes

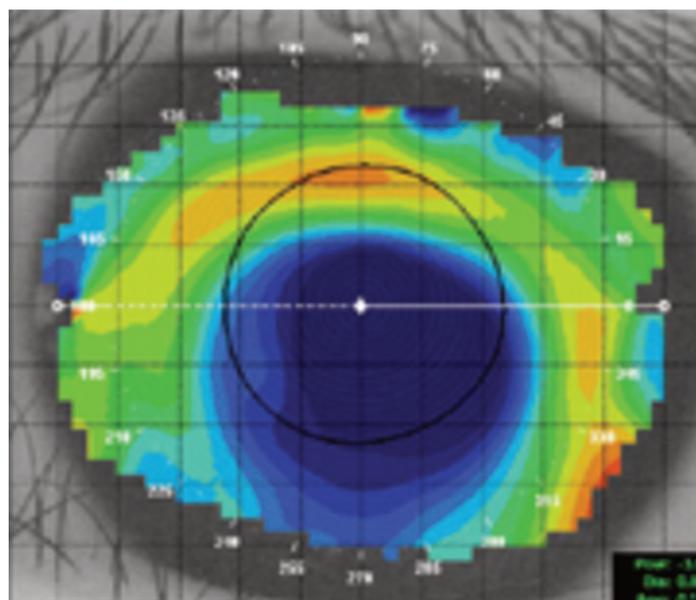


Figure 23 : Aspect en « Frowny Face »

Il peut exister un astigmatisme résiduel pénalisant l'acuité visuelle. S'il est égal à l'astigmatisme interne, l'amélioration avec les lentilles d'orthokéatologie n'est pas possible et il faut envisager une alternative (lunettes corrigeant l'astigmatisme résiduel ou abandon de l'orthokéatologie). S'il s'agit d'un astigmatisme cornéen périphérique, on envisage une adaptation avec des lentilles d'orthokéatologie à dégagements toriques.

4. Contrôle à un mois

On contrôle l'acuité visuelle, l'intégrité épithéliale et l'image topographique. A ce stade, on ne doit plus retrouver d'empreintes épithéliales. Si elles sont présentes, on vérifie que les lentilles soient bien remplies d'acide hyaluronique lors de la pose. Une augmentation de la hauteur sagittale, de l'angle des tangentes ou une diminution du diamètre permettent de desserrer la lentille et d'éviter les marques de cette dernière sur la cornée.

A l'issue de cette consultation, si l'adaptation est concluante, le patient est autorisé à porter définitivement ses lentilles. Une surveillance annuelle (semestrielle pour les enfants) est préconisée afin de renouveler les lentilles et modifier ses paramètres si nécessaire.

V – Complications et effets indésirables

A) Lésions et modifications de l'épithélium cornéen

1) « Corneal staining »

La majorité des complications épithéliales sont d'origine mécanique. La kératite ponctuée épithéliale centrale (« corneal staining ») s'observe le plus souvent le matin à la dépose des lentilles et disparaît en quelques heures. Lorsqu'elle est trop sévère (Figure 24), elle peut être liée à un contact entre la cornée et la lentille par manque de clairance lacrymale apicale. Dans ce cas, il faut augmenter la hauteur sagittale de la lentille afin de supprimer le contact avec la cornée.

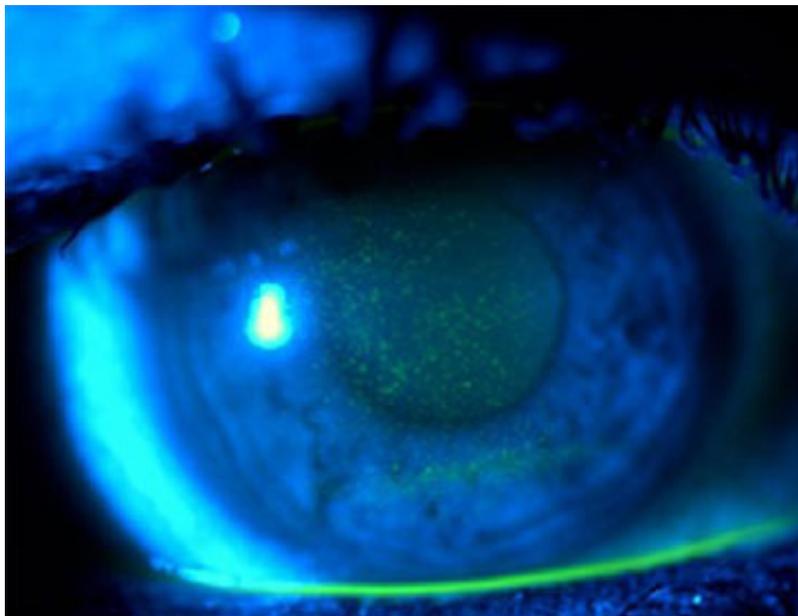


Figure 24 : « Central corneal staining » sévère nécessitant une modification de la lentille et un traitement par substituts lacrymaux

Il s'agit de la complication la plus fréquente (45). Elle peut être tolérée uniquement lorsqu'elle est inférieure au grade 2 de la classification de la CCLRU (grade 2 = 21 à 40 lésions ponctuées).

2) Arc pigmenté

On peut parfois constater la présence d'un anneau ou d'un arc pigmenté cornéen en regard de la zone de réservoir. L'apparition de ces dépôts ferriques est corrélée à la durée du port des lentilles d'orthokéatologie. Après six mois d'équipement, une étude chinoise concernant 113 enfants retrouvait des dépôts pigmentés cornéens chez 7,76% d'entre eux (46). Ces pigments n'ont aucune incidence sur l'acuité visuelle et disparaissent deux mois après l'arrêt du traitement (47).

3) Empreintes cornéennes

Les empreintes cornéennes sont la conséquence de la présence de microbulles sous la lentille ou sont liées à un ventousage cornéen. Lorsqu'elles sont secondaires à des microbulles, elles sont le plus souvent périphériques et n'entraînent pas de baisse d'acuité visuelle. Ces empreintes, situées en zone de réservoir, disparaissent quelques minutes après la dépose.

En revanche, des empreintes centrales liées à un ventousage cornéen (Figure 25) et persistantes malgré une bonne hydratation des lentilles le soir et un entretien régulier, doivent faire renoncer à un équipement en orthokéatologie.

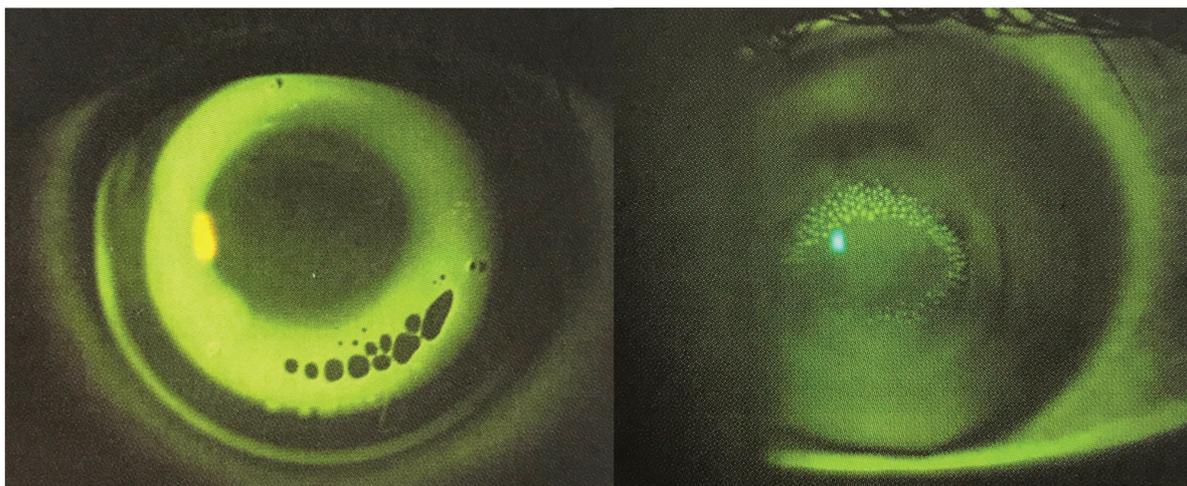


Figure 25 : Microbulles périphériques acceptables sous lentille (à gauche) et empreintes cornéennes centrales secondaires à un ventousage cornéen de la lentille (à droite) (48)

4) Hypoxie et complications infectieuses

Aujourd'hui, toutes les lentilles d'orthokératologie ayant l'AMM en France possèdent une bonne perméabilité à l'oxygène avec un Dk supérieur à 90 (Dk minimal pour un port nocturne sécuritaire). Les complications liées à une hypoxie cornéenne chronique telles que les microkystes épithéliaux, les infiltrats cornéens stériles ou encore les néovaisseaux périphériques sont devenues rares et restent réversibles à l'arrêt du port des lentilles.

La kératite microbienne (Figure 26) est la complication la plus sévère et la plus redoutée par l'ophtalmologiste. De multiples événements peuvent détériorer la barrière anti-infectieuse que constitue naturellement la surface oculaire et ainsi favoriser la survenue d'une infection. On peut citer, par exemple, l'hypoxie, l'altération de la barrière épithéliale ou de la qualité du film lacrymal ou encore la contamination des

lentilles par un entretien inadapté. Une étude de 2013 retrouvait une incidence de 7,7 cas pour 10 000 patients par an (49). Les deux germes les plus fréquents sont *Pseudomonas aeruginosa* et *Acanthamoeba* (50).

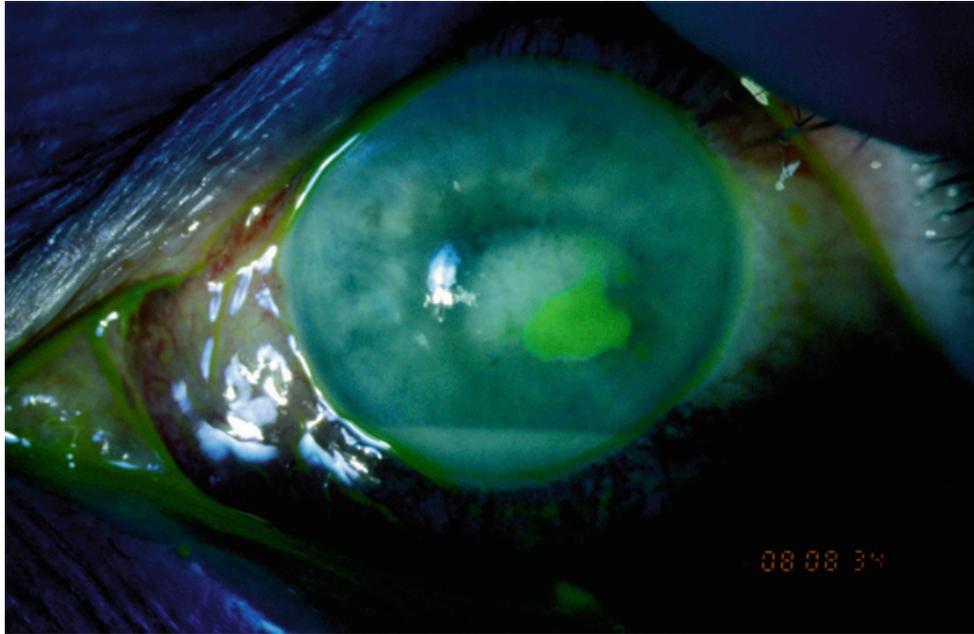


Figure 26 : Abscès cornéen à *Pseudomonas aeruginosa*

Cette incidence est nettement plus faible que celle constatée au début des années 2000 en Asie du Sud Est. A cette époque, de nombreux facteurs étaient à l'origine de ces infections : le faible Dk des premières lentilles, l'utilisation d'eau du robinet pour l'entretien et les mauvaises conditions dans lesquelles étaient réalisées les adaptations (hors milieu spécialisé).

5) Épaisseur cornéenne

Au centre de la cornée, chez les myopes équipés en orthokératologie, on remarque un amincissement épithélial moyen de 20 microns. Cette modification démarre dès la

première nuit de port et atteint son maximum le plus souvent après une semaine de traitement (51).

En moyenne périphérie, au niveau de la zone du réservoir de larmes, la pression négative de la lentille est responsable d'un épaissement cornéen. Cela concerne l'épithélium mais également le stroma cornéen (52).

B) Effet sur l'endothélium

L'endothélium joue un rôle primordial dans la régulation de l'hydratation cornéenne. Il est formé de cellules hexagonales d'environ 200 à 400 microns carrés de surface moyenne. La densité cellulaire varie avec l'âge. Elle se situe en moyenne entre 3500 et 4000 cellules/mm² entre l'enfance et l'adolescence et elle diminue progressivement pour atteindre 2000 à 2300 cellules/mm² vers l'âge de 80 ans (53). Des lésions endothéliales pourraient être à l'origine d'un œdème et donc d'une perte de la transparence cornéenne. De nombreuses études ont tenu à vérifier l'intégrité de l'endothélium lors du port de lentilles d'orthokératologie. Cette vérification était réalisée par l'intermédiaire d'une microscopie spéculaire. Cet examen permet une analyse quantitative et qualitative. En effet, la cellule endothéliale, lorsqu'elle souffre, peut perdre sa forme hexagonale (pléiomorphisme) ou sa taille habituelle (polymégatisme). Une augmentation du pléiomorphisme a été constatée sur une cohorte de 15 patients, sans conséquence fonctionnelle, après un an de traitement. Dans cette étude espagnole, on ne notait pas de perte cellulaire endothéliale (54).

Une étude chinoise de 2014, réalisée sur trente patients équipés depuis au minimum sept ans, ne retrouvait pas de modifications endothéliales (55). D'autres études portant sur 100 myopes (56) et 30 adolescents (57) confirmaient l'innocuité d'un traitement par orthokératologie sur l'endothélium.

C) Halos lumineux

Les halos correspondent à la perception d'auréoles plus ou moins étendues autour des sources lumineuses. Ils sont généralement perçus la nuit, à la tombée du jour ou dans une pièce peu éclairée. Dans le cas de l'orthokératologie, ces halos sont liés à une augmentation du taux d'aberrations sphériques et à la dégradation de l'image rétinienne. En effet, en condition mésopique, la pupille se dilate et les rayons lumineux qui la traversent en périphérie (au niveau de l'anneau cornéen de défocalisation) sont moins bien réfractés (Figure 27).

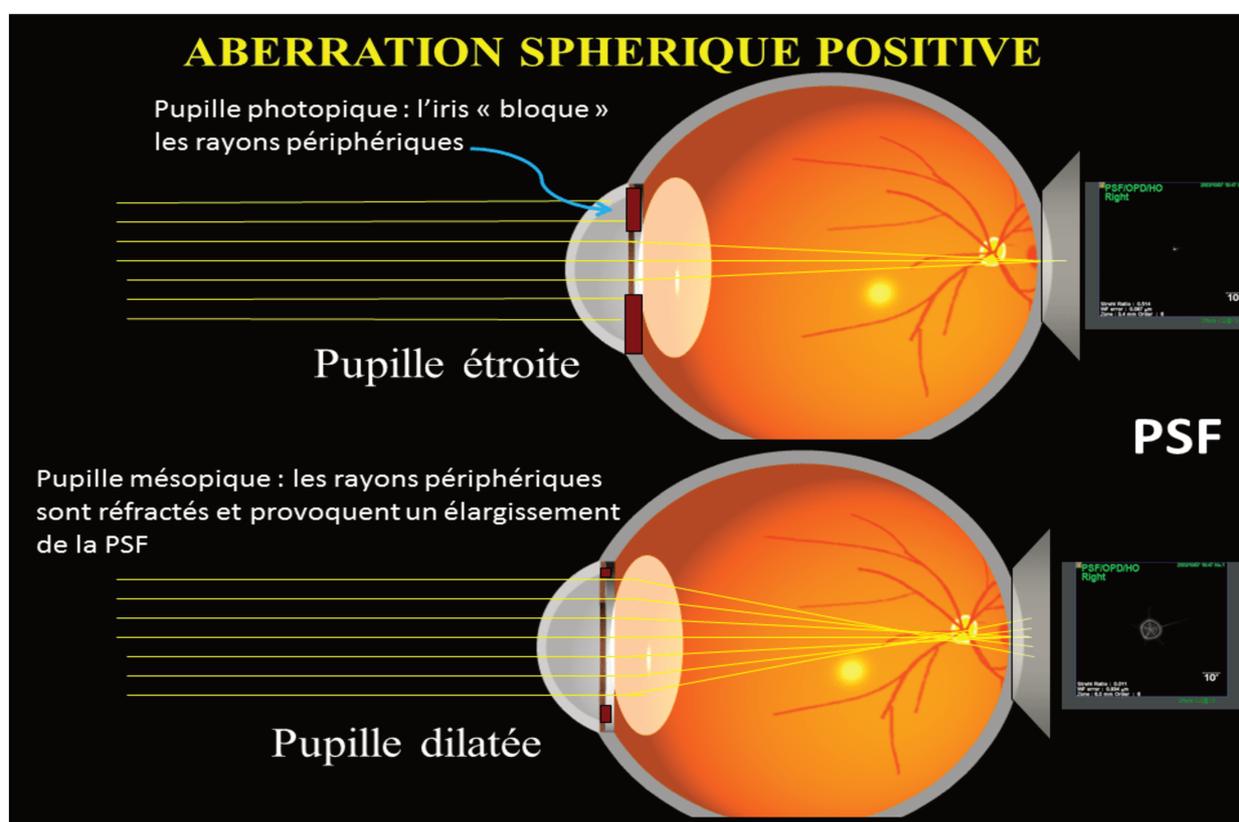


Figure 27 : Représentation de la modification du PSF (Point Spread Function)

par les aberrations sphériques lors de la dilatation pupillaire. (source :

www.gatinel.com)

L'aberrométrie, en mesurant la déformation d'un front d'onde qui traverse les différents dioptries de l'œil, permet de confirmer l'origine optique des halos et retrouve une

élévation des aberrations optiques de haut degré. Elles sont quantifiées par un taux dit RMS (Root Mean Square). Le PSF qui représente l'image perçue en présence d'aberrations sphériques s'élargit et se déforme après dilatation pupillaire.

