

REVUE GÉNÉRALE

Adaptation des lentilles d'Orthokératologie chez les enfants myopes

Orthokeratology lens fitting in myopic children

Chiraz Abdelhedi*, Sonda Kammoun, Mona Rekik, Saloua Ben Amor, Amira Trigui

Service d'Ophtalmologie, Hôpital Habib Bourguiba (Sfax, Tunisie)
Faculté de Médecine de Sfax, Université de Sfax, Tunisie

Introduction

L'orthokératologie (Ortho-K) est une méthode de correction optique qui implique le port d'une lentille cornéenne rigide la nuit afin de changer la forme de la cornée de prolate à oblate, ce qui entraîne une réduction de la courbure cornéenne centrale. En effet, cette technique permet l'adaptation d'un large spectre d'amétropies et offre aux patients une grande liberté dans leurs activités durant la journée en évitant le port des autres moyens de correction optique. Cependant, l'Ortho-k est particulièrement utilisée chez les enfants myopes du fait de son effet prouvé sur la freination de la progression myopique. De ce fait, et pour un effet optimal, l'adaptation doit être précise et nécessite une compliance de la part des enfants et de leurs parents.

Les objectifs de cette revue de la littérature étaient de :

Décrire le principe et le mode d'action des lentilles d'Ortho-K

Discuter les critères démographiques, cliniques et topographiques permettant la sélection de bons candidats pour l'adaptation

Exposer la démarche pratique de l'adaptation en Ortho-K

Décrire les complications inhérentes aux lentilles d'Ortho-K

I. Historique

Le concept de l'Ortho-K paraît très ancien, apparu en Chine, il y a quelques centaines d'années, où les gens dormaient avec de petits sacs de sable sur leurs yeux afin de réduire leurs myopies [1]. Eugène Kalt, au début du 20^{ème} siècle, fut le premier à modifier la courbure cornéenne avec des lentilles mais son but était de limiter l'évolution des kératocônes [2].

L'Ortho-K proprement dite est apparue en 1960, aux Etats-Unis, inspirée des travaux de Morrison (1956) qui a constaté une stabilisation de la myopie avec une modification de la courbure cornéenne, une diminution de la réfraction et une amélioration visuelle chez les enfants adaptés volontairement en lentilles rigides en polyméthylmétacrylate (PMMA) plus plat de 1 à 2 dioptries (D) [3]. En 1962 un optométriste américain nommé Georges Jessen présente au congrès "International Society of Contact Lens Specialist" sa première procédure d'Ortho-K qu'il appelle alors "l'orthofocus". Il était le premier à vouloir modifier la géométrie de la cornée par des lentilles en PMMA, diurnes et adaptées jusqu'à 2 D plus plates. Les résultats étaient obtenus par effet « plateau ». Cependant, les variations étaient faibles, fluctuantes, non prédictibles et souvent associés à des astigmatismes et des distorsions cornéennes dues au décentrement des lentilles [4]. En 1980, la seconde génération de lentilles à géométrie inversée est apparue. Partant du fait que l'Ortho-k

nécessitait 8 heures de port, Grant était le premier à suggérer le port nocturne et à décrire la « Night Therapy ».

Depuis 1993, on parle d'Ortho-k moderne grâce à la mise au point de matériaux rigides perméables au gaz (RPG) à hauts Dk autorisant sans risques le port nocturne. Par ailleurs, l'autocentrage des lentilles a été amélioré par la réalisation de géométrie à dégagements inverses. L'utilisation des topographes cornéens a permis l'ajustement des paramètres des lentilles et le suivi. En 2002, la technique « Ortho-k moderne accélérée » (Corneal Refractive Therapy) a obtenu l'agrément de la FDA. Depuis, d'autres géométries de lentilles d'Ortho-k ont été élaborées permettant de corriger non seulement la myopie, mais aussi l'astigmatisme et l'hypermétropie, conduisant à un regain d'intérêt pour cette technique.

II. Principes

La flèche de la lentille d'Ortho-K est équivalente à la flèche cornéenne avec le film lacrymal compris entre la lentille et la cornée (TLT : Tear Layer Thickness). Plus l'excentricité augmente, plus la flèche diminue. En modifiant l'excentricité, on va varier la flèche de la lentille et donc l'épaisseur du film lacrymal [5]. Les lentilles d'Ortho-k vont modifier le profil cornéen par remodelage dans le but d'obtenir une cornée oblate avec une excentricité proche de zéro. On aura ainsi (Figure 1)

- Une zone centrale aplatie, d'un Ø environ de 4 à 5 mm suffisant pour une vision nette et un bon contraste dans des conditions d'éclairages normales
- Une zone annulaire concentrique, plus serrée, dont sa régularité conditionne le centrage de la lentille
- Une périphérie cornéenne inchangée

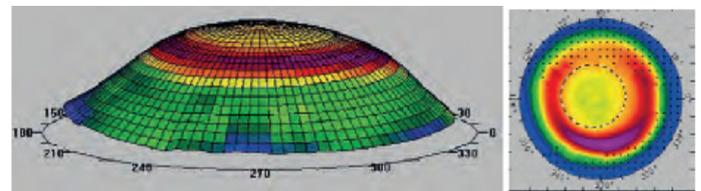


Figure 1. Buts du remodelage cornéen : partie centrale verte-jaune, partie annulaire rouge, partie périphérique verte-bleue [5].

Pour obtenir cet effet, les lentilles d'Ortho-K sont des lentilles à géométrie inversée, c'est-à-dire la courbure de la portion centrale est plus plate que celle de la portion périphérique.

*Auteur correspondant :

Chiraz Abdelhedi

Email : chirazabdelhedi1992@gmail.com

Service d'Ophtalmologie, Hôpital Habib Bourguiba (Sfax, Tunisie)

Faculté de Médecine de Sfax, Université de Sfax, Tunisie

Elles présentent un rayon central très plat, suivi d'une zone de rayons très serrés, à laquelle s'ajoute la zone d'appui périphérique, le tout se terminant par un rayon de dégagement [6,7] (Figure 2).

Parmi les lentilles à géométrie inversée, deux designs sont principalement utilisés : un utilisant 4 courbures différentes ou quadri-courbe, et un design utilisant 5 courbures différentes [8] (Figure 3).

