

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX - - - - -	5
LISTE DES FIGURES - - - - -	6
I. INTRODUCTION - - - - -	8
II. NAISSANCE DE LA CHIRURGIE RÉFRACTIVE - - - - -	9
III. Anatomie de la cornée - - - - -	10
A. Introduction - - - - -	10
B. Anatomie macroscopique de la cornée - - - - -	12
1. Les propriétés optiques de la cornée - - - - -	13
2. L'innervation sensitive de la cornée - - - - -	13
3. Le métabolisme de la cornée - - - - -	14
C. ANATOMIE MICROSCOPIQUE ET ULTRASTRUCTURALE - - - - -	15
1. Le film lacrymal - - - - -	15
2. Le renouvellement de l'épithélium cornéen - - - - -	16
3. L'épithélium cornéen - - - - -	18
4. La couche de Bowman - - - - -	20
5. Le stroma de la cornée - - - - -	20
6. La membrane de Descemet - - - - -	22
7. L'endothélium cornéen - - - - -	23
IV. La chirurgie réfractive au LASER excimer - - - - -	25
A. La photokératectomie réfractive - - - - -	25
1. Principes - - - - -	25
2. Fonctionnement et mode de délivrance du faisceau laser - - - - -	26
3. La cicatrisation cornéenne après PKR - - - - -	28
4. La mitomycine C - - - - -	30
5. Indications : - - - - -	31
B. Le LASIK : - - - - -	32

1. Historique : - - - - -	32
2. Technique opératoire du LASIK - - - - -	33
V. Examen préopératoire - - - - -	37
A. Etude clinique - - - - -	37
1. L'interrogatoire - - - - -	37
2. La réfraction - - - - -	41
3. L'examen biomicroscopique - - - - -	45
B. Etude paraclinique - - - - -	48
1. Topographie cornéenne et indice topographique - - - - -	48
2. L'aberrométrie - - - - -	65
C. Information au patient - - - - -	72
D. Sélection du patient - - - - -	72
1. Contre-indications opératoires - - - - -	72
E. Technique opératoire - - - - -	74
1. Accueil du patient - - - - -	74
2. Étapes opératoires - - - - -	74
F. Surveillance - - - - -	82
G. Complications post-opératoires - - - - -	83
1. Douleur - - - - -	83
2. Retard de cicatrisation épithéliale - - - - -	83
3. Kératites infectieuses - - - - -	83
4. Haze - - - - -	84
5. Complications réfractives - - - - -	85
6. Troubles subjectifs de la vision - - - - -	85
7. Autres complications - - - - -	86
H. Résultats - - - - -	86

1. Myopie - - - - -	86
2. Astigmatisme : - - - - -	87
VI. Notre série - - - - -	88
A. Matériel et méthode - - - - -	88
1. Critère d'inclusion des patients - - - - -	88
2. Matériels - - - - -	88
3. Méthode - - - - -	90
B. Résultat - - - - -	91
1. Répartition du sexe des patients - - - - -	91
2. L'âge des patients et leur profil réfractif - - - - -	92
3. La source de motivation pour les patients - - - - -	93
4. La source des informations sur la chirurgie réfractive - - - - -	94
5. Résultat de la sélection des patients - - - - -	94
6. Profile topographique et aberrométriques des patients - - - - -	95
7. Résultat chirurgicaux - - - - -	96
8. Résultat réfractif - - - - -	98
9. Résultats anatomiques - - - - -	101
VII. Discussion - - - - -	102
CONCLUSION - - - - -	110
ANNEXES - - - - -	112
A. Le dossier médical du patient - - - - -	113
B. La fiche d'information aux patients candidats à la chirurgie réfractive - -	117
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE - - - - -	120

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Chiffres de l'anatomie.....	11
Tableau 2 : tableau récapitulatif de l'âge et du profil réfractif des patients.....	92
Tableau 3: Profile topographique et aberrométriques des patients.....	95
Tableau 4: Résumé des paramètres per-opératoires.	96
Tableau 5: ES moyens préopératoires, à un mois et à 6mois	98
Tableau 6: AV corrigée moyenne préopératoire, à M1 et à M6.....	99
Tableau 7: Comparaison de la pachymétrie centrale en fonction des différentes populations	106
Tableau 8: Comparaison des causes de non-opérabilité des patients entre les différentes études.....	109

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Théorie XYZ du renouvellement de l'épithélium cornéen.	17
Figure 2: Schéma du complexe d'adhésion épithélial.....	19
Figure 3: Laser Excimer Technolas TENEO 317 (Bausch & Lomb) utilisé dans le service.....	27
Figure 4: Réflexion des mires de Placido sur la cornée.....	49
Figure 5: Représentation schématique de l'échelle colorimétrique pour les cartes d'élévation, selon D. Gatinel. Points au-dessus : couleurs chaudes ; points en dessous : couleurs froides[32]	50
Figure 6: Représentation en élévation par rapport à une sphère de référence.....	51
Figure 7: Topographies cornéennes réalisées par l'Orbican IIz : Topographie normale.....	57
Figure 8: Topographies cornéennes réalisées par l'Orbican IIz : Aspect de kératocône	57
Figure 9 : Affichage du logiciel SCORE: la carte reprend la disposition classique « Quaf Maps » de l'Orbican. La valeur du SCORE correspond au calcul d'une fonction discriminante établie à partir des indices. La valeur « zéro » est le seuil optimal. ...	61
Figure 10 : Carte radar: Elle permet de visualiser la position de certains indices utilisés dans la fonction score: la présence d'une valeur anormalement élevée est signalée par l'utilisation d'une couleur chaude (jaune, orange, rouge): dans cet exemple, la pachymétrie la plus fine possède des valeurs situées à environ 4 écart types au-delà de la moyenne[37].	63
Figure 11: Classification pratique des Aberrations optiques selon Zernike.	66
Figure 12: Point spread function dans un œil avec des aberration optique, note que pour un diamètre pupillaire de 1 à 2 mm le PSF est plus petit vu la limitation de la	

diffraction par l'iris, cependant plus la pupille se dilate plus l'effet des aberrations sur le PSF devient important[39].	70
Figure 13: Analyseurs de type Hartmann-Shack constitué d'un réseau de microlentilles et d'un capteur CDD. Figure a : image de déformation d'un front d'onde. Figure b : décalage de la focalisation du rayon lumineux avec mesure du décentrement pour chaque microlentille[44].	71
Figure 14: Desépithélialisation de la cornée	77
Figure 15: Traitement au laser avec le système de l'eye tracker	79
Figure 16: Application de la mitomycine C à l'aide d'une microsponge sur la cornée	80
Figure 17: Pose d'une lentille souple	81
Figure 18: Orbscan IIz	89
Figure 19: L'abberomètre Zywave	89
Figure 20: répartition des patients en fonction du sexe	91
Figure 21: la motivation des patients	93
Figure 22: Source des informations sur la chirurgie réfractive	94
Figure 23: Résultat de la sélection des patients	94
Figure 24: Le profil ablatif utilisé au cours du traitement laser	96
Figure 25: L'utilisation de la mitomycine en peropératoire avec une dilution de 0.02% d'une durée de 20 secondes	97
Figure 26: La méthode utilisée pour la désépithélialisation cornéenne	97
Figure 27: Évolution de l'ES moyen préopératoire, à un mois (M1) puis à six mois (M6).	98
Figure 28: le gain en ligne d'AV en postopératoire	100
Figure 29: Représentation du haze à M1 et à M6 des patients	101

I. INTRODUCTION

La photokératectomie réfractive a longtemps été la technique de référence en raison de sa simplicité et de son efficacité. Rapidement supplantée par le LASIK en dehors des myopies faibles en raison d'une récupération visuelle légèrement retardée et de la douleur postopératoire, elle est à nouveau très choisie, pour sa sécurité à long terme avec notamment l'absence d'apparition d'ectasie cornéenne à distance. L'utilisation d'agents pharmacologiques comme la mitomycine a permis d'élargir ses indications en réduisant le phénomène de haze dans les amétropies moyennes.

La consultation et le bilan préopératoire permettant la sélection des patients éligibles à une chirurgie réfractive est l'étape la plus importante dans la réussite de la chirurgie, la topographie cornéenne est l'examen le plus important dans la détection des kératocônes fruste ou des cornées à risque.

Bien que la plupart des patients ayant été opérés le recommandent à leur proche, les chirurgiens réfractifs doivent toujours rester prudents et ne pas hésiter à refuser d'opérer des patients à risque de faire des complications.

Notre étude a pour objectif d'analyser et d'établir les différentes modalités d'une consultation et du bilan préopératoire d'un patient candidat à une chirurgie réfractive.

II. NAISSANCE DE LA CHIRURGIE RÉFRACTIVE

L'émergence de la chirurgie réfractive en tant que nouvelle entité clinique s'est concrétisée au début des années 1980, grâce au développement simultané des techniques devenues standardisées et reproductibles, du keratomileusis et de la kératotomie radiaire. Les principes étaient connus depuis le XIXe siècle, mais l'empirisme des protocoles, l'imprécision des résultats, et la forte incidence des complications l'avaient cantonnée au domaine de la recherche clinique isolée ou expérimentale. En vingt années, grâce à la créativité et la volonté de quelques pionniers, son évolution s'est considérablement accélérée sous les effets conjugués des progrès technologiques, de l'explosion de la communication médicale, et de la demande des patients.

L'idée d'utiliser un laser pour la chirurgie cornéenne, notamment pour faire des incisions, est déjà ancienne. Fine, en 1967, avait réalisé des incisions cornéennes en utilisant un laser au dioxyde de carbone à émission continue, qui produisait des dommages thermiques importants. Beckman, et par la suite Keates, ont utilisé un laser au dioxyde de carbone à émission pulsée, qui réduisait considérablement les effets thermiques sans les éliminer. Au début des années 1980, la possibilité d'utiliser le laser à excimère 193 nanomètres a été évoquée [1]. Très rapidement, plusieurs laboratoires de recherche aux États-Unis et en Europe se sont équipés de ce type de laser pour l'évaluation de ses effets sur le tissu cornéen, et pour la mise au point d'un système de délivrance du faisceau. La première application a consisté à réaliser des kératotomies radiaires, mais très rapidement, l'intérêt s'est porté vers les techniques de remodelage de forme de la cornée.

III. Anatomie de la cornée

A. Introduction

La chirurgie réfractive change de façon plus ou moins marquée l'anatomie du segment antérieur de l'œil pour modifier la réfraction (tableau I) [2]. Des méthodes d'explorations complémentaires diverses et de plus en plus précises permettent d'étudier l'anatomie in vivo et ses variations individuelles. Pour bien interpréter les résultats de ces explorations, il est nécessaire de pouvoir les confronter aux connaissances scientifiques physiologiques et anatomiques fondées sur l'étude in vitro, microscopique et ultra structurale. Ces données sont essentielles à connaître pour la pratique des techniques chirurgicales, mais aussi pour en comprendre les risques et leurs limites d'efficacité. Enfin, ces notions sont indispensables pour la compréhension de l'histopathologie. Le rappel qui est présent ici sur l'anatomie fonctionnelle du segment antérieur de l'œil ne se veut pas exhaustif, mais a pour objectif de confronter les notions essentielles sur ce sujet avec les implications pratiques de la chirurgie réfractive.

Tableau 1: Chiffres de l'anatomie

Cornée

Épaisseur moyenne totale : 500 μm au centre et 700 μm en périphérie.

Épaisseur de l'épithélium : 50 μm .

Diamètre cornéen horizontal 11 à 12 mm

Diamètre coréen vertical 9 à 11 mm

Pouvoir réfractif : 40 à 44 dioptries.

Composée de 250 à 300 lamelles collagènes de 2 μm D'épaisseur.

Nécessite d'une hydratation stromale constante de 78 %.

Collagènes stromaux

Type I : 75 % du total.

Type VI : 17 % du total.

Type V : 8 % du total.

Type N : lame basale épithéliale et Descemet.

Épaisseur du film lacrymal : 7 μm .

Endothélium coréen

3 500 cellules/ mm^2 chez l'adulte jeune.

À partir de 500 cellules/ mm^2 risque d'œdème cornéen.

B. Anatomie macroscopique de la cornée

La cornée, tissu transparent et avasculaires, est la partie la plus antérieure de la paroi du globe oculaire, en contact direct avec le monde extérieur. Sa face antérieure est recouverte par le film lacrymal, alors que sa face postérieure baigne dans l'humeur aqueuse de la chambre antérieure de l'œil. Premier dioptré optique du système oculaire avec un pouvoir réfractif de 42 dioptries, 2/3 du pouvoir réfractif de l'œil, composée de cinq couches tissulaires différentes :

- L'épithélium cornéen
- La membrane de Bowman
- Le stroma cornéen
- La membrane de Descemet
- L'endothélium cornéen

La cornée transparente est en continuité avec la sclère opaque, et la conjonctive semi-transparente. La zone de transition entre la cornée et la sclère correspond au limbe, structure richement vascularisée, réservoir de cellules souches épithéliales. La forme de la cornée est convexe et asphérique, ce qui lui confère son pouvoir réfractif. La cornée adulte mesure 11 à 12 mm horizontalement et 9 à 11 mm verticalement. Son épaisseur est approximativement de 0,5 mm au centre et augmente progressivement vers la périphérie pour atteindre 0,7 mm. Les principales fonctions de la cornée sont la protection des tissus intraoculaires (paroi), la transmission de la lumière (transparence), et la focalisation des images (pouvoir dioptrique) [3].

1. Les propriétés optiques de la cornée

Le rayon de courbure de la cornée n'est pas constant sur toute sa surface. Il est plus bombé au centre où il atteint 7,5 à 8 mm (sur les 3 mm centraux), qu'en périphérie (aplatissement périphérique). Le pouvoir réfractif de la cornée est de 40 à 44 dioptries (représentant 2/3 du pouvoir réfractif total de l'œil).

Les propriétés optiques de la cornée résultent des facteurs suivants : transparence, régularité de sa surface, contour et index réfractif.

La transparence de la cornée est assurée par l'arrangement des fibres collagènes dans le stroma.

Le diamètre moyen de chaque fibre ainsi que la distance entre chaque fibre sont constants. Ceci permet à un rayon lumineux de traverser la cornée sans être totalement réfléchi. Si ces deux constantes ne sont plus respectées, la transparence est compromise. La régularité de la face antérieure de la cornée est assurée par le film lacrymal ainsi que l'épithélium. Le contour de la cornée, quand il est modifié par des processus pathologiques comme des cicatrices, un amincissement ou un kératocône, devient irrégulier avec apparition d'un astigmatisme. L'index réfractif de la cornée centrale est de + 43 dioptries. C'est le résultat de la somme des pouvoirs réfractifs de l'interface, air-larmes (+ 44 dioptries), larmes-cornée (+ 5 dioptries) et humeur aqueuse-cornée (- 6 dioptries) [3]. Son abord chirurgical aisé et l'importance de son pouvoir dioptrique expliquent que la cornée a toujours été un site d'action privilégié de la chirurgie réfractive.

2. L'innervation sensitive de la cornée

La cornée est l'un des tissus les plus innervés et les plus sensibles de l'organisme du fait du nombre très élevé des terminaisons nerveuses que l'on y

rencontre. L'innervation sensitive cornéenne dérive des nerfs ciliaires, qui sont issus de la branche ophtalmique du nerf trijumeau. Les fibres nerveuses pénètrent la cornée dans sa périphérie de façon radiaire, puis se dirigent vers l'avant pour former un plexus sous-épithélial, et se terminent au niveau de l'assise cellulaire intermédiaire de l'épithélium. Les fibres nerveuses perdent très rapidement leur myéline après leur pénétration en cornée claire.

La cornée possède aussi des fibres nerveuses sympathiques. La disposition des fibres nerveuses sensibles explique les violentes douleurs rencontrées lors d'une altération épithéliale par exposition des terminaisons nerveuses du plexus sous-épithélial (après photokératectomie réfractive par exemple). La section des fibres tronculaires lors de la réalisation du volet cornéen superficiel au cours du Lasik explique l'hypoesthésie post-opératoire transitoire, et les kératites ponctuées d'origine neurotrophique.