Lorsqu'un patient porteur de lentilles d'orthokératologie présente des halos nocturnes depuis plus de deux mois, il faut vérifier sa topographie cornéenne. Si l'anneau de défocalisation n'est que partiellement dans l'aire pupillaire ou est décentré, il faudra corriger ce décentrement et/ou augmenter la zone de traitement afin qu'elle dépasse le diamètre pupillaire. Un diamètre pupillaire supérieur à 6 mm est facteur de risque d'échec.

D) Modification de la choroïde

De récentes études chez l'enfant retrouvent un lien entre épaissement choroïdien et équipement en lentilles d'orthokératologie. Une étude chinoise constatait, après six mois de traitement, un épaissement choroïdien moyen de 21 microns chez 29 patients myopes porteurs de lentilles d'orthokératologie. Cette modification n'était pas retrouvée dans le groupe contrôle constitué de patients myopes équipés en lunettes (58).

Cela a été confirmé par une autre étude chinoise portant sur 30 patients traités par orthokeratologie. Avec un recul de trois mois, on notait un épaissement choroïdien de 13 microns. On remarque une corrélation négative entre épaissement choroïdien et augmentation de la longueur axiale (59).

Dans la littérature, les myopes, quelle que soit leur correction optique, ont significativement une choroïde plus fine que les patients emmétropes (60). L'augmentation de l'épaisseur choroïdienne, et du flux choroïdien, pourrait être un

élément prédictif de freination de la myopie. Cependant, les mécanismes physiopathologiques restent à déterminer.

VI – Justification et objectifs de notre étude

Bien qu'ayant des résultats positifs dans de nombreuses études depuis une vingtaine d'années, l'orthokératologie reste peu pratiquée dans le Nord. Moins de dix praticiens équipent des patients dans notre département. Au centre hospitalo-universitaire de Lille, les premières adaptations ont été réalisées en 2014. Nous avons jugé intéressant de faire un état des lieux cinq ans après celles-ci.

Notre objectif principal est d'évaluer l'efficacité des lentilles d'orthokératologie en analysant les résultats réfractifs et en démontrant une non-infériorité de l'acuité visuelle chez des patients myopes équipés depuis au moins 12 mois, par rapport à leur acuité visuelle corrigée précédant l'adaptation.

Nos objectifs secondaires sont :

- d'évaluer la qualité de vie et la satisfaction des patients équipés en orthokératologie ;
- d'analyser la tolérance du traitement en recherchant des modifications de l'endothélium cornéen et de la choroïde.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I – Type d'étude et sélection de la population

Nous avons mené une étude longitudinale, observationnelle et monocentrique au sein du service d'ophtalmologie du Centre Hospitalier Universitaire de Lille.

Tous les patients myopes adaptés en lentilles d'orthokératologie entre 2014 et 2018 et équipés depuis au moins 12 mois ont été inclus.

Pour retrouver les patients, nous avons recherché les bons de commande des lentilles dans les logiciels d'adaptation (Easyfit®, Click and Fit® et iAdapt®). Lorsqu'un patient présentait deux bons de commande successifs espacés d'une période de 12 mois minimum, cela signifiait qu'il avait déjà renouvelé ses lentilles au moins une fois. Le renouvellement des lentilles s'effectuant, dans la quasi-totalité des cas, après 12 à 18 mois de port, le patient pouvait donc être inclus dans l'étude.

II – Recueil des données

Les données descriptives de la population telles que le sexe, l'âge du patient lors de sa première adaptation, le degré de myopie, la présence ou pas d'un astigmatisme et le délai depuis la première adaptation ont été recueillies dans les dossiers médicaux.

Dans notre étude, nous avons saisi puis suivi l'évolution de plusieurs paramètres réfractifs :

- l'acuité visuelle de loin initialement mesurée selon l'échelle de Monoyer, puis convertie selon l'échelle EDTRS ;
- la sphère subjective permettant une acuité visuelle corrigée maximale ;

- l'astigmatisme cornéen ;
- l'équivalent sphérique, calculé à partir de la formule $Sphère + (Astigmatisme/2)$;
- les kératométries moyennes, maximales et minimales en dioptries récupérées à partir du ticket d'autoréfractokératomètre issu du TONOREF II (Nidek ®) ;
- le RMS quantifiant les aberrations optiques de haut grade ;
- la Best Fit Sphere exprimée en dioptries et correspondant à la sphère théorique (idéale) pour laquelle tous les points de la cornée sont à une distance minimale de celle-ci.

Ces données, recueillies dans les dossiers médicaux et à partir du logiciel Scout (logiciel associé au topographe Piccolo ®), étaient saisies à différents moments : lors de la consultation pré adaptation, après 7 jours de port de lentilles, après 30 jours de port puis lors de chaque consultation annuelle.

Lors de la dernière consultation de contrôle réalisée en 2019, en plus des examens habituels (réfraction, examen en lampe en fente et topographie cornéenne) réalisés pour le suivi et le renouvellement des lentilles, le patient bénéficiait d'une microscopie spéculaire et d'une OCT.

Ces deux examens permettaient d'apprécier, d'une part, la tolérance cornéenne endothéliale et, d'autre part, les éventuelles modifications de l'épaisseur choroïdienne chez les porteurs de lentilles d'orthokératologie. Ces modifications ont été récemment décrites dans la littérature.

La microscopie spéculaire (Tomey EM-3000®) nous donnait des informations quantitatives avec la mesure de la densité endothéliale et qualitatives avec l'analyse du pléiomorphisme et du polymégatisme (Figure 28). Les données recueillis étaient :

- la densité cellulaire ;
- le pourcentage de cellules hexagonales ;
- la proportion de cellules ayant une taille comprise entre 200 et 400 microns carrés.

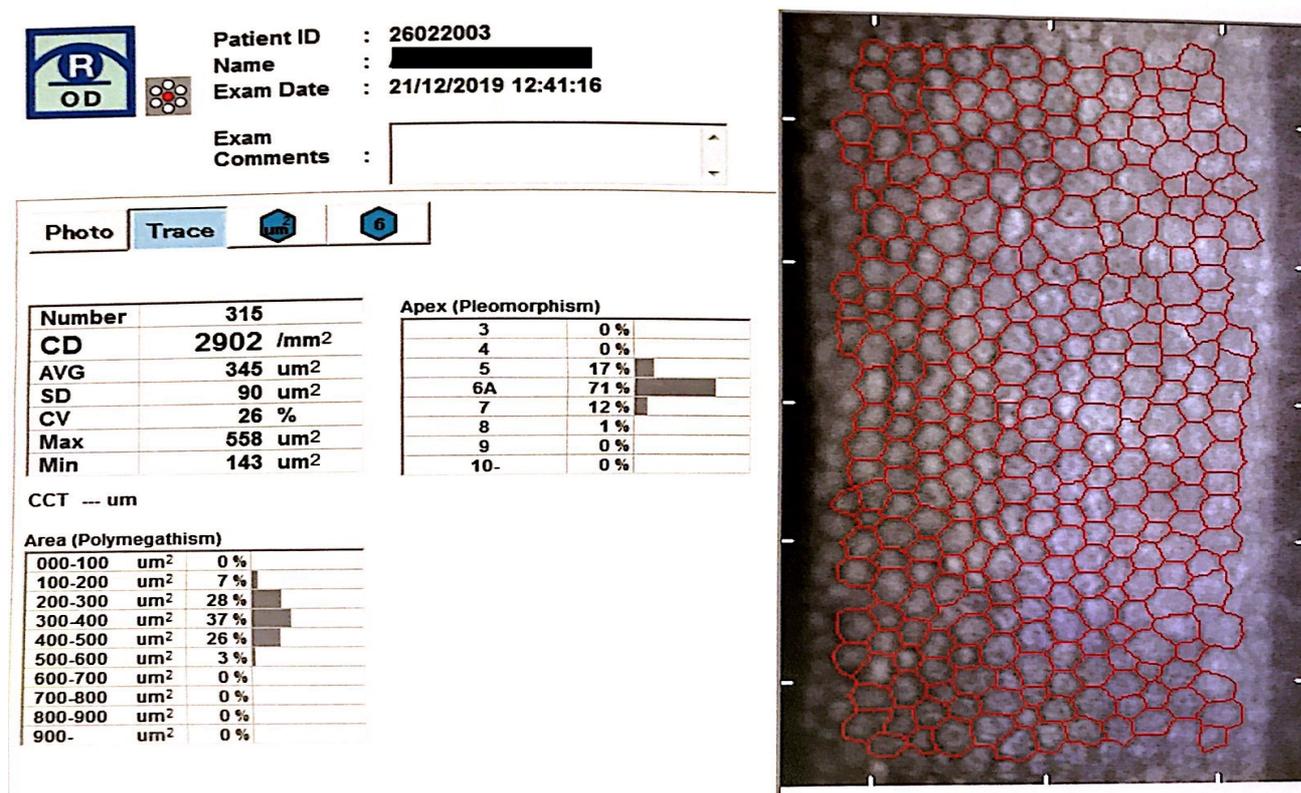


Figure 28 : Microscopie spéculaire avec comptage endothélial et analyse du pléiomorphisme et du polymégatisme

L'OCT (Heidelberg Spectralis ®) en mode EDI nous renseignait sur l'épaisseur choroïdienne. Les mesures étaient réalisées par le même opérateur grâce à l'outil « Caliper » du logiciel. On effectuait trois mesures (Figure 29) : une en sous fovéolaire et deux autres à 1000 microns chacune de la fovéa (en nasal et en temporal).

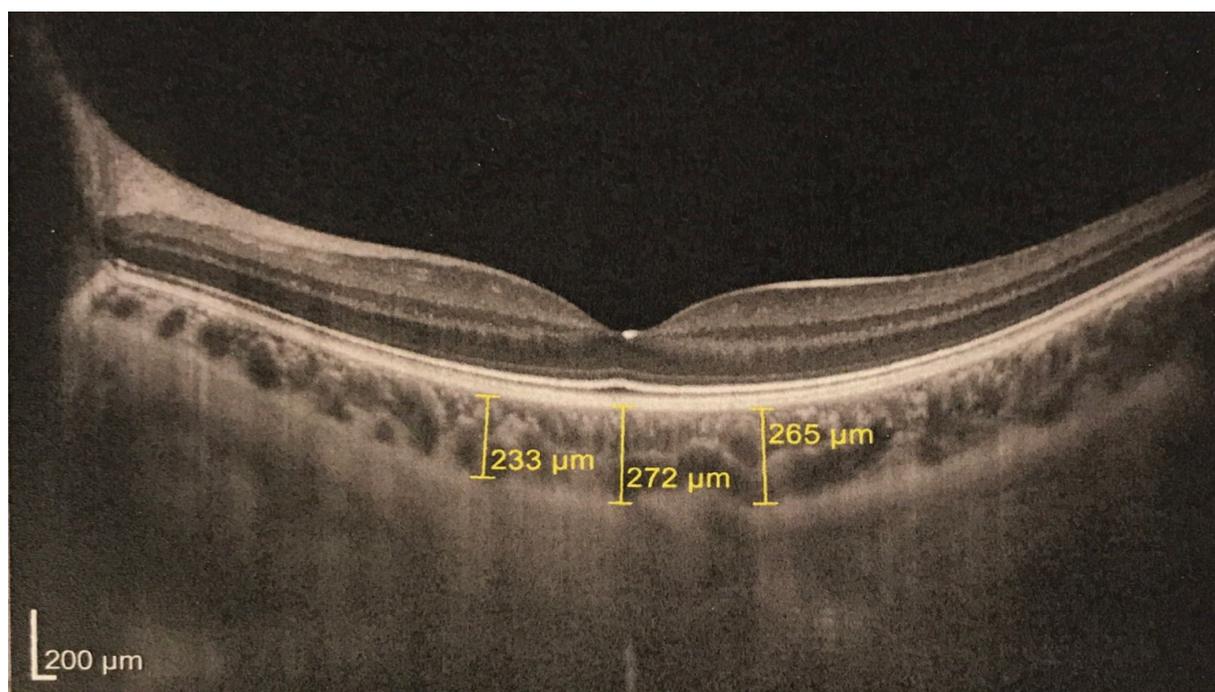


Figure 29 : OCT en mode EDI avec mesures de l'épaisseur choroïdienne

Pour ces deux examens, nous n'avons pas d'examen antérieurs. La comparaison intra-individuelle n'étant donc pas réalisable, nous avons comparé les mesures du groupe de patients à un groupe témoin de myopes non équipés en lentilles d'orthokératologie.

Dans le groupe témoin, nous avons inclus des personnes myopes (-0,75 à -4 dioptries) âgées entre 14 à 35 ans qui n'avaient jamais porté de lentilles d'orthokératologie.

III – Questionnaire de qualité de vie

Afin d'évaluer l'impact du port de lentilles d'orthokératologie sur la qualité de vie du patient, nous lui avons proposé de répondre à un questionnaire.

Nous avons utilisé l'échelle NEI – RQL-42 (National Eye Institute Refraction Quality of Life 42). Cette dernière, élaborée par RAND corporation et financée par le National Eye Institute, permet d'évaluer et de mesurer la qualité de vie d'un patient dans ses différentes dimensions en lien avec la vision (61). Publiée pour la première fois en 2003 aux États-Unis, elle est conçue spécifiquement pour les patients ayant des troubles réfractifs (62) et fait actuellement office de référence dans le domaine.

L'échelle est constituée de 42 questions à choix multiples. Chaque réponse, après recodage selon le manuel d'utilisation, correspond à un score compris entre 0 et 100, 100 étant associé à la réponse la plus favorable. Les 42 questions étaient ensuite réparties en 13 scores partiels, calculés en réalisant la moyenne des valeurs obtenues aux questions. Un score est considéré comme satisfaisant lorsqu'il est supérieur ou égal à 75. Ces 13 scores évaluent les différentes composantes de 0 (mauvaise qualité de vie) à 100 (bonne qualité de vie) et explorent les dimensions de la qualité de vie en lien avec les éléments suivants :

- netteté de la vision (4 items) ;
- vision de loin (5 items) ;
- fluctuations diurnes (2 items) ;
- vision de près (4 items) ;
- limitation des activités (4 items) ;
- symptômes visuels (7 items) ;
- apparence physique (3 items) ;
- attentes du patient (2 items) ;
- correction sous-optimale (2 items) ;
- satisfaction de la correction (1 item) ;
- phénomènes visuels lumineux (2 items) ;

- dépendance à une correction (4 items) ;
- préoccupation en rapport avec la vision (2 items) .

Il n'existe pas de score global synthétique et les résultats doivent être interprétés axe par axe (63). Dans notre étude, nous avons soumis au patient, avec son accord, l'échelle NEI-RQL-42 traduite en français et validée en 2011 (64). Cette traduction concerne l'ensemble des questions sans modification de leur ordre afin de conserver au maximum les propriétés psychométriques et la fiabilité de l'échelle américaine.

Le patient lisait et remplissait seul le questionnaire en fin de consultation. Le temps alloué était de dix minutes.

IV – Analyses statistiques

Les variables quantitatives sont décrites par leur moyenne avec intervalle de confiance à 95%. Les paramètres de dispersion ont également été analysés (médiane, intervalle inter-quartile, écart-type). Pour les variables binaires ou qualitatives, les proportions de chaque modalité ont été calculées avec leur intervalle de confiance à 95%.

Des tests statistiques non paramétriques des rangs signés de Wilcoxon appariés ont été utilisés pour comparer les variables quantitatives entre les différents moments du recueil. Pour la comparaison des variables quantitatives avec le groupe témoin, des tests non paramétriques de Wilcoxon-Mann-Whitney ont été utilisés.

Le seuil de significativité retenu était fixé à 5%. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R Statistiques version 3.6.1.

RÉSULTATS

I – Description de la population

Dans notre étude, nous avons inclus 26 patients myopes adaptés en lentilles d'orthokérotologie au CHU de Lille entre octobre 2014 et novembre 2018 (Tableau 4). Afin d'avoir un certain recul sur les effets de cette technologie, les patients inclus étaient équipés depuis au moins 12 mois.

Caractéristiques	Valeurs
Yeux équipés	52
Sexe, n (%) :	
- Femme	16 (62)
- Homme	10 (38)
Âge moyen (en années) lors de l'adaptation	25,2 [21,7 ; 28,8]
Équipement optique pré orthokérotologie, n (%) :	
- Lunettes	9 (35)
- Lentilles souples	15 (58)
- Lentilles rigides	2 (7)
Acuité visuelle moyenne initiale corrigée	86,3 [85,6 ; 87]
Motivation de l'adaptation en orthokérotologie, n (%) :	
- Rupture de tolérance aux lentilles souples	9 (35)
- Contre indication aux lentilles souples suite à une kératite microbienne	6 (23)
- Raisons pratiques (sport, travail, attente chirurgie réfractive...)	7 (27)
- Freination myopique	4 (15)
Durée moyenne (en mois) de l'adaptation en lentilles d'orthokérotologie	35,9 [31,6 ; 40,1]

Tableau 4 : Caractéristiques des patients inclus

L'âge moyen des patients lors de leur première adaptation était de 25,2 ans. Parmi les 26 patients (52 yeux équipés), on retrouvait 16 femmes (62%) et 10 hommes (38%). La majorité (58%) d'entre eux était équipée en lentilles souples avant d'être porteurs de lentilles d'orthokératologie.

Les raisons ayant motivé une adaptation en orthokératologie étaient nombreuses :

- port de lentilles souples devenu inconfortable avec le temps (35%) ;
- kératite microbienne survenue sous lentilles souples entraînant de ce fait une contre-indication au port de ces dernières (23%) ;
- raisons pratiques : pour le sport, l'activité professionnelle, patient souhaitant une chirurgie réfractive mais trop jeune pour être opéré ;
- freination myopique, cela concernait les quatre mineurs de l'étude qui présentaient une myopie évolutive.

L'acuité visuelle initiale corrigée (avec leur correction habituelle) était élevée avec une moyenne à 86,2 lettres (équivalent à 10/10 sur l'échelle de Monoyer).

La sphère subjective moyenne initiale permettant la meilleure acuité visuelle était de - 2,1 [-2,4 ; -1,8] dioptries. Seuls trois yeux avaient une sphère inférieure à - 4 dioptries (Figure 30).