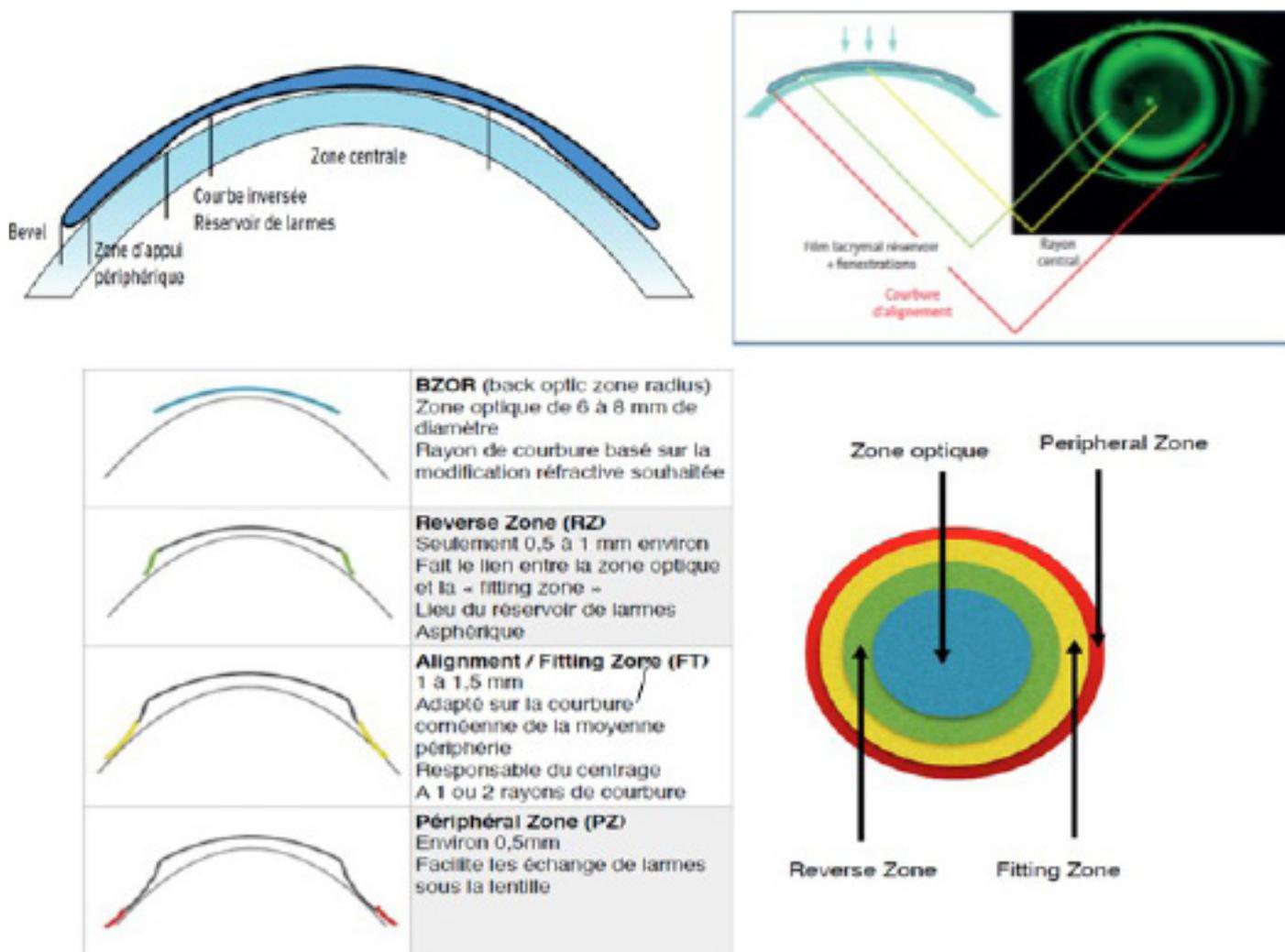


Figure 2. : Lentilles à géométries inversées [6,7].

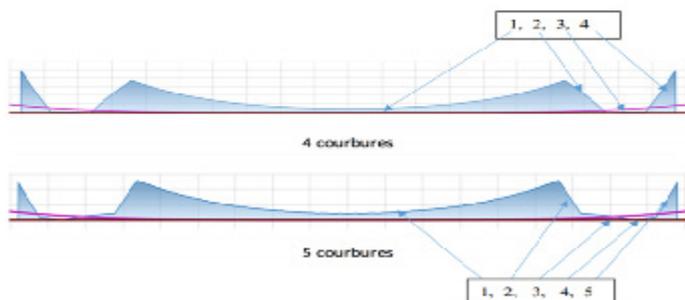


Figure 3. :Géométrie des lentilles d'Ortho-K et designs disponibles [8].

III. Mode d'action

L'Ortho-K moderne consiste à ramener, par des forces de pression et de traction, l'excentricité d'une géométrie asphérique continue à une configuration sphérique. Ceci est réalisé via un film lacrymal distribué selon différentes épaisseurs entre la cornée et la lentille. Ce film lacrymal est très mince au centre, engendrant une pression positive, et augmente progressivement en épaisseur vers la périphérie moyenne (zones de

réservoir), exerçant une pression négative ou traction. Ainsi, la zone centrale devient plus plate et la capacité réfractive de la cornée diminue (Figure 4). Plus l'excentricité est grande, plus la modification du rayon et la possibilité de corriger la myopie sont importantes. Les résultats deviennent donc prévisibles, permettant de contrôler le centrage de la lentille, le moulage de la cornée souhaité et la correction désirée de la myopie. D'autre part, de nombreuses études ont montré que la cornée s'amincit au centre pour s'épaissir en zone périphérique. Ceci est dû probablement à une compression des cellules épithéliales par le film lacrymal dans la zone centrale et une augmentation de la taille cellulaire dans la zone de réservoir. L'amincissement épithélial central moyen est de 10 microns. Il est au maximum de l'ordre de 20 - 25 microns dans les cas de forte correction (> -4 D).

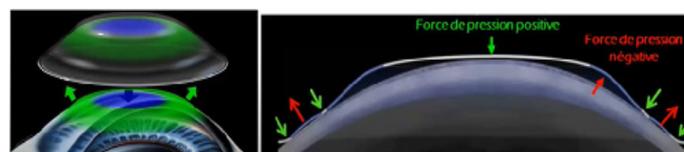


Figure 4. :Mécanisme d'action des lentilles d'Ortho-K [8].

Ainsi, l'Ortho-K présente des limitations pour la correction de la myopie d'une façon sécuritaire pour la cornée. Cette limitation est donnée par la formule de Mountford [9]:

Correction = (excentricité cornéenne divisée par 0.21) + 1

IV. La sélection des enfants

A. Age de début

En Ortho-K myopique, et contrairement aux lentilles cosmétiques où on doit attendre 15 à 16 ans, l'adaptation doit commencer dès la constatation d'une progression myopique prouvée sous cycloplégique. La plupart des myopies à potentiel évolutif démarrent entre 8 et 12 ans [10-12]. Toutefois, plusieurs études s'accordent pour débiter l'Ortho-K dès l'âge de 6 ans en cas de myopie évolutive [11,13], d'autant plus que le potentiel évolutif est d'autant plus important qu'elle apparaît précocement dans l'enfance. En effet, selon Sankaridurg et al [14] un enfant myope de - 1 D à 6 ans pourrait atteindre - 6 D à 12.9 ans et l'intervention pourrait ralentir l'évolution myopique de 30% retardant ainsi l'âge d'atteindre - 6 D au-delà de 16 ans. En conséquence, il n'y a pas d'âge limite inférieur pour l'adaptation en Ortho-K même s'il requiert une implication plus grande des parents. Cette implication va diminuer avec le temps et l'éducation va concerner en premier lieu l'enfant après l'âge de 8 ans.

B. Sexe

Pas de prédominance de sexe décrites dans la plupart des séries publiées. Cependant, une légère prépondérance féminine pourrait être expliquée par un souci esthétique plus important chez les filles [15] (Tableau I).

Tableau I. Caractéristiques démographiques des patients adaptés en Orthokérotologie selon les séries.

Auteurs	Nombre de patients	Age moyen (extrêmes)	Sexe-ratio (F/H)
Cho et Cheung [11]	51	9 (6-10)	25/26
Chen et al [16]	27	10.5 (9-14)	-
Hiraoka et al [12]	22	8-12	12/10
Santodomingo-Rubido et al [17]	31	9.6 (6-12)	16/15
Charm et Cho [18]	26	(8-11)	-
Downie et Lowe [19]	26	11.5	13/13
Zhu et al [15]	65	9.82 (7-14)	42/23
Lin et al [20]	105	11.82 (7-17)	52/53
Swarbrick et al [21]	26	8-16	12/14

C. Antécédents

Dans toutes les séries publiées, la présence d'antécédent pathologique ophtalmologique ou général constitue un critère d'exclusion [11,18]. Une attention particulière doit être portée aux enfants présentant des dysfonctionnements méibomiens et/ou une allergie oculaire à cause des changements potentiels du fonctionnement des glandes de Meibomius et de la stabilité du film lacrymal lors du port des lentilles [22]. En effet, on distingue des contre-indications absolues et des contre-indications relatives à l'adaptation par des lentilles d'Ortho-K (Tableau II)

Tableau II. Contre-indications à l'adaptation par des lentilles d'orthokérotologie

Contre-indications absolues	Contre-indications relatives
Les pathologies cornéennes sévères de la surface oculaire : dystrophies, Gougerot Sjögren, ...	Les infections conjonctivales et/ou palpébrales, aiguës ou chroniques qu'il faut les traiter avant toute adaptation.
Les pathologies oculaires altérant la qualité visuelle tel que les opacités cornéennes	
Le syndrome sec très sévère	
Les ATCD de kératites herpétiques	
Amblyopie et anisométrie profonde	

D. Évolution et la myopie

Il est impératif d'évaluer l'évolutivité de la myopie lors des années précédentes et encore la vitesse de régression d'une hypermétropie antérieure, si l'historique le permet. Une myopie est dite évolutive si elle progresse de plus de 0,75 D / an et/ou si l'enfant présente des facteurs de risque de progression vers une myopie forte [23]:

Antécédents familiaux de myopie forte

Antécédents familiaux de pathologie vitréo-rétinienne

Un des parents est d'origine asiatique

Précocité d'apparition de la myopie

Facteurs environnementaux favorisant : temps passé en extérieur, temps d'activités en vision de près...

E. Adhésion et compliance du patient et de ses parents

Le mode de port des lentilles d'Ortho-K est souvent méconnu, provoquant le doute chez l'enfant et ses parents. Une bonne explication de la méthode et de ses avantages, la remise de documents d'information, associées à un temps de réflexion, permettent aux parents de mieux comprendre cette technique et de les convaincre.

1. L'adhésion des parents et de l'enfant aux étapes du protocole d'adaptation et leur engagement à long terme sont impératifs pour le succès de l'adaptation [24].