3. Le métabolisme de la cornée

Les apports nutritifs et énergétiques nécessaires au métabolisme du tissu cornéen se font très peu par voie sanguine (à la périphérie par le limbe). Nous l'avons vu, la cornée est l'un des rares tissus avasculaires de l'organisme. Les artères ciliaires antérieures dérivant de l'artère ophtalmique forment une arcade vasculaire au limbe. Cette arcade s'anastomose avec des branches de l'artère faciale dérivée de la carotide externe. Les cellules épithéliales et endothéliales cornéennes sont métaboliquement très actives. Pour maintenir cette activité, l'adénosine triphosphate (ATP) est indispensable. L'ATP est produite lors de la glycolyse en conditions aérobies. Le glucose est fourni à la cornée, y compris aux cellules épithéliales, par la diffusion en provenance de l'humeur aqueuse. L'essentiel de l'oxygène cornéen est fourni par le film lacrymal grâce au contact de celui-ci avec

l'air. Cependant, une petite proportion de l'oxygène cornéen est obtenue par la diffusion de l'oxygène de l'humeur aqueuse et de la circulation limbique. Une hypoxie sévère et prolongée (lentilles de contact inadaptées) entraîne la formation d'une néovascularisation superficielle pathologique à partir du limbe, pour assurer un complément d'oxygénation.

C. ANATOMIE MICROSCOPIQUE ET ULTRASTRUCTURALE

Trois types principaux de cellules sont présents dans la cornée : les cellules épithéliales, dérivées de l'ectoderme, les kératocytes et les cellules endothéliales dérivées du mésoderme.

1. Le film lacrymal

Il tapisse la surface externe de la cornée, la protège de la dessiccation et contribue à la régularité épithéliale. Il est composé de trois couches, une couche profonde mucinique qui permet la formation d'une surface hydrophile sur l'épithélium, une couche intermédiaire aqueuse, et une couche externe lipidique. La couche de mucus est sécrétée par les cellules caliciformes de l'épithélium conjonctival et par les glandes de Henle. La couche aqueuse provient des glandes lacrymales principales et accessoires de Krause et Wolfring. La couche lipidique superficielle est sécrétée par les glandes sébacées palpébrales de Meibomius, de Zeis et de Moll [4]. Plus de 98 % du volume du film lacrymal est représenté par de l'eau. L'épaisseur du film lacrymal est constante, de l'ordre de 7 à 8 μm , et se répartit de la façon suivante : couche lipidique de 0,1 μm , couche aqueuse de 7 μm et couche mucinique de 0,02 à 0,05 μm [4]. La fonction de ce film, outre, bien sûr, son action lubrifiante et réfractive (indice de réfraction de 1,33), est d'apporter à la cornée de l'oxygène, sous forme d'oxygène dissous dans la phase aqueuse, et des

protéines antimicrobiennes (immunoglobulines A et G, lysozyme, lactoferrine, lysines) indispensables au maintien de son intégrité lors des innombrables agressions du monde extérieur. Le film lacrymal hypertonique joue également un rôle osmotique

vis-à-vis de l'hydratation du stroma antérieur. Cette osmolarité augmente avec l'évaporation des larmes au cours de la journée, expliquant les variations nycthémérales de l'épaisseur cornéenne (pachymétrie plus forte le matin que le soir). Lors de chaque clignement, la couche lipido-aqueuse du film lacrymal est détruite puis reconstruite sur la couche de mucus qui reste accroché aux microvillosités des cellules épithéliales coréennes et conjonctivales. Le temps de rupture du film lacrymal (BUT) est un moyen clinique simple d'analyser sa qualité. Le test de Schirmer est le moyen le plus courant d'analyse quantitative. Les sècheresses oculaires symptomatiques et compliquées compromettent les conditions de cicatrisation de la cornée. Elles représentent généralement des contre-indications à la chirurgie réfractive cornéenne.

2. Le renouvellement de l'épithélium cornéen

Les cellules épithéliales se renouvellent rapidement et de façon continue pour maintenir la structure en couches stratifiées de l'épithélium. L'absence de cellules limbiques retarde considérablement, ou rend impossible, la cicatrisation épithéliale. Des études immuno-histochimiques ont permis de localiser les cellules souches épithéliales (épithélial stem cells) au niveau de l'assise basale limbique. Ces cellules indifférenciées au départ acquièrent leur phénotype spécifique au cours de leur migration. La migration des cellules épithéliales se fait en deux directions, un mouvement centripète pour les cellules souches (du limbe vers le centre) et un mouvement des cellules basales vers les cellules superficielles. Si l'on y ajoute le

coefficient de desquamation des cellules superficielles, on peut définir un équilibre cellulaire sur la migration des cellules épithéliales, appelé la théorie « XYZ » de Thoft et Friend [5] (fig. 1).

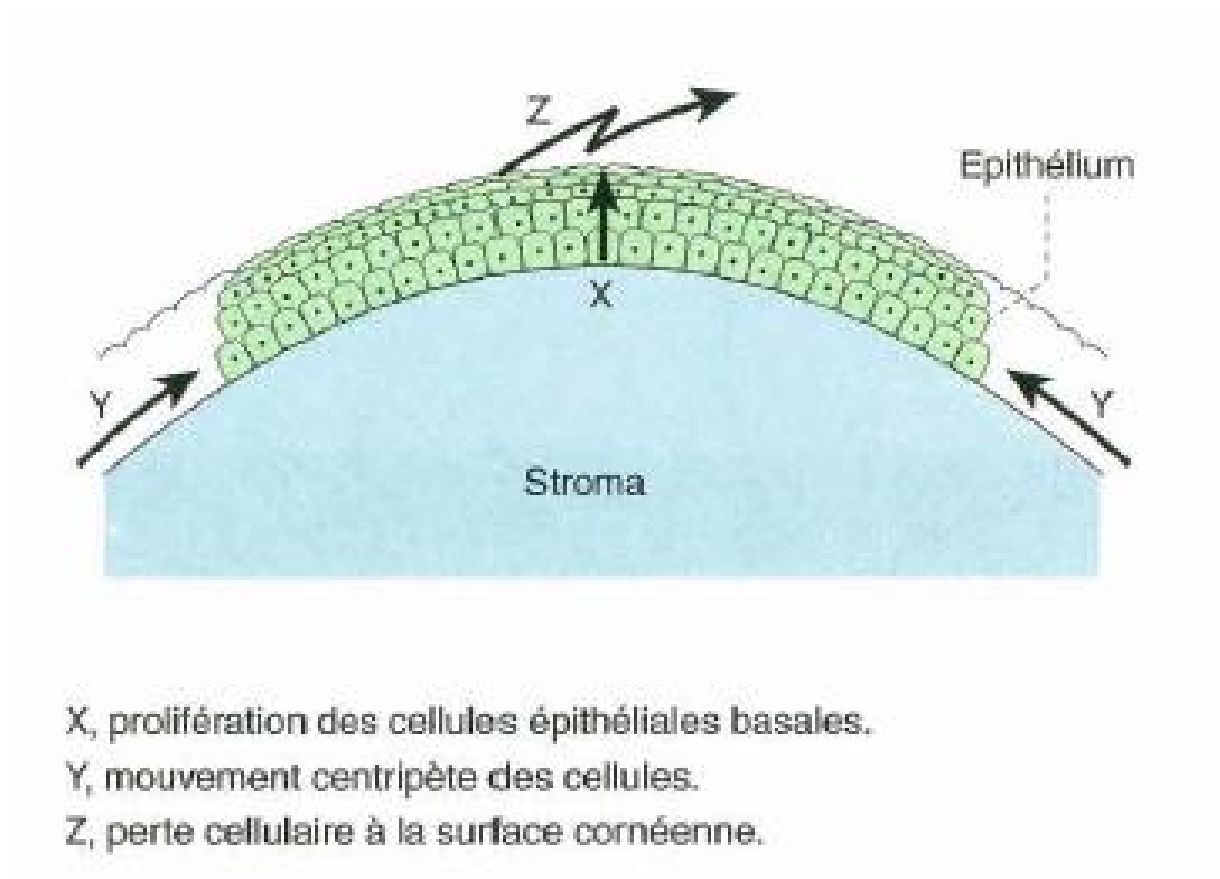


Figure 1: Théorie XYZ du renouvellement de l'épithélium cornéen.

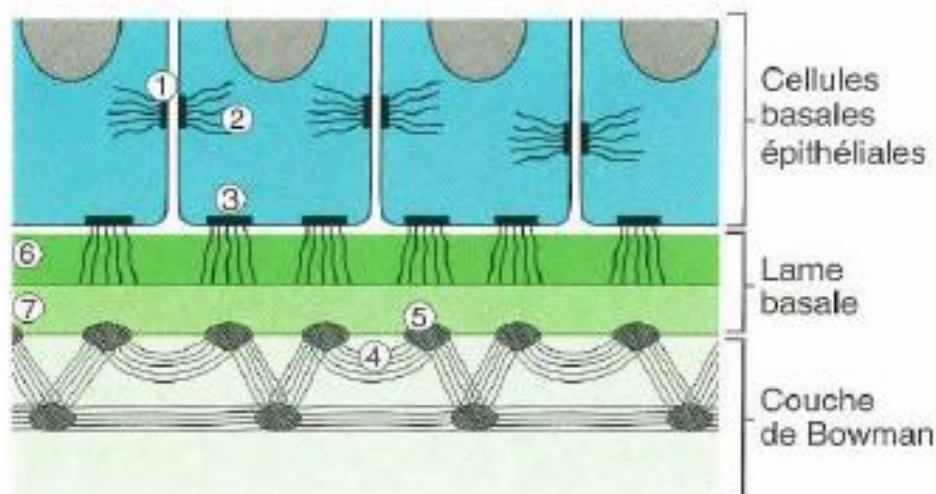
Lors de la désépithélialisation cornéenne préalable à la réalisation d'une photokératectomie réfractive (PKR), il importe de ne pas altérer ces cellules souches, car cela peut entraîner des retards de cicatrisation épithéliale importants.

3. L'épithélium cornéen

Il s'agit d'un épithélium malpighien non kératinisé, d'une épaisseur moyenne de 50 μm , représentant environ 10 % de l'épaisseur cornéenne. En cas d'irrégularité sous-jacente, son épaisseur est modulée pour maintenir une surface plus régulière. Il devient hyperplasique pour compenser un creux ou un aplatissement important de courbure (myopie corrigée par Lasik), et inversement devient hypoplasique sur les bosses ou les zones très bombées. Sur une cornée normale, l'uniformité de l'épaisseur épithéliale est discutée. Les techniques d'explorations complémentaires utilisant les ultrasons haute-fréquence apporteront des précisions utiles. En effet, une meilleure connaissance de cet élément faciliterait la mise au point de la technique de la PKR trans-épithéliale. Il est classique de diviser l'épithélium en trois parties : une assise basale constituée d'une couche uni stratifiée de cellules basales très hautes en contact avec la lame basale épithéliale, une assise intermédiaire formée de deux à trois couches de cellules, et une assise superficielle constituée de deux à trois couches de cellules superficielles plates desquamantes. Des microvillosités superficielles permettent d'augmenter la surface des échanges métaboliques, et de renforcer l'adhérence du film lacrymal [6]. Le renouvellement de l'épithélium est assuré à partir des cellules basales, qui en 7 à 14 jours desquament dans le film lacrymal. Les jonctions intercellulaires solides sont une caractéristique de l'épithélium. Elles sont assurées par des jonctions de type tight junction, desmosomes et hémidesmosomes et gap junction [3]. Ces liaisons intercellulaires contribuent au rôle de protection mécanique, mais aussi de barrière vis-à-vis des micro-organismes, et de la diffusion de l'eau.

La lame basale épithéliale

Secrétée par les cellules basales de l'épithélium, elle est composée de deux structures superposées : la lamina lucida et la lamina densa. Dans sa composition interviennent essentiellement le collagène de type IV et la laminine. Les microfibrilles d'ancrage assurent l'adhérence de l'épithélium sur la couche de Bowman (fig. 2). La mauvaise réparation de la lame basale après une agression entraîne un défaut d'adhérence à l'origine d'érosions spontanées (kératalgies récidivantes). Son rôle semble également essentiel dans la cicatrisation, car elle sert de support aux cellules basales. Ainsi, il a été démontré que l'absence de lame basale doublait le temps de ré-épithélialisation [7].



1. Desmosomes.
2. Kératofilaments.
3. Hémi-desmosomes.
4. Fibrilles d'ancrage (collagène type VII).
5. Plaquette d'ancrage.
6. Laminine.
7. Collagène type IV.

Figure 2: Schéma du complexe d'adhésion épithélial.

4. La couche de Bowman

Il s'agit d'une structure acellulaire qui ne correspond pas à une membrane et devrait donc être nommée couche de Bowman. Il s'agit d'une condensation de fibres de collagène (majoritairement collagènes I et III) et de protéoglycanes. Son épaisseur est de 12 μm . Absente dans de nombreuses espèces animales, les fonctions biologiques et biomécaniques de cette couche demeurent inconnues. Elle ne régénère pas après traumatisme ou rupture, laissant une opacité cicatricielle fibreuse. Son absence, notamment après photo ablation réfractive ou thérapeutique, ne semble pas perturber l'organisation épithéliale sus-jacente ni stromale sous-jacente, à l'exception de la formation du voile cicatriciel sous-épithélial transitoire.

5. Le stroma de la cornée

Le stroma qui représente 90 % du tissu cornéen est composé d'une matrice extracellulaire, de kératocytes et de fibres nerveuses. Cette structure est presque acellulaire puisque l'ensemble des cellules ne constitue que 2 à 3 % du volume stromal ; le reste de ce volume étant occupé par la matrice extracellulaire (composée essentiellement de collagène et protéoglycanes).

Les collagènes du stroma sont essentiellement le collagène I, et dans une moindre mesure les collagènes III, V et VI. Le collagène de type I représente près de 75 % (± 11 %) du collagène total, le collagène VI près de 17 %, alors que le collagène V représente près de 8 %. Les molécules de collagène forment des fibrilles de 10 à 300 nm de diamètre, dont l'assemblage aboutit à des fibres de collagène. L'arrangement des fibres de collagène obéit à des règles strictes. Ces fibres sont disposées en 250 à 300 lamelles superposées d'une épaisseur moyenne de 2 μm . Chaque lamelle traverse la cornée du limbe au limbe parallèlement à la surface. La

transparence cornéenne est obtenue par la grande régularité dans le diamètre (22,5 à 35 nm) et l'espacement des fibrilles de collagène entre elles (41,5 nm), à l'intérieur des fibres de collagène [3]. La régularité de l'agencement des fibrilles de collagène est indispensable à la transparence cornéenne. En cas d'œdème ou de cicatrisation aberrante avec perturbation de cette organisation, la cornée devient opaque. Le renouvellement des molécules de collagène est lent et requiert 2 à 3 ans en moyenne. Le diamètre des fibrilles de collagène dépend du ratio type II type V, alors que le type VI, localise dans les espacements inter fibrillaires participe, au même titre que les protéoglycanes, au maintien de la régularité de ces espacements. Le collagène du stroma assure l'essentiel de la résistance biomécanique de la cornée, maintenant sa forme contre les forces qui s'exercent sur elle (représentées par la pression intraoculaire en arrière, et la pression atmosphérique ou les paupières en avant) [8]. Un amincissement excessif du tissu cornéen lors d'une chirurgie de soustraction tissulaire (Lasik) peut affaiblir sa résistance structurelle par réduction quantitative du collagène, et favoriser des protrusions antérieures évolutives (ectasies). La diminution de la rigidité du tissu cornéen après chirurgie ablative explique la sous-estimation des mesures de la pression oculaire. Les protéoglycanes (PGs) - sont indispensable pour maintenir constants l'espacement interfibrillaire et l'hydratation stromale grâce à la pression de gonflement qu'ils exercent au niveau de ces espacements, et leur rôle d'absorption et de rétention des molécules d'eau.

Les kératocytes - forment un réseau tridimensionnel où chaque élément cellulaire est relié à ses voisins par des *gap junctions* [9]. Cette structure leur permet de communiquer activement et de constituer une entité fonctionnelle unique. Lors d'une agression chirurgicale (incision, kératectomie ou photo ablation), les kératocytes proches du site de l'altération perdent leurs connexions, deviennent

actives (en fibroblastes) et se consacrent à la restauration du stroma lésé (par exemple voile cicatriciel transitoire après PKR). Le rôle essentiel des kératocytes est de préserver l'intégrité de la matrice extracellulaire. Pour cela, ils synthétisent les molécules de procollagène et des glycosaminoglycanes. Dans le même temps, ils synthétisent des enzymes de dégradation du collagène comme les métalloproteases. La régulation fine de la synthèse/dégradation de la matrice extracellulaire permet de maintenir constante l'architecture stromale. Par ailleurs, l'activité mitotique des kératocytes est très faible (renouvellement en 2 à 3 ans), ce qui laisse penser qu'il existe des protéines de la matrice extracellulaire capables de réguler cette activité mitotique, ou que des signaux antimitotiques sont échangés lors de la mise en réseau des kératocytes.