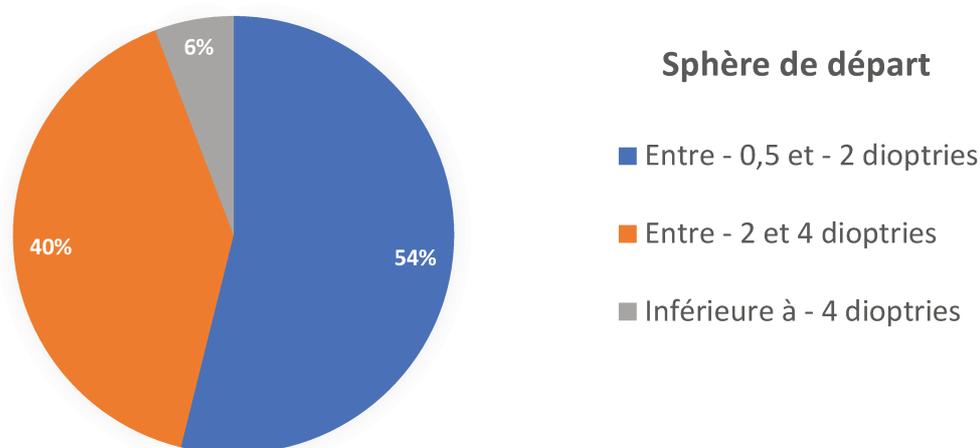


Figure 30 : Proportions des yeux équipés selon la myopie initiale

L'astigmatisme cornéen moyen initial était peu élevé chez les patients, avec une moyenne de 0,74 [0,59 ; 0,89] dioptrie. L'astigmatisme interne était toujours inférieur ou égal à 0,75 dioptrie.

Sur les 26 patients inclus dans notre étude, seuls trois ne sont plus équipés à ce jour (deux patients opérés par chirurgie réfractive et une patiente ayant un rythme de sommeil irrégulier).

La durée moyenne de port des lentilles d'orthokératologie étant de 35,9 mois, nous avons un recul satisfaisant pour étudier les résultats réfractifs dans le temps.

II – Résultats réfractifs

A) Acuité visuelle et réfraction

Lors de chaque consultation de contrôle, nous avons recensé l'acuité visuelle corrigée par le port de lentilles d'orthokératologie. Les patients se présentaient en consultation sans leurs lentilles et aucune correction supplémentaire n'était ajoutée lors de l'examen de l'acuité.

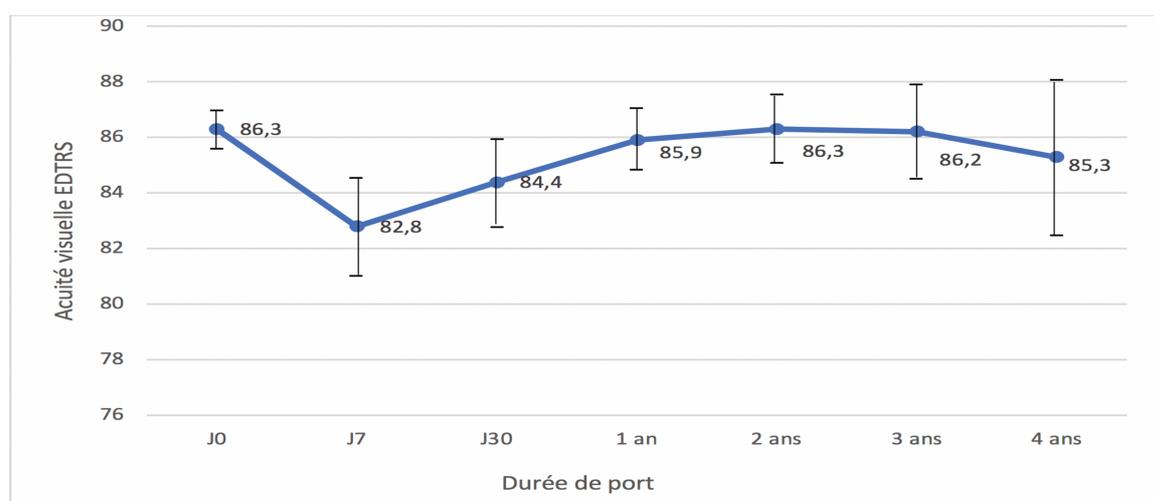


Figure 31 : Évolution de l'acuité visuelle (selon l'échelle EDTRS) en fonction du temps chez les patients équipés en lentilles d'orthokératologie

L'acuité visuelle à J0, mesurée lors de la consultation pré-adaptation, correspond à la meilleure acuité visuelle corrigée du patient avec sa correction habituelle (lunettes, lentilles souples ou lentilles rigides).

Dès 7 jours de port (Figure 31), nous constatons une acuité visuelle satisfaisante avec une moyenne à 82,8 lettres EDTRS (équivalent à 9/10 sur l'échelle de Monoyer). Néanmoins, elle est significativement différente ($p < 0,05$) par rapport à l'acuité à J0.

À partir de 30 jours de port, l'acuité semble stable dans le temps avec une moyenne oscillant entre 84,4 lettres et 86,3 lettres EDTRS durant les 4 années de suivi. Ces valeurs ne sont pas statistiquement différentes de l'acuité visuelle à J0. On peut donc conclure à une non-infériorité de l'acuité visuelle chez les patients équipés en lentilles d'orthokératologie par rapport à leur acuité visuelle corrigée avant l'adaptation, et ce dès 30 jours de port.

Concernant la sphère et l'équivalent sphérique (Figures 32 et 33), on constate, dès 7 jours de port, des valeurs proches de 0, respectivement -0,27 [-0,41 ; - 0,12] et -0,45 [-0,58 ; -0,18] dioptries.

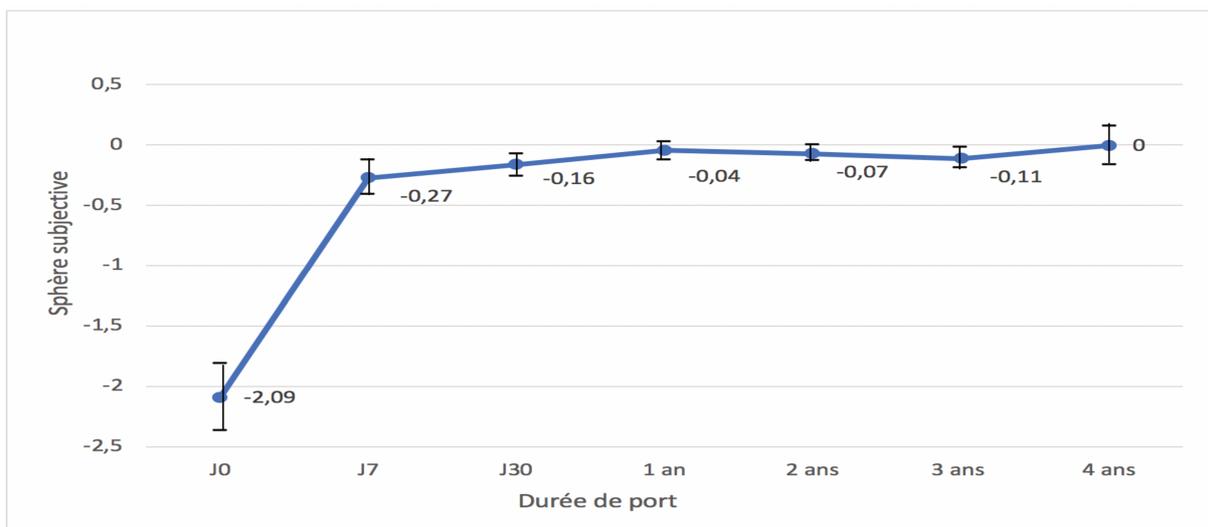


Figure 32 : Évolution de la sphère (en dioptries) en fonction du temps de port des lentilles d'orthokératologie

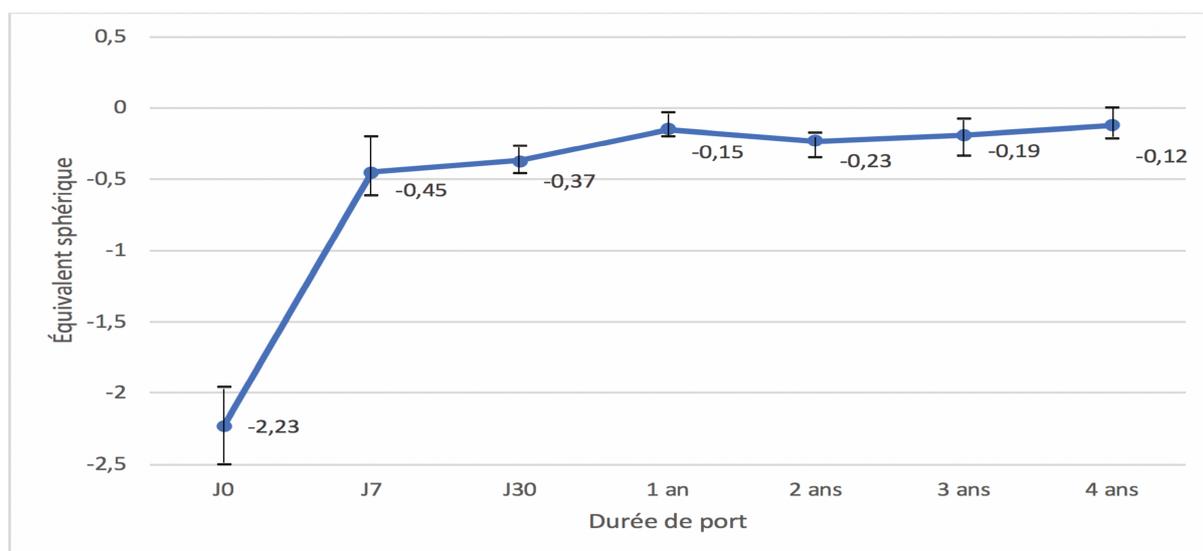


Figure 33 : Évolution de l'équivalent sphérique (en dioptries) en fonction du temps de port des lentilles d'orthokératologie

Cette tendance vers une réfraction résiduelle nulle se renforce après 30 jours de port puis se maintient durant tout le suivi.

On constate peu de variation de l'astigmatisme cornéen avec des valeurs moyennes à 0,74 [0,59 ; 0,89] dioptrie à J0, 0,54 [0,42 ; 0,66] dioptrie à J30 et 0,57 [0,45 ; 0,69] dioptrie après un an de port.

B) Modifications du profil cornéen

On remarque, dès 7 jours d'équipement en lentilles d'orthokératologie, une modification des kératométries (Figure 34). Celles-ci passent :

- pour la kératométrie moyenne, de 43,7 dioptries à J0 à 42,41 dioptries à J7 et 41,95 dioptries à un an ;
- pour la kératométrie minimale, de 43,35 dioptries à J0 à 42,14 dioptries à J7 et 41,67 dioptries à un an ;

- et pour la kératométrie maximale, de 44,09 dioptries à J0 à 42,75 dioptries à J7 et 42,23 dioptries à un an.

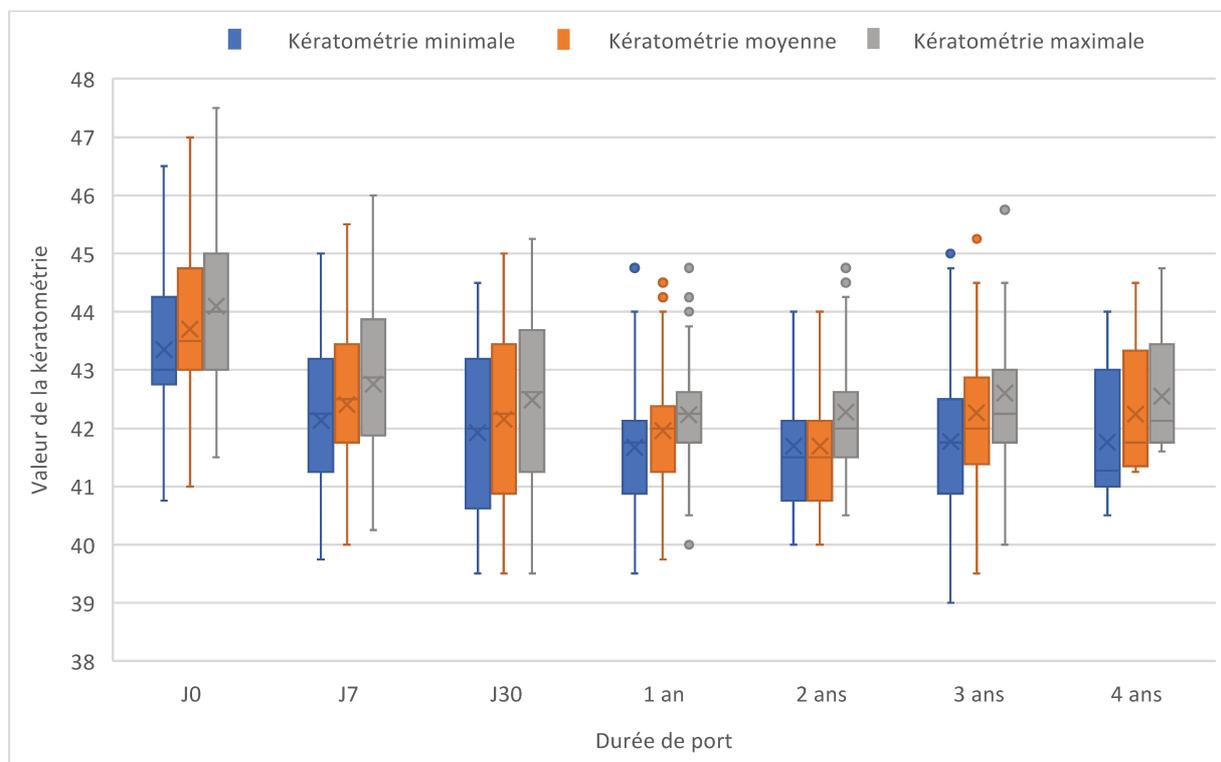


Figure 34 : Boîtes à moustaches représentant les kératométries (en dioptries) minimales, moyennes et maximales en fonction du temps

Ces diminutions des kératométries, secondaires au port de lentilles d'orthokératologie, par rapport aux kératométries pré-adaptation sont statistiquement significatives ($p < 0,05$) dès le septième jour.

Elles sont le premier reflet du changement de la géométrie cornéenne. En début d'examen, lors des mesures à l'auto-réfracto-kératomètre, avant même de tester l'acuité visuelle du patient, on peut constater la diminution de la kératométrie par rapport à J0. Cette diminution de la puissance dioptrique est liée à l'aplatissement cornéen central.

Autre témoin de la modification du profil cornéen, la BFS connaît une diminution significative dès J7 ($p < 0,0001$) qui se stabilise ensuite dans le temps (Figure 35).

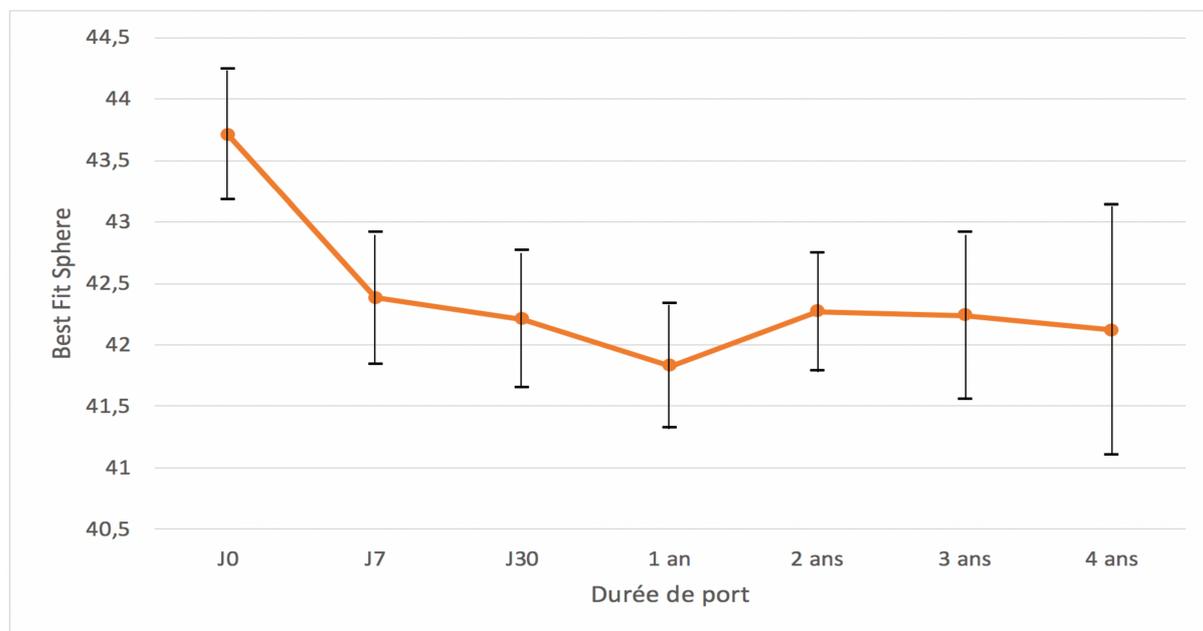


Figure 35 : Évolution de la Best Fit Sphere (en dioptries) en fonction du temps

Celle-ci passe de 43,71 [43,18 ; 44,24] dioptries à J0 à 42,38 [41,84 ; 42,92] dioptries à J7 puis 41,83 [41,32 ; 42,34] dioptries après un an de port. Cette diminution de la BFS reflète le changement du profil cornéen passant d'un profil prolate à un profil oblate.

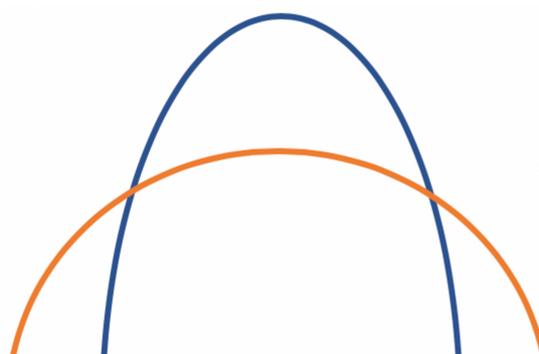


Figure 36 : Schéma d'une cornée avec un profil prolate (en bleu) qui devient oblate (en orange) suite au port de lentilles d'orthokératologie

C) Cinétiques diurnes des paramètres réfractifs

Dans le service d'ophtalmologie du CHU de Lille, deux ophtalmologistes sont équipés en lentilles d'orthokératologie. Grâce à leur participation, nous avons pu étudier la cinétique de l'acuité visuelle (Figure 37) ainsi que celle de la kératométrie moyenne (Figure 38). La mesure de la kératométrie avec l'auto-réfracto-kératomètre et l'évaluation de l'acuité visuelle étaient réalisées à 4 moments de la journée (9 heures, 12 heures, 15 heures et 18 heures). Précisons que les patients avaient retiré leurs lentilles vers 7 heures.