2. La compliance de l'enfant est un élément primordial dont il est difficile de la prévoir tant qu'une lentille n'a pas été posée sur l'œil. Au départ, surtout pour les plus jeunes, les manipulations doivent être faites par les parents le temps que l'enfant s'adapte. À partir de l'âge du collège, les enfants doivent manipuler seuls.

3. Le sommeil est un élément important pour l'Ortho-K. Les enfants qui ont un sommeil agité ou qui se lèvent la nuit, ou sont somnambules, auront une AV variable. Idéalement, il faut s'endormir sur le dos juste après la pose des lentilles, 20 minutes après avoir éteint tout type d'écran [25].

4. L'incapacité à comprendre les principes et l'importance de respecter les règles de port et d'entretien incitent à refuser l'adaptation [25]

5. Si la réticence est importante, nous pouvons proposer au patient de s'entraîner à mettre des gouttes dans l'œil et à tenir les paupières par les cils. S'il n'arrive pas à réaliser cette approche, il sera inutile de s'engager. [25]

6. Enfin, le manque d'hygiène et la négligence excessive pourront constituer un frein pour l'adaptation.

V. Examen ophtalmologique et bilan réfractif

La réfraction est la 1^{ère} étape de l'adaptation en Ortho-K afin de déterminer l'amétropie à corriger. Elle présente quelques spécificités quant à la réfraction habituelle d'une adaptation en lentilles rigides perméables au gaz (LRPG) :

*Réalisée sous cycloplégique afin d'éviter une sur-correction.

*Détecter l'astigmatisme interne, qui pourrait être un facteur d'échec au-delà de 1D.

A. Acuité visuelle initiale

La meilleure acuité visuelle corrigée initiale a une valeur importante si une correction complète de la myopie présumée est envisagée. Dans ces cas, l'acuité visuelle finale devrait être au moins égale à la meilleure acuité visuelle corrigée initiale.

B. Amétropie initiale

Myopie

Les lentilles d'Ortho-K ayant un diamètre de la zone optique (ZO) de 4 mm et une réfringence d'environ 40 D de l'anneau périphérique, n'est valable que jusqu'à -4 D [26].

De ce fait, les premières études publiées ont concerné des myopies faibles à modérées < -4 D. Au-delà, le risque d'un décentrement de la lentille sera plus important aboutissant à une mauvaise vision avec un astigmatisme induit [27]. Actuellement, les lentilles d'Ortho-K disponibles envisagent une correction diurne totale de la myopie jusqu'à -7 D. D'ailleurs, certaines études suggèrent que la freination myopique serait d'autant plus importante que l'équivalent sphérique est élevé en début d'adaptation [28]. Ceci passe par une diminution de la ZO (3-3.5mm) et une augmentation de la réfringence de l'anneau périphérique. Cependant, une diminution de la ZO pourrait altérer la vision nocturne. Pour ces raisons, selon certains auteurs, les cas idéals, notamment pour les adaptateurs débutants, seront les patients ayant une myopie ne dépassant pas les -4D [5,6].

Au-delà de -7 D, l'Ortho-K peut être également indiquée dans le but de contrôler la myopie, mais avec une correction incomplète, nécessitant un équipement complémentaire diurne à type de lunettes ou de lentilles de contact. Charm et al [18] dans un essai contrôlé randomisé a rapporté un ralentissement de la croissance de la longueur axiale de 63 % chez des myopes forts équipés en Ortho-K pendant 2 ans comparé à un groupe contrôle. Néanmoins, les adaptations dans les myopies fortes évolutives sont souvent délicates, et les objectifs et les limites doivent être bien définis au préalable.

Astigmatisme

Dans les cas idéals d'Ortho-K avec une myopie < -4 D, l'astigmatisme toléré ne doit pas dépasser les 2 D. Ce sont les recommandations des fabricants qui déconseillent l'adaptation des astigmatismes dépassant la moitié de la sphère [11,13]. Ainsi, dans la majorité des séries ayant concerné des myopies faibles à modérées, l'astigmatisme était moins de 1,50 D.

Selon le type d'astigmatisme, l'astigmatisme interne pur ou l'astigmatisme mixte à composante interne importante peuvent être un facteur d'échec d'adaptation. La limite de ces astigmatismes n'est pas encore bien claire, toutefois, il est considéré qu'un astigmatisme interne de plus d'une dioptrie est associé à des résultats optiques moins probants [29].

Contrairement à l'astigmatisme interne, un astigmatisme cornéen constitue une excellente indication à l'Ortho-K. Dans la ZO de traitement, le changement d'épaisseur de l'épithélium sera variable pour compenser les disparités de courbure. Les possibilités de traitement pouvant aller jusqu'à 4 D de cylindre.

Ainsi, l'Ortho-K pourrait être une solution pour certains astigmatismes irréguliers et kératocônes frustes à condition que la lentille soit bien alignée sur le profil cornéen, sans aucun contact et avec la présence d'un film lacrymal d'au moins 10 µm d'épaisseur [29]. Le **tableau III** résumé les différents paramètres réfractifs initiaux de différentes études publiées dans la littérature.

Tableau III. Paramètres réfractifs initiaux de différentes études publiées dans la littérature.

Auteurs	MAVCi (Log-MAR)	Sphère	Cylindre	ES
Cho et Chneug [11]	0.00	-2.12 ± 0.87	0	-
Sandomingo et al [13]	-	-2.27 ± 0.31	-0.25 ± 0.09	-
Charm et cho [18]	□	□	-0.68	-
Downie et al [19]	0.03	-2.78 ± 0.39	-0.29 ± 0.06	-
Lin et al [20]	0.10	-4.25 ± 1.50	-0.75 ± 0.75	-
Chen et al [16]	-	-	-	-2.64 ± 0.82
Hiraoaka et al [12]	-	-	-	-1.89 ± 0.82
Zhu et al [30]	-	-	-	-4.29 ± 2.04

MAVCi : Meilleure acuité visuelle corrigée initiale.

ES : Équivalent sphérique

C. Paramètres topographiques

La topographie préalable est un examen indispensable. Elle permet au départ le calcul des paramètres de la lentille, puis l'ajustement et les suivis cliniques. Elle décrit la morphologie et donc permet d'établir les paramètres de la surface cornéenne antérieure : la courbure, les irrégularités, la position de l'apex et l'excentricité.

Pour le modèle, il est admis que les topographes à cône (par exemple TMS4, Medmont, Keratron Piccolo) analysent plus de surface cornéenne du fait de l'absence d'ombre portée nasale et de l'arcade sourcilière supérieure. Aussi, elles contiennent des logiciels parfaits pour l'Ortho-K et peuvent être portatifs comme pour le Piccolo (Kératron). Toutefois, leur acquisition peut être difficile en cas d'orbite proéminente, nécessitant ainsi de tourner légèrement la tête [31].

Pour l'acquisition des images, la topographie doit être fiable et reproductible. Il faut faire attention aux artefacts qui modifient les mesures et faussent le calcul de la première lentille. Ainsi, avant toute prise d'image, il faut : [25,31]

o Bien lubrifier l'œil avant la mesure.

o S'assurer de l'absence d'un lac lacrymal trop volumineux

o Avoir une bonne exposition cornéenne en tenant la paupière inférieure avec le doigt au niveau de la pommette en appuyant sans tirer afin d'avoir des yeux grands ouverts

o Éponger entre les mesures de chaque œil à cause du larmolement fréquent chez l'enfant.

Pour les données recueillies, ils vont conditionner les paramètres de la première lentille [31] :

o Le méridien de 30°, quand il est accessible, est idéal pour l'estimation du diamètre qui se mesure du limbe au limbe.

o La forme de l'astigmatisme va orienter le choix de la lentille. S'il s'agit d'un astigmatisme central et périphérique, c'est

l'indication d'une lentille à dégagements toriques. Par contre, si l'astigmatisme est uniquement central, c'est l'indication d'une lentille de révolution.

o La kératométrie centrale et surtout l'excentricité vont fixer les limites. Par exemple, si nous avons un rayon plat et une excentricité inférieure à 0,4, la correction d'une myopie dépassant les -4 D devient incertaine.

Les bonnes indications et les limites de l'Ortho-K sont résumées dans le **tableau IV**.