6. La membrane de Descemet

La membrane de Descemet, lame basale de l'endothélium est composée essentiellement de collagène IV et de laminine. Son épaisseur augmente avec l'âge. À la naissance son épaisseur est de 3 μm pour atteindre 8 à 10 μm à l'âge adulte. Histologiquement elle se présente sous forme de couches stratifiées, la membrane antérieure embryonnaire bien structurée, se complétant au cours de la vie pour former la membrane postérieure amorphe. Comme l'écorce d'un arbre, cette membrane postérieure « raconte la vie » de la membrane de Descemet. Elle est extrêmement solide et résiste à la dégradation enzymatique des métalloproteases. Cette membrane, en cas de rupture, est incapable de régénération. Néanmoins, les cellules endothéliales sont capables de migrer sur le stroma dénudé à l'endroit d'une déchirure descemétique, et peuvent recouvrir la zone lésée, évitant l'œdème cornéen.

7. L'endothélium cornéen

L'endothélium cornéen se présente comme une couche monocellulaire disposée sur la face postérieure de la membrane de Descemet. Les cellules endothéliales mesurent 5 μm d'épaisseur et 20 μm de large. Elles ont une forme essentiellement hexagonale. Dans un endothélium normal, ces cellules ont un aspect uniforme. La densité cellulaire est de 3 500 cellules/ mm^2 chez un adulte jeune. Ce chiffre va régulièrement diminuer avec l'âge. L'augmentation de taille de ces cellules correspond au polymégathisme, alors que la perte de la structure hexagonale correspond au pléomorphisme. Les cellules endothéliales sont incapables de se diviser *in vivo* chez l'homme. En cas de traumatisme endothélial localisé, les cellules de voisinage s'étalent, augmentent de taille et combler l'espace. Les cellules endothéliales sont étroitement reliées entre elles par des jonctions étroites (*tight junctions*) et par des jonctions lâches (*gap junctions*). Il n'existe pas à ce niveau de desmosomes. Ce type de jonctions intercellulaires explique la perméabilité de l'endothélium aux électrolytes et aux petites molécules, et dans une certaine mesure à l'eau (barrière semi-perméable). La fonction essentielle de l'endothélium est de réguler l'hydratation cornéenne, pour maintenir constant un chiffre de 78 % d'eau dans le stroma. Ce mécanisme est étroitement régulé par les pompes Na/K/ ATPase qui permettent l'entrée du sodium dans le stroma, et la sortie du potassium vers l'humeur aqueuse. La production d'ions bicarbonate par le biais de l'anhydrase carbonique, participe aussi à la régulation osmotique des courants d'eau à travers l'endothélium. Ceci explique les effets secondaires que peuvent avoir des molécules inhibitrices de l'anhydrase carbonique, comme l'acétazolamide (*Diamox*) sur l'hydratation stromale. En cas de température trop basse ou de variation importante de la pression atmosphérique (altitude), la

pompe endothéliale ne peut plus assurer sa fonction normalement, et l'hydratation cornéenne devient excessive. Après une phase d'épaississement du stroma, accompagnée de modifications visuelles et réfractives (plus sensibles chez les opérés), un œdème clinique peut se constituer. L'endothélium de la cornée est peu concerné par les techniques de chirurgie réfractive cornéennes (sauf en cas de complication exceptionnelle comme une perforation). Par contre, il peut être altéré dans les techniques intra oculaires, par traumatisme, réaction inflammatoire ou hypertonique, ou encore proximité anatomique d'un implant phake de chambre antérieure (contact intermittent). La baisse de densité cellulaire est asymptomatique jusqu'à un seuil d'environ 500 cellules par mm² ou l'œdème se manifeste. Seule la surveillance systématique en microscopie spéculaire peut dépister une altération clinique progressive et irréversible de l'endothélium.

IV. La chirurgie réfractive au LASER excimer : photokératectomie réfractive et Lasik

A. La photokératectomie réfractive

1. Principes

La PKR est une technique de photoablation de surface utilisant un laser Excimer. La terminologie « excimer » provient de la contraction de *excited dimer*, molécule excitée avec deux composants identiques. Le laser Excimer le plus utilisé en chirurgie réfractive est produit à partir du mélange d'un gaz rare (l'argon), d'un halogène (la fluorine) et d'un gaz tampon permettant le transfert d'énergie (l'hélium). Ce mélange est à l'origine d'un faisceau laser de longueur d'onde de 193 nm. Il émet des photons de haute énergie qui entraînent une rupture des liaisons chimiques intermoléculaires formant des fragments moléculaires éjectés sous forme de « plume » à des vitesses de 1000 à 3000 m/s sans échauffement des tissus voisins : il s'agit du phénomène de photoablation [10] [11]. Ce phénomène est associé à un effet photothermique produisant de la chaleur centrée sur la zone traitée grâce au mode pulsé et au mode de balayage des appareils. La cornée a ainsi un profil d'ablation régulier et les tissus avoisinants sont peu atteints. En effet, une longueur d'onde courte permet d'obtenir une énergie photonique élevée avec une action très superficielle [10].

Munnerlyn a mis en évidence la relation entre la quantité de tissu cornéen à retirer et le trouble réfractif à corriger. L'ablation superficielle de la cornée entraîne une modification de la courbure antérieure sans modifier la courbure postérieure. Il a été démontré que le profil d'ablation pour une correction myopique donnée est proportionnel avec le carré du diamètre de la zone optique (ZO) cornéenne traitée[12]:

$$P = ZO^2 \times D / 8 (n - 1)$$

P : profondeur d'ablation ; ZO : diamètre de la zone optique traitée ; D : dioptrie souhaitée ;

n : index de réfraction de la cornée soit 1 337.

2. Fonctionnement et mode de délivrance du faisceau laser

Chaque appareil est constitué d'un générateur et d'un ordinateur. Le générateur est une cavité laser produisant des radiations à 193 nm à partir du mélange gazeux. L'ordinateur permet de régler tous les paramètres du laser : puissance des stimulations électriques, intensité d'énergie, taux de répétition des pulses, durée des impacts, diamètre de la ZO à traiter. Un système homogénéisateur permet d'obtenir une intensité énergétique homogène sur les différents pulses.

Plusieurs systèmes de délivrance du faisceau existent :

- *système à spot plein faisceau* : le plus ancien, ce système associe un diaphragme ouvrant, la zone traitée s'élargissant avec son ouverture.
- *système à balayage par fente* : la fente, de plus petite taille, assure une meilleure homogénéisation et a un mouvement de translation.
- *système à balayage par spot* : le faisceau est composé de spots de petite taille.

L'appareil utilisé dans le service d'ophtalmologie du CHU de Fès est le *Technolas TENEO 317* (Bausch & Lomb) qui gère 16 spots, de 1 mm de diamètre, par intervalle.

Cet appareil est équipé d'un eye tracker qui permet de détecter des mouvements même minimes de l'œil au cours de l'intervention. Ce système a permis de diminuer nettement certaines complications post-opératoires comme le décentrement et l'apparition d'un astigmatisme. L'appareil se met en sécurité spontanément en cas de mouvements oculaires excessifs ou oriente le faisceau laser afin de suivre les mouvements oculaires moins importants.

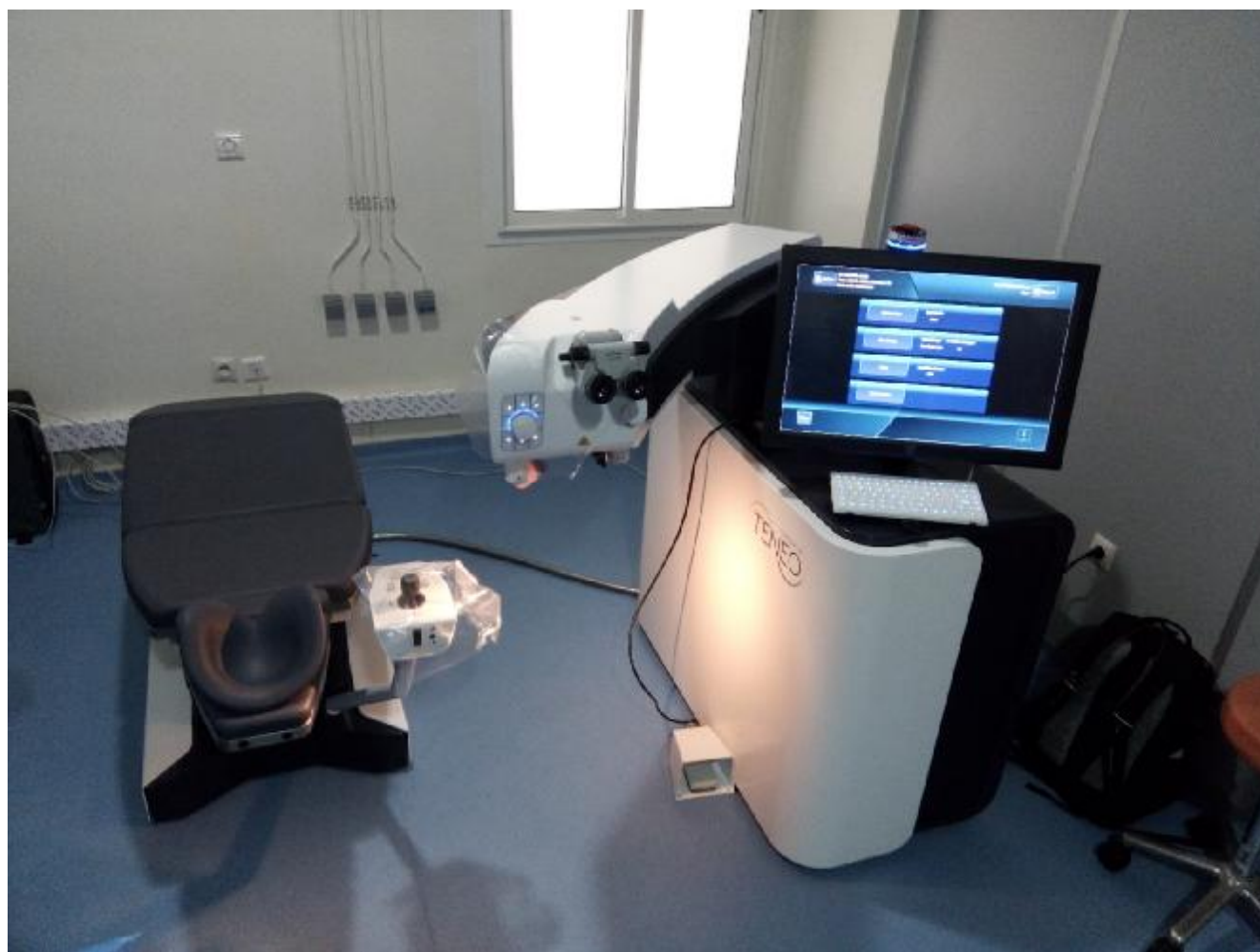


Figure 3: Laser Excimer Technolas TENEО 317 (Bausch & Lomb) utilisé dans le service.

3. La cicatrisation cornéenne après PKR

Depuis 1983, l'action du laser Excimer sur la cornée a été étudiée chez le lapin et chez l'homme. De nombreuses études montrent qu'il existe une extrême régularité de la découpe obtenue avec les caractéristiques suivantes[10] :

- la photoablation reste régulière et met progressivement à nu toutes les couches de la cornée. Il existe toujours une ablation de la membrane de Bowman et le stroma est mis à nu dans tous les cas, même en cas de faible myopie.
- Il n'existe aucun effet thermique ni aucun effet mécanique apparent. Les fibrilles de collagènes gardent leur organisation.
- Un film très fin de substance granuleuse se dépose à la surface de la zone traitée.

La vitesse de cicatrisation varie extrêmement d'une personne à l'autre. Celle-ci est proportionnelle à la profondeur et/ou à la largeur de la photoablation.

La réparation épithéliale est une étape importante dans la cicatrisation cornéenne, car elle permet de restaurer la barrière protectrice contre l'environnement extérieur, luttant ainsi contre les infections et la douleur (photophobie, irritation ou larmoiement).

La zone traitée est recouverte en 48 à 72 heures dans les cas de cicatrisation épithéliale normale. Les cellules épithéliales basales glissent à la surface stromale mise à nue pour se diviser : phases de prolifération et de migration. La cicatrisation épithéliale se termine au bout de 6 mois lorsque l'adhésion intercellulaire est totale.

L'inflammation débute dès qu'il existe une effraction de la barrière épithéliale. Après la PKR, des polynucléaires puis de monocytes interviennent au sein de la plaie cornéenne via les larmes, ce qui permet de nettoyer les débris et de se débarrasser d'éventuelles bactéries.

Les polynucléaires semblent avoir un rôle dans la prolifération épithéliale, car en leur absence, la cicatrisation est plus lente. Il semble que les cellules souches limbiques n'interviennent pas pour assurer la cicatrisation d'une photoablation allant jusqu'à 8 mm.

Au niveau stromal, on constate une légère raréfaction de kératocytes au cours des premiers jours après la chirurgie qui disparaissent en regard de la surface d'ablation pour une profondeur de 50 à 200 μm [13]. L'apoptose des kératocytes est induite par des facteurs produits par l'épithélium. Cette mort cellulaire s'accompagne de peu de dommages locaux puisque la PKR est associée à un niveau faible d'apoptose cornéenne centrale. Cette zone d'apoptose est ensuite gagnée par des kératocytes activés et transformés en myofibroblastes.

Ceux-ci sont à l'origine de l'augmentation de la synthèse de collagène cicatriciel dont les fibrilles ont perdu la disposition régulière habituelle, entraînant la formation d'un tissu dense non transparent (le haze). Le nombre de kératocytes atteint la normale au bout de neuf mois en post-opératoire [14].

Au niveau de l'endothélium, on ne note pas de modifications importantes même en cas de photoablation profonde. En effet, plusieurs auteurs démontrent l'absence de perte statistiquement significative en cellules endothéliales. Certaines équipes notent cependant une dilatation des espaces inter-cellulaires dans les premières heures. [15] [16].

4. La mitomycine C

La MMC est un antibiotique du groupe des mitomycines produites par *Streptomyces caespitosus* découvert en 1956 [17]. La MMC est un antimétabolite capable d'inhiber la prolifération des kératocytes et la fibrose épithéliale.

Cette thérapeutique a trouvé son rôle dans la chirurgie réfractive lorsque les techniques d'ablation de surface cornéenne se sont développées. Lors d'une chirurgie par photoablation, le phénomène de cicatrisation consiste en une apoptose des kératocytes. Ce processus, phénomène en cascades avec prolifération de nouveaux kératocytes médiée par les myofibroblastes et les autres cellules inflammatoires, serait lié à la formation de haze et au risque de régression myopique.

De nombreuses molécules ont été proposées et testées pour réduire la formation de haze[18]. Majumdar *et al.* [19] ont été parmi les premiers avec Talamo *et al.* [20] à traiter les cicatrices cornéennes post-chirurgie réfractive en appliquant de la MMC à 0,02 % pendant deux minutes en per-opératoire et ont trouvé une amélioration significative de la transparence cornéenne. Kremer *et al.* [21] l'ont utilisé à 0,02 % pendant 20 secondes en per-opératoire en tant que traitement prophylactique afin de prévenir le haze cornéen.

Il existe peu d'études dans la littérature concernant les effets nocifs de la MMC dans la chirurgie réfractive. Mais la majorité des auteurs s'accordent pour conclure à une innocuité de la MMC sur l'endothélium avec absence d'œdème cornéen secondaire[22] [23].

En effet, de telles concentrations ne peuvent pas atteindre les tissus profonds comme l'endothélium [24]. Des études à long terme sont nécessaires pour confirmer les effets délétères de la MMC[25][26].

La MMC est habituellement utilisée dans notre service en cas de myopie $\geq -4D$.

5. Indications :

Initialement homologuée pour les myopies inférieures ou égales à 6 dioptries, la PKR a vu son champ d'application largement amputé par le développement du lasik.