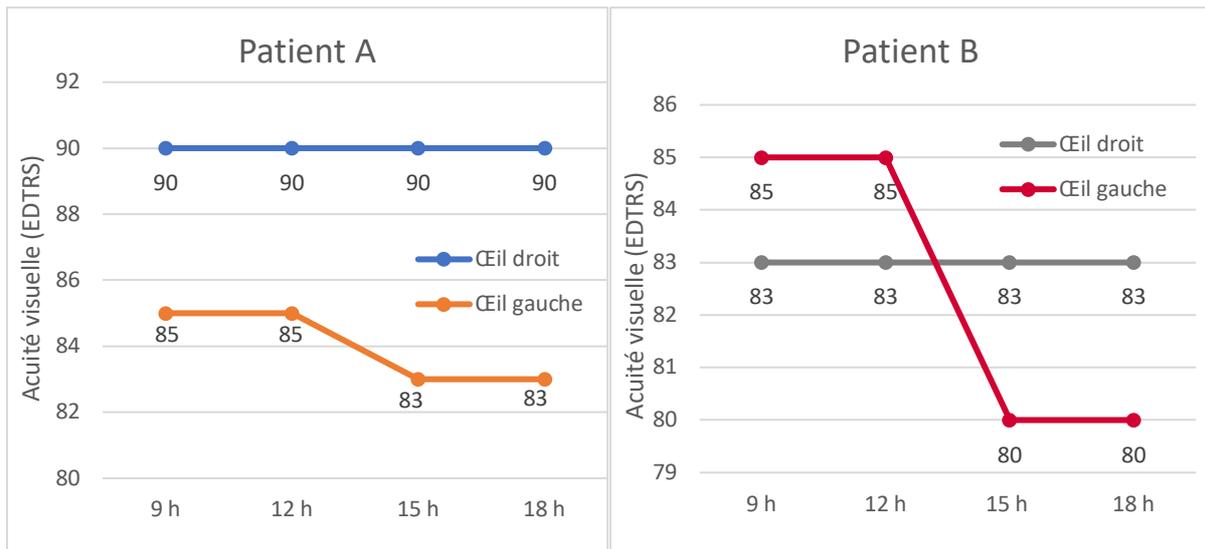


Figure 37 : Cinétique de l'acuité visuelle sans correction chez des porteurs de lentilles d'orthokératologie

On constate que les deux patients préservent une acuité visuelle satisfaisante toute la journée. Deux yeux ont une acuité stable à 90 lettres EDTRS et 83 lettres EDTRS (respectivement 12/10 et 9/10 sur l'échelle de Monoyer) de 9 à 18 heures. Pour les deux autres yeux, on constate un léger déclin à partir de 15 heures avec l'apparition

d'une sphère résiduelle de -0,25 dioptrie pour le patient A (œil gauche) et - 0,50 dioptrie pour le patient B (œil gauche). Cette baisse d'acuité visuelle monoculaire n'avait pas de retentissement professionnel ou social pour ces patients, l'acuité visuelle binoculaire étant toujours supérieure ou égale à 85 lettres EDTRS (10/10 sur l'échelle de Monoyer).

La kératométrie moyenne varie très peu au cours de la journée. La variation moyenne est de 0,03 mm entre 9 heures et 18 heures. Trois yeux sur les quatre étudiés ont une kératométrie moyenne (en mm) qui a tendance à légèrement diminuer au cours de la journée. Cela s'explique par le bombement de la cornée qui reprend sa forme naturelle au fil des heures.

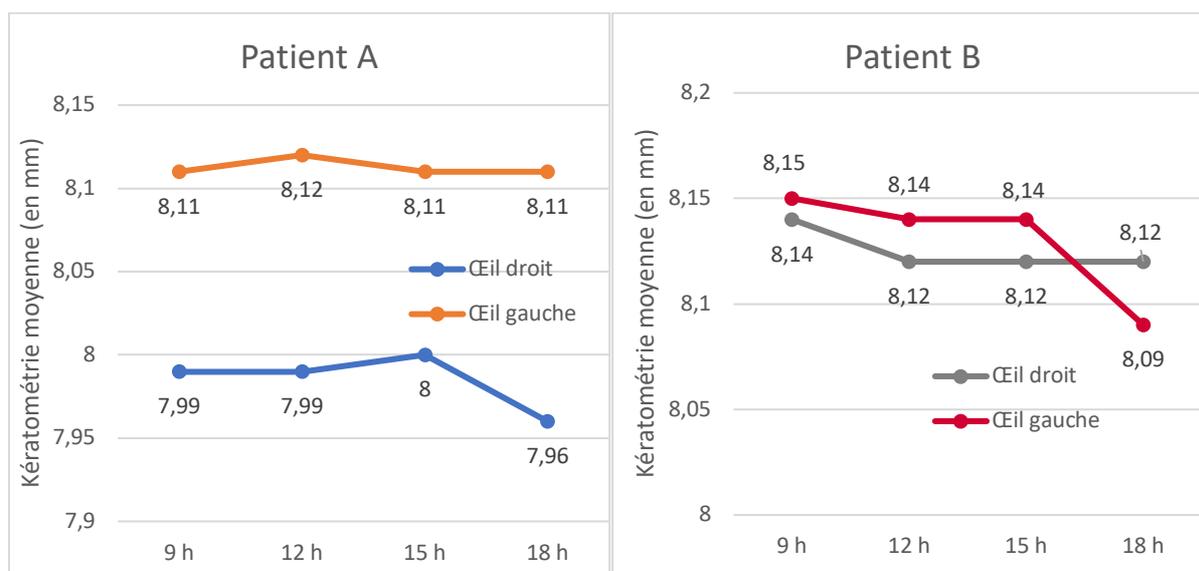


Figure 38 : Cinétique de la kératométrie moyenne chez des porteurs de lentilles d'orthokératologie

L'œil gauche du patient B présente la variation kératométrique journalière la plus importante (- 0,06 mm) parmi les quatre cas. Cela reflète le lien de cause à effet entre

variation de la kératométrie et fluctuation de l'acuité visuelle puisque c'est également sur cet œil que l'on a constaté la baisse d'acuité visuelle la plus significative.

D) Modifications aberrométriques

Nous avons recueilli le Root Mean Square des aberrations optiques de haut degré (RMS HOA). Cette mesure s'effectue automatiquement lors de la topographie cornéenne. Avec le logiciel Scout (associé au topographe Piccolo®), nous pouvons ensuite ajuster le RMS en fonction du diamètre pupillaire (entre 1 et 9 mm). Nous avons sélectionné un diamètre pupillaire de 5 mm correspondant au diamètre pupillaire en condition mésopique.

Avec le port de lentilles d'orthokératologie, on constate une augmentation significative du RMS (Figure 39) passant de 0,23 [0,2 ; 0,26] micron à J0 à 0,40 [0,34 ; 0,46] micron à J30 et 0,42 [0,35 ; 0,49] micron à un an.

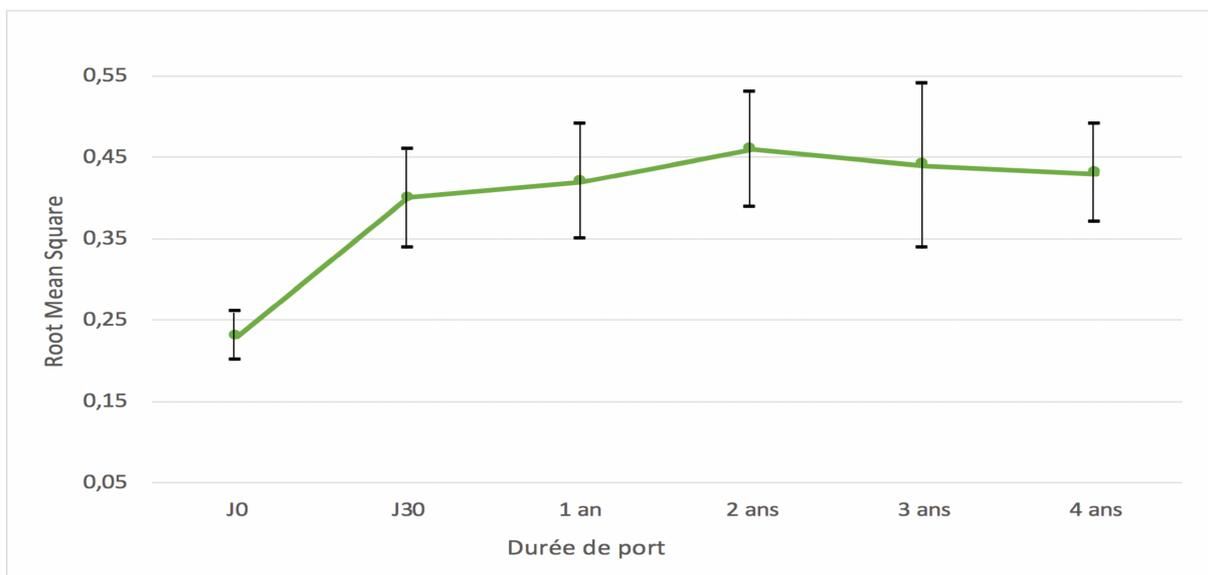


Figure 39 : Évolution du Root Mean Square des aberrations optiques de haut degré (en microns) pour un diamètre pupillaire de 5 mm en fonction du temps

Cette augmentation du RMS explique certains phénomènes visuels subjectifs (halos, éblouissements...) ressentis par le patient en condition mésopique. On estime une norme RMS HOA inférieure à 0,4 micron pour un diamètre pupillaire de 5 mm.

Ces mesures ont également été réalisées en condition photopique avec un diamètre pupillaire variant de 3 mm à 4,5 mm. Dans ce cas, on ne constatait pas de variation du RMS HOA avec le port de lentilles d'orthokératologie. Les valeurs restaient inférieures à 0,25 micron.

III – Critères de jugement secondaires

Sur les 26 patients inclus dans l'étude, 18 ont bénéficié d'une microscopie spéculaire et d'une OCT en mode EDI. Ces examens étaient réalisés lors de leur dernière consultation de contrôle, en 2019.

Nous avons également fait ces examens chez 10 patients myopes non porteurs de lentilles d'orthokératologie. Ces derniers constituaient le groupe témoin.

A) Analyse de l'endothélium cornéen

Nous avons comparé trois paramètres entre les deux groupes : la densité endothéliale, le pourcentage de cellules hexagonales et le pourcentage de cellules ayant une taille comprise en 200 et 400 microns (taille normale de la cellule endothéliale).

Le comptage ne retrouve pas de différence significative concernant la densité cellulaire endothéliale entre les deux groupes ($p = 0,24$). Le groupe de patients sous

orthokératologie a une densité moyenne de 2708 [2609 ; 2808] cellules/mm² et le groupe témoin, une densité de 2595 [2511 ; 2681] cellules/mm² (Figure 40).

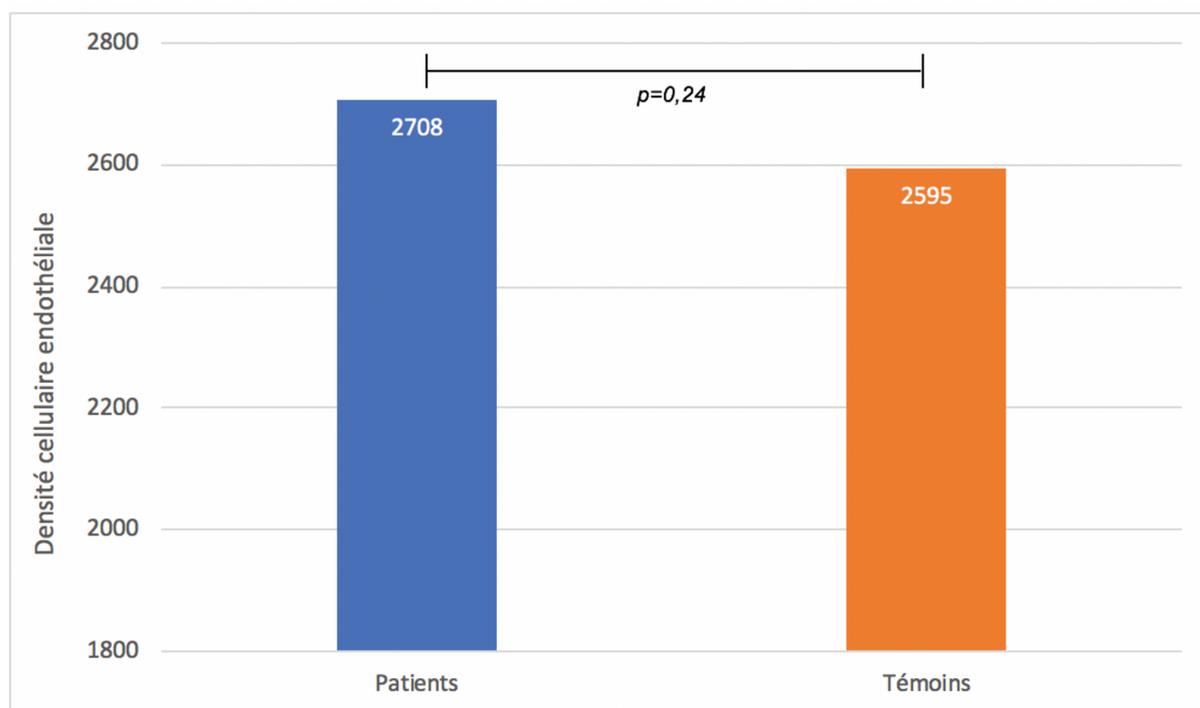


Figure 40 : Comparaison de la densité cellulaire endothéliale cornéenne par mm² entre le groupe de patients myopes sous orthokératologie et le groupe de témoins myopes.

Concernant les données qualitatives de l'endothélium, on ne constate pas non plus de différence significative entre les deux groupes (Figure 41). Les patients équipés en lentilles d'orthokératologie n'ont ni un polymégatisme endothélial ni un pléiomorphisme plus élevé par rapport au groupe témoin. Les proportions de cellules hexagonales (reflet du pléiomorphisme) et de cellules de taille normale (reflet du polymégatisme) sont quasi identiques entre chaque groupe.

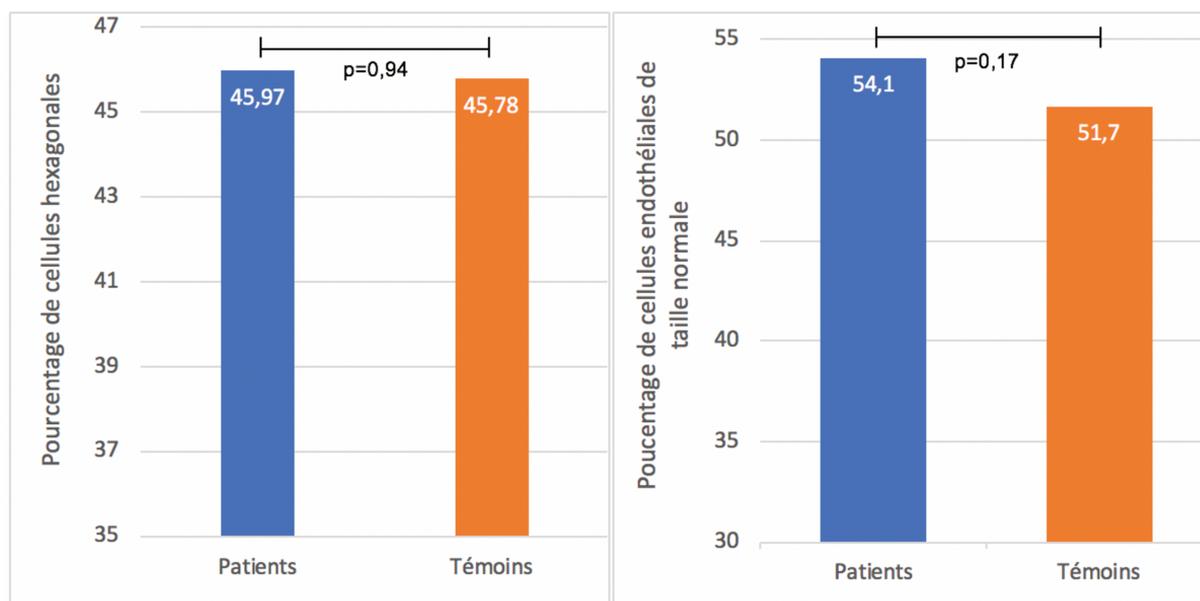


Figure 41 : Analyse du pleiomorphisme (à gauche) et du polymégatisme endothélial (à droite) dans chaque groupe

On conclut à une absence d'altération quantitative et qualitative de l'endothélium cornéen chez les patients porteurs de lentilles d'orthokératologie par rapport à un groupe témoin de myopes non équipés.

B) Analyse de l'épaisseur choroïdienne

Nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les deux groupes concernant l'épaisseur choroïdienne (Figure 42). Celle-ci est plus élevée en sous fovéolaire avec une moyenne oscillant entre 320 [292 ; 349] et 289 [249 ; 331] microns, et plus faible en nasal avec une moyenne variant de 278 [246 ; 310] à 256 [218 ; 295] microns selon le groupe.