Tableau IV. Indications et limites de l'Ortho-K

Bonnes indications	Limites
Age \geq 8 ans	Grands diamètres pupillaires pour les fortes corrections.
Astigmatisme total=astigmatisme cornéen	Tous défaut et irrégularité de la cornée
Astigmatisme direct \leq -2,5D et inverse \leq -1,50 D (design toric).	Forte sécheresse oculaire
Bonne excentricité cornéenne	Excentricité cornéenne $<$ 0,4
Sphère entre -0,75 et -4D	Kératométrie $<$ 41 D
Bonne motivation et compréhension du patient (contrat avec consentement).	Patients peu disponibles

Tableau V. Les indications des différentes lentilles d'orthokératologie

Lentilles	Matériau	Myopie	Profil torique	Astigmatisme associé	Astigmatisme pur	Hyper métropie	Presbytie
Technolens	XO2	-4	Non	Direct $<$ -1.5	Non	Non	Non
DreamLite	XO2	-4	Oui	Inverse $<$ -1	Non	Non	Non
Z-night	Z	-4	Oui	Direct $<$ -2.5	Non	Non	Non
DRL	XO2	-7	Oui	Inverse $<$ -1.5	-4	+5	Oui
Overnight	Optimum ex-trême	-5	Non	Direct $<$ -2.5	Non	Non	Non
CRT	HDS 100	-6	Oui	Inverse $<$ -1.5	Oui	Oui	Oui

Chaque laboratoire a sa propre nomenclature. Toutefois, les différents paramètres présents sur l'ordonnance sont les mêmes [31] :

Le diamètre total: doit faire 95% du diamètre cornéen. Plus grand, la lentille se soulève au limbe et ne crée pas la pression centrale, plus petit elle risque d'être instable.

Le diamètre de la ZO : doit correspondre au bord pupillaire pour réduire la progression de la myopie. Pour la freination myopique, il faut favoriser les lentilles avec une ZO plus petite qui, en superposant avec la pupille l'anneau obtenu, permet un meilleur contrôle. Cette ZO est modulable pour la DRL. Pour les autres,

VI. L'Adaptation d'Ortho-K

A. Calcul des paramètres de la lentille

Pour le calcul des paramètres de la lentille, nous pouvons utiliser soit un tableur sur un site Internet (Overnight) et une boîte d'essais, ou, d'une façon plus simple, plus rapide et plus précise, un logiciel dédié qui permet la détermination des paramètres de la lentille et l'optimisation. Ainsi, comme le cas de notre étude, les données recueillies par la topographie en plus de la réfraction seront importées dans les logiciels de calcul intégrés dans le topographe et envoyées au laboratoire pour fabriquer la lentille idéale [31].

B. Choix de la lentille

Actuellement, 7 lentilles d'Ortho-K myopique sont commercialisées :

- Les lentilles Sleep & See : historiquement, c'est la première lentille fabriquée, produite par le laboratoire « Technolens » et reprise actuellement par « Precilens »

- Les lentilles DreamLite (Precilens)

-Les lentilles DRL (Double réservoir de larmes) (Precilens) : dont il existe 2 types : la DRL-prévention (pour des myopies $<$ -4D) et la DRL- contrôle myopique (pour des myopies entre -4 et -7D)

-Les lentilles Z Night (Menicon)

-Les lentilles Overnight (Ophtalmic)

-Les lentilles CRT (LCS)

En 2018, les lentilles couramment utilisées étaient la Z Night, la DRL (Contrôle myopique et Prevention) et la CRT. En effet, toutes ces lentilles compensent les myopies jusqu'à -4D et un astigmatisme 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 au centre (DRL).

Les indications des lentilles d'Ortho-K disponibles sont résumées dans le **tableau V**.

il faudra réduire le diamètre total de la lentille si c'est possible.

La puissance : elle doit être soit nulle, soit légèrement positive de +0,75D et ceci afin de compenser l'absorption mécanique due à l'élasticité du tissu cornéen et donc une régression myopique en fin de journée. De ce fait, il faut prévenir le patient de la gêne à l'accommodation liée à l'hypermétropie du matin.

Le rayon de courbure de la ZO : il est à peu près égal à la somme de :

- Kératométrie plate

- Puissance à corriger : aplatissement de 0,05 mm pour 0,25 D

– Puissance positive de la lentille.

C'est le réglage fin de l'aplatissement central, et il est inchangé pour les lentilles à dégagements toriques.

La hauteur sagittale : facteur essentiel pour une bonne adaptation. Elle doit laisser 5 à 10 µm de film lacrymal central sous la lentille. Trop faible, il y aura un risque de kératite centrale ou d'irrégularité de la zone centrale d'aplatissement, et trop importante, il n'y aura pas d'effet d'aplatissement.

L'angle des tangentes : représente à peu près l'excentricité.

– Pour la Z Night (en degrés) : c'est l'angle entre une droite prolongeant la flèche centrale et la zone périphérique. L'ouverture de l'angle correspond à une lentille plus plate.

– Pour la CRT (3e série de chiffres gravés) : l'ouverture de l'angle correspond à une lentille plus serrée.

– Pour la DRL (c'est le « P » et le « p » si lentille torique) : augmenter le P revient à aplatir la périphérie.

– Pour l'Overnight (E : 3ème chiffre gravé sur la lentille) : l'augmenter, revient à aplatir la périphérie et diminuer la hauteur sagittale.

La teinte de manipulation : permet au patient d'éviter les erreurs de côté avec le code couleur partagé par les fabricants : violet ou rouge pour l'œil droit et aqua, bleu ou vert pour l'œil gauche.

C. Adaptation

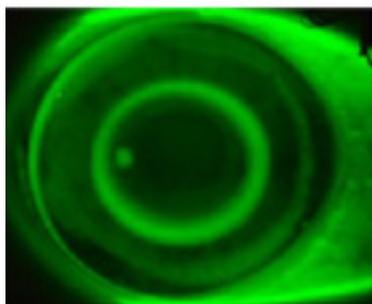
L'adaptation et les différents contrôles se font après la réception des lentilles commandées. Ces dernières sont considérées comme définitives et ne seront modifiées que si les résultats de l'analyse des images fluoresceiniques et/ou topographiques ne sont pas satisfaisants.

Analyse des images à la fluorescéine

Avec un filtre jaune, elle donne une bonne indication sur le centrage, la motilité de la lentille et permet de détecter tous les problèmes cornéens. Typiquement, elle est « en œil de bœuf » avec la présence de 4 zones : zone d'appui central, zone de réservoir de larmes, zone d'appui périphérique et zone périphérique ou edge lift [7] (Figure 5).

L'intensité de la fluorescéine est proportionnelle à la quantité de larmes sous la lentille. Si l'épaisseur de larmes est inférieure à 20 µm, la fluorescéine n'est plus visible et on obtient alors une zone sombre. Le logiciel de prescription fournit une estimation de l'épaisseur de larmes sous la lentille. Elle devrait faire 5 à 10 µm dans les zones d'appuis central et périphérique, 40 à 50 µm dans la zone de réservoir et 60 à 70 µm au niveau de l'Edge lift [7] (Figure 5). Néanmoins, l'image fluoresceinique seule ne suffit pas pour contrôler l'adaptation. Elle permet seulement :

- D'éliminer les grosses anomalies dues à des mauvaises prises de mesures topographiques
- De s'assurer d'une bonne clearance centrale et périphérique sous la lentille
- De vérifier la bonne motilité de la lentille



	Distance	Epaisseur des larmes
Appui central	3 à 5 mm	5 à 10 µm
Réservoir de larmes	0,5 à 1 mm	jusqu'à 50 µm
Appui périphérique	1 à 2 mm	5 à 10 µm
Edge lift / zone périphérique	0,4 mm	jusqu'à 70 µm

Figure 5. Les largeurs des différentes zones observées à l'image fluoresceinique avec les épaisseurs des larmes correspondantes [7].

Analyse des images topographiques

Le suivi topographique est indispensable et doit se faire avec le même vidéo-topographe. Une mauvaise analyse des cartes topographiques peut conduire à un mauvais résultat, voire des complications.

La comparaison de la topographie initiale et celle au suivi permet de déterminer l'effet cornéen du traitement d'Ortho-k. Les deux zones principales créées sont la zone centrale, qui permet la correction de loin, et la zone périphérique d'addition, qui ralentit la progression de la myopie en permettant de mettre l'image alignée devant la rétine périphérique. Ces deux zones doivent être bien centrées et incluses à l'intérieur de la pupille, pour permettre aux rayons d'être réfractés au bon endroit rétinien et avoir ainsi un effet maximal de freination.

Classiquement, on distingue 3 principaux images topographiques (Figure 6) [32]:

Le « **Bull's eye** » : centrage satisfaisant, indiquant une bonne adaptation.

Le « **Central Island** » : lentille bien centrée ou basse engendrant une adaptation serrée et une mauvaise AV par sous-corrrection. Cet aspect d'îlot central nécessite un changement des paramètres de la lentille.