Sa place est à l'heure actuelle l'objet de vives controverses.

Pour certains, les succès du lasik cantonnent la PKR à ses propres limites[27] : cornée fine, instabilité épithéliale, grande pupille, irrégularité de surface...

Pour d'autres, l'ablation de surface reste au contraire la technique de choix dans le champ d'application où elle a fait ses preuves : myopie jusqu'à 3, 6, voire pour certains 8 et 10 dioptries [28], hypermétropie et astigmatisme jusqu'à 2 dioptries.

Il n'existe donc pas de consensus sur la technique la plus adaptée aux petites myopies.

B. Le LASIK :

1. Historique :

Le lasik a succédé aux techniques de la PKR et du kératomileusis, empruntant à la première la prédictibilité de l'ablation stromale par le laser Excimer et à la deuxième la réduction de toute réaction tissulaire grâce à la protection du site d'ablation par un capot stromal.

José Barraquer a pratiqué le premier une dissection manuelle lamellaire de la cornée à visée réfractive et, en 1958, il a mis au point le premier microkératome.

En 1962, il lui ajoute un anneau de succion pourvu de guides.

L'ablation du tissu se fait à l'époque au sein du volet, par fraisage, après congélation.

Une technique sans congélation voit le jour dans les années 1980. Le kératomileusis in situ est proposé par Ruiz en 1986.

Le début des années 1980 voit la découverte décisive du champ d'application ophtalmologique du laser Excimer 193 nm.

Par rapport à l'ablation mécanisée, le laser Excimer offre les avantages de sa précision et de l'absence de dommages collatéraux par les UV émis.

Le résultat en est une prédictibilité et une reproductibilité inégalées. Dès la fin des années 1980, Buratto présente la première réalisation d'une découpe lamellaire avec ablation tissulaire au laser Excimer réalisée sur la face postérieure du capot.

À la même époque, Pallikaris met au point la photoablation in situ (sur le lit stromal) puis la découpe incomplète du capot, laissant intacte une charnière, à l'époque nasale, qui facilite le repositionnement du capot.

Il s'avérera que le capot peut être repositionné sans suture. Le lasik est né.

2. Technique opératoire du LASIK

Cette chirurgie de soustraction tissulaire dans le stroma cornéen consiste à réaliser une photoablation réfractive par le laser à excimère après découpe d'un volet superficiel avec charnière ; elle est irréversible. Elle s'applique à la correction de la myopie, de l'astigmatisme, de l'hypermétropie, et de la presbytie.

Cette intervention chirurgicale est réalisée en ambulatoire, sous anesthésie topique. Son apparente facilité ne doit pas occulter les risques. Elle nécessite apprentissage, rigueur et concentration. L'incidence des complications diminue avec l'expérience chirurgicale

Installation et préparation du patient

Le bloc opératoire est préparé avant l'entrée du patient : calibration du laser et saisie du protocole de traitement, montage et contrôles du microkératome, vérification du nom du patient et de l'œil à opérer. Le patient équipé d'un bonnet, d'une casaque et de surchaussures est installé sous le microscope du laser, tête calée dans l'axe horizontal et sagittal. Le microscope est centré sur la pupille, focalisé sur la cornée, l'axe de la lumière coaxiale étant perpendiculaire sur le plan de l'iris. L'intensité de l'éclairage est réglée pour réduire l'éblouissement, tout en maintenant une lumière suffisante. Une goutte de collyre anesthésique (oxybuprocaine) est instillée. Les paupières sont badigeonnées avec la polyvidone

iodée. Le champ opératoire est placé au tour de 1' œil (vérifier l'absence de gêne respiratoire et de gêne pour l'ouverture de l'œil adelphe).

Le blépharostat est mis en place, l'ouverture étant réglée pour obtenir une bonne exposition du segment antérieur de l'œil. Les culs-de-sac conjonctivaux sont irrigués pour éliminer les corps gras pressants en excès dans le film lacrymal.

Découpe du volet

La surface oculaire est asséchée. Le marquage épithélial de référence est réaliste au violet de gentiane. Il sert à bien positionner un volet avec charnière intacte, et a repéré la face épithéliale en l'absence de charnière (volet libre). La marque épithéliale est placée dans l'axe opposé de la charnière temporale en cas de charnière nasale, inférieure en cas de charnière supérieure. La marque épithéliale n'est pas radiaire (risques d'inversion de la face du volet en l'absence de charnière). Il faut prévenir le patient avant la pose de l'anneau de succion que celui-ci va provoquer une sensation de pression non douloureuse, mais peut-être désagréable, et de l'absence de perception lumineuse pendant quelques secondes.

L'anneau de succion qui est fixe par l'aspiration peut-être légèrement décentre dans l'axe de la charnière pour exposer la cornée symétriquement par rapport au centre du traitement (la largeur de la charnière est d'environ un millimètre).

Observer la mydriase, l'anneau est dégagé de toute entrave liée au blépharostat qui est repoussé en arrière.

Le tonus oculaire est contrôlé (la pression doit être inférieure ou égale à 65 mmHg), la surface cornéenne aplanie par le tonomètre est inférieure à la surface délimitée par le réticule circulaire.

La tête du microkeratome est engagée dans le rail de l'anneau de succion. La découpe du volet est réalisée par passage aller et retour. Arrêter l'aspiration et retirer l'anneau de succion, Contrôle visuel du volet et de la charnière

Photoablation réfractive au laser à excimère

- Focaliser le microscope et centrer la mire de fixation sur la pupille
- Activer le système d'asservissement du faisceau laser
- Récliner le volet sur lui-même délicatement à l'aide de la canule en dégageant la charnière, ajuster la focalisation sur le lit stromal.
- Vérifier le bon centrage du faisceau de visées. Le stroma est asséché. Pendant la photoablation il faut contrôler et encourager la fixation. La charnière est protégée des impacts de la photoablation.
- Remplacement du volet cornéen

À la fin de la photoablation, le stroma est irrigué et le volet est remplacé avec la canule en s'aidant de la marque épithéliale. On lave l'interface, puis on applique le volet en chassant par pression très douce le BSS resté dans l'interface ; une éponge triangulaire humidifiée de BSS, peut être utilisée pour exercer une pression très douce au centre, mais en cas de volet fin et déshydrate cette manœuvre peut favoriser un plissement du volet. L'anneau limitant est sec délicatement sur toute sa circonférence et on vérifie sa régularité, tout en maintenant une humidification de la face épithéliale du volet. On attend environ deux minutes, puis on vérifie l'adhérence des bords du volet en créant une légère dépression au limbe avec la canule ou une éponge triangulaire.

Fin d'intervention

On instille un collyre antibiotique et un gel lubrifiant.

Le blépharostat est retiré avec précautions pour ne pas toucher le volet. On demande au patient de cligner des paupières et on vérifie la stabilité du volet.

Une coque protectrice est mise en place pour quelques heures.

V. Examen préopératoire

A. Etude clinique

1. L'interrogatoire

L'interrogatoire est mené de façon systématique et orienté selon l'âge du patient et les réponses qu'il apporte aux différentes questions.

a) Questions générales

Les premières questions sont générales et vont permettre, de déterminer en fonction de l'âge, s'il s'agit ou non d'une indication chirurgicale potentielle.

- Quelle est la motivation principale ?
- Quelles sont les attentes particulières ?

• Les conditions de vie socioprofessionnelle (y compris les loisirs et les activités sportives) imposent-elles des besoins visuels particuliers ou certaines contraintes d'environnement ? Travail en atmosphère climatisée, vision nocturne, vision de près.

D'autres questions concernent son amétropie et sa correction.

- L'amétropie est-elle stabilisée ? Depuis quand ?
- Les lentilles de contact sont-elles portées et bien tolérées ?

À quelle fréquence et quelle durée quotidienne ? Procurent-elles une vision satisfaisante ? Si le port de lentilles a été interrompu, il est utile d'en connaître la raison (refus des contraintes, complication allergique ou infectieuse).

b) Antécédents généraux

Les antécédents personnels généraux sont systématiquement recherchés.

Contre-indications générales aux techniques de photoablation

- Maladie auto-immune.
- Maladie inflammatoire chronique.
- Maladie induisant une immunodépression.
- Le diabète insulino-dépendant peut être une contre-indication relative.

« Prenez-vous des médicaments ? » Il est toujours utile de poser la question. On sera parfois surpris d'apprendre par ce biais l'existence d'un diabète, d'une affection cardio-vasculaire ou autre.

La recherche d'antécédents d'affections générales à manifestations cornéennes possibles est particulièrement importante pour les indications : allergies, acné rosacée, syndrome de Goujerot-Sjogren, maladie de Crohn. Ces affections peuvent représenter des contre-indications absolues ou relatives aux techniques de photoablation.

c) Antécédents ophtalmologiques

L'interrogatoire s'attache ensuite à préciser les antécédents ophtalmologiques.

Les points suivants doivent être précisés :

- troubles oculomoteurs à retentissement fonctionnel : fréquents, ils sont systématiquement recherchés chez l'hypermétrope ;

- situation de la correction actuelle : lunettes et lentilles, confort de la correction optique ;
- date de la dernière correction optique et stabilisation ou évolutivité de la vision corrigée ;
- mode de compensation optique de la presbytie selon l'âge du patient : myopie légère, monovision, bifocalité, multifocalité ;
- degré de satisfaction de la correction et besoin visuels de la vie socioprofessionnelle : vision sur écran, lecture, vision nocturne, vision de loin ;

Préciser en fonction des réponses, les objectifs réfractifs et visuels à atteindre ou à préserver.

Troubles oculomoteurs passés ou présents

§ Cycloplégie obligatoire.

§ Bilan orthoptique.

§ Indication prudente posée en concertation avec l'orthoptiste.

- traitement par du laser pour la prévention d'un décollement de rétine ou pour la prévention d'un glaucome ;
- existe-t-il un traitement régulier par collyre(s) ? Cette question permet parfois de dévoiler l'existence d'un glaucome non spontanément signalé ou d'une conjonctivite allergique.

L'interrogatoire devient plus cible pour la recherche d'affections oculaires latentes particulières, influençant directement les indications de la chirurgie réfractive.

Questions et remarques sur les affections oculaires à influence directe sur les indications

- § Existe-t-il des signes fonctionnels oculaires à signaler, notamment des signes de sécheresse, possibles à tout âge et fréquents après 40 ans ?
- § Existe-t-il des symptômes fonctionnels évocateurs de pathologies cornéennes influençant fortement les indications : kératalgies récidivantes post-traumatiques, érosions cornéennes spontanées, qui traduisent une fragilité de l'adhérence épithéliale contre-indiquant un Lasik ?
- § La notion d'infection cornéenne (bactérienne ou virale par herpes ou adénovirus) et de kérato-conjonctivites est importante.
- § Une chirurgie esthétique des paupières est également à prendre en compte en précisant la date de l'intervention et l'existence de signes fonctionnels évoquant une sécheresse oculaire persistante.

d) Antécédents familiaux

L'interrogatoire recherche enfin des antécédents familiaux. Certaines affections oculaires à prédisposition familiale ont une influence sur l'indication :

- kératocône et autre maladie cornéenne ;
- glaucome ;
- décollement de rétine ;
- maladie rétinienne ;
- toute affection oculaire est précisée.

e) Conclusions de l'interrogatoire

En quelques minutes et avant d'avoir examiné le patient, l'interrogatoire constitue une première barrière de sélection permettant d'écarter certains candidats à la chirurgie.

2. La réfraction

La réfraction est à la base de la correction sphérocyindrique. Il ne peut y avoir de correction chirurgicale précise sans mesure précise de la réfraction.

L'examen de la réfraction est précédé du recueil d'informations importantes par l'interrogatoire orienté et la mesure des corrections optiques portées.

a) Mesure de la réfraction subjective

Les lentilles de contact ont été retirées trois à cinq jours avant l'examen. En cas d'asymétrie de courbure sur la topographie cornéenne et d'astigmatisme inattendu (par rapport à la correction lunettes), l'examen doit être réalisé après une

interruption du port des lentilles d'au moins quatre semaines. La réfraction subjective est mesurée avec méthode et attention d'abord en monoculaire, puis en binoculaire, afin d'obtenir la formule de correction donnant la meilleure acuité visuelle corrigée de loin.

À partir des données objectives fournies par l'auto réfractomètre (ARK), et idéalement en s'aidant d'un réfracteur, on mesure successivement la sphère, l'axe du cylindre et la puissance du cylindre (méthode des cylindres croisés). L'addition éventuelle pour la vision de près est déterminée en binoculaire en fonction de la distance habituelle de lecture et de l'intensité lumineuse.

L'âge dont dépend l'état accommodatif influence de façon déterminante les conditions d'examen et les indications. Il faut éviter les erreurs liées à l'accommodation qui exposent au risque de surcorriger un myope et de sous-corriger un hypermétrope. Les variations accommodatives induites peuvent être responsables de fluctuations visuelles, de céphalées, de décompensation d'une phorie.

Précautions à prendre lors de l'examen de la réfraction :

- utiliser une technique de brouillage pour la détermination de la sphère ;
- mesurer la réfraction avec une formule en cylindre négatif ;
- utiliser le test vert rouge : le myope a un meilleur contraste dans le rouge alors que l'hypermétrope a un meilleur contraste dans le vert ;
- confirmer le résultat en contrôlant les mesures sous cycloplégie par le collyre cyclopentolate.

Il est important d'identifier l'œil directeur qui est dédié généralement à la vision de loin, surtout si la technique de la monovision est envisagée. La méthode la plus simple consiste à demander au patient de fixer une cible en binoculaire au travers d'un orifice (orifice test ou formé par le pouce et l'index) placé à bout de bras. On demande ensuite au patient de rapprocher l'orifice du visage en continuant à fixer la cible. L'orifice vient se placer spontanément devant l'œil directeur. En cas de difficulté, il ne faut pas hésiter à demander un bilan orthoptique.

b) Mesures et échelles d'acuité visuelle

La mesure de l'acuité visuelle fovéale est un moyen clinique simple et rapide pour quantifier le seuil de résolution du système visuel. L'angle sous lequel est vu le plus petit écart entre deux entités spatiales correspond à l'acuité angulaire exprimée en minutes d'arc, expression du pouvoir séparateur. L'acuité angulaire est exprimée par l'inverse de cet angle. La valeur d'une minute d'arc a été choisie comme référence de normalité. Les échelles de lecture sont conçues pour utiliser des optotypes aux dimensions adaptées à la distance de lecture. Les conditions de mesures doivent être constantes et sont sensibles à la luminance moyenne, au contraste et à la distance réelle de lecture.

Échelle d'acuité visuelle décimale comportant à l'origine dix rangées de lettres (de 10/10 à 1/10) dont la dimension augmente ligne par ligne selon une progression angulaire discontinue. Les écarts sont faibles dans les bonnes acuités et très importants dans les basses acuités.

Le chirurgien réfractif doit se sentir très concerné par les problèmes de qualité de vision et ne pas réduire l'analyse des résultats aux chiffres d'acuité visuelle.

La chirurgie réfractive doit :

- au minimum, ne pas altérer de façon gênante et permanente la qualité de vision nocturne ;
- au mieux, chercher à améliorer la qualité de vision nocturne.
- À l'issue d'un examen clinique et para clinique très complet, les outils dont on dispose pour respecter ces objectifs sont :
- la sélection des meilleures indications lors de la consultation préopératoire sur des critères fonctionnels, anatomiques et réfractifs ;
- l'optimisation des protocoles chirurgicaux avec prise en compte du diamètre pupillaire scotopique pour le choix de la zone optique (techniques de photoablation et implants phakes), choix des profils de photoablation, prise en compte éventuel des données de l'aberrométrie.

La qualité de vision peut s'évaluer sur des critères objectifs et des critères subjectifs.

Les critères objectifs quantitatifs sont :

- la sensibilité aux contrastes qui mesure l'enveloppe de vision ;
- la résistance à l'éblouissement ;
- les indices quantitatifs aberrométriques (RMS et HORMS), mais ces indices ne sont pas des indicateurs suffisamment précis de la qualité de vision[29].

3. L'examen biomicroscopique

L'examen biomicroscopique est précédé d'une inspection de l'aire d'ouverture palpébrale et de l'exposition cornéenne qui permet de :

- prévoir d'éventuelles difficultés d'abord chirurgical ;
- vérifier la bonne occlusion des paupières. L'examen biomicroscopique apporte de nombreuses informations sur les segments antérieur et postérieur.