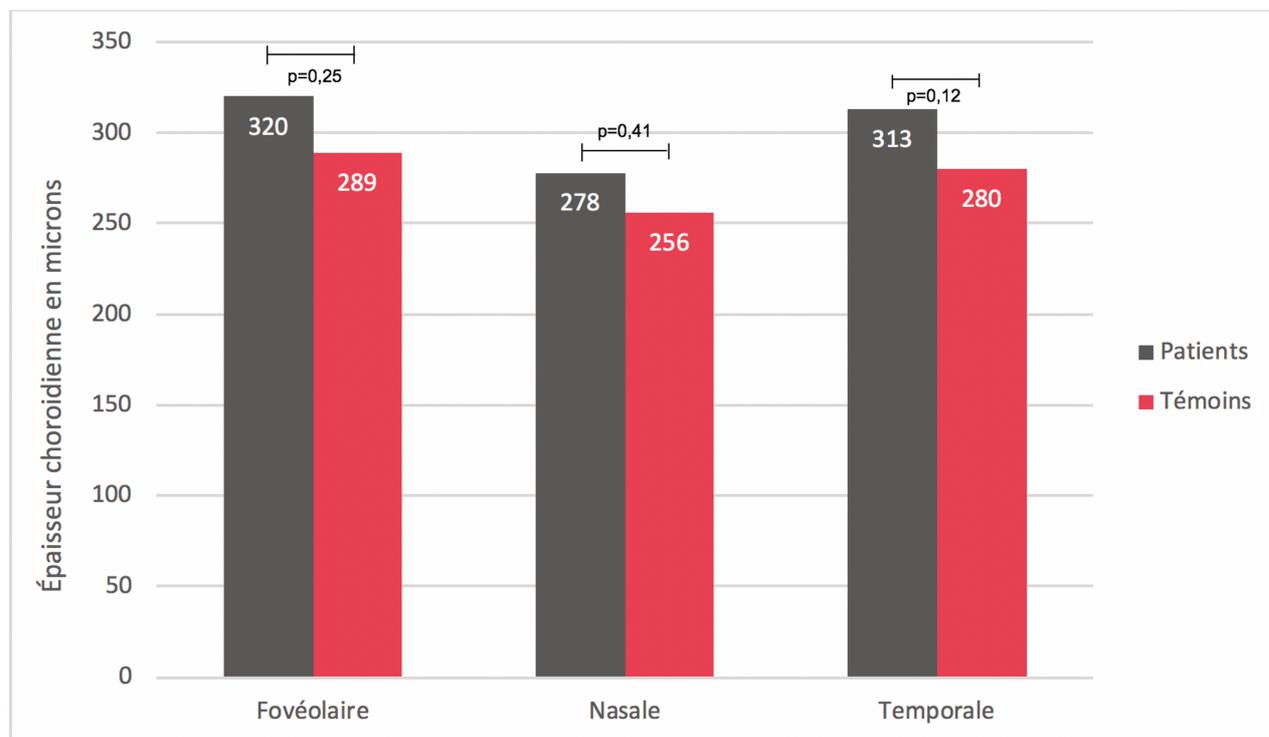


Figure 42 : Comparaison de l'épaisseur choroïdienne, selon la localisation, entre les 2 groupes

L'épaisseur choroïdienne a une grande variabilité inter-individuelle. Elle diffère selon l'âge (65), le degré d'amétropie (60) et fluctue au cours de la journée (66).

Afin d'avoir un groupe témoin comparable au groupe de patients sous orthokératologie, nous avons sélectionné des patients myopes ayant la même moyenne d'âge.

Néanmoins, au vu des faibles effectifs et donc de l'appariement relatif entre les deux groupes, notre comparaison avec un groupe témoin a une pertinence limitée.

IV – Qualité de vie des patients

Dix-neuf patients ont accepté de remplir le questionnaire. Les scores moyens de l'échelle NEI-RQL-42 témoignent d'une bonne qualité de vie des patients équipés en lentilles d'orthokératologie (Figure 43). Onze scores sur les treize axes étudiés sont supérieurs à 75.

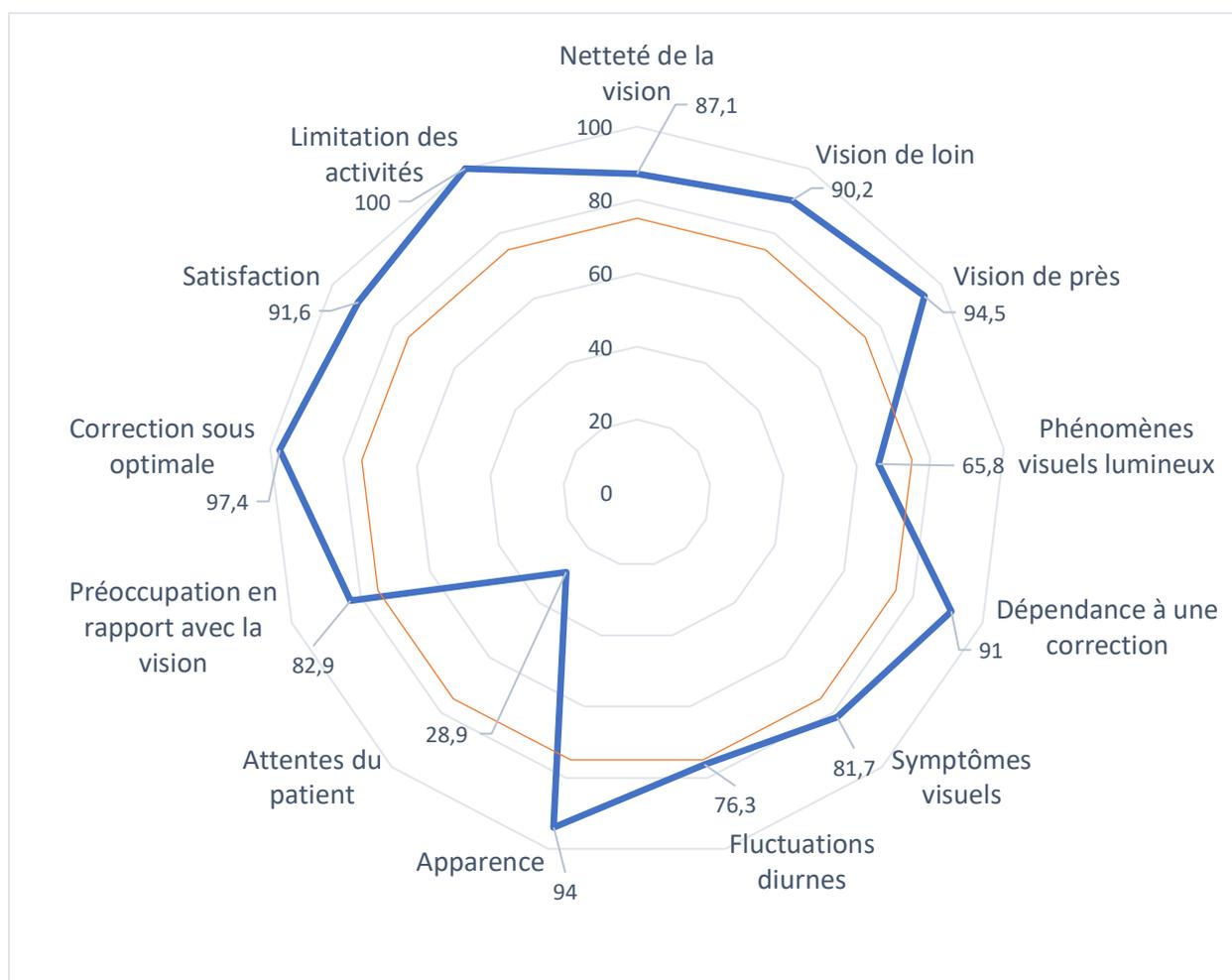


Figure 43 : Diagramme en radar représentant les moyennes des 13 axes de l'échelle NEI-RQL-42

En plus du bénéfice visuel (scores élevés pour les axes « vision de loin », « vision de près », « netteté de la vision », « correction sous optimale »), l'orthokératologie possède également d'autres avantages. Les patients ne perçoivent aucune limitation

dans leurs activités sportives ou professionnelles (score moyen de 100) et sont également très satisfaits d'un point de vue esthétique (score moyen de 94).

Deux scores se révèlent inférieurs au seuil de satisfaction (seuil de 75, représenté en orange sur le diagramme) : les scores « phénomènes visuels lumineux » et « attentes du patient ».

Concernant les phénomènes visuels, onze patients étaient concernés. Ils percevaient des halos ou des dispersions lumineuses. Ces symptômes étaient présents uniquement la nuit et pour quatre patients parmi les onze, cette gêne s'estompait après les deux premiers mois de port.

La moyenne de l'axe « attentes du patient » se révèle très faible avec un score de 28,9. L'une des deux questions de cet axe était : « Si votre vue vous semblait parfaite sans aucune correction, dans quelle mesure pensez-vous que cela changerait votre vie ? », la majorité des patients a répondu « un grand progrès ». Ce faible score ne reflète pas une déception des patients vis-à-vis de l'orthokératologie mais plutôt l'impact négatif de la myopie dans leur vie. Cela souligne l'importance qu'accorde les patients à leur vision et donc également l'exigence qu'ils ont vis-à-vis de leur correction.

En plus de l'échelle NEI-RQL-42, deux questions supplémentaires ont été ajoutées. Une relative au coût annuel des lentilles et des produits d'entretien qui s'élève à 490 € en moyenne.

L'autre, intitulée comme suit : « Compte-tenu des résultats obtenus, referiez-vous une adaptation en orthokératologie ou la conseillerez-vous à vos proches ? ». La totalité des patients a répondu positivement.

DISCUSSION

I – À propos de la population étudiée

Sur une période de quatre ans (d'octobre 2014 à novembre 2018), nous constatons que l'équipement et le port de lentilles d'orthokératologie sur une durée supérieure à douze mois ne concernent qu'un faible effectif de patients. Sur les 26 patients inclus dans l'étude, onze travaillaient (interne, médecin ou kinésithérapeute) ou avaient un parent issu du milieu médical. Preuve que l'orthokératologie reste encore une pratique peu connue essentiellement basée sur le « bouche à oreille ».

Les quinze autres patients étaient tous adressés par un ophtalmologiste ou un orthoptiste. Chez ces patients, l'adaptation était justifiée dans le cadre d'une freination myopique, dans les suites d'une kératite microbienne ne permettant plus le port de lentilles souples ou encore dans l'attente d'une chirurgie réfractive chez des patients trop jeunes avec une myopie non stabilisée.

Tous les patients de l'étude étaient « actifs » socialement (étudiant ou travailleur). L'âge moyen au moment de l'adaptation était de 25 ans. Il est nettement plus élevé que l'âge moyen retrouvé dans les différentes études (39, 40, 41, 67) de la littérature. Cela s'explique par le fait que ces études s'intéressent essentiellement à la freination myopique induite par les lentilles d'orthokératologie. Elles concernent donc des patients très jeunes avec un âge compris entre six et quinze ans. Dans notre étude, seuls quatre patients étaient équipés pour cette indication.

Une étude publiée en 2019 (68) a analysé durant quatorze ans (de 2003 à 2017) les adaptations en lentilles (dont les lentilles d'orthokératologie) réalisées par des

ophtalmologistes issus de 45 pays différents. 2702 patients ont été équipés en orthokératologie. L'âge moyen de 25 ans au moment de l'adaptation était similaire à celui des patients de notre étude.

II – Avantages et inconvénients de l'orthokératologie

A) Rapidité et stabilité des résultats réfractifs

L'orthokératologie permet de récupérer une bonne acuité visuelle rapidement après l'adaptation. Dans notre étude, dès la première semaine de port, l'acuité visuelle moyenne était proche de 10/10 avec une sphère résiduelle quasi nulle. Dans la plupart des cas, les patients peuvent reprendre leur activité professionnelle ou sportive sans gêne visuelle dès le lendemain de la première nuit de port. Pour les myopies supérieures à 4 dioptries, il est parfois nécessaire de porter des lentilles souples journalières la première semaine. Ces lentilles « d'appoint » auront une correction dégressive au fil des jours, la sphère résiduelle diminuant progressivement.

De nombreuses études ont analysé la rapidité des modifications réfractives sous orthokératologie. Pour les lentilles sphériques (astigmatisme inférieur à 1,50 dioptrie), la réduction myopique se produit durant les 7 premiers jours. On ne constate pas ensuite de modification réfractive significative (69,70). Pour les myopies inférieures à 2 dioptries, Sridharan et Swarbick (71) ont même démontré que 80% de la modification réfractive s'effectuait après une nuit de port.

Les patients avec un astigmatisme cornéen compris entre -1,50 et -4 dioptries sont adaptés en lentilles toriques. Le délai pour atteindre la meilleure acuité visuelle est plus long par rapport aux myopes équipés en lentilles sphériques. Il faut généralement un mois de port pour avoir un astigmatisme résiduel proche de zéro (40).

Concernant la stabilité réfractive durant la journée, nos résultats sont satisfaisants avec une régression myopique moyenne de -0,19 dioptrie, 11 heures après le retrait des lentilles. Sur les 4 yeux étudiés, 2 avaient une perte minimale (2 et 5 lettres EDTRS) d'acuité visuelle en fin de journée. Ces résultats concordent avec ceux de la littérature. Chez des patients porteurs de lentilles d'orthokératologie depuis un mois, on retrouve une régression myopique, en fin de journée, variant de -0,32 (72) à -0,37 (70) dioptrie. Dans ces 2 études, la régression est constatée respectivement 14 heures et 12 heures après le retrait des lentilles. Une autre étude, plus récente, réalisée chez 22 enfants (73) ne relève pas de différence significative entre l'acuité visuelle mesurée le matin après le retrait des lentilles et celle mesurée en début de soirée. L'orthokératologie permet donc de maintenir une bonne qualité de vision toute la journée. Ce paramètre est important puisque les porteurs sont essentiellement des jeunes actifs.

B) Technologie réversible

Les modifications réfractives et l'aplatissement du profil cornéen induits par les lentilles d'orthokératologie sont réversibles. D'après Kobayashi et al. (74), chez des patients équipés depuis 12 mois, il faut 2 mois sans port de lentilles pour retrouver la géométrie cornéenne et les paramètres réfractifs initiaux. Cela permet au patient, s'il le souhaite, de retrouver son ancien mode de correction ou de bénéficier d'une chirurgie réfractive.

C) Retentissement positif sur la qualité de vie

Dans notre étude, les patients sont satisfaits de leur correction par lentilles d'orthokératologie et présentent des scores de qualité de vie élevés (11 axes sur 13 de l'échelle NEI-RQL-42 ont un score supérieur à 75/100). D'autres études ont utilisé

cette échelle pour comparer la qualité de vie des myopes en fonction de leur moyen de correction. L'une d'entre elles a évalué les scores de qualité de vie chez des porteurs de lentilles souples bi-mensuelles et chez des patients adaptés en orthokératologie. Tous les patients avaient essayé les deux équipements pendant huit semaines (avec une période de wash out entre les deux adaptations). Les scores de qualité de vie étaient plus élevés après l'adaptation en orthokératologie et 68% des patients préféraient cette technologie (75). Une autre étude retrouvait, toujours en fonction de l'échelle NEI-RQL-42, une meilleure qualité de vie chez les patients ayant bénéficié d'une chirurgie réfractive par LASIK par rapport à ceux adaptés en orthokératologie. Ces derniers présentaient tout de même des scores de qualité de vie supérieurs par rapport aux patients porteurs de lentilles souples ou lunettes (76). Cette tendance se confirme chez les enfants porteurs de lentilles d'orthokératologie. La restauration d'une bonne vision sans équipement diurne entraîne une augmentation de leur qualité de vie comparativement aux enfants porteurs de lunettes (77). Une récente étude a constaté un changement de comportement chez des enfants depuis leur adaptation en orthokératologie. Ces derniers présentent une meilleure confiance en eux et pratiquent davantage de loisirs et d'activités sportives en plein air (78).

D) Sécurité du port

Aucune complication majeure n'a été constatée dans notre étude. Onze patients présentaient des complications mécaniques mineures (corneal staining minime ou ventousage) le premier mois après adaptation ou lors du renouvellement d'une nouvelle paire de lentille. Une modification de la géométrie de la lentille ou l'instillation d'un collyre à base d'acide hyaluronique (à instiller dans la lentille avant la pose et le matin avant le retrait) permettaient de résoudre ces phénomènes.

Depuis 2017, le site internet de la SFOALC (www.sfoalc.info) recense les incidents liés au port de lentilles de contact. La déclaration est réalisée par l'ophtalmologiste. Ce dernier précise le type d'accident (infectieux, mécanique, allergique...), le type de lentilles et les modalités du port (présence ou pas d'un mésusage). Sur les 180 incidents déclarés depuis 2017, sept sont liés au port de lentilles d'orthokéatologie. On retrouve quatre complications graves de type kératite microbienne dont une avec perforation cornéenne. A chaque fois, il y avait une notion de mésusage. Les quatre abcès sont survenus chez des patients équipés en lentilles de la marque Precilens® (modèle Sleep and See ou DRL). Ces lentilles ont une bonne perméabilité à l'oxygène (Dk à 100) mais cette dernière reste plus faible par rapport aux lentilles Menicon® (Dk à 163) ou LCS® (Dk à 145). Néanmoins, nous ne pensons pas que cela soit à l'origine des abcès. Les lentilles Precilens® ont été les premières lentilles d'orthokéatologie en France et proposent trois modèles différents (Sleep and See, DRL et DreamLite). Elles représentent, probablement, la marque la plus utilisée en orthokéatologie. Cela paraît donc logique, en valeur absolue, de retrouver plus de complications chez les porteurs de lentilles Precilens®.

Le modèle DRL permet de corriger une gamme très large d'amétropies (Tableau 3). Le remodelage cornéen pour compenser les fortes amétropies est important. On peut penser que l'hypoxie cornéenne serait plus sévère dans ces cas. De plus, les lentilles d'orthokéatologie présentent un risque plus marqué d'appui cornéen direct (sans film lacrymal sous-jacent). Un lien entre sévérité de l'amétropie corrigée et risque infectieux serait donc envisageable (79). Rappelons que le mésusage reste, de loin, le principal facteur de risque de kératite microbienne.

E) Freination de l'évolution myopique

De nombreuses études (Figure 44) ont démontré l'intérêt du port de lentilles d'orthokérotologie chez les enfants myopes dans cette indication. En limitant la croissance de longueur axiale du globe oculaire, l'orthokérotologie freine l'évolution myopique.