Le « **Smiley face** » : signe une adaptation trop plate se traduisant par un aplatissement cornéen excessif. Cet aspect impose une modification des paramètres de la lentille, surtout la flèche qui devra être augmentée.

Cependant, dans certains cas, malgré une augmentation de la flèche et/ou une diminution du rayon de courbure, cet aspect persiste. La pression palpébrale forte chez ces patients semble alors l'élément responsable de ce décentrement supérieur.

D'autres aspects topographiques peuvent être visualisés (Figure 6) [32]:

Le « **Bull's eye** » incomplet : observé notamment en début d'adaptation et surtout sur des cornées à excentricités initiales élevées. Cet aspect ne nécessite aucun changement.

Le « **Smiley face with fake Central Island** » : aspect généralement observé en cas d'altération de l'épithélium cornéen suite à une lentille trop plate. Il peut être également observé suite à un ventousage nocturne et à la non-utilisation des collyres lubrifiants pour la mobilisation matinale de la lentille.

Le « **Frowny face** » : aspect dû à un appui excessif de la moyenne périphérie, associé à un diamètre insuffisant de la lentille et à un décentrement inférieur, et favorisé par une pression palpébrale forte. Il est associé à une mauvaise qualité visuelle avec des halos et des éblouissements la nuit et à des échos visuels le jour. En absence de modification des paramètres de la lentille, cet aspect va évoluer, s'aggraver et s'associer à un îlot central

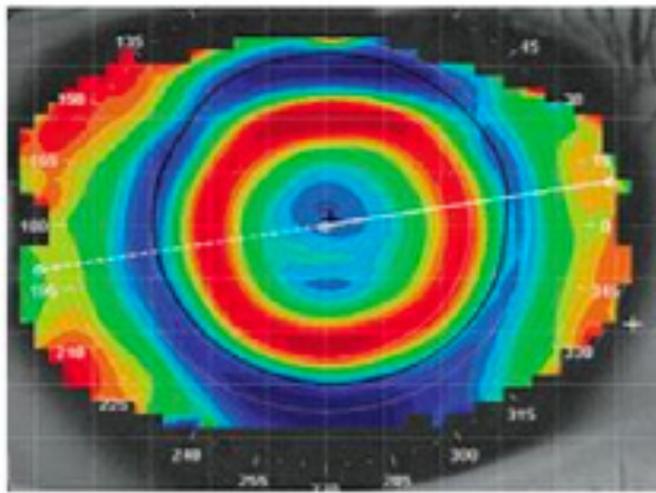
Décentrement latéral : cet aspect est source d'halos et de flou visuel. Il se produit suite à un diamètre total insuffisant de la lentille, à une zone d'alignement mal adaptée (trop plate ou trop serrée), à une forte différence d'excentricité entre la cornée nasale et temporale, ou suite une petite fente palpébrale.

Il peut être également provoqué par une mauvaise position de sommeil nocturne du patient, notamment chez ceux dormant

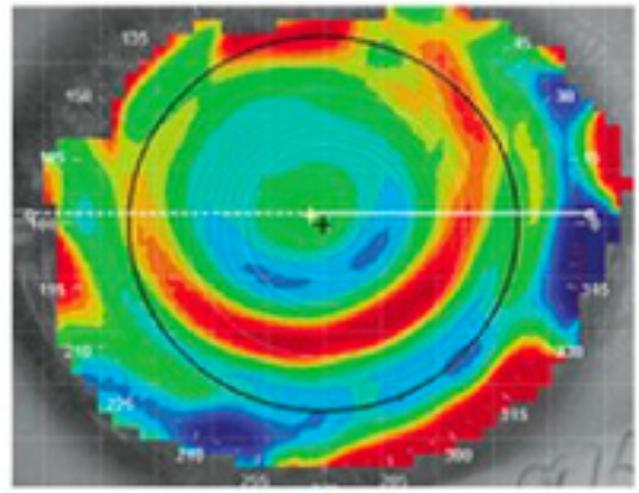
sur le côté.

Ce décentrement se fait dans 48,5 % des cas en temporal. Il est souvent difficile à gérer malgré les nombreux changements des paramètres et il est fréquemment source d'échec définitif.

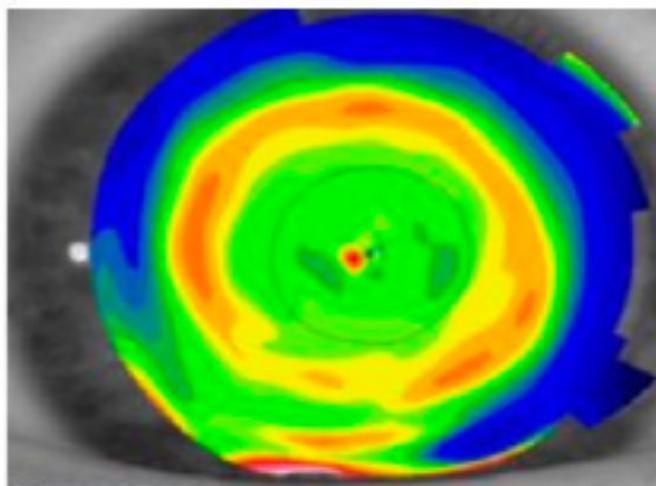
Si l'adaptation n'est pas optimale, la réfraction finale et les images topographiques obtenues sont envoyées au laboratoire. Ce dernier effectue les modifications nécessaires afin d'optimiser l'adaptation.



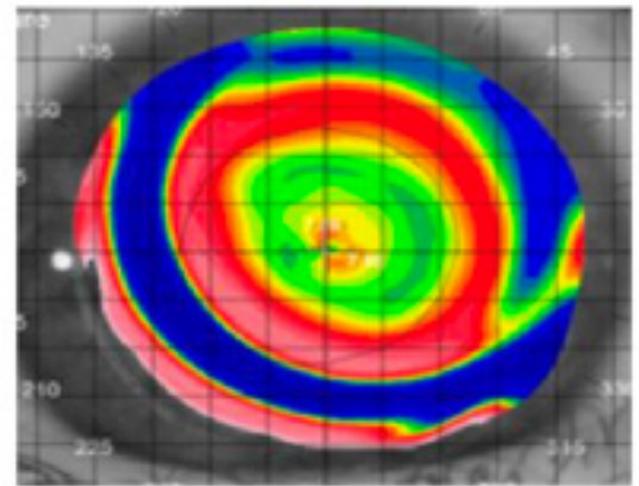
Aspect en Bull's eye



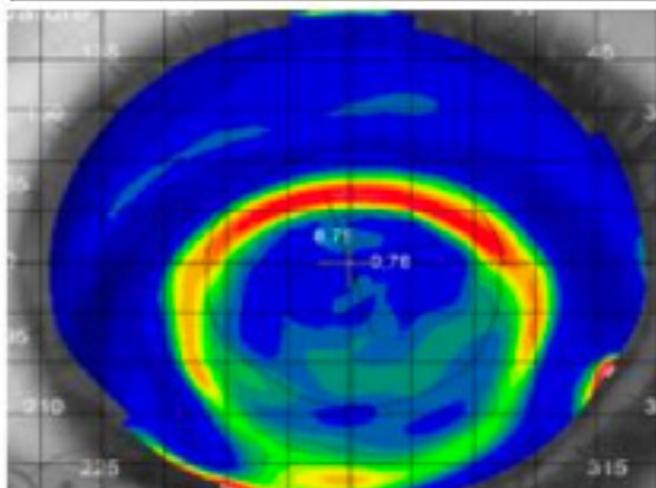
Aspect en Smiley face



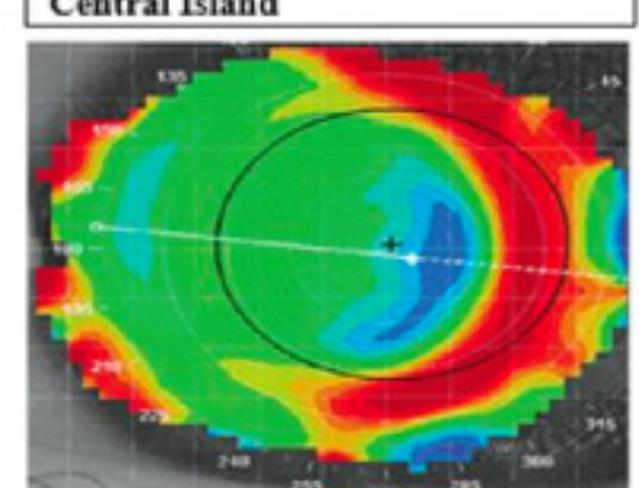
Aspect en Central Island



Aspect en Smiley face with fake Central Island



Aspect en Frowny face



Aspect d'un décentrement latéral

Figure 6. Les aspects topographiques possibles après adaptation en Ortho-K.