Les différentes couches de la cornée sont examinées en fente fine, en fente large et en transillumination avant et après dilatation pupillaire.

Examen de la surface oculaire

Il faut rechercher particulièrement :

- une anomalie de la qualité et de la stabilité du film lacrymal : examen de la rivière lacrymale, temps de rupture du film lacrymal après instillation de fluorescéine, test de Schirmer en cas de sécheresse symptomatique ou de kératite ponctuée ;
- une kératite ponctuée superficielle dont on précisera la topographie et dont on recherchera la cause ;
- des opacités linéaires épithéliales, des microkystes et des aspects d'empreintes digitales (mieux visibles après dilatation en transillumination) pouvant témoigner d'un défaut d'adhérence épithéliale dans le cadre d'une dystrophie de Cogan ou de séquelles de kératalgies post--traumatiques.

On peut observer le film lacrymal et l'épithélium cornéen.

Le limbe cornéen est systématiquement examiné à la recherche d'infiltrats immuno-allergiques, de néovaisseaux dont on apprécie le caractère actif et pénétrant, superficiel ou profond.

Au niveau de la couche de Bowman et du stroma cornéen, on recherche des altérations de transparence pour éliminer des antécédents parfois méconnus de pathologie inflammatoire ou infectieuse (infiltrats), mais aussi de corps étrangers.

L'examen de la couche endothélio-descemétique permet de dépister une cornea guttata, une dystrophie postérieure poly-morphe, une cicatrice de rupture descemétique. Toute anomalie sera explorée en microscopie spéculaire.

L'examen peut au besoin être complété par l'étude de la sensibilité cornéenne.

L'examen de la chambre antérieure avant et après dilatation permet d'apprécier le caractère convexe ou plat de l'iris, la transparence cristallinienne. Il vérifie l'absence de synéchie postérieure pouvant témoigner d'antécédents d'uvéite.

La gonioscopie permet si besoin d'analyser le degré d'ouverture de l'angle iridocornéen et vérifie l'absence de gonio-synéchie.

L'examen du segment postérieur est réalisé sous dilatation avec une lentille sans contact pour le dépistage et la localisation d'une anomalie vitréorétinienne. Un examen au verre à trois miroirs peut être réalisé en cas d'anomalie détectée.

L'examen de la rétine vérifie l'aspect normal de la macula et de la périphérie. Des lésions prédisposant au décollement de rétine sont notées et localisées pour un éventuel traitement laser préventif.

La papille optique est examinée, ainsi que l'arbre circulatoire rétinien. Cet examen pourra orienter vers des explorations complémentaires ou un avis spécialisé.

Au terme de l'examen clinique préopératoire, le chirurgien peut :

- sélectionner les indications ;
- déterminer le choix de la meilleure technique permettant d'atteindre les objectifs réfractifs et fonctionnels avec le minimum de risques.

Une information orale et écrite est délivrée au candidat à la chirurgie réfractive, elle est simple et compréhensible, mais complète sur les limites de précision et les risques de complications, y compris le risque maximum de cécité.

Le chirurgien est disponible pour répondre à toutes les questions.

Un délai de réflexion de 15 jours minimum est conseillé.

L'examen préopératoire représente une démarche globale intégrant, depuis l'accueil du patient en consultation jusqu'à l'accueil du même patient au bloc opératoire, des capacités d'écoute, de questionnement et d'information, des compétences techniques garantes de la précision des mesures enregistrées au cours des différents examens, et des capacités de synthèse permettant d'aboutir à la juste indication. Le résultat de la chirurgie réfractive en dépend principalement[29].

B. Etude paraclinique

1. Topographie cornéenne et indice topographique

La topographie cornéenne est obligatoire en pré-opératoire. Cet examen permet de préciser l'aspect morphologique de la cornée en plus de la kératométrie et détecte ainsi toute contre-indications à la chirurgie réfractive comme les astigmatismes irréguliers (kératocône avéré ou fruste et dégénérescence marginale pellucide).

a) La kératoscopie

Placido a observé en 1880 l'aspect de la réflexion cornéenne d'un disque plan comportant en alternance des anneaux concentriques noirs et blancs [30]. Ainsi naît le disque de Placido (figure 8). La déformation des mires du disque de Placido permet d'évaluer qualitativement toute la surface de la cornée, du centre à la périphérie, et de mettre en évidence un kératocône ou un autre astigmatisme irrégulier, dégénérescence marginale pellucide ou un corneal warpage [31].

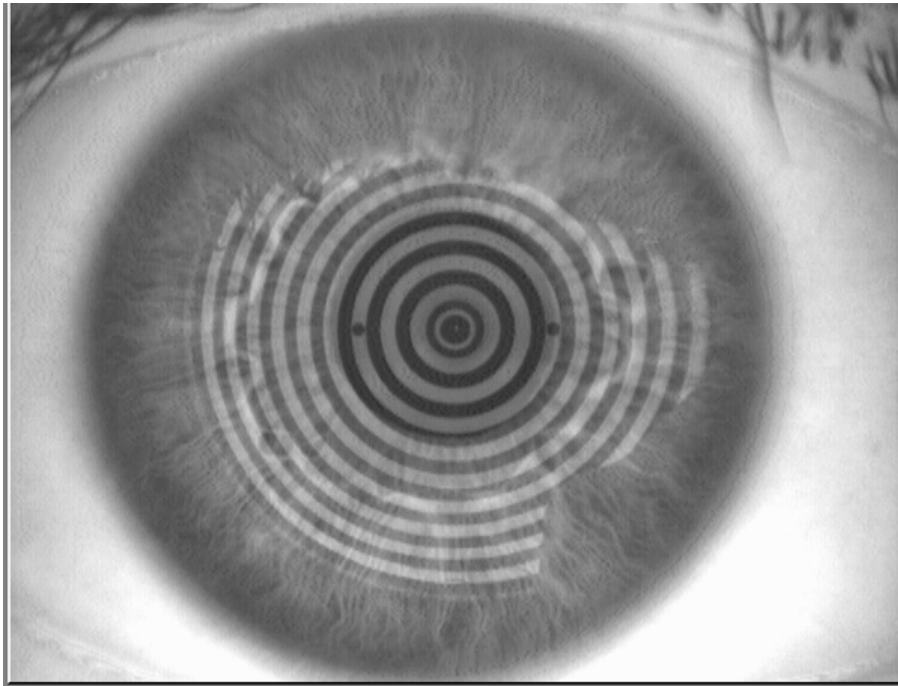


Figure 4: Réflexion des mires de Placido sur la cornée

De cette kératoscopie naît la topographie conventionnelle ou spéculaire. L'image des reflets des mires de Placido sur la cornée est analysée par informatique puis est représentée sur une échelle colorimétrique. Les différentes puissances cornéennes sont représentées par un code couleur.

b) La topographie d'élévation

La topographie d'élévation offre des informations morphologiques cornéennes, c'est-à-dire un relief spatial de la surface cornéenne, alors que la topographie spéculaire ne donne que des informations sur la courbure [32]. La topographie d'élévation définit pour chaque point de la surface cornéenne des coordonnées spatiales x , y , z . La valeur z correspond à la mesure de l'élévation d'un point par rapport à une courbe de référence choisie arbitrairement, la sphère de référence (ou Best Fit Sphere)[30]. La figure 9 représente la carte colorimétrique obtenue en se basant sur la sphère de référence.

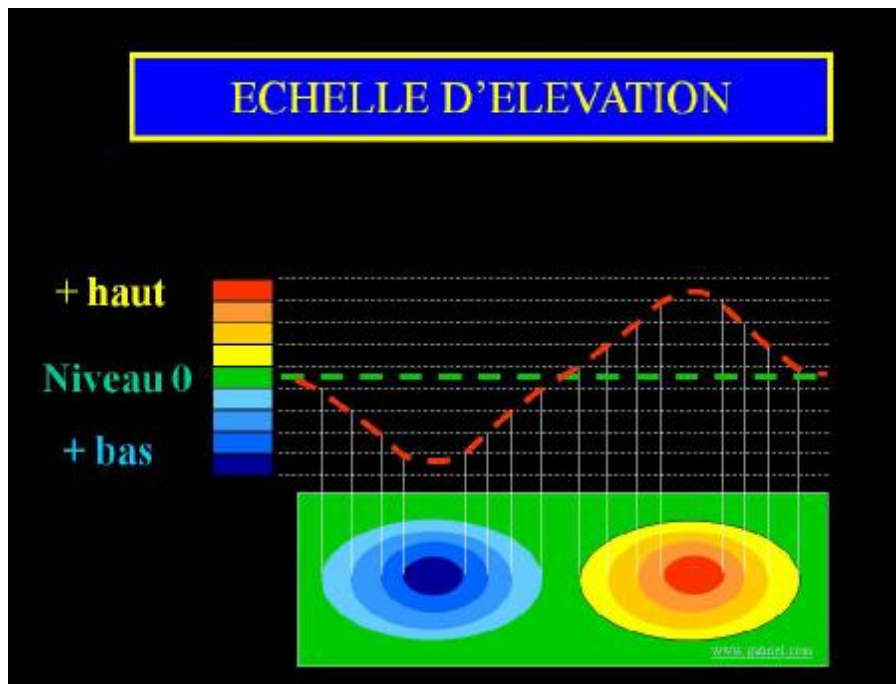


Figure 5: Représentation schématique de l'échelle colorimétrique pour les cartes d'élévation, selon D. Gatinel. Points au-dessus : couleurs chaudes ; points en dessous : couleurs froides[32]

La topographie cornéenne permet de décrire trois aspects majeurs dans l'analyse géographique de la surface cornéenne : l'asphéricité, la toricité et l'asymétrie. Ces éléments permettent une analyse simple de la topographie cornéenne grâce aux cartes colorimétriques.

L'*asphéricité* est la variation de courbure de l'apex vers la périphérie cornéenne. Deux profils topographiques sont à retenir (figure 10) :

- Le premier correspond à la forme physiologique de la cornée plus bombée au centre et région para-centrale par rapport à la périphérie : il s'agit d'une cornée prolata. Plus l'asphéricité prolata est prononcée, plus l'écart par rapport à la sphère de référence est important. L'augmentation de l'asphéricité prolata (surtout du mur postérieur cornéen) est un des signes précoces de kératocône précoce. Sur la carte

colorimétrique, des couleurs plus chaudes (rouges) seront observées au centre de la cornée.

- Le second profil est l'inverse de la cornée prolate à savoir l'asphéricité oblate qui se retrouve après la chirurgie ablative avec un centre plus bas que la sphère de référence (couleurs froides) [29], [32].

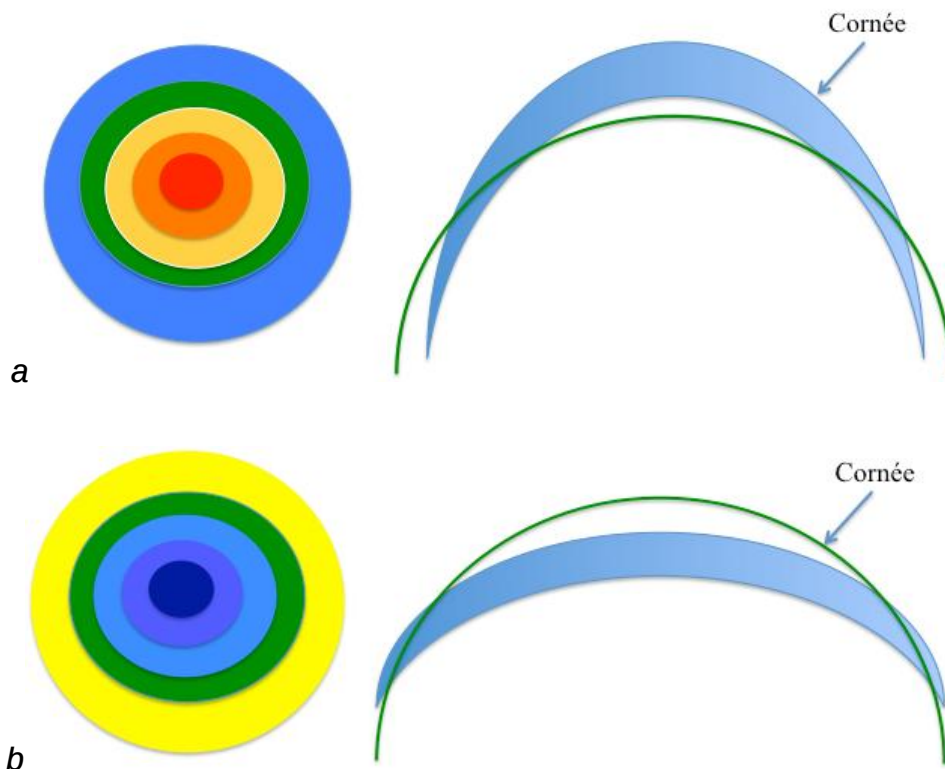


Figure 6: Représentation en élévation par rapport à une sphère de référence

a : cornée prolate, b : cornée oblate.

La *toricité* est la variation de courbure entre les méridiens les plus cambrés et les méridiens les plus plats, en général entre les méridiens orthogonaux (astigmatisme régulier).

L'*asymétrie* correspond à une différence de courbure entre les héli-méridiens opposés (astigmatisme irrégulier).

Dans le service d'ophtalmologie du CHU de Fès, l'appareil utilisé est l'*Orbscan IIz* de Bausch & Lomb qui est un topographe mixte associant une vidéotopographie de Placido au balayage d'une fente lumineuse digitalisée. Cet examen permet d'obtenir une carte d'élévation des deux faces cornéennes antérieure et postérieure, une topographie spéculaire et une pachymétrie optique.

c) Acquisition de l'examen

La technique doit être parfaite, car un examen défectueux peut entraîner de fausses images pathologiques.

Les mesures doivent être effectuées dans une obscurité presque totale afin d'éviter l'interférence d'autres rayons lumineux.

La tête peut être fixée pour limiter les mouvements.

Du fait de la durée de l'examen, il est souhaitable que le patient effectue un clignement palpébral juste avant l'acquisition de l'examen.

En effet, la qualité des images des mires de Placido dépend de la régularité du film lacrymal.

Un film lacrymal irrégulier ou un ménisque de larme inférieur génèrent des artefacts.

Le centrage et l'immobilisation de l'œil sont assurés par la fixation fovéolaire (mire lumineuse clignotante).

La focalisation et le centrage de la tête de l'appareil par rapport à l'œil sont effectués de façon manuelle par affrontement de mires lumineuses.

Avant d'enregistrer un examen, il est nécessaire de vérifier sa qualité.

Un dispositif automatique alerte l'examineur et propose d'effectuer une nouvelle acquisition quand l'examen n'est pas fiable.

Il peut s'agir de mouvements excessifs dépassant les possibilités de l'eye tracking ou d'une détection insuffisante des fentes ou des mires de Placido.

Il est souhaitable que l'examineur vérifie lui-même la qualité de l'examen.

Un examen défectueux peut se traduire par des valeurs aberrantes (cylindre, puissance, pachymétrie...) et par des cartes de surface réduite, en particulier au niveau postérieur.

Une qualité défectueuse retentit préférentiellement sur les données de la face postérieure de la cornée, et par conséquent sur la carte de pachymétrie.

Une différence de pachymétrie centrale supérieure à 10 μm entre les deux yeux d'un patient sans antécédent ophtalmologique est suspecte et invite à refaire les examens.

D'une manière générale, devant une image pathologique, il est souhaitable de refaire l'examen, surtout si l'anomalie n'est pas corrélée à la clinique.

Il est possible de contrôler la qualité de tout examen, y compris d'un examen ancien, en vérifiant sur l'image de l'œil l'affrontement des mires et éventuellement la qualité des images des mires du disque de Placido et des fentes, si ces données ont été enregistrées.

Chez certains patients, la réalisation d'un examen de bonne qualité est impossible, en particulier en cas de cornée très irrégulière (greffe de cornée, kératocône évolué)[33].

d) Résultats des mesures :

Après acquisition ou ouverture d'un examen, quatre cartes s'affichent : l'élévation antérieure, l'élévation postérieure, la pachymétrie, ainsi qu'une carte de courbure, similaire aux cartes obtenues avec la vidéokératoscopie.