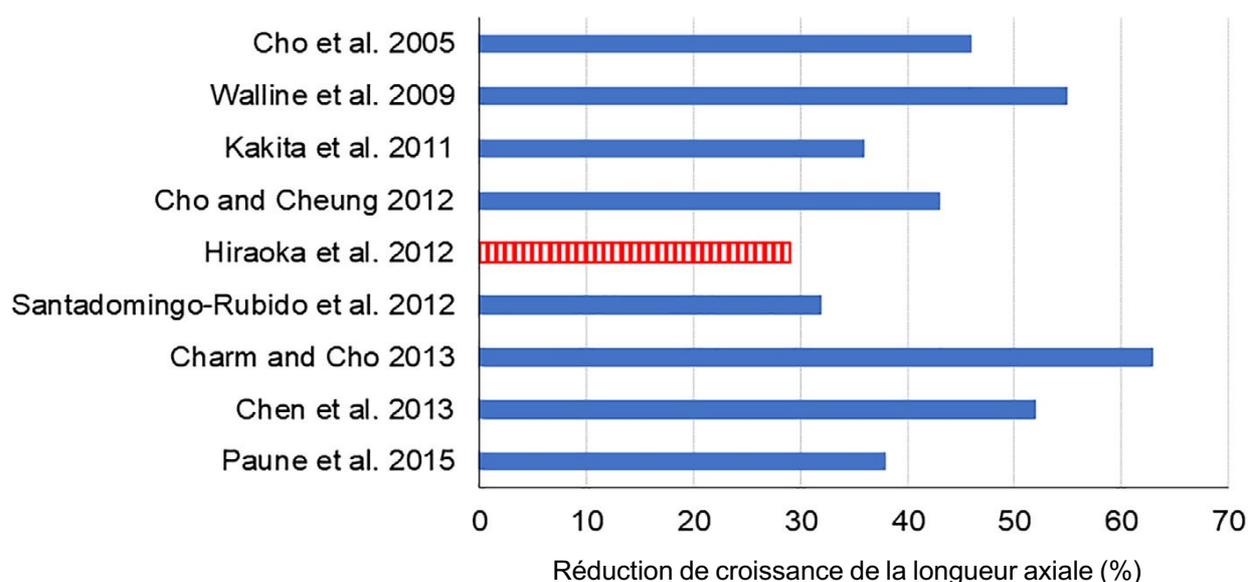


Figure 44 (80) : Réduction de la croissance de la longueur axiale en pourcentage chez les patients équipés en lentilles d'orthokérotologie par rapport aux patients témoins porteurs de lunettes ou lentilles souples. Les sujets ont été suivis pendant deux ans (barres pleines bleues) ou cinq ans (barre rayée rouge)

On retrouve un effet rebond significatif sur la croissance de la longueur axiale à l'arrêt du traitement par orthokérotologie (81). Cependant, si l'arrêt est ponctuel (< 6 mois), on ne constate pas de répercussion sur l'efficacité de la freination myopique (82). En pratique, il est important d'informer les parents et l'enfant que l'adaptation est un traitement au long cours mais que des arrêts ponctuels (vacances, maladie...) n'ont

pas d'effet délétère sur l'efficacité du traitement. Il est recommandé de ne pas interrompre le traitement de façon prolongée avant l'âge de 18 ans. En cas d'arrêt définitif et précoce, il conviendra de surveiller l'évolution réfractive et la longueur axiale de manière rapprochée.

Dans notre étude, les patients ne bénéficiaient pas de mesure de la longueur axiale. Cependant, un autre paramètre peut être un témoin indirect de l'évolution myopique : il s'agit de la variation des paramètres de la lentille lors du renouvellement (consultation annuelle). La nécessité d'une modification de géométrie de la lentille, afin d'atteindre une meilleure acuité visuelle, témoigne, le plus souvent, d'une évolution réfractive. Seuls six patients ont eu un changement des paramètres de leurs lentilles durant le suivi. On peut donc suggérer que pour les 20 autres patients de l'étude, nous n'avons pas d'évolution myopique.

F) Contraintes liées à l'adaptation

L'adaptation en lentilles d'orthokératologie nécessite au minimum cinq consultations :

- la première consultation permet de poser l'indication (examen clinique et topographique) et de proposer cette technologie au patient ;
- après avoir reçu les lentilles, la première pose se fait au cabinet avec le praticien, on explique la manipulation et l'entretien ;
- le contrôle après la première nuit de port ;
- le contrôle après 7 à 10 nuits de port ;
- le contrôle après un mois de port.

Ces consultations rapprochées sont chronophages pour le patient (et ses parents, si le patient est mineur). Il est donc nécessaire, avant de débiter l'équipement en

orthokératologie, de préciser tout le protocole de consultations, les patients étant souvent actifs sur le plan professionnel.

Dans le cadre de la freination myopique, on constate que pour une efficacité similaire, la fréquence et la durée des consultations sont plus importantes chez les enfants équipés en orthokératologie par rapport à ceux adaptés en lentilles souples avec défocalisation périphérique (83).

En secteur libéral, selon l'ophtalmologiste, les consultations s'intègrent dans un forfait qui s'élève entre 200 et 400 €. Le prix des lentilles est proche de 400 € la paire, à renouveler tous les 12 à 18 mois. Pour les patients de moins de 16 ans, il existe un pack « Junior » comprenant la paire de lentilles et les produits d'entretien pour un prix de 280 €. Dans notre étude, les lentilles et leurs produits d'entretien représentaient un coût moyen annuel de 490 €. Malheureusement, cet équipement n'est pas pris en charge par la Sécurité Sociale. Le remboursement, souvent partiel, se fera par les mutuelles.

Une des autres « contraintes » associée à l'orthokératologie concerne les recommandations relatives aux conditions de sommeil. Pour un effet réfractif optimal, il faut au minimum six heures de sommeil par nuit avec un port quotidien. Nous conseillons au patient de dormir sur le dos. Un contact de l'œil avec l'oreiller ou la main du patient peut entraîner un décentrement de la lentille. Le décubitus ventral est proscrit.

Concernant l'entretien, le patient se lave les mains avant chaque manipulation des lentilles. Au retrait, ces dernières sont massées et rincées avec une solution multifonction puis sont placées dans leur support (trempées dans une solution multifonction ou une solution oxydante). La solution de trempage est renouvelée quotidiennement. Une déprotéinisation avec une solution spécifique est nécessaire

une fois par semaine. L'entretien rigoureux des lentilles est indispensable pour limiter le risque de complications. Selon sa maturité, un enfant traité par orthokératologie doit être impliqué, dès que possible, dans l'entretien et les manipulations de ses lentilles.

G) Aberrations optiques et gêne fonctionnelle

Après adaptation en lentilles d'orthokératologie, tous les patients de notre étude ont une augmentation significative du RMS HOA en condition mésopique ou scotopique (\varnothing pupillaire ≥ 5 mm). Ce paramètre, permettant de quantifier objectivement les aberrations optiques de haut degré, passe de 0,23 micron en pré adaptation à 0,40 micron après 30 jours de port. On retrouve des résultats similaires dans la littérature avec une augmentation du RMS HOA, après un mois de traitement, de 0,180 micron pour un diamètre pupillaire de 5 mm (84). Cette augmentation du RMS se traduit par l'apparition de phénomènes visuels lumineux gênants à la tombée du jour. Sur le plan subjectif, 42% des patients de l'étude percevaient ces halos, essentiellement lors de la conduite de nuit.

Plus le diamètre pupillaire augmente, plus le RMS est élevé et plus le risque de ressentir les halos est important. Du fait de ces aberrations, l'acuité visuelle à faible contraste est légèrement plus faible chez les patients équipés en orthokératologie par rapport aux porteurs de lunettes (84). En cas de grand diamètre pupillaire, il faudra donc penser à élargir la zone optique de la lentille. Concernant la freination myopique, il semble y avoir un lien entre la taille du diamètre pupillaire et la croissance de la longueur axiale. Les lentilles d'orthokératologie permettraient une meilleure freination de la myopie chez les enfants ayant un large diamètre pupillaire (85). Cela serait dû à un défocus myopique plus important en rétine périphérique, limitant donc la croissance du globe.

III – Limites de l'étude

Nous retrouvons de très bons résultats réfractifs et une qualité de vie satisfaisante chez nos patients. Cependant, il existe quelques biais pouvant influencer ces résultats positifs. Les patients inclus étaient tous équipés en lentilles d'orthokéatologie depuis au moins 12 mois. Cela signifie que leur adaptation était réussie et que les patients étaient assez satisfaits de leur équipement pour le maintenir durant une année. Nous n'avons donc pas pris en compte les échecs d'adaptations. Les patients traités pendant quelques semaines (moins de 12 mois) puis ayant renoncé à l'orthokéatologie suite à une mauvaise tolérance ou des résultats visuels insuffisants n'étaient pas, non plus intégrés dans l'étude. Tous les patients étaient myopes avec, pour certains, un faible astigmatisme associé. La myopie correspond à l'amétropie permettant d'obtenir les meilleurs résultats sous orthokéatologie. De plus, 94 % de nos patients présentaient une myopie inférieure à 4 dioptries. Cet élément est également un facteur de réussite de l'adaptation.

Nous disposons d'un effectif limité de 26 patients. L'orthokéatologie reste une technologie peu connue du grand public. Nos patients étaient, soit issus du milieu médical, soit adressés par un confrère ophtalmologiste.

D'une manière générale, le faible nombre d'adaptations s'explique également par le peu d'ophtalmologistes adaptateurs. L'orthokéatologie, comme beaucoup d'adaptations en contactologie, peut être considérée comme une pratique chronophage et peu rentable pour le praticien. Or, si l'on dispose d'un topographe au cabinet, les consultations sont assez rapides. Les données réfractives et topographiques sont envoyées directement au laboratoire. Ce dernier calculera les paramètres de la lentille. Il n'y a pas d'essai de plusieurs lentilles directement en

consultation (contrairement, par exemple, à une adaptation en lentilles rigides chez un patient présentant un kératocône).

En 2019, nous constatons une hausse des adaptations au CHU de Lille. Nous avons recensé 19 commandes de lentilles (sur le logiciel EasyFit ®) pour des nouveaux patients. Nous n'avions pas le recul nécessaire (plus de 12 mois) pour intégrer ces patients dans l'étude. Nous ne savons pas si ces adaptations ont abouti à des résultats positifs mais cette hausse des essais est encourageante.

Autre faiblesse de l'étude, nous n'avons pas pu étudier objectivement la freination myopique induite par les lentilles d'orthokératologie. Pour cela, il aurait fallu mesurer la longueur axiale du globe oculaire lors de chaque consultation et la comparer avec celle d'un groupe témoin de myopes non équipés en orthokératologie. Notre population était composée essentiellement de jeunes adultes, seuls 4 enfants étaient adaptés dans le cadre d'une myopie évolutive.

Concernant l'évaluation de l'effet des lentilles d'orthokératologie sur l'endothélium cornéen et la choroïde, les résultats sont rassurants puisque nous ne trouvons pas de différence significative sur les différents paramètres étudiés (densité endothéliale, épaisseur choroïdienne...) par rapport au groupe témoin. Néanmoins, nous ne pouvons pas conclure avec certitude de l'innocuité du traitement sur ces deux structures. L'idéal aurait été de comparer les différents paramètres en intra-individuel, avant et après adaptation. Malheureusement, nous n'avions pas de mesures en pré-adaptation.

IV – Orthokératologie et chirurgie réfractive

Dans notre étude, deux patients équipés en orthokératologie et satisfaits de leur qualité de vision ont, tout de même, fait le choix de stopper le port de lentilles après plusieurs mois afin de bénéficier d'une chirurgie réfractive. Ces patients avaient plus de 25 ans et présentaient une myopie stable.

La chirurgie réfractive dispose de certains avantages par rapport à l'orthokératologie. Il s'agit, le plus souvent, d'une procédure unique permettant une correction pérenne et stable. Le coût est plus élevé mais ponctuel. Ce moyen de correction ne demande pas de participation active du patient (hormis l'instillation du traitement post opératoire le premier mois), ni de manipulations quotidiennes.

L'orthokératologie reste une technologie intéressante dans les myopies évolutives puisque, en plus de son effet freinateur sur l'évolution myopique, l'effet réfractif est facilement modulable. En cas de myopie forte, elle permet également un suivi rapproché du patient. Ce qui n'est pas toujours le cas après chirurgie réfractive, le patient myope fort opéré accordera, parfois, moins d'importance à son suivi au long cours.

L'orthokératologie et la chirurgie réfractive présentent de nombreuses similitudes en matière de confort (absence d'équipement diurne), de qualité de vision (76), d'esthétique et sur le plan pratique (peu de restriction sportive ou professionnelle). Elles sont également complémentaires et permettent au patient, selon ses besoins, de choisir (hors contre-indication médicale) sa méthode de correction réfractive (Tableau 5).

Chirurgie réfractive	Orthokératologie
Correction définitive	Correction réversible
Indépendante du patient	Participation du patient
Correction stable	Correction modulable
Procédure unique	Procédure quotidienne
Pas de manipulation	Manipulations des lentilles
Coût élevé ponctuel	Coûts itératifs prolongés dans le temps
Surveillance chirurgicale limitée	Surveillance médicale régulière
Risque chirurgical indépendant du patient	Risque infectieux dépendant du patient

Tableau 5 : Caractéristiques « pratiques » et différences entre chirurgie réfractive et orthokératologie

Les résultats réfractifs chez des patients opérés par la technique du LASIK, précédemment équipés en lentilles d'orthokératologie, sont identiques à ceux des patients précédemment équipés en lentilles souples (86). Un antécédent d'équipement en orthokératologie n'est pas une contre-indication à la chirurgie réfractive et n'a pas d'influence sur les résultats post-opératoires. Ce type de lentilles peut être une alternative dans l'attente d'une chirurgie réfractive chez des patients souhaitant être opérés mais n'ayant pas encore une myopie stabilisée. Un arrêt des lentilles d'orthokératologie deux mois avant la consultation pré-opératoire est recommandé. Il

s'agit du délai nécessaire pour que le patient retrouve son statut réfractif et son profil cornéen initiaux (74).

Dans certains cas, il est possible d'adapter en lentilles d'orthokératologie, un patient ayant déjà bénéficié d'une chirurgie réfractive et présentant une régression myopique (87). Néanmoins, cette alternative doit rester exceptionnelle et ne concerne que les patients opérés par photokératectomie réfractive (pas d'indication en cas d'antécédent de LASIK). La cornée étant oblate, la réussite de l'adaptation est incertaine.

Pour les myopies allant jusqu'à sept dioptries, nous proposons un arbre décisionnel (Figure 45) qui permettra d'orienter le patient vers la correction réfractive la plus appropriée pour lui. Son choix dépendra également de son souhait, en prenant en compte les différents éléments exposés dans le Tableau 5.

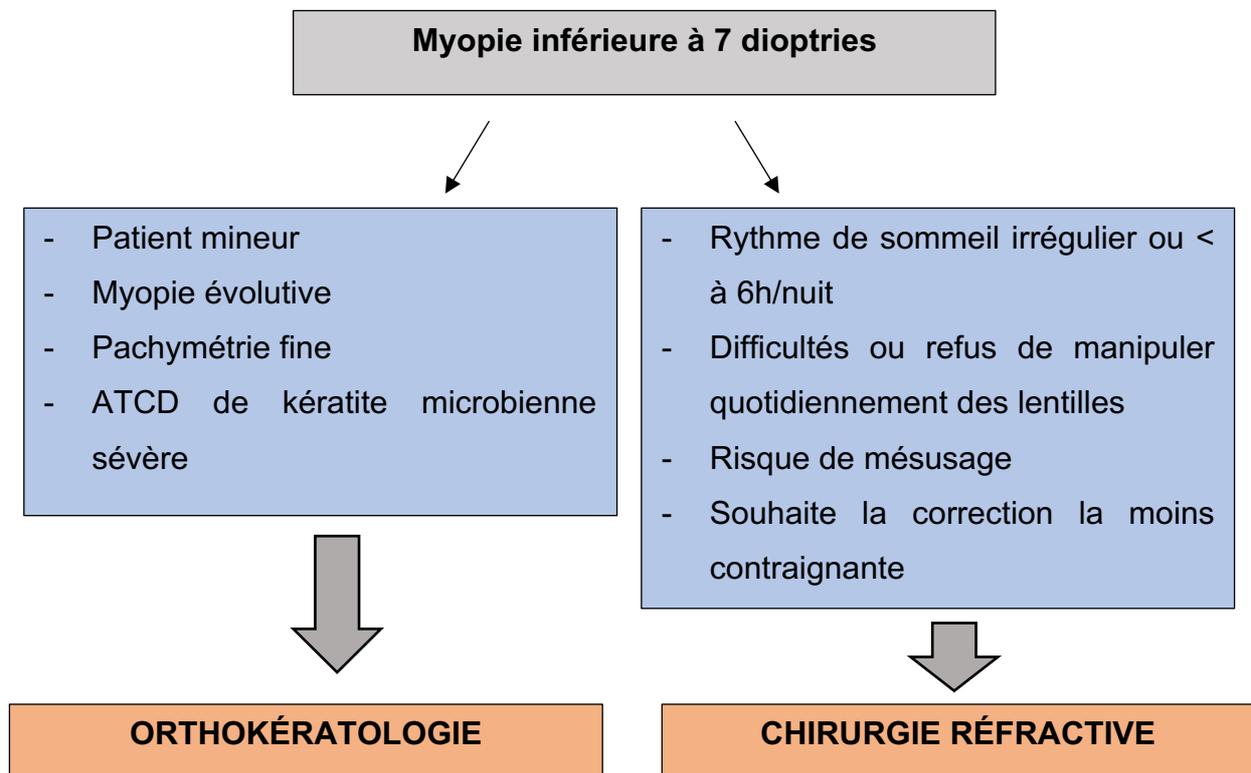


Figure 45 : Arbre décisionnel orientant le patient myope vers l'orthokératologie ou la chirurgie réfractive

V – Perspectives

L'orthokéatologie permet de corriger un large panel d'amétropies. Afin d'optimiser la qualité de vision des patients presbytes, une nouvelle géométrie de lentilles est en cours d'évaluation. Il s'agit des lentilles multifocales. Actuellement, l'adaptation des patients presbytes utilise le principe de monovision (ou « bascule ») avec l'œil dominant corrigé pour la vision de loin et l'autre œil adapté en vision de près. La technologie multifocale permettrait d'améliorer la vision binoculaire, cette dernière étant souvent altérée avec le principe de monovision.

Ce type de géométrie pourrait également être utile chez les jeunes patients présentant une myopie évolutive. La défocalisation myopique de certaines zones en rétine centrale pourrait accélérer le processus de freination myopique par rapport aux lentilles conventionnelles d'orthokéatologie (88) qui induisent une défocalisation myopique périphérique.