Premier essai

La première pose et l'apprentissage des manipulations doivent être réalisés avec patience, en expliquant tous les consignes de manipulations et d'entretien [25,31]

*La première évaluation est faite après 15 à 30 min les yeux fermés après la pose des lentilles. Ces dernières doivent être remplies de lubrifiant, au mieux un hyaluronate suffisamment concentré pour éviter les bulles d'air qui limitent l'effet de pression négative de la zone reverse. Cette étape permet de juger les premiers effets [33]: le centrage, la mobilité et l'image fluorescéinique. L'acuité est au moins égale à celle des lunettes.

*Au retrait des lentilles, l'AV sans correction doit avoir progressé. La prédiction de la progression est impossible à cause de la grande variabilité des cornées. Aussi, l'épithélium doit être intact.

*La réalisation d'une topographie est facultative. Si effectuée, elle montrera un changement bien visible.

*La première nuit de port est autorisée après avoir expliqué au patient et à ses parents:

* La nécessité de dormir sur le dos pendant les premières minutes aussitôt les lentilles posées, pour éviter toute luxation accidentelle et pour la stabilisation de la lentille au centre de la cornée, tout en évitant les consultations d'écrans qui interfèrent sur le centrage.

*L'importance du respect des règles de manipulations et la nécessité du lubrifiant.

*Les modalités d'entretien. Ces dernières diffèrent selon les lentilles, mais dans tous les cas, les oxydants ou la povidone sont privilégiés et la déprotéinisation est indispensable, soit quotidiennement ou chaque semaine. Négliger cette étape peut entraîner une régression progressive d'effet en quelques mois. De ce fait, fournir des documents écrits ou des sites internet des fabricants avec des vidéos semble être nécessaire afin d'éviter le mésusage.

D. Contrôles post-adaptation

Il a été rapporté que l'effet maximal de la lentille d'Ortho-k sur la cornée est rapidement atteint. En effet, Alharbi et al [34] ont trouvé que les changements d'épaisseur cornéenne mesurée 8-10 heures après le retrait des lentilles, se stabilisent après 10 jours. Par conséquent, plusieurs contrôles sont nécessaires durant les premières semaines pour s'assurer de l'ajustement des paramètres et de la sécurité du port des lentilles. Le schéma de suivi proposé par la majorité des adaptateurs concorde avec le nôtre où les contrôles se sont déroulés à J1, J7, 01 mois puis tous les 6 mois.

Contrôle à J1: Le lendemain du port des lentilles

Pour juger la tolérance des lentilles [31]. Il est réalisé :

Soit les lentilles en place : en tout début de matinée pour chercher un éventuel ventousage, tout en sachant que le film lacrymal mince sous la lentille d'Ortho-K compromet sa stabilité lors d'un port diurne.

Soit les lentilles enlevées pour avoir une meilleure surface cornéenne lors de l'examen.

À cette étape, l'acuité visuelle, bien qu'elle soit imprévisible, est bien souvent supérieure à la théorie. L'image topographique doit être centrée et l'épithélium sans anomalies. À ce stade, il est rare que les anomalies apparaissent, ce contrôle est important pour répondre aux questions, rassurer, constater le gain visuel et rappeler les consignes de manipulation et d'entretien.

Contrôle à J7 ou J10

Cette consultation a pour but de vérifier [31]:

- Le centrage de la lentille
- L'intégrité cornéenne
- L'effet réfractif : théoriquement, cette période est suffisante pour émmétropiser une myopie < - 4D [35].

En cas de mauvais centrage ou d'altération épithéliale, la poursuite du port peut être autorisée à condition que le patient soit contrôlé dans quelques jours, l'après-midi. Si les anomalies persistent, le changement de la lentille est programmé.

En cas de décentrement important, un arrêt de 5 nuits de port est nécessaire entre les deux lentilles afin d'éviter une empreinte dans laquelle la nouvelle lentille prendrait place.

En cas d'insuffisance de correction, une modification la courbure cornéenne peut être envisagée, 0,05 mm par 0,25 D à rattraper

Contrôle à 1 mois

Au terme de cet examen, la lentille sera validée ou changée [25,31].

L'adaptation **sera validée** si :

* L'acuité visuelle est au moins égale à celle obtenue en lunettes et stable pendant toute la journée.

* L'image topographique est centrée (« œil de bœuf » ou « bull's eye »)

* L'épithélium est sans anomalies.

Il est important lors de la validation de rappeler les règles d'hygiène, d'entretien et d'insister sur la lubrification et surtout sur la fréquence de la déprotéinisation.

Si l'adaptation **est imparfaite**, la lentille doit être modifiée. Néanmoins, avant tout changement, il faut s'assurer du respect des règles de port notamment la régularité du port (quotidien ou pas), le nombre d'heures de sommeil, la position pendant le sommeil, la perte ou le déplacement des lentilles, la qualité d'entretien.

La surveillance et le renouvellement

Pour les enfants, la surveillance se fera tous les 6 mois. Les lentilles étant ramenées à chaque contrôle. Le renouvellement des lentilles est annuel, sans garantie de la stabilité des paramètres [25,31].

En cas d'**acuité visuelle insatisfaisante**, l'interrogatoire, la topographie comparative, l'examen à la lampe à fente, l'état des lentilles et de l'étui et l'image fluo des lentilles portées, vont vérifier le respect des règles de port et d'hygiène.

En cas d'**inconfort, ou de légère kératite ponctuée superficielles**, il faut vérifier le bon usage des substituts lacrymaux.

VII. Ortho-k: un traitement réversible

L'Ortho-k est un système de remodelage cornéen dont l'épithélium est le site d'action principal sur le plan réfractif et anatomique. Ainsi, la technique est considérée comme un traitement totalement réversible et la cornée reprend son état antérieur après l'arrêt du port (Kératométrie, pachymétrie, réfraction) [36,37]:

*Épaisseur épithéliale normale après une nuit d'arrêt de port.

* Réfraction initiale en 2 semaines

*Rayons de courbure cornéens initiaux après une semaine

*Aspect topographique initial en 11 jours en moyenne.

*Le délai de récupération de la topographie et de la Kmie maximale est très variable d'une personne à une autre, allant de 72h à 2 mois pour 1 an de port [37].

Ceci permet à certains patients de sauter une ou 2 nuits de port sans répercussion sur l'acuité visuelle. Le retour de l'acuité visuelle à la normale est plus lent chez les patients ayant une faible myopie et ayant porté leurs lentilles plusieurs semaines. [38].

VIII. Les complications de l'Orthokératologie

Bien que la majorité des études ont rapporté que l'Ortho-k est un traitement sûr et efficace, le risque de complications augmente avec le port nocturne des lentilles et encore plus, quand il s'agit des enfants [39].

Les enfants présentant des complications doivent immédiatement arrêter le port et bénéficier d'un traitement rapide afin d'éviter les complications graves. Ainsi, le succès à long terme du traitement par Ortho-K nécessite une adaptation parfaite, une conformité rigoureuse aux règles de manipulation et d'entretien et une bonne compliance et adhérence aux suivis [40].

A Complications liées à l'adaptation

Décentrement de la lentille

Plus fréquent dans le quadrant temporal car la région cornéenne temporale est plus bombée [41]. Il est plus important en cas d'astigmatisme initial élevé, et sera à l'origine d'une sensation d'éblouissement, de halos et de diplopie monoculaire [42,43].

Bulles d'air sous la lentille

Peuvent être observés en cas d'une mauvaise adaptation [27].

Ventousage cornéen

Est une complication fréquente et imprévisible de l'Ortho-K. Elle peut être gérée par des lubrifiants oculaires et une hygiène des paupières [40].

Empreinte conjonctivale

Peut être supérieure si lentille trop plate, ou inférieure si lentille trop serrée et adhérente. Le changement des paramètres résoudra le problème.

B. Complications liées aux lentilles

Les dépôts et encrassement de la lentille

Les dépôts peuvent être de différentes natures (mucus, protéines, lipides) selon la composition des larmes des patients. Ils sont plus fréquents et plus importants avec des lentilles encrassées et peuvent être à l'origine d'une diminution de la vision, à une intolérance et un abandon de port, d'où l'importance d'un entretien rigoureux et d'une déproteinisation.

Détérioration des lentilles

Les rayures de la lentille augmentent avec la durée de l'adaptation, n'ont aucun retentissement sur la qualité visuelle et ne nécessitent pas de changement de lentille. Au contraire, toute cassure ou détérioration des bords imposent un arrêt de port immédiat et un changement de la lentille.