Pour les cartes d'élévation, le rayon de courbure des deux sphères de référence (best fit sphere) et la puissance correspondante sont donnés.

Une kératométrie simulée (sim K), avec la valeur du cylindre, les puissances et les axes des deux méridiens principaux, est calculée à partir des données du Placido et des données de la fente.

Les caractéristiques de la face antérieure de la cornée, calculées par l'algorithme non méridional à partir des données acquises par le balayage de la fente, sont indiquées.

Les moyennes de la puissance moyenne (mean power), du cylindre (astig power), de l'irrégularité (irreg) et des axes des méridiens principaux (steep axis et flat axis), ainsi que leurs écarts types respectifs sont calculés dans les aires des 3 et 5 mm centraux.

Les autres données présentes par défaut sont le diamètre cornéen moyen (white-to-white), le diamètre pupillaire moyen, la valeur du point d'épaisseur minimale (thinnest) avec ses coordonnées (x, y), la profondeur centrale de la chambre antérieure (anterior chamber depth) calculée depuis l'épithélium (ACD epi),

l'angle Kappa et les coordonnées de son intersection avec la surface cornéenne antérieure[33].

Ø Pachymétrie

L'Orbscan construit une carte de l'épaisseur cornéenne en utilisant les coordonnées spatiales des surfaces cornéennes antérieure et postérieure.

Cette carte de pachymétrie permet la visualisation de l'épaisseur de l'ensemble de la cornée.

La pachymétrie constitue un critère pour vérifier la qualité d'un examen Orbscan.

Une différence de plus de 10 μm entre les deux yeux d'un même patient sans antécédent doit faire douter de la qualité de l'examen et invite à le refaire.

Une classification des cartes pachymétriques a été établie à partir de la forme et de la situation de la zone centrale la plus mince (de couleurs chaudes).

Les cartes de pachymétrie des cornées normales ont majoritairement un profil rond centré ou ovale centré.

Les profils « rond décentré », « ovale décentré » ou « inclassable » sont observés sur des cornées moins régulières (greffe de cornée) ou en cas d'examen de qualité médiocre.

Il est indispensable de connaître précisément l'épaisseur de la cornée avant une chirurgie réfractive cornéenne pour choisir et déterminer les modalités d'une technique opératoire, en alliant efficacité et sécurité.

- e) Intérêt en préopératoire : éliminer un corneal warpage, un kératocône fruste ou infra-clinique

Le corneal warpage ou déformation cornéenne sous lentille de contact peut faussement donner l'aspect d'un kératocône. Sa présence est une contre-indication provisoire à la chirurgie réfractive contrairement au kératocône qui reste une contre-indication formelle. En cas de corneal warpage, la topographie cornéenne retrouve un aplatissement supérieur et un bombement inférieur de la cornée. L'arrêt du port de la lentille de contact rigide permet de retrouver une topographie cornéenne normale.

Le kératocône est une pathologie cornéenne ectasique non inflammatoire, le plus souvent bilatérale, dont la pathogénie reste encore inconnue. Il évolue vers un amincissement cornéen touchant en premier lieu le mur postérieur et s'accompagnant ensuite d'un astigmatisme irrégulier puis d'une myopie évolutive. Son incidence est très probablement sous-estimée à environs 1/1000 à 1/5000 dans la population générale. Des facteurs de risque existent et doivent être recherchés : terrain atopique, facteurs traumatiques (frottement chronique des yeux), maladies du tissu conjonctival telles que le syndrome de Ehlers-Danslos, maladies chromosomiques telles que la trisomie 21 et facteurs génétiques [32], [34].

Les figures 11 et 12 montres des exemples de topographies cornéennes normales et pathologiques.

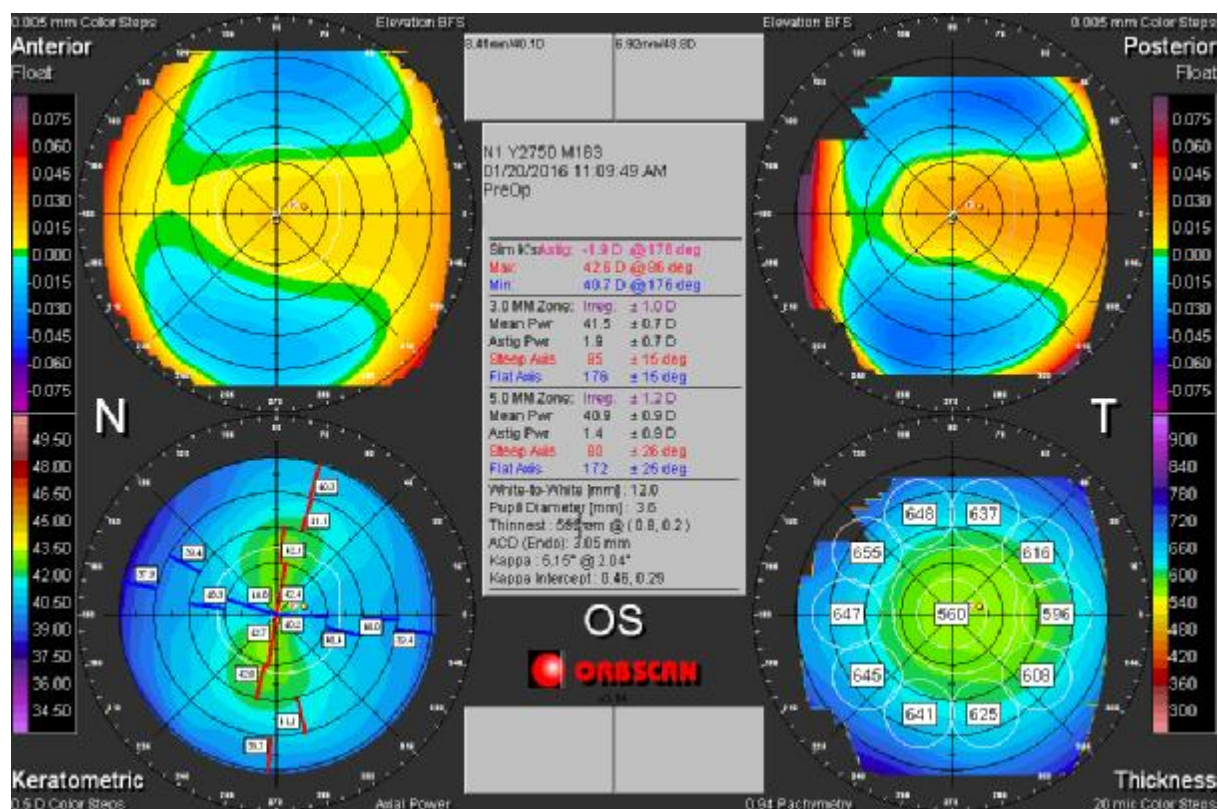


Figure 7: Topographies cornéennes réalisées par l'Orbscan IIz : Topographie normale.

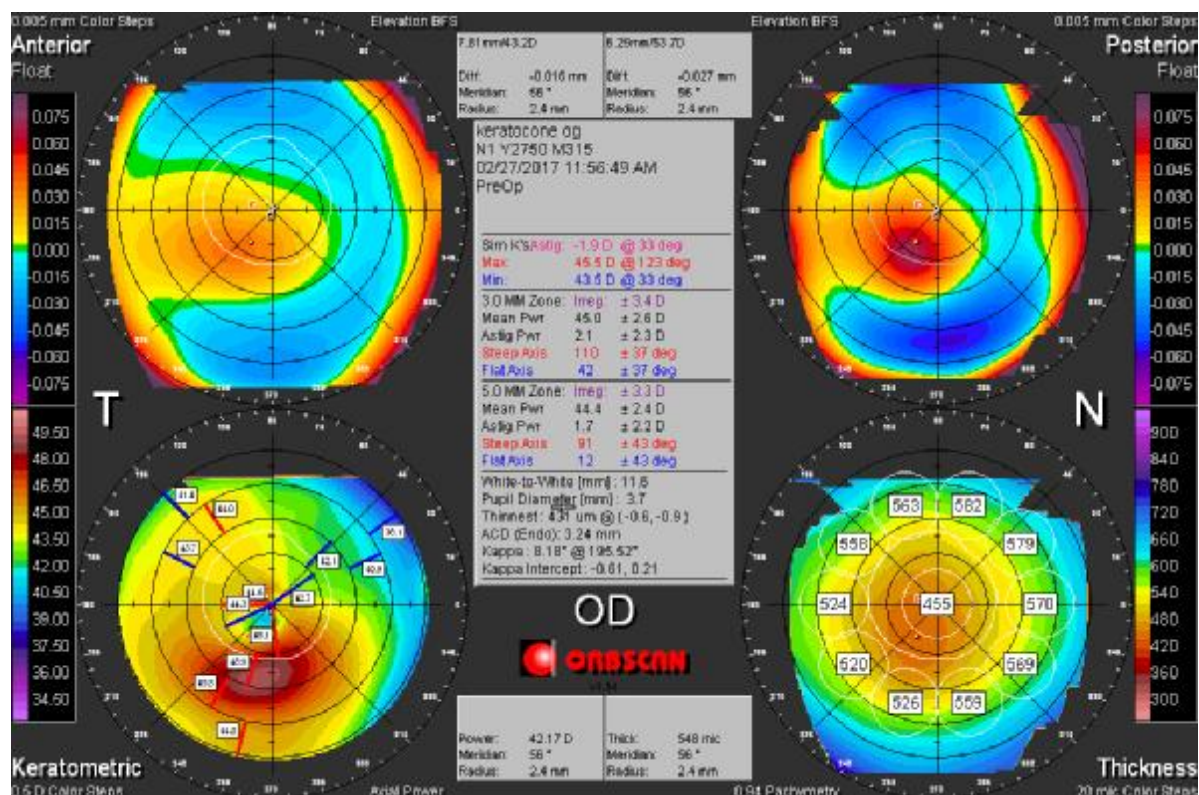


Figure 8: Topographies cornéennes réalisées par l'Orbscan IIz : Aspect de kératocône

Le kératocône est une contre-indication absolue à la chirurgie réfractive pouvant aboutir à une ectasie cornéenne post-opératoire. Tout chirurgien se doit de ne pas passer à côté d'une forme fruste ou infra-clinique par l'utilisation de la topographie cornéenne. Le kératocône fruste est un kératocône indétectable cliniquement, mais qui présente certains aspects suspects sur les cartes d'élévation et pachymétriques.

Le diagnostic positif de kératocône peut être facilité par des indices topographiques [34].

- Un des indices les plus connus est celui de Rabinowitz/McDonnell qui comprend [35] :

- § une kératométrie centrale (K) supérieure à 47 D,

- § une soustraction de la kératométrie moyenne de l'hémi-cornée inférieure à la kératométrie moyenne de l'hémi-cornée supérieure (dans les 3 mm centraux) supérieure à 1,5 D : I-S > 1,5 D,

- § une asymétrie de kératométrie centrale entre l'œil droit et l'œil gauche supérieure à 1D.

- En 1999, Rabinowitz et Rasheed décrivent un autre indice : l'indice de KISA% [36] :

$$\text{KISA \%} = K \times (I-S) \times \text{AST} \times \text{SRAX} \times 0,3$$

K= 1 si la kératométrie maximale est inférieure à 47 dioptries, (I-S) = 1 si (I-S) < 1 et Ast (astigmatisme cornéen) = 1 si Ast < 1. Le SRAX (*Skewed Radial Axes* ou déviation radiale des axes) est la valeur en degré de l'angulation des deux hémiméridiens les plus bombés.

Ainsi, selon Rabinowitz et Rasheed, la cornée est normale lorsque $KISA\% < 60$. En présence d'un indice $KISA\% > 100$ il existe un kératocône avéré et entre 60 et 100 %, on suspecte un kératocône fruste.

En l'absence de standardisation entre les différents fournisseurs de topographes cornéens, des indices spécifiques à un modèle de machine ont été mis en œuvre.

Ainsi, chez Bausch & Lomb, on retrouve [30]:

- Les critères de Roush : un kératocône est suspecté lorsqu'il existe une différence d'élévation de plus de 100 μm sur la face d'élévation postérieure au niveau des 7 mm centraux.
- Les critères de Potgieter : un kératocône est suspecté lorsqu'il existe une différence de plus de 100 μm sur la face d'élévation postérieure (dans les 7 mm centraux), une pachymétrie la plus fine inférieure à 470 μm et une sphère de référence postérieure supérieure à 55 D.
- Les critères d'Efkarpides sont basés sur le rapport entre les sphères de référence postérieure et antérieure. La cornée est normale lorsque le rapport est inférieur à 1,21 ; entre 1,21 et 1,27, il existe une suspicion de kératocône et lorsque l'indice est supérieur à 1,27, le risque de kératocône est majeur.

D'autres éléments topographiques aident au diagnostic de kératocône [30] :

- Une pachymétrie inférieure à 500 μm avec un décalage entre le point le plus fin souvent en temporal inférieur par rapport au point de fixation de plus de 1 mm et/ou une différence de plus de 10 μm entre les deux points.

- Une sphère de référence postérieure supérieure à 55 D.
- La perte de l'orthogonalité des héli-méridiens sur la carte de courbures.
- Une élévation antérieure supérieure à 50 μm à l'apex.
- La perte de l'énantiomorphisme qui se définit par une symétrie en miroir entre l'œil droit et l'œil gauche sur les cartes de la topographie cornéenne[32].

f) Score de GATINEL

Le logiciel Score est un programme informatique d'intelligence artificielle destiné à fournir une aide à la décision clinique en chirurgie réfractive pour le dépistage précoce des formes débutantes de kératocône infra-clinique et la prévention de l'ectasie cornéenne.

Conçu par les Dr Damien Gatinel et Alain Saad entre 2009 et 2011. Le logiciel utilise les données acquises par le topographe spéculaire et d'élévation Orbscan IIz. Le logiciel SCORE reprend l'affichage classique « Quadmap » (4 cartes) et le complète par de nouveaux indices quantitatifs rassemblés dans des cartes conçues pour une interprétation rapide et aisée.



Figure 9 : Affichage du logiciel SCORE: la carte reprend la disposition classique « Quaf Maps » de l'Orbscan. La valeur du SCORE correspond au calcul d'une fonction discriminante établie à partir des indices. La valeur « zéro » est le seuil optimal.

(1) *La valeur du Score*

La valeur du score correspond au résultat d'une fonction discriminante comportant 12 variables dont le seuil optimal pour une détection sensible et spécifique a ajusté pour correspondre à la valeur « zéro ».

– une valeur négative (score < 0) correspond à une cornée jugée comme indemne d'une forme fruste de kératocône.

– une valeur positive (score > 0) correspond à une cornée jugée comme atteinte d'une forme fruste de kératocône.

La valeur absolue de cette valeur (sa « distance » avec le seuil) est indicative du caractère « normal » ou « anormal » de la cornée analysée. La réalisation d'une chirurgie réfractive cornéenne de type LASIK est déconseillée en cas de valeur positive.

(2) *La carte « Radar »*

Le radar est une carte présentant les 6 indices topographiques parmi les plus discriminants utilisés pour le calcul du score. Les valeurs de chaque indice sont portées sur un demi-axe, et les 6 demi-axes reliés entre eux de manière à ce que les points de coordonnée reliés de chacun des indices forment un polygone. Une échelle de couleur allant du vert au rouge permet une analyse visuelle rapide des résultats. La couleur jaune correspond à la valeur limite (moyenne plus ou moins deux déviations standards d'une population normale). Les couleurs orange et rouge correspondent à des valeurs anormales.