L'association de l'orthokéatologie avec un traitement par collyre d'atropine 0,01% est possible chez les jeunes patients myopes. Il semble exister un effet synergique sur le ralentissement de la croissance de la longueur axiale et donc sur la freination myopique. On constate, après un an de suivi, que le traitement combiné (orthokéatologie + collyre d'atropine) induit une augmentation plus faible de la longueur axiale du globe oculaire par rapport au traitement par lentilles d'orthokéatologie seules (89, 90).

Au CHU de Lille, le traitement par atropine collyre 0,01 %, chez les patients présentant une myopie évolutive, a débuté en 2019. Quatre enfants, trop jeunes pour être équipés en lentilles d'orthokéatologie, sont actuellement traités par atropine collyre 0,01% avec une posologie d'une goutte tous les soirs.

Cette année, de nombreuses nouveautés ont été commercialisées en contactologie dans le cadre de la freination myopique : deux modèles de lentilles souples (la lentille trimestrielle AMYOPIC ® du laboratoire Precilens et la lentille mensuelle MYLO ® du laboratoire Markennovy) et un modèle de lentilles rigides (PRE AMYOPIC ® du laboratoire Precilens). Ces lentilles peuvent être utiles lorsque la topographie n'est pas réalisable ou lorsque la myopie est trop avancée. Elles utilisent le principe de défocalisation myopique périphérique mais contrairement à l'orthokératologie, elles nécessitent un port diurne et n'entraînent pas de remodelage de l'épithélium cornéen. Elles permettent de corriger des myopies jusqu'à -15 dioptries pour les lentilles souples et jusqu'à -20 dioptries pour le modèle rigide.

CONCLUSION

L'orthokératologie offre au patient une alternative supplémentaire dans le choix de sa correction réfractive. Il s'agit d'une technologie fiable, reproductible et réversible. Nos résultats réfractifs concordent avec ceux de la littérature, les lentilles d'orthokératologie permettent de maintenir une bonne qualité de vision dans le temps.

Sur le plan pratique, le port nocturne des lentilles affranchit le patient d'un équipement optique durant toute la journée, améliorant ainsi sa qualité de vie.

Initialement conçues pour les patients myopes, le développement des lentilles d'orthokératologie permet, aujourd'hui, de corriger tout type d'amétropies.

Les accidents infectieux ne sont pas plus fréquents qu'avec les autres lentilles. La sélection des patients et la surveillance sont des éléments essentiels pour réussir une adaptation. Il convient d'équiper des patients motivés capables de comprendre le procédé, les règles d'hygiène et d'entretien et les contrôles que cela implique.

De nombreuses études ont confirmé l'effet freinateur du port de lentilles d'orthokératologie sur l'évolution myopique. Au vu de la « pandémie » de myopie actuelle et des prévisions pessimistes sur le nombre de myopes dans les années à venir, la freination myopique constitue un enjeu majeur de santé publique.

Avec l'extension des indications et l'évolution des matériaux, l'orthokératologie ne cesse d'évoluer. Cela devrait encourager les ophtalmologistes à davantage proposer et adapter ce type de lentilles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Calvas P, Malecaze F, Soler V. Définitions et classifications des myopies. Dans Gaucher D, Leveziel N. Les myopies : rapport SFO 2019. Elsevier – Masson ; 2019. p.3-6.
2. Trinh L. Myopie et chirurgie réfractive. EMC – Ophtalmologie. 2019 ;16(2): 1-8 [Article 21-206-A-32].
3. Meng W, Butterworth J, Malecaze F, Calvas P. Axial length of myopia: a review of current research. *Ophtalmologica*. 2011; 225(3): 127-34.
4. Dolgin E. The myopia boom. *Nature*. Mar 2015; 519(7543): 276-8.
5. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. May 2016; 123(5): 1036-42.
6. Williams KM, Verhoeven VJ, Cumberland P, Bertelsen G, Wolfram C, Buitendijk GH, et al. Prevalence of refractive error in Europe: the European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. *Eur J Epidemiol*. Apr 2015; 30(4): 305-15.
7. Ip JM, Saw SM, Rose KA, Morgan IG, Kifley A, Wang JJ, et al. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Jul 2008; 49(7): 2903-10.
8. Rose KA, Morgan IG, Ip J, Kifley A, Huynh S, Smith W, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. Aug 2008; 115(8): 1279-85.
9. Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, Khawaja AP, Mackey DA, Foster PJ. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. Oct 2012; 119(10):2141-51.

10. Verhoeven VJ, Buitendijk GH, Consortium for Refractive Error and Myopia, Rivadeneira F, Uitterlinden AG, Hofman A, et al. Education influences the role of genetics in myopia. *Eur J Epidemiol*. Dec 2013; 28(12): 973-80.
11. Ward AH, Siegart JT, Frost MR, Norton TT. Intravitreally-administered dopamine D2-like (and D4), but not D1-like, receptor agonists reduce form-deprivation myopia in tree shrews. *Vis Neurosci*. Jan 2017; 34: E003.
12. Stambolian D. Genetic susceptibility and mechanisms for refractive error. *Clin Genet*. Aug 2013; 84(2): 102-8.
13. Naiglin L, Clayton J, Gazagne C, Dallongeville F, Malecaze F, Calvas P. Familial high myopia: evidence of an autosomal dominant mode of inheritance and genetic heterogeneity. *Ann Genet*. 1999; 42(3):140-6.
14. The Eye Disease Case-Control Study Group. Risk factors for idiopathic rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Epidemiol*. Apr 1993; 137(7) : 749-57.
15. Affortit-Demoge A, Metge-Galatoire F, Metge P. Myopie forte. *EMC – Ophtalmologie*. 2011:1-19 [Article 21-244-A-20].
16. Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ. The relationship between glaucoma and myopia: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*. Oct 1999; 106(10) : 2010-5.
17. Jonas JB, Weber P, Nagaoka N, Ohno-Matsui K. Glaucoma in high myopia and parapapillary delta zone. *PLoS One*. Apr 2017 ; 12(4) : e0175120.
18. Aptel F, Bron A. Myopie et glaucome. Dans Gaucher D, Leveziel N. *Les myopies : rapport SFO 2019*. Elsevier – Masson; 2019. p.57-66.
19. Praveen MR, Vasavada AR, Jani UD, Trivedi RH, Choudhary PK. Prevalence of cataract type in relation to axial length in subjects with high myopia and emmetropia in an Indian population. *Am J Ophthalmol*. Jan 2008; 145: 176-81.

20. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, Ackland P, Braithwaite T, Cicinelli MV, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. Dec 2017 ;5(12): e1221-e1234.
21. Zheng YF, Pan CW, Chay J, Wong TY, Finkelstein E, Saw SM. The economic cost of myopia in adults aged over 40 years in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Nov 2013 ; 54(12) : 7532-7.
22. Wu Y, Ma Q, Sun HP, Xu Y, Niu ME, Pan CW. Myopia and depressive symptoms among older Chinese adults. *PLoS One*. May 2017; 12(5) : e0177613.
23. Jin JX, Hua WJ, Jiang X, Wu XY, Yang JW, Gao GP, et al. Effect of outdoor activity on myopia onset and progression in school-aged children in northeast China: the Sujiatun Eye Care Study. *BMC Ophthalmol*. Jul 2015; 15:73.
24. Vasudevan B, Esposito C, Peterson C, Coronado C, Ciuffreda KJ. Under-correction of human myopia is it myopigenic ? A retrospective analysis of clinical refraction data. *J Optom*. Jul-Sep 2014; 7(3): 147-52.
25. Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, et al. A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Apr 2003; 44(4):1492.
26. 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*. Mar 2014 ; 132(3) : 258-64.
27. V. Daien. Quels moyens pour contrôler la myopie ? Dans Denis D, Bui Quoc E, Aziz-Alessi A. *Ophthalmologie pédiatrique : rapport SFO 2017*. Elsevier – Masson; 2017. p.484-486.

28. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, Tong L, Ling Y, Quah BL. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology*. Dec 2006; 113 : 2285-91.
29. Chia A, Chua WH, Cheung YB, Wong WL, Lingham A, Fong A. Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0,5%, 0,1% and 0,01% doses. *Ophthalmology*. Feb 2012 ; 119: 347-54.
30. Siatkowski RM, Cotter SA, Crockett RS, Miller JM, Novack GD, Zadnik K. Two-year multicenter, randomized, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. *J AAPOS*. Aug 2008; 12(4): 332-9.
31. Walline JJ, Jones LA, Sinnott L, Manny RE, Gaume A, Rah MJ, et al. A randomized trial of the effect of soft contact lenses on myopia progression in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Nov 2008; 49(11): 4702-6.
32. Katz J, Schein OD, Levy B, Cruiscullo T, Sa SM, Rajan U, et al. A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia. *Am J Ophthalmol*. Jul 2003; 136: 82-90.
33. Huang J, Wen D, Wang Q, McAlinden C, Flitcroft I, Chen H, et al. Efficacy comparison of 16 interventions for myopia control in children: a network meta-analysis. *Ophthalmology*. Apr 2016; 123(4):697-708.
34. Swarbrick HA. Orthokeratology review and update. *Clin Exp Optom*. May 2006; 89(3):124-43.
35. Morrison RJ. Contact lenses and the progression of myopia. *J Am Optom Assoc*. 1957; 28: 711-713.
36. Grant SC. Orthokeratology. Part I. A safe and effective treatment for a disabling problem. *Surv Ophthalmol*. 1980; 24(5):291-7.

37. Allouch-Nahmias C, Goldchmidt P, Borderie V, Touzeau O, Gaujoux T, Laroche L, et al. Anatomie de la cornée. EMC – Ophtalmologie 2011 :1-16 [Article 21-003-A-10].
38. Sarfati A. Remodelage cornéen : principe d'action des lentilles d'orthokérotologie. Dans Sarfati A. Orthokérotologie : principes, indications, alternatives. Rapport SFOALC 2017. Med-Line Editions ; 2017. p.15-18.
39. Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. Invest Ophthalmol Vis Sci. Oct 2012 11;53(11):7077-85.
40. Chen C, Cheung SW, Cho P. Myopia control using toric orthokeratology (TO-SEE study). Invest Ophthalmol Vis Sci. Oct 2013 3;54(10):6510-7.
41. Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction orthokeratology (HM-PRO): study design. Cont Lens Anterior Eye. Aug 2013; 36(4):164-70.
42. Li SM, Kang MT, Wu SS, Liu LR, Li H, Chen Z, et al. Efficacy, safety and acceptability of orthokeratology on slowing axial elongation in myopic children by meta-analysis. Curr Eye Res. May 2016; 41(5):600-8.
43. Lim PE. Indications de l'orthokérotologie. Dans Sarfati A. Orthokérotologie : principes, indications, alternatives. Rapport SFOALC 2017. Med-Line Editions ; 2017. p.71-74.
44. Mountford J. Computerized modeling of outcomes and lens fitting in orthokeratology. Dans Dave JMR. Orthokeratology. Butterworth-Heinemann; 2004. p. 205-25.
45. Liu YM, Xie P. The safety of orthokeratology – a systematic review. Eye Contact Lens. Jan 2016; 42(1):35-42.

46. Miao CX, Xu XY, Zhang H. Analysis of corneal complications in children wearing orthokeratology lenses at night. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. Mar 2017; 53(3):198-202.
47. Cho P, Chui WS, Cheung SW. Reversibility of corneal pigmented arc associated with orthokeratology. *Optom Vis Sci*. Dec 2003;80:791–795.
48. Sarfati A. Les complications. Dans Sarfati A. *Orthokératologie : principes, indications, alternatives*. Rapport SFOALC 2017. Med-Line Editions; 2017. p.201-204.
49. Bullimore MA, Sinnott LT, Jones-Jordan LA. The risk of microbial keratitis with overnight corneal reshaping lenses. *Optom Vis Sci*. Sep 2013;90(9):937-44
50. Kam KW, Yung W, Li GKH, Chen LJ, Young AL. Infectious keratitis and orthokeratology lens use: a systematic review. *Infection*. Dec 2017; 45(6):727-735.
51. Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ, Couch D, Bloom B. Epithelial, stromal, and corneal pachymetry changes during orthokeratology. *Optom Vis Sci*. Aug 2009;86(8): E1006-14.
52. Kim WK, Kim BJ, Ryu IH, Kim JK, Kim SW. Corneal epithelial and stromal thickness changes in myopic orthokeratology and their relationship with refractive change. *PLoS One*. Sep 2018 25;13(9):e0203652.
53. Cotinat J. Microscopie spéculaire de l'endothélium cornéen. *J Fr. Ophtalmol*. Masson 1999; 22, 2, 255-261.
54. Nieto-Bona A, Gonzalez-Mesa A, Nieto-Bona MP, Villa-Collar C, Lorente-Velazquez A. Long-term changes in corneal morphology induced by overnight orthokeratology. *Curr Eye Res*. Oct 2011;36(10):895-904.
55. Guo X, Xie P. Corneal thickness and endothelial observation for youth myopia patients fitted with ortho-k lenses for seven years. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. Jan 2014;50(1):9-13.

56. Lu D, Gu T, Lin W, Li N, Gong B, Wei R. Efficacy of trial fitting and software fitting for orthokeratology lens: one-year follow-up study. *Eye Contact Lens*. Sep 2018;44(5):339-343.
57. Mao XJ, Huang CC, Chen L, Lü F. A study on the effect of the corneal biomechanical properties undergoing overnight orthokeratology. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. Mar 2010;46(3):209-13.
58. Li Z, Cui D, Hu Y, Ao S, Zeng J, Yang X. Choroidal thickness and axial length changes in myopic children treated with orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*. Dec 2017;40(6):417-423.
59. Jin WQ, Huang SH, Jiang J, Mao XJ, Shen MX, Lian Y. Short term effect of choroid thickness in the horizontal meridian detected by spectral domain optical coherence tomography in myopic children after orthokeratology. *Int J Ophthalmol*. Jun 2018;11(6):991-996.
60. Read SA, Collins MJ, Vincent SJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal thickness in myopic and nonmyopic children assessed with enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. May 2013;54(12):7578-86.
61. Berry S, Mangione CM, Lindblad AS, McDonnell PJ. Development of the National Eye Institute refractive error correction quality of life questionnaire: focus groups. *Ophthalmology*. Dec 2003; 110:2285-91.
62. Hays RD, Mangione CM, Ellwein L, Lindblad AS, Spritzer KL, McDonnell PJ. Psychometric properties of the National Eye Institute – Refractive Error Quality of Life instrument. *Ophthalmology*. Dec 2003; 110:2292-301.
63. Hays RD, Spritzer KL. National Eye Institute Refractive Error Quality of Life Instrument (NEI-RQL-42). Version 1.0: a manual for scoring and use. Los Angeles, CA: Rand Health Sciences; 2002.

64. Djadi-Prat J, Saragoussi JJ, Lebuissou DA, Arson B, Saragoussi D. Qualité de vie après Lasik : partie I. Validation de la traduction française de l'échelle NEI-RQL42. *J Fr Ophtalmol*. Mar 2011 ;34(3) :143-56.
65. Margolis R, Spaide RF. A pilot study of enhanced depth imaging optical coherence tomography of the choroid in normal eyes. *Am J Ophthalmol*. May 2009;147(5):811-5.
66. Brown JS, Flitcroft DI, Ying GS, Francis EL, Schmid GF, Quinn GE, et al. In vivo human choroidal thickness measurements: evidence for diurnal fluctuations. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Jan 2009 50(1):5-12.
67. Jun J, Zhiwen B, Feifu W, Lili L, Fan L. Level of compliance in orthokeratology. *Eye Contact Lens*. Sep 2018; 44(5):330-334.
68. Morgan PB, Efron N, Woods CA, Santodomingo-Rubido. International survey of orthokeratology contact lens fitting. *Cont Lens Anterior Eye*. Aug 2019; 42(4):450-454.
69. Nichols JJ, Marsich MM, Nguyen M, Barr JT, Bullimore MA. Overnight orthokeratology. *Optom Vis Sci*. May 2000;77(5):252-9.
70. Soni PS, Nguyen TT, Bonanno JA. Overnight orthokeratology: visual and corneal changes. *Eye Contact Lens*. Jul 2003;29(3):137-45.
71. Sridharan R, Swarbrick H. Corneal response to short-term orthokeratology lens wear. *Optom Vis Sci*. Mar 2003; 80(3):200-6.
72. Sorbara L, Fonn D, Simpson T, Lu F, Kort R. Reduction of myopia form corneal refractive therapy. *Optom Vis Sci*. Jun 2005;82(6):512-8.
73. Guo HC, Jin WQ, Pan AP, Wang QM, Qu J, Yu AY. Changes and diurnal variation of visual quality after orthokeratology in myopic children. *J Ophthalmol*. Oct 2018 15; 2018:3174826.

74. Kobayashi Y, Yanai R, Chikamoto N, Chikama T, Ueda K, Nishida T. Reversibility of effects of orthokeratology on visual acuity, refractive error, corneal topography, and contrast sensitivity. *Eye Contact Lens*. Jul 2008;34(4):224-8.
75. Lipson MJ, Sugar A, Musch DC. Overnight corneal reshaping versus soft disposable contact lenses: vision-related quality-of-life differences from a randomized clinical trial. *Optom Vis Sci*. Oct 2005 ;82(10):886-91.
76. Quieros A, Villa-Collar C, Gutiérrez AR, Jorge J, Gonzalez-Méijome JM. Quality of life of myopic subjects with different methods of visual correction using the NEI RQL-42 questionnaire. *Eye Contact Lens*. Mar 2012;38(2):116-21.
77. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: a comparison of vision-related quality-of-life measures between orthokeratology contact lenses and single-vision spectacles. *Eye Contact Lens*. Mar 2013;39(2):153-7.
78. Zhao F, Zhao G, Zhao Z. Investigation of the effect of orthokeratology lenses on quality of life and behaviors of children. *Eye Contact Lens*. Sep 2018; 44(5):335-338.
79. Kong Q, Guo J, Zhou J, Zhang Y, Dou X. Factors determining effective orthokeratology treatment for controlling juvenile myopia progression. *Iran J Public Health*. Sep 2017;46(9):1217-1222.
80. Nti AN, Berntsen DA. Optical changes and visual performance with orthokeratology. *Clin Exp Optom*. Jan 2020;103(1):44-54.
81. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutierrez-Ortega R, Sugimoto K. Long-term efficacy of orthokeratology contact lens wear in controlling the progression of childhood myopia. *Curr Eye Res*. May 2017; 42(5):713-720.
82. Cho P, Cheung SW. Discontinuation of orthokeratology on eyeball elongation (DOEE). *Cont Lens Anterior Eye*. Apr 2017;40(2):82-87.