Perte et cassure de la lentille

La perte et les cassures des lentilles constituent un vrai problème, d'une part vu le coût élevé des lentilles, et d'autre part, le délai du renouvellement qui pourrait conduire à la perte de l'effet du remodelage cornéen obtenu.

C. Complications liées au port des lentilles d'Ortho-K

Complications hypoxiques

Les complications hypoxiques lors du port des lentilles d'Ortho-K sont très rares grâce à leurs très haut Dk [44]. Elles peuvent se manifester par des microkystes épithéliaux, par un œdème stromal, un engorgement vasculaire ou une néovascularisation limbique.

Complications palpébrales

Comme pour toute lentille rigide, l'Ortho-k peut induire un ptosis progressif après des années de port, dû à une désinsertion

de l'aponévrose du releveur de la paupière supérieure suite aux tractions répétées lors du retrait de la lentille.

Complications palpébrales

Comme pour toute lentille rigide, l'Ortho-k peut induire un ptosis progressif après des années de port, dû à une désinsertion de l'aponévrose du releveur de la paupière supérieure suite aux tractions répétées lors du retrait de la lentille.

Le dysfonctionnement des glandes de Meibomius (DGM) est considéré comme une cause potentielle d'intolérance aux lentilles de contact [45]. Xiu Wang et al [46] n'ont pas trouvé de DGM après 2 ans de port d'Ortho-k, alors que Na K. S et al [22] l'ont constaté dans 3,5% des cas. De plus, la conjonctivite allergique, qui est associée à une modification de glandes de meibomius, est plus fréquente chez les enfants que chez les adultes [47]. Par conséquent, en cas d'allergie, l'Ortho-k ne fait qu'aggraver la conjonctivite préexistante et provoquer et/ou aggraver un DGM [22]. Une attention particulière est donc à considérer pour les enfants ayant un DGM ou des antécédents d'allergies initiaux.

Syndrôme sec

L'Ortho-k est à port nocturne, donc l'influence de l'évaporation, de l'amincissement du film lacrymal et du clignement partiel, peut être minime par rapport au port de lentilles conventionnelles. Les résultats rapportés par les études sont discordants quant à l'influence de l'Ortho-k sur la sécrétion lacrymale basale. Certaines études [40] ont trouvé une réduction significative alors que pour d'autres, l'effet est minime [48]. Au contraire, d'autres auteurs ont rapporté une augmentation significative de la hauteur du ménisque lacrymal expliqué par le fait que l'Ortho-k est considérée comme un corps étranger pouvant stimuler un larmolement excessif [46].

L'OSDI (Ocular Surface Disease Index) est un indicateur objectif de la sécheresse oculaire. Plusieurs études ont trouvé une augmentation des scores OSDI [22,46]. Néanmoins, les scores ont diminué après 6 mois, indiquant une meilleure tolérance à l'Ortho-K avec une extension du port. D'autre part, l'abandon de port n'était pas corrélé à l'augmentation des scores [46]. Ceci pourrait être lié à l'observance de l'instillation des agents mouillants et par la variabilité des symptômes exprimés entre les patients.

Conjonctivite allergique

Les réactions conjonctivales liées aux produits d'entretien sont fréquentes. Xiu Wang et al [46] ont constaté une conjonctivite allergique chez 6 parmi 59 enfants équipés en Ortho-k. D'autre part, comme c'était mentionné, la conjonctivite allergique est plus fréquente chez les enfants et le port d'Ortho-k pourrait l'aggraver.

Dépôts intra-cornéens

Un anneau ou des arcs en fer pigmentés et des lésions linéaires blanches adjacentes ont été souvent constatés après un port chronique des lentilles d'Ortho-K. Leur incidence augmente avec la durée du traitement [40,49]. Les dépôts intra-cornéens se voient en regard de la zone de réservoir de larmes et leur physiopathologie est encore mal élucidée. Toutefois, il semble que l'anneau pigmenté résulte des forces hydrostatiques exercées sur l'épithélium et/ou de la stagnation des larmes dans la zone à géométrie inversée et les lignes blanchâtres représentent les fibres nerveuses du plexus sous-épithélial. Ces dépôts sont typiquement loin de l'axe visuel, n'ayant aucun retentissement sur la vision et disparaissent généralement après 2 mois d'arrêt de port [51].

Les kératites ponctuées superficielles « Corneal staining »

Elles ont été fréquemment rapportées chez les porteurs d'Ortho-k dont la fréquence et la gravité étaient plus importantes que les autres lentilles. Les KPS étaient la complication la plus fréquemment notée dans notre étude. Nos résultats concordent

avec ceux rapportés dans la littérature [40,48,49]. Elles sont le plus souvent centrales et sont positivement corrélées à la myopie initiale. Plusieurs facteurs pourront expliquer cette fréquence des KPS : l'aminçissement épithélial, mauvaise adaptation, hypoxie cornéenne, hypersensibilité à la solution d'entretien, le contact des lentilles avec l'épithélium, l'instabilité du film lacrymal associé et les abrasions mécaniques causées par les dépôts, le contact de la lentille avec l'épithélium et par le mauvais geste du retrait de la lentille le matin [46]. Une bonne éducation, une adaptation parfaite et une instillation adéquate des agents mouillants peuvent minimiser ou éviter les KPS. Bien que la constatation d'une coloration cornéenne légère à modérée ne nécessite pas toujours l'arrêt du port de lentilles conventionnelles, une interruption transitoire du port est fortement recommandée en cas d'Ortho-k si les KPS centrales persistantes dépassent le grade 2 selon l'échelle d'Efron afin d'éviter des complications plus graves [40,49].

Les kératites infectieuses

Les kératites infectieuses sont considérées comme la complication la plus grave et la plus redoutable des lentilles d'Ortho-K, favorisées par le port nocturne et par les modifications épithéliales induites. Il est estimé que l'Ortho-k est impliquée dans presque 19,1 à 38,8% des cas de kératite infectieuse [52]. Les agents étiologiques les plus fréquemment identifiés sont le *Pseudomonas Aeruginosa* et l'*Acanthamoeba* [53]. D'autre part, il a été constaté que l'incidence de ces kératites est plus élevée chez les enfants que chez les adultes. Ceci était lié principalement au non-respect des règles d'hygiène [40,53]. D'où l'importance de l'éducation du patient et de ses parents sur la nécessité du respect des règles du port et d'hygiène, d'arrêter le port des lentilles et de consulter en urgence au moindre signe alarmant: rougeur, douleur, flou visuel...

Causes d'échec d'adaptation en Ortho-k

L'intolérance aux lentilles constitue la cause principale d'échec. Elle se manifeste par une sensation de corps étranger, de douleur, de picotements et d'irritation, conduisant à l'oubli et la discontinuité du port et donc à l'abandon du traitement. Un temps d'accoutumance au début d'adaptation, l'utilisation d'un anesthésique topique aux premiers jours et l'instillation d'agents mouillants pourrait franchir cette intolérance [54]. Les autres causes d'échec sont dominées par : l'inconfort, la préférence des lentilles souples, les difficultés de manipulations, la chronophagie de l'adaptation, la lassitude des patients, le coût élevé et l'échec réfractif.

Conclusion

L'orthokératologie est une méthode de correction particulièrement adaptée aux enfants et aux adolescents. Les clés du succès sont la bonne sélection des enfants à adapter, la qualité de l'examen initial et une bonne communication avec l'enfant et ses parents permettant l'adhésion de chacun à la méthode et au protocole d'adaptation. Un encadrement médical sécuritaire et une surveillance renforcée sont nécessaires pour éviter le mésusage et pérenniser ces adaptations.