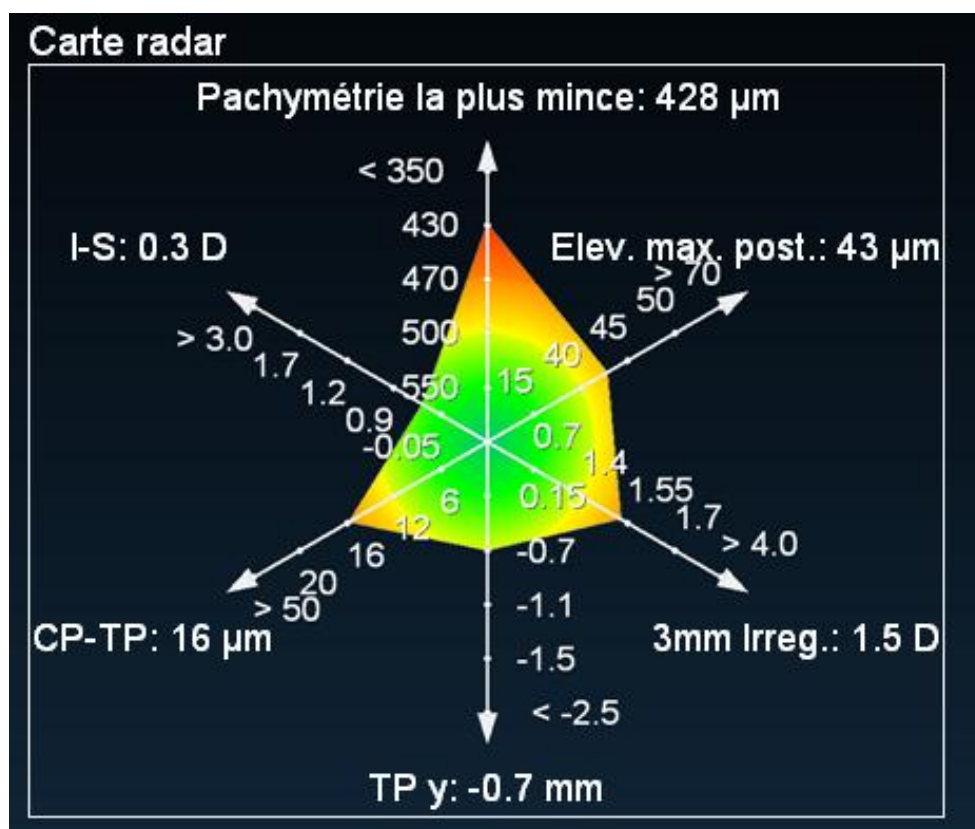


Figure 10 : Carte radar: Elle permet de visualiser la position de certains indices utilisés dans la fonction score: la présence d'une valeur anormalement élevée est signalée par l'utilisation d'une couleur chaude (jaune, orange, rouge): dans cet exemple, la pachymétrie la plus fine possède des valeurs situées à environ 4 écart types au-delà de la moyenne[37].

Les variables utilisées pour la construction du radar sont :

- L'épaisseur du point le plus fin (microns) qui correspond à l'épaisseur minimale du mur cornéen (en utilisant un facteur acoustique de 0.92 pour l'Orbscan)
- L'élévation maximale postérieure (microns) qui correspond à la distance maximale dans les 3mm centraux entre les données postérieures cornéennes et la sphère de référence postérieure calculée.
- L'irrégularité dans les 3mm centraux de la face antérieure (dioptries) qui est proportionnelle à la déviation standard des valeurs prises par la courbure locale de la surface antérieure.
- Le décentrement vertical du point le point le plus fin (mm) et qui correspond au déplacement du point le plus fin vis-à-vis du centre géométrique de la cornée.
- La différence entre l'épaisseur centrale moyenne (zone centrale diamètre 2 mm) et l'épaisseur la plus fine.
- La valeur de la différence I-S (Dioptries) qui correspond à la différence entre les valeurs moyennes kératométriques de 5 points équidistants localisés à 1.5 mm du vertex au niveau de la surface cornéenne antérieure supérieure (S) et inférieure (I). Elle reflète le degré d'asymétrie verticale de la surface cornéenne antérieure.

2. L'aberrométrie

a) Introduction

L'aberrométrie permet d'étudier la qualité optique de l'œil à travers l'analyse du front d'ondes et de préciser la qualité de l'image rétinienne. Des aberrations optiques de bas et de haut degrés sont ainsi établies. Certaines plaintes visuelles du patient peuvent être expliquées et quantifiées. Dans le service d'ophtalmologie du CHU de Fès, l'aberromètre utilisé est le Zywave II (de Bausch & Lomb).

L'aberrométrie en pratique clinique est avant tout une révolution dans le domaine de la sémiologie de la symptomatologie oculaire. Bon nombre de plaintes visuelles exprimées par nos patients sont enfin entendues, expliquées et quantifiées grâce à l'aberrométrie. La relation patient/médecin ne s'en trouve que renforcée. Les manifestations optiques liées à un excès d'aberrations optiques (AO) sont globalement dévoilées ou majorées de nuit lorsque la pupille est dilatée. Les plaintes fonctionnelles de jour sont essentiellement rattachées aux problèmes de transparence des milieux (diffusion, absorption) ou de diffraction (pupille). Cette nouvelle dimension sémiologique induit la nécessité de proposer au patient un nouveau vocabulaire descriptif. Les combinaisons d'AO sont en général de mise et doivent donc plutôt faire rechercher la composante dominante à l'origine des plaintes du patient. Pour la plupart d'entre nous, les AO sont compatibles avec une activité nocturne normale. Cependant, certains patients porteurs d'un excès d'AO vont devoir renoncer à la conduite nocturne, par exemple, ou à certaines activités professionnelles. Un bref rappel simplifié de la décomposition polynomiale des AO est proposé ci-dessous : (*Figure 13*).

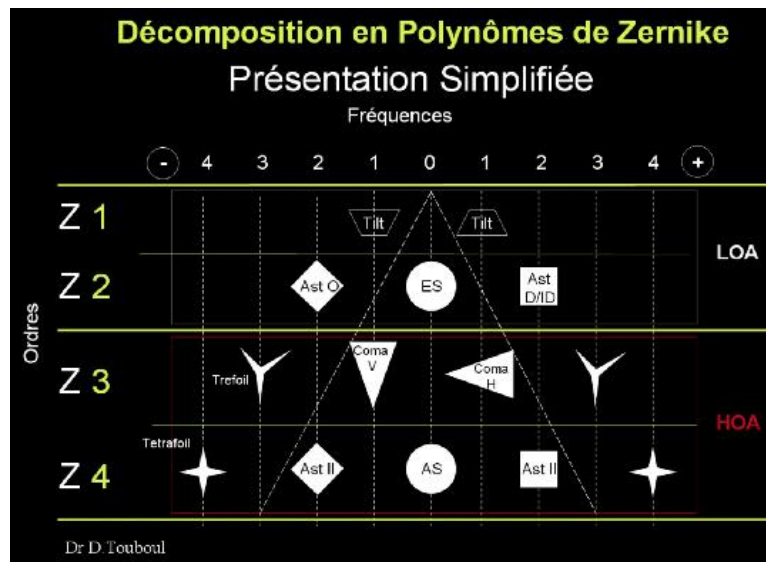


Figure 11: Classification pratique des Aberrations optiques selon Zernike.

ES = équivalent sphérique ; Ast O = Astigmatisme oblique ;

Ast D/ID = Astigmatisme direct et indirect ; Ast II = Astigmatismes secondaires.

Les AO contenues dans la pyramide centrale sont les plus nuisibles d'un point de vue fonctionnel.

b) Aberration optique d'ordre inférieur : LOA (LowOrder Aberrations)

Les manifestations cliniques des aberrations sphéro-cylindriques sont bien connues. Elles entraînent une image floue pour la composante sphérique et dédoublée pour la composante cylindrique.

c) Aberration optique d'ordre supérieur : HOA (HighOrder Aberrations)

La décomposition du front d'onde en polynômes de Zernike permet d'isoler certaines composantes symptomatologiques dont seuls les premiers ordres de la décomposition présentent un intérêt clinique (ordres 2 et 3). Cependant il faut garder à l'esprit que ces AO sont confondues entre elles, qu'elles peuvent se compenser mutuellement et provenir des différents dioptries oculaires.

(1) Coma

L'aberration chromatique est perçue comme une déformation des sources lumineuses étalées « en queue de comète ». L'image est étirée dans un axe dominant. Il existe une composante horizontale et verticale de cette aberration, la somme est vectorielle.

(2) Aberration sphérique

Les aberrations sphériques sont à l'origine de la perception de halos autour des lumières. Ils peuvent être attribués aux effets de la diffusion optique des milieux. L'aberrométrie combinée à l'examen bio microscopique, pupille dilatée, permet de faire grossièrement la distinction.

(3) Astigmatisme secondaire

Comme son nom l'indique, l'astigmatisme secondaire correspond cliniquement à une impression d'astigmatisme (images dédoublées) qui n'est pas corrigée par une correction sphérocyindrique. La réfraction subjective doit bien sûr être revérifiée. Le terme d'image fantôme est aussi retenu.

(4) Tréfoil et Tétrafoil

Ces aberrations optiques donnent un aspect irisé ou rayonnant aux sources de lumière. Elles sont parfois perçues comme des branches d'étoiles (star-burst). Il n'est pas possible de dissocier en sémiologie clinique le Tréfoil du Tétrafoil.

d) Comment distinguer les différentes technologies en aberrométrie ?

Pour rester simple, l'aberrométrie est un laser infrarouge qui va sonder les milieux oculaires grâce à des astuces d'analyse du décalage spatio-temporel du

front d'onde projeté dans l'œil. Il existe plusieurs techniques d'analyse dont les performances et la résolution varient

(1) Analyse du front d'onde sortant

Hartmann-Shack (HS) : c'est le système d'analyse le plus répandu. Il compare, par rapport à un front d'onde entrant parfait, la déformation de ce dernier, sortant de l'œil après réflexion au pôle postérieur. La résolution dépend du nombre de microlentilles utilisées par son capteur (1000 à 3000 en général). C'est un système « position dépendant ». Il est limité lorsqu'il existe un trop fort taux d'AO (fortes amétropies, Kératocônes évolués,...) (figure 15) [30], [38].

(2) Rétinoscopie double passage (double pass) ou Skiascopie

Dynamique : c'est le deuxième système le plus diffusé. Il s'agit d'une analyse « temps dépendant », proche du principe de la skiascopie manuelle. La carte OPD map (Optical Path Difference) est particulièrement appréciée, car elle permet une cartographie en dioptries de la pupille du patient (maxi 6 mm).

(3) Analyse par projection sur la rétine :

Le Laser Ray Tracing est une méthode moins répandue qui utilise une analyse séquentielle « position dépendante » d'un rayon entrant et balayant point par point le pôle postérieur. L'analyse de la déviation de chaque point à la sortie de l'œil permet l'évaluation des fortes amétropies et aberrations optiques. Les aberrations longitudinales sont particulièrement bien étudiées (profondeur de champ). La limite du système repose sur le risque de mouvements oculaires durant les mesures. La résolution est plus faible qu'avec le HS (300 points environ). Un mode d'analyse comparable est le système Tscherning. Il projette une grille de points sur la rétine et analyse la déformation de celle-ci par les AO de l'œil. Les aberromètres donnent des

valeurs assez différentes quand on les compare entre eux, en raison des calibrations spécifiques à chaque fabricant. En revanche les cartes aberrométriques sont assez comparables. Le suivi sur la même machine est primordial ainsi que la standardisation du diamètre pupillaire (DP)[29].

e) Les principales étapes d'interprétation de l'Aberrométrie

L'objectif principal de l'Aberromètre est de fournir une décomposition des HOA totales. Ainsi, il permet l'analyse des symptômes du patient et guide le choix de la solution optique la plus pertinente. Le pourcentage des HOA par rapport aux AO globales est peu utile, car il dépend trop de l'amplitude des LOA.

> La première étape : regarder le diamètre maximum de la pupille mesurée. En effet, tout le raisonnement repose sur la comparaison des valeurs mesurées par rapport à des seuils de normalité définis sur des populations asymptomatiques à un diamètre pupillaire donné. La progression des AO n'est pas linéaire avec le diamètre pupillaire, il faut donc prendre ses propres repères pour des diamètres donnés (par exemple 3 ; 5 et 6 mm).

> La deuxième étape : regarder la décomposition des HOA totales. Toutes les HOA n'entraînent pas la même gêne fonctionnelle. Les aberrations dites « centrales » dans la pyramide de décomposition des HOA en polynômes sont de réputation plus gênante que les HOA dites « périphériques ». Par exemple, à même valeur de RMS (unité de mesure des AO en μm), un excès d'HOA comatique ou d'AS sont plus pénalisant qu'un excès de Tréfoil ou de Tétrafoil.

> La troisième étape : regarder les convolutions qui vont permettre de mieux cerner les symptômes du patient et d'évaluer l'efficacité d'une correction optique. C'est aussi l'occasion de faire participer le patient et de lui montrer que nous

pratiquons une analyse approfondie pour comprendre ses doléances. La convolution d'échelles d'acuité est très utile pour expliquer les limitations d'acuité visuelle, la fonction d'étalement du point (PSF) illustre bien la présence d'images parasites ressenties lors de la conduite nocturne (figure14). Par simulation, il est possible de pondérer la part des HOA par rapport à celle des LOA. Il ne faut pas perdre de vue l'importance du diamètre pupillaire dans cette analyse. La fonction de modulation de transfert (MTF) donne une idée plus complexe de l'enveloppe globale de la qualité optique de l'œil du patient (acuité et contraste). Ainsi, l'analyse de la réfraction prend la dimension dynamique et fonctionnelle que les patients attendent lorsqu'ils sont insatisfaits de leur vision[29], [38].

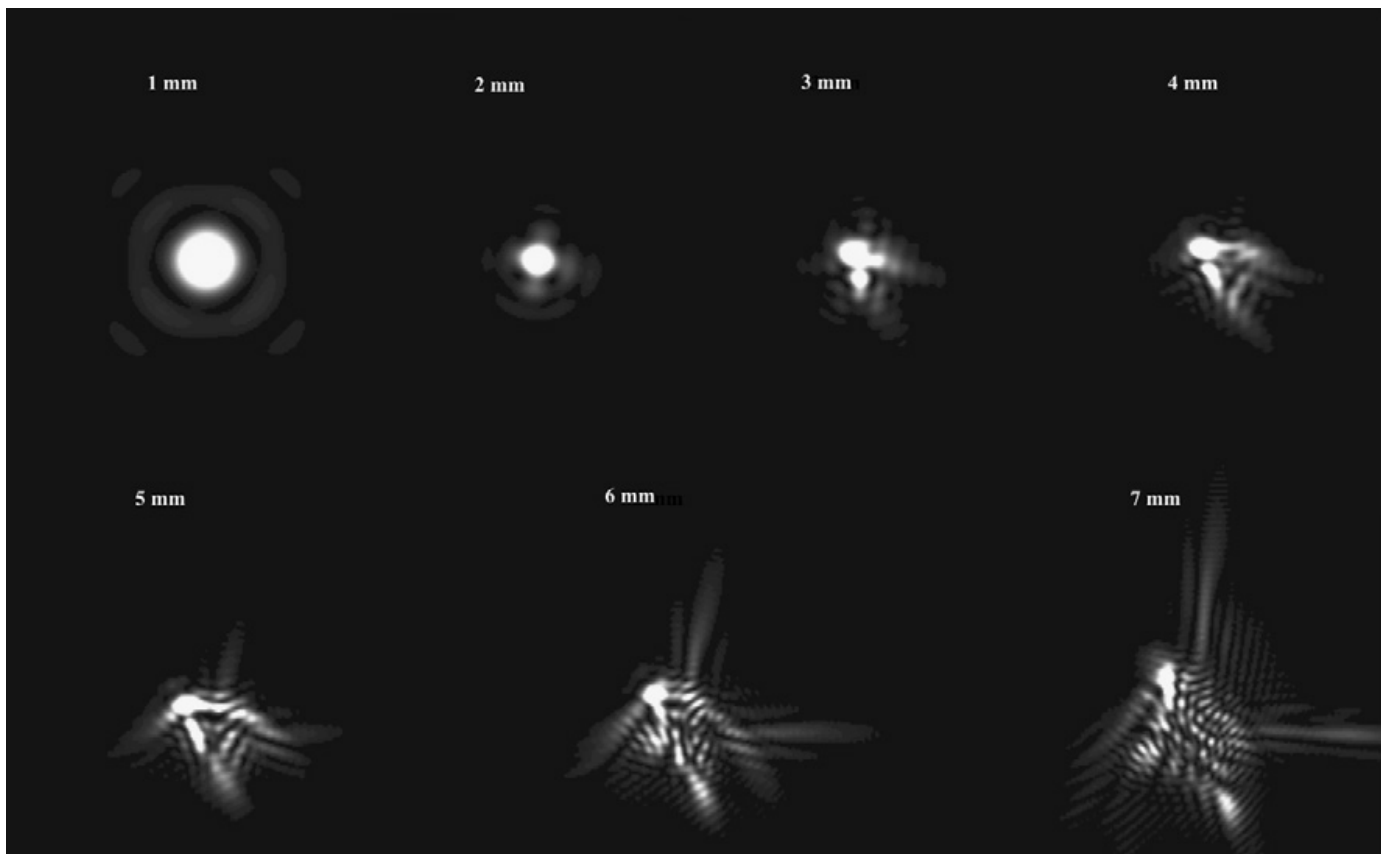


Figure 12: Point spread function dans un œil avec des aberrations optiques, note que pour un diamètre pupillaire de 1 à 2 mm le PSF est plus petit vu la limitation de la diffraction par l'iris, cependant plus la pupille se dilate plus l'effet des aberrations sur le PSF devient important[39].