83. Turnbull PR, Munro OJ, Phillips JR. Contact lens methods for clinical myopia control. *Optom Vis Sci.* Sep 2016;93(9):1120-6.
84. Berntsen DA, Barr JT, Mitchell GL. The effect of overnight contact lens corneal reshaping on higher-order aberrations and best-corrected visual acuity. *Optom Vis Sci.* Jun 2005 ;82(6):490-7.
85. Chen Z, Niu L, Xue F, Qu X, Zhou Z, Zhou X, et al. Impact of pupil diameter on axial growth in orthokeratology. *Optom Vis Sci.* Nov 2012 ;89(11) :1636-40.
86. Queiros A, Villa-Collar C, Amorim-de-Sousa A, Gargallo-Martinez B, Gutierrez-Ortega R, Gonzalez-Perez J, et al. Corneal morphology and visual outcomes in LASIK patients after orthokeratology: a pilot study. *Cont Lens Anterior Eye.* Dec 2018;41(6):507-512.
87. Park YM, Park YK, Lee JE, Lee JS. Effect of orthokeratology in patients with myopic regression after refractive surgery. *Cont Lens Anterior Eye.* aPR 2016;39(2):167-171.
88. Loertscher M. Multifocal orthokeratology associated with rapid shortening of vitreous chamber depth in eyes of myopic children. *Cont Lens Anterior Eye.* 2013;36:e2.
89. Kinoshita N, Konno Y, Hamada N, Kanda Y, Shimmura-Tomita M, Kakehashi A. Additive effects of orthokeratology and atropine 0,01% ophthalmic solution in slowing axial elongation in children with myopia: first year results. *Jpn J Ophthalmol.* Sep 2018; 62(5):544-553.
90. Wan L, Wei CC, Chen CS, Chang CY, Lin CJ, Chen JJ, et al. The synergistic effects of orthokeratology and atropine in slowing the progression of myopia. *J Clin Med.* Sep 2018 ;7(9).

ANNEXES

Annexe 1 : Table de conversion de la kératométrie en dioptries/mm

Dioptries	Rayons (mm)
39,00	8,65
39,25	8,60
39,50	8,54
39,75	8,49
40,00	8,44
40,25	8,39
40,50	8,33
40,75	8,28
41,00	8,23
41,25	8,18
41,50	8,13
41,75	8,08
42,00	8,04
42,25	7,99
42,50	7,94
42,75	7,89
43,00	7,85
43,25	7,80
43,50	7,76
43,75	7,71
44	7,67
44,25	7,63

Dioptries	Rayons (mm)
44,50	7,58
44,75	7,54
45,00	7,50
45,25	7,46
45,50	7,42
45,75	7,38
46,00	7,34
46,25	7,30
46,50	7,26
46,75	7,22
47,00	7,18
47,25	7,14
47,50	7,11
47,75	7,07
48,00	7,03
48,25	6,99
48,50	6,96
48,75	6,92
49,00	6,89
49,25	6,85
49,50	6,82
49,75	6,78

Annexe 2 : Table de correspondance des échelles d'acuité visuelle

Notation Monoyer	Score EDTRS
1/40	5
1/30	10
1/25	15
1/20	20
1/16	25
1/12	30
1/10	35
1,25/10	40
1,6/10	45
2/10	50
2,5/10	55
3,2/10	60
4/10	65
5/10	70
6,3/10	75
8/10	80
10/10	85
12,5/10	90
16/10	95
20/10	100

Annexe 3 : Questionnaire de qualité de vie complété par les patients (traduction française de l'échelle NEI-RQL-42)

Questionnaire de Qualité de Vie : National Eye Institute Refraction Quality of Life 42 (NEI- RQL 42)

Merci de prendre quelques instants pour répondre à ce questionnaire. Vous disposez d'autant de temps que nécessaire.

Certaines questions peuvent sembler répétitives ou surprenantes. Il est primordial de répondre à toutes les questions (sauf s'il est explicite qu'elles ne vous concernent pas) le plus précisément possible. Il est conseillé de lire l'ensemble des propositions de réponse pour chaque question avant de répondre. En cas de difficulté pour répondre à une question, choisissez la réponse qui vous semble la plus adaptée (ou la moins inadaptée), en ajoutant si besoin un commentaire dans la marge.

1. Si votre vue vous semblait parfaite sans aucune correction (lunettes, lentilles, autres...), quelle différence cela ferait-il dans votre vie ? (Cocher une seule case, décrivant le mieux votre réponse)

Aucune différence Une petite amélioration
 Une grande amélioration J'ai déjà une vue parfaite sans correction

QUESTIONS AU SUJET DE VOS ACTIVITÉS

Les questions et affirmations suivantes s'intéressent à l'influence de votre vision sur vos activités. Elles concernent votre vision actuelle sous lentilles d'orthokératologie.

2. Lorsque vous effectuez un travail ou un passe-temps nécessitant une bonne vision de près, tels que : faire la cuisine, bricoler, coudre, utiliser des outils manuels, ou travailler sur ordinateur, vous ressentez :(Cocher une seule case)

Aucune difficulté De légères difficultés
 Des difficultés modérées Beaucoup de difficultés
 Je ne fais pas ces activités à cause de ma vision
 Je ne fais pas ces activités pour d'autres raisons

3. En cas de variations dans la netteté de votre vision au cours de la journée, vous éprouvez : (Cocher une seule case)

Absence de variations dans la netteté de ma vision
 Aucune difficulté De légères difficultés
 Des difficultés modérées Beaucoup de difficultés

4. Vous appréciez les distances dans certaines circonstances comme descendre les escaliers ou garer une voiture : (Cocher une seule case)

Sans aucune difficulté Avec de légères difficultés
 Avec des difficultés modérées Avec beaucoup de difficultés

5. Pour voir sur les cotés, comme lorsqu'une voiture sort d'une pente de garage ou d'une rue latérale, ou lorsque quelqu'un sort d'un bâtiment, vous ressentez : (Cocher une seule case)

Aucune difficulté Légères difficultés
 Difficultés modérées Beaucoup de difficultés

6. Lorsque vous passez d'une zone éclairée à une zone sombre, comme en entrant dans une salle de cinéma obscure, vous vous adaptez à l'obscurité : (Cocher une seule case)

Sans aucune difficulté Avec de légères difficultés
 Avec des difficultés modérées Avec beaucoup de difficultés

7. Lorsque vous lisez les caractères courants dans les journaux, vous ressentez : (Cocher une seule case)

Aucune difficulté De légères difficultés
 Des difficultés modérées Beaucoup de difficultés
 Je n'essaie jamais à cause de ma vision

8. Lorsque vous lisez de petits caractères dans un annuaire téléphonique, sur une boîte de médicament, ou sur un contrat/document juridique, vous ressentez : (Cocher une seule case)

Aucune difficulté De légères difficultés
 Des difficultés modérées Beaucoup de difficultés
 Je n'essaie jamais à cause de ma vision

9. Vous conduisez la nuit : (Cocher une seule case)

Sans aucune difficulté Avec de légères difficultés
 Avec des difficultés modérées Avec beaucoup de difficultés
 Je ne conduis jamais la nuit à cause de ma vision
 Je ne conduis jamais la nuit pour d'autres raisons

10. Vous conduisez dans des conditions difficiles, telles que mauvais temps, heures de pointe, sur autoroute, ou en ville : (Cocher une seule case)

Sans aucune difficulté Avec de légères difficultés

- Avec des difficultés modérées Avec beaucoup de difficultés
 Je ne conduis jamais dans ces conditions à cause de ma vision
 Je ne conduis jamais dans ces conditions pour d'autres raisons

11. Dans votre vie quotidienne, votre vision vous pose :(Cocher une seule case)

- Aucune difficulté De légères difficultés
 Des difficultés modérées Beaucoup de difficultés

12. Lorsque vous pratiquez des activités sportives ou d'autres activités de plein air que vous appréciez (comme la promenade, la nage, l'aérobic, les sports d'équipe, ou le jogging), votre vision vous pose :(Cocher une seule case)

- Aucune difficulté
 De légères difficultés
 Des difficultés modérées
 Beaucoup de difficultés
 Je ne fais pas ces activités à cause de ma vision
 Je ne fais pas ces activités pour d'autres raisons

QUESTIONS AU SUJET DE VOTRE VISION

13. Avez-vous besoin d'une correction supplémentaire (lunettes, loupe...) quand vous devez lire de façon ponctuelle, par exemple une indication de direction, un menu ou un reçu ?(Cocher une seule case)

- Oui tout le temps Oui parfois Non

14. Avez-vous besoin d'une correction supplémentaire (lunettes, loupe...) quand vous devez lire de façon prolongée, par exemple un livre, un article de magazine, ou un journal ? (Cocher une seule case)

- Oui tout le temps Oui parfois Non

15. Quand vous conduisez la nuit, avez- vous besoin de lunettes ou de lentilles de contact ? (Cocher une seule case)

- Oui tout le temps Oui parfois Non
 Je ne conduis pas la nuit à cause de ma vision
 Je ne conduis pas la nuit pour d'autres raisons

16. À la nuit tombante, quand il commence tout juste à faire sombre, avez-vous besoin de lunettes ou de lentilles de contact pour conduire ?(Cocher une seule case)

- Oui tout le temps Oui parfois Non
 Je ne conduis pas à la nuit tombante à cause de ma vision
 Je ne conduis pas à la nuit tombante pour d'autres raisons

Les questions suivantes concernent votre vision actuelle sous orthokératologie.

17. La nuit, face à de fortes lumières, percevez-vous des dispersions lumineuses ou des halos qui vous gênent ou altèrent votre vision ?(Cocher une seule case)

Tous le temps La plupart du temps Parfois
Rarement Jamais

18. Ressentez-vous des douleurs ou un inconfort au niveau des yeux (par exemple brûlures, démangeaisons, ou sensibilité douloureuse) ?(Cocher une seule case)

Tous le temps La plupart du temps
Parfois Rarement Jamais

19. Êtes-vous gêné(e) par une sécheresse des yeux ?(Cocher une seule case)

Je n'ai pas de sécheresse Pas du tout Très peu
Modérément Assez Beaucoup

20. Êtes-vous gêné(e) par des variations dans la netteté de votre vision au cours de la journée ?(Cocher une seule case)

Jamais Rarement Occasionnellement
Régulièrement Tout le temps

21. Vous arrive-t-il de vous faire du souci pour votre vue ou votre vision ?(Cocher une seule case)

Jamais Rarement Occasionnellement
Régulièrement Tout le temps

22. Vous arrive-t-il de penser ou de vous préoccuper de votre vue ou votre vision ?(Cocher une seule case)

Jamais Rarement Occasionnellement
Régulièrement Tout le temps

QUESTIONS AU SUJET DE LA CORRECTION DE VOTRE VISION

Les questions suivantes concernent votre vision actuelle sous orthokératologie.

23. En ce moment, comment évaluez-vous la netteté de votre vision traitée ?
(Cocher une seule case)

Parfaitement nette Assez nette
En partie nette Pas nette du tout

24. Quelle intensité de douleur ou d'inconfort ressentez-vous au niveau des yeux (par exemple, brûlures, démangeaisons, ou sensibilité douloureuse) ?(Cocher une seule case)

Aucune Faible Modérée
Sévère Très sévère

25. Avez-vous des maux de tête qui vous semblent en relation avec votre vision ou votre correction visuelle ?(Cocher une seule case)

Jamais Rarement Occasionnellement
Régulièrement Tout le temps

26. Êtes-vous satisfait(e) de votre correction visuelle ?(Cocher une seule case)

Totalement satisfait(e) Très satisfait(e) Assez satisfait(e)
Peu satisfait(e) Très peu satisfait(e) Pas du tout satisfait(e)

27. D'un point de vue esthétique, êtes-vous satisfait(e) de votre correction visuelle ?(Cocher une seule case)

Totalement satisfait(e) Très satisfait(e) Assez satisfait(e)
Peu satisfait(e) Très peu satisfait(e) Pas du tout satisfait(e)

28. Si votre vue vous semblait parfaite sans aucune correction (lunettes, lentilles ou autres), dans quelle mesure pensez-vous que cela changerait votre vie ?(Cocher une seule case)

Aucun changement Un petit progrès Un grand progrès
J'ai déjà une vue parfaite sans correction

29. D'un point de vue esthétique, la correction que vous avez actuellement est- elle la meilleure que vous ayez jamais eue ?(Cocher une seule case)

Oui Non

30. D'un point de vue esthétique, y a-t-il un moyen de correction de votre vision qui vous semblerait meilleur que celui que vous avez ?(Cocher une seule case)

Oui Non

31. Au cours des quatre dernières semaines, avez-vous utilisé pour des raisons esthétiques, un moyen de correction ou un traitement inconfortable ?(Cocher une seule case)

En permanence La plupart du temps Parfois
Rarement Jamais

32. Au cours des quatre dernières semaines, avez-vous utilisé pour des raisons esthétiques un moyen de correction ou un traitement inadapté à votre vision ? (Cocher une seule case)

En permanence La plupart du temps Parfois
Rarement Jamais

33. À cause de votre vision, vous sentez- vous obligé(e) de limiter vos activités sportives ou autres activités de plein air (promenade, aérobic, sports collectifs, jogging...) ? (Cocher une seule case)

Oui Non

34. Y a-t-il des activités sportives ou de loisir que vous aimeriez pratiquer mais auxquelles vous renoncez à cause de votre vision ou de votre moyen de correction ?(Cocher une seule case)

Oui, beaucoup Oui un peu Non

35. Y a-t-il des activités de la vie quotidiennes que vous aimeriez faire mais auxquelles vous renoncez à cause de votre vision ou de votre moyen de correction ?(Cocher une seule case)

Oui, beaucoup Oui un peu Non

Avez-vous été confronté(e) aux problèmes suivants au cours des quatre dernières semaines ? Si oui, à quel degré cela vous a- t-il gêné ? Merci de répondre même si le problème ne concerne qu'un seul des deux yeux. Si oui, à quel degré avez-vous été gêné ?

36 Larmolement ?

a. Oui b. Non

Très Assez Peu Pas du tout

37 Vision déformée ?

a. Oui b. Non

Très Assez Peu Pas du tout

38 Éblouissement ?

a. Oui b. Non

Très Assez Peu Pas du tout

39 Brouillard visuel ?

a. Oui b. Non

Très Assez Peu Pas du tout

40 Gêne visuelle ?

a. Oui b. Non

Très Assez Peu Pas du tout

41 Sensibilité douloureuse au niveau des yeux ?

a. Oui

b. Non

Très

Assez

Peu

Pas du tout

42 Fatigue de vos yeux ?

a. Oui

b. Non

Très

Assez

Peu

Pas du tout

Merci de votre participation

AUTEUR : Nom : AIT RABAH

Prénom : Sofian

Date de soutenance : Mercredi 18 Mars 2020

Titre de la thèse : Myopie corrigée par lentilles d'orthokératologie : résultats fonctionnels et modifications anatomiques chez des patients équipés depuis plus de 12 mois, au CHU de Lille

Thèse - Médecine - Lille 2020

Cadre de classement : Ophtalmologie - Contactologie

DES + spécialité : Ophtalmologie

Mots-clés : Myopie, orthokératologie, lentilles de contact, acuité visuelle, réfraction, qualité de vie

Résumé : Contexte : La myopie est l'amétropie la plus fréquente. On assiste actuellement à une pandémie. Les lentilles d'orthokératologie permettent de corriger les troubles réfractifs. Leur port nocturne induit un remodelage cornéen permettant au patient de s'affranchir d'un équipement optique durant toute la journée. Notre objectif principal est d'évaluer l'efficacité de cette technologie en analysant les résultats réfractifs.

Méthode : Tous les patients myopes adaptés en lentilles d'orthokératologie au CHU de Lille et équipés depuis plus de 12 mois étaient inclus dans l'étude. Nous avons recueilli les données de 26 patients à partir des dossiers médicaux et du logiciel de topographie cornéenne. L'acuité visuelle, la réfraction, la kératométrie, la BFS et le RMS étaient mesurés en pré-adaptation puis lors de chaque consultation de contrôle. Afin d'étudier les effets du traitement sur l'endothélium cornéen et la choroïde, une microscopie spéculaire et une OCT étaient réalisées lors de leur dernière consultation, en 2019. Les données de ces 2 examens étaient comparées à celle d'un groupe témoin de myopes non équipés en orthokératologie. La satisfaction des patients était évaluée sur la base d'un questionnaire de qualité de vie : l'échelle NEI-RQL-42.

Résultats : L'acuité visuelle moyenne était de 82,8 lettres EDTRS à J7, 84,4 lettres à J30, 85,9 lettres après 1 an de port et 86,3 lettres après 2 ans. Dès le 30^{ème} jour d'équipement en orthokératologie, on ne constatait pas de différence significative de l'acuité visuelle ($p > 0,05$) par rapport à celle mesurée en pré-adaptation (avec la correction optique habituelle du patient). L'équivalent sphérique moyen passait de -2,23 dioptries (δ) à J0 à -0,45 δ à J7, - 0,37 δ à 1 an et - 0,15 δ à 2 ans. On remarquait une diminution significative de la kératométrie et de la BFS dès J7, témoin du remodelage du profil cornéen. Le RMS, objectivant les aberrations optiques, augmentait significativement après adaptation en orthokératologie. Concernant l'endothélium cornéen et l'épaisseur choroïdienne, on ne retrouvait pas de différences par rapport au groupe témoin. Aucune complication majeure liée aux lentilles n'a été constatée. Les patients adaptés en orthokératologie présentaient une qualité de vie satisfaisante avec 11 axes sur 13 ayant un score supérieur à 75/100.

Conclusion : L'orthokératologie se révèle être une technologie efficace, sûre et stable dans le temps. De nombreuses études ont également démontré l'intérêt de ces lentilles dans le cadre de la freination myopique.

Composition du Jury :

Président : Professeur Jean-François ROULAND

Assesseurs : Professeur Pierre LABALETTE, Dr Nassir MESSAADI, Dr Françoise ERNOULD

Directrice de thèse : Dr Françoise ERNOULD