Références

1. Swarbrick HA. Orthokeratology review and update. *Clin Exp Optom*. mai 2006;89(3):124-43.
2. Pearson RM. Kalt, keratoconus, and the contact lens. *Optom Vis Sci*. sept 1989;66(9):643-6.
3. Saw SM, Gazzard G, Au Eong KG, Tan DTH. Myopia: attempts to arrest progression. *Br J Ophthalmol*. nov 2002;86(11):1306-11.
4. Marjorie Rah, John Mark Jackson. Orthokeratology. *Fastest Otolaryngology & Ophthalmology Insight Engine*. 5 juill 2016;
5. A. SARFATI. L'orthokératologie ou le remodelage cornéen. *réalités Ophthalmologiques # 230_Mars 2016*.
6. P.-E. LIM. Indications, bilan et sélection des patients. *réalités Ophthalmologiques - n° 259_Février 2019*.
7. Matthieu Leconte. Adaptation en lentilles de contact d'orthokératologie Analyse réfractive, topographique, aberrométrie et endothéliale, à propos de 34 yeux après 3 mois de port. *UNIVERSITE LILLE; 2015*.
8. Rémy Marcotte-Collard. Analyse et comparaison de l'effet cornéen du traitement d'orthokératologie. *Université de Montréal; 2017*.
9. Mountford J (1997). An analysis of the changes in corneal shape and refractive error induced by accelerated orthokeratology. *International Contact Lens Clinic* 24:128-143.
10. Smith MJ, Walline JJ. Controlling myopia progression in children and adolescents. *Adolesc Health Med Ther*. 13 août 2015;6:133-40.
11. Cho P, Cheung SW. Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year Randomized Clinical Trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 oct 2012;53(11):7077-85.
12. Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, Takahashi H, Oshika T. Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 22 juin 2012;53(7):3913-9.
13. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R, Sugimoto K. Long-term Efficacy of Orthokeratology Contact Lens Wear in Controlling the Progression of Childhood Myopia. *Curr Eye Res*. 2017;42(5):713-20.
14. Sankaridurg PR, Holden BA. Practical applications to modify and control the development of ametropia. *Eye*. févr 2014;28(2):134-41.
15. Zhu MJ, Feng HY, He XG, Zou HD, Zhu JF. The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia. *BMC Ophthalmol*. 24 nov 2014;14:141.
16. 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.
17. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutiérrez-Ortega R. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: refractive and biometric changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 31 juill 2012;53(8):5060-5.
18. Charm J, Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optom Vis Sci*. juin 2013;90(6):530-9.
19. Le D, R L. Corneal reshaping influences myopic prescription stability (CRIMPS): an analysis of the effect of orthokeratology on childhood myopic refractive stability. *Eye Contact Lens*. 1 juill 2013;39(4):303-10.
20. Lin HJ, Wan L, Tsai FJ, Tsai YY, Chen LA, Tsai AL, et al. Overnight orthokeratology is comparable with atropine in controlling myopia. *BMC Ophthalmol*. 31 mars 2014;14:40.
21. Swarbrick HA, Alharbi A, Watt K, Lum E, Kang P. Myopia control during orthokeratology lens wear in children using a novel study design. *Ophthalmology*. mars 2015;122(3):620-30.
22. Na KS, Yoo YS, Hwang HS, Mok JW, Kim HS, Joo CK. The Influence of Overnight Orthokeratology on Ocular Surface and Meibomian Glands in Children and Adolescents. *Eye & Contact Lens*. janv 2016;42(1):68-73.
23. Langis Michaud. Contact Lens Spectrum - Defining a Strategy for Myopia Control. *Contact Lens Spectrum*. 1 mars 2016;
24. KONG Q, GUO J, ZHOU J, ZHANG Y, DOU X. Factors Determining Effective Orthokeratology Treatment for Controlling Juvenile Myopia Progression. *Iran J Public Health*. sept 2017;46(9):1217-22.
25. H. BERTRAND-CUINGNET. Prise en charge des enfants en orthokératologie. *réalités Ophthalmologiques - n° 259_Février 2019*.
26. J.-P. COLLIOT. Quoi de neuf en contactologie ? *réalités Oph-*

talmologiques – n° 271_Avril 2020.

27. Nti AN, Berntsen DA. Optical changes and visual performance with orthokeratology. *Clin Exp Optom*. 2020;103(1):44-54.
28. Fu AC, Chen XL, Lv Y, Wang SL, Shang LN, Li XH, et al. Higher spherical equivalent refractive errors is associated with slower axial elongation wearing orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*. févr 2016;39(1):62-6.
29. J.-P. COLLIOT. Place et indications de l'orthokératologie pour la correction des amétropies courantes. *réalités Ophthalmologiques – n° 249_Février 2018*.
30. Zhu MJ, Feng HY, He XG, Zou HD, Zhu JF. The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia. *BMC Ophthalmol*. 24 nov 2014;14:141.
31. J.-P. COLLIOT. L'adaptation en orthokératologie. *réalités Ophthalmologiques – n° 259_Février 2019*.
32. MELANIE FROGOZO. Troubleshooting orthokeratology for myopia management. *Contact Lens Spectrum*. 28 août 2020;
33. FLTS,LS,DF. Malleability of the ocular surface in response to mechanical stress induced by orthokeratology contact lenses. *Cornea*. févr 2008;27(2).
34. Alharbi A, Swarbrick HA. The Effects of Overnight Orthokeratology Lens Wear on Corneal Thickness. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 juin 2003;44(6):2518.
35. Gifford P, Swarbrick HA. Time Course of Corneal Topographic Changes in the First Week of Overnight Hyperopic Orthokeratology. *Optometry and Vision Science*. déc 2008;85(12):1165-71.
36. Sorbara L, Fonn D, Simpson T, Lu F, Kort R. Reduction of myopia from corneal refractive therapy. *Optom Vis Sci*. juin 2005;82(6):512-8.
37. Kobayashi Y, Yanai R, Chikamoto N, Chikama TI, Ueda K, Nishida T. Reversibility of effects of orthokeratology on visual acuity, refractive error, corneal topography, and contrast sensitivity. *Eye Contact Lens*. juill 2008;34(4):224-8.
38. Johnson KL, Carney LG, Mountford JA, Collins MJ, Cluff S, Collins PK. Visual performance after overnight orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*. mars 2007;30(1):29-36.
39. Cho P, Cheung SW, Mountford J, White P. Good clinical practice in orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*. févr 2008;31(1):17-28.
40. Liu YM, Xie P. The Safety of Orthokeratology—A Systematic Review. *Eye Contact Lens*. janv 2016;42(1):35-42.
41. Liu G, Chen Z, Xue F, Li J, Tian M, Zhou X, et al. Effects of Myopic Orthokeratology on Visual Performance and Optical Quality. *Eye & Contact Lens*. sept 2018;44(5):316-21.
42. Yang X, Zhong X, Gong X, Zeng J. Topographical evaluation of the decentration of orthokeratology lenses. *Yan Ke Xue Bao*. sept 2005;21(3):132-5, 195.
43. Maseedupally VK, Gifford P, Lum E, Naidu R, Sidawi D, Wang B, et al. Treatment Zone Decentration During Orthokeratology on Eyes with Corneal Toricity. *Optom Vis Sci*. 2016;93(9):1101-11.
44. Lipson MJ, Brooks MM, Koffler BH. The Role of Orthokeratology in Myopia Control: A Review. *Eye Contact Lens*. juill 2018;44(4):224-30.
45. Tomlinson A, Bron AJ, Korb DR, Amano S, Paugh JR, Pearce EI, et al. The International Workshop on Meibomian Gland Dysfunction: Report of the Diagnosis Subcommittee. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 mars 2011;52(4):2006-49.
46. Wang X, Li J, Zhang R, Li N, Pang Y, Zhang Y, et al. The Influence of Overnight Orthokeratology on Ocular Surface and Meibomian Gland Dysfunction in Teenagers with Myopia. *J Ophthalmol*. 2019;2019:5142628.
47. Thong BYH. Allergic conjunctivitis in Asia. *Asia Pacific Allergy*. 1 avr 2017;7(2):57-64.
48. Li J, Dong P, Liu H. Effect of Overnight Wear Orthokeratology Lenses on Corneal Shape and Tears. *Eye Contact Lens*. sept 2018;44(5):304-7.
49. Lum E, Swarbrick H. Fibrillary lines in overnight orthokeratology. *Clin Exp Optom*. juill 2007;90(4):299-302.
50. González-Pérez J, Villa-Collar C, González-Méijome JM, Porta NG, Parafita MÁ. Long-term changes in corneal structure and tear inflammatory mediators after orthokeratology and LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 7 août 2012;53(9):5301-11.
51. Rah MJ, Barr JT, Bailey MD. Corneal pigmentation in overnight orthokeratology: a case series. *Optometry*. juill 2002;73(7):425-34.
52. Li X, Friedman IB, Medow NB, Zhang C. Update on Orthokeratology in Managing Progressive Myopia in Children: Efficacy, Mechanisms, and Concerns. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1 mai 2017;54(3):142-8.
53. Kam KW, Yung W, Li GKH, Chen LJ, Young AL. Infectious keratitis and orthokeratology lens use: a systematic review. *Infection*. déc 2017;45(6):727-35.
54. Carracedo G, Villa-Collar C, Martín-Gil A, Serramito M, Santamaría L. Comparison Between Viscous Teardrops and Saline Solution to Fill Orthokeratology Contact Lenses Before Overnight Wear. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*. sept 2018;44:S307-11.