Le score RMS (Root Mean Square)

Le RMS est une valeur représentant la déviation du front d'ondes par rapport à un front d'ondes « plan idéal » de référence et permet de quantifier les aberrations optiques de haut degré. Ainsi, le taux de RMS est calculé selon ce déphasage. Il est exprimé en micron et est égal à la racine carrée de la somme des carrés des déphasages en chaque point de mesure.

Son taux normal est estimé à moins de $0,5 \mu\text{m}$. Plus le RMS est élevé, plus il existe des aberrations optiques[30].

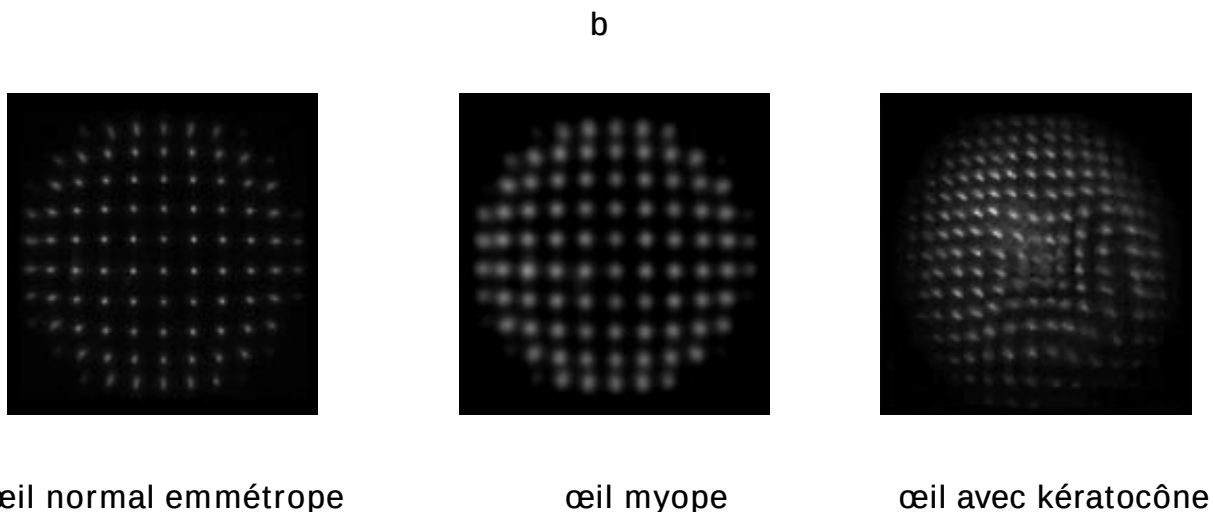
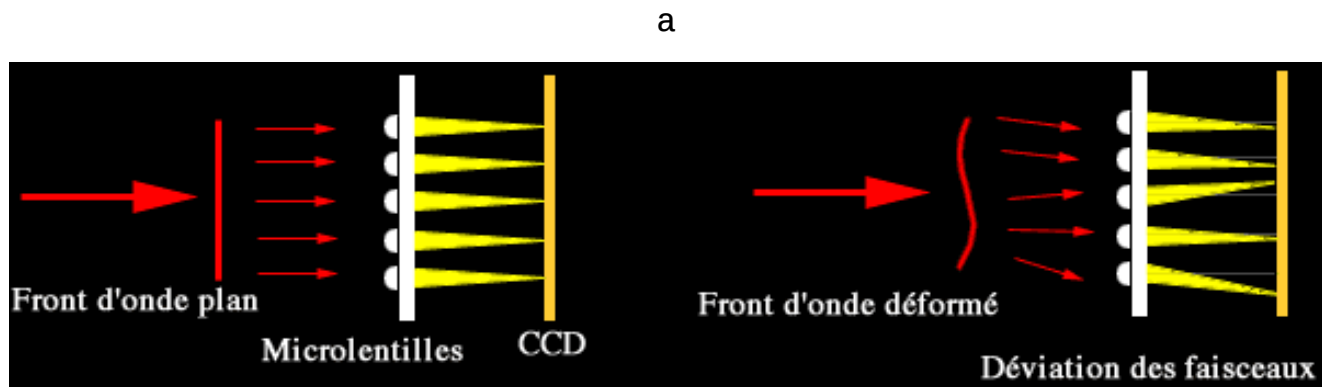


Figure 13: Analyseurs de type Hartmann-Shack constitué d'un réseau de microlentilles et d'un capteur CDD. Figure a : image de déformation d'un front d'onde. Figure b : décalage de la focalisation du rayon lumineux avec mesure du décentrement pour chaque microlentille[44].

C. Information au patient

L'information au patient est fondamentale avant tout geste chirurgical. Une fiche explicative lui est remise lors de la consultation préopératoire et permet de formaliser les informations données au cours de cette consultation. Il s'agit des informations relatives au principe de l'intervention et à son déroulement, des complications post-opératoires possibles, de la douleur et des traitements post-opératoires, de la nécessité d'une éventuelle retouche, de la récupération visuelle progressive et de la possible gêne visuelle en vision de près. Une information concernant les suites post-opératoires doit également être fournie[10].

D. Sélection du patient

1. Contre-indications opératoires

a) Contre-indications locales

- Le kératocône : principale contre-indication absolue à éliminer en raison du risque d'ectasie majeure.
- L'amétropie évolutive : risque de résultat insatisfaisant survenant rapidement après la chirurgie. Les facteurs à évaluer sont : la modification réfractive $\geq 0,5$ D en 2 ans et l'âge jeune du patient.
- Les troubles de la surface oculaire : meibomite ou la blépharite (rosacée oculaire) et les syndromes secs (contre-indications transitoires).
- L'insuffisance limbique : par brûlures thermiques ou chimiques ou les pemphigoïdes.

- Les antécédents d'herpès ou de zona ophtalmiques sont des contre-indications relatives. Un délai de 2 ans après l'épisode infectieux doit être respecté et un traitement préventif antiviral doit être prescrit dans les trois mois avant l'intervention.
- Les affections évolutives oculaires : les uvéites en poussée, le glaucome ou affections rétinienne évolutives (rétinopathie diabétique) sont des contre-indications temporaires.
- Un diamètre pupillaire en lumière scotopique ≥ 8 mm est une contre-indication relative (risque de gêne visuelle subjective).

b) Contre-indications générales

Risque de retard de cicatrisation stromale : collagénoses (polyarthrite rhumatoïde, syndrome de Gougerot-Sjögren), maladie de Crohn, colite ulcéreuse et maladie de Wegener (risque de lyse stromale voire de perforation cornéenne liée à une réponse inflammatoire importante).

- L'immunodépression (diabète, grossesse, iatrogène, infection) est une contre-indication relative (retard de cicatrisation et risque infectieux).
- La grossesse, contre-indication relative: risque de modification de la réfraction.
- Le patient monophtalme (contre-indication absolue)[40].

E. Technique opératoire

1. Accueil du patient

Il est nécessaire de limiter le risque infectieux, pour cela le patient ne doit pas porter de lentille sur l'œil à opérer au moins 3 jours avant l'intervention. En cas de doute sur la dernière réfraction, un dernier contrôle peut se faire avant l'intervention.

L'anesthésique topique est instillé plusieurs fois sur l'œil à opérer (oxybuprocaine en unidose). Le déroulement de l'intervention est de nouveau expliqué au patient.

2. Étapes opératoires

a) Préparation du laser

Il faut mettre en marche le laser et attendre au moins 30 minutes avant la première procédure chirurgicale pour permettre une mise à température du gaz et obtenir un flux photonique constant du mélange gazeux lors de son excitation.

Les conditions de température et d'hygrométrie de la salle opératoire doivent également être vérifiées. Pour un fonctionnement homogène du laser, il faut une température entre 18 et 24 °C et une hygrométrie de 25 à 55 %. Les paramètres réfractifs des patients sont ensuite saisis sur l'ordinateur.

b) Les derniers contrôles

On vérifie une dernière fois les paramètres réfractifs pour éviter au maximum le risque d'erreur de saisie.

- diamètre de photoablation :

On choisit le diamètre de la zone de photoablation.

En effet, Munnerlyn a mis en évidence la relation entre la quantité de tissu cornéen à retirer et le trouble réfractif à corriger [12] :

$$P = ZO^2 \times D / 8 (n - 1)$$

P : profondeur d'ablation (en μm) ; ZO : diamètre de la zone optique traitée

(en mm) ; D : dioptrie à corriger ; n : index de réfraction de la cornée soit

1,337.

Le profil d'ablation pour une correction donnée est proportionnel au carré du diamètre de la zone optique (ZO) cornéenne traitée, plus la zone optique traitée diminue moins la profondeur d'ablation est importante.

Cependant, si le diamètre de la zone de photoablation est proche de 4,5 mm, les risques de phénomènes d'éblouissements et de halos visuels en postopératoire sont significativement augmentés. Le diamètre moyen pour une PKR est actuellement de 6,5 mm.

- test de fluence

On procède ensuite au test de fluence du faisceau laser, étape obligatoire avant chaque séance de traitements. Elle permet d'amener le mélange gazeux

argon/fluor à un état d'excitation homogène et donc d'obtenir une fluence constante pendant la phase de traitement. Ce test consiste à évaluer, sous microscope opératoire, le nombre de spots lasers nécessaires pour perforer une plaque d'aluminium. En cas d'un nombre de spots trop élevé, la puissance du laser est augmentée. Si la puissance du laser est proche de 100 % pour obtenir la perforation de la plaque d'aluminium, l'énergie photonique du laser ne sera pas suffisamment stable et constante pendant le traitement. Le résultat réfractif postopératoire risque d'être imprécis. Le mélange gazeux argon/fluor doit donc être changé lorsque la puissance du laser nécessaire pour réaliser le test de fluence atteint les 85-90 %.

- Centrage du faisceau laser

Enfin, on vérifie systématiquement que le faisceau laser est bien coaxial à la diode de fixation pour éviter un décentrement de la zone de traitement.

c) Installation du patient

Le geste se déroule en ambulatoire. On s'assure que le patient a bien respecté l'arrêt du port de lentilles de contact pendant au moins cinq jours. Le déroulement de l'intervention et de la période post-opératoire est réexpliqué au patient. La réfraction du patient peut être revérifiée en préopératoire immédiat en cas de doute.

Il faut s'assurer de l'absence de maquillage. On élimine toute source de mouvement du patient (tête bien calée et jambes dépliées).

L'anesthésie topique est assurée par une goutte d'oxybuprocaine. Ensuite, on met en place un écarteur à paupière et le microscope est centré sur la pupille, l'intensité lumineuse est diminuée pour limiter l'éblouissement et les blépharospasmes.

d) Procédure laser

- pelage épithélial :

On réalise en premier lieu un pelage épithélial qui peut être fait soit par un scarificateur ou une brosse. On laisse une bordure épithéliale en périphérie cornéenne pour faciliter la cicatrisation post opératoire.

Le stroma est asséché avec des microsponges ce qui permet de vérifier l'absence de débris épithéliaux sur la zone de traitement.

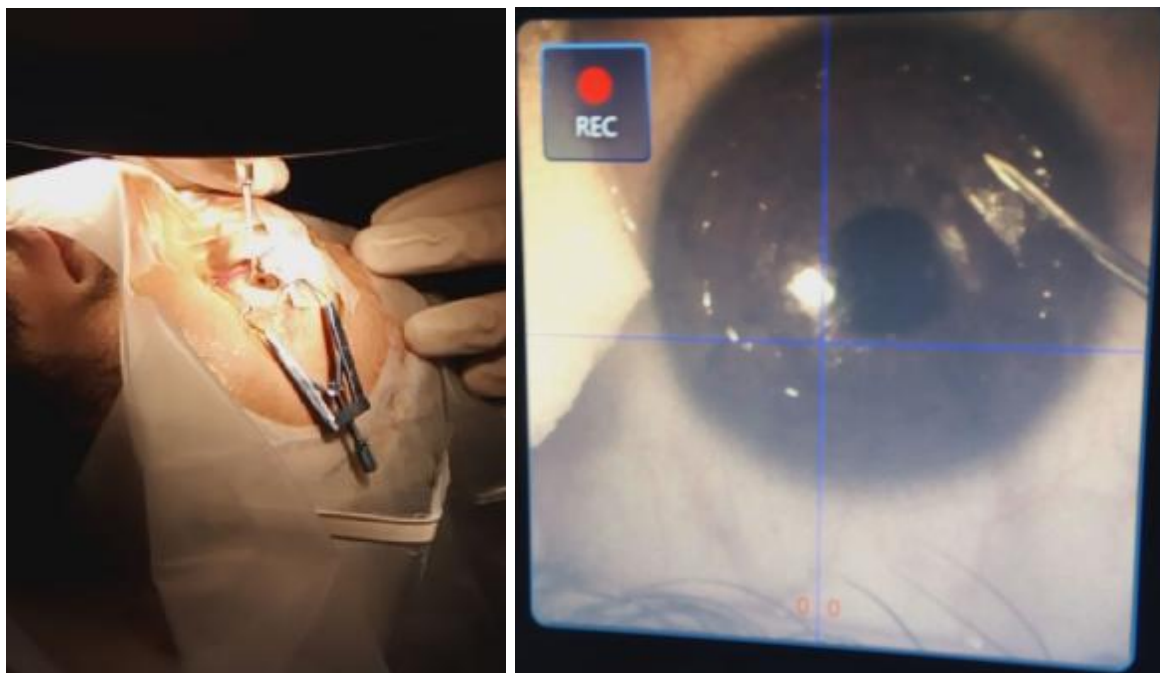


Figure 14: Desépithélialisation de la cornée

- centrage de la zone de photoablation :

Le centrage du laser, étape fondamentale, est contrôlé à l'aide de trois faisceaux : le faisceau de fixation, le faisceau de visée du laser et le faisceau de focalisation.

Ce dernier permet de focaliser correctement le faisceau de visée en réglant la distance apex cornéen-laser. Le laser est ensuite centré sur le point de fixation du patient souvent décalé en nasal par rapport au centre de la pupille.

Ce centre optique est repéré par un phénomène de surbrillance du spot coaxial du laser, au niveau de la cornée. Il ne correspond pas forcément au centre pupillaire.

Le système de l'eye tracker est ensuite déclenché permettant de maintenir le centre de la zone de photoablation au niveau du centre optique malgré les mouvements du globe oculaire pendant la procédure laser.

- traitement laser :

Pendant le traitement, le chirurgien maintient la tête du patient avec ses mains afin de limiter les mouvements. Puis retire les débris tissulaires et assèche le stroma avec une microsponge par un mouvement centrifuge.



Figure 15: Traitement au laser avec le système de l'eye tracker

- application éventuelle de mitomycine C

L'application à la fin du geste de mitomycine C à 0,02 mg/ml pendant 20 secondes à l'aide d'une microponge sur la cornée, puis rincée abondamment avec du BSS [21]. Elle est habituellement utilisée en cas de myopie ≥ -4 D.



Figure 16: Application de la mitomycine C à l'aide d'une microsponge sur la cornée

e) Fin de l'intervention

Après le traitement laser, on pose une lentille souple (silicone hydrogel à haute perméabilité en oxygène) avant le retrait du blépharostat. À la fin de l'intervention, on instille un antibiotique (tobramycine).

Le patient est informé que les 3 jours postopératoires peuvent être douloureux et qu'au moindre doute, il ne doit pas hésiter à venir consulter en urgence.

Le traitement postopératoire comporte une association antibio-corticoïde, un lubrifiant à base d'hyaluronate de sodium sans conservateur, et un traitement antalgique per os.

Il est en revanche utile de conseiller aux patients d'utiliser des verres filtrants anti ultraviolets (anti-UV) lors d'une exposition au soleil, durant les 3 premiers mois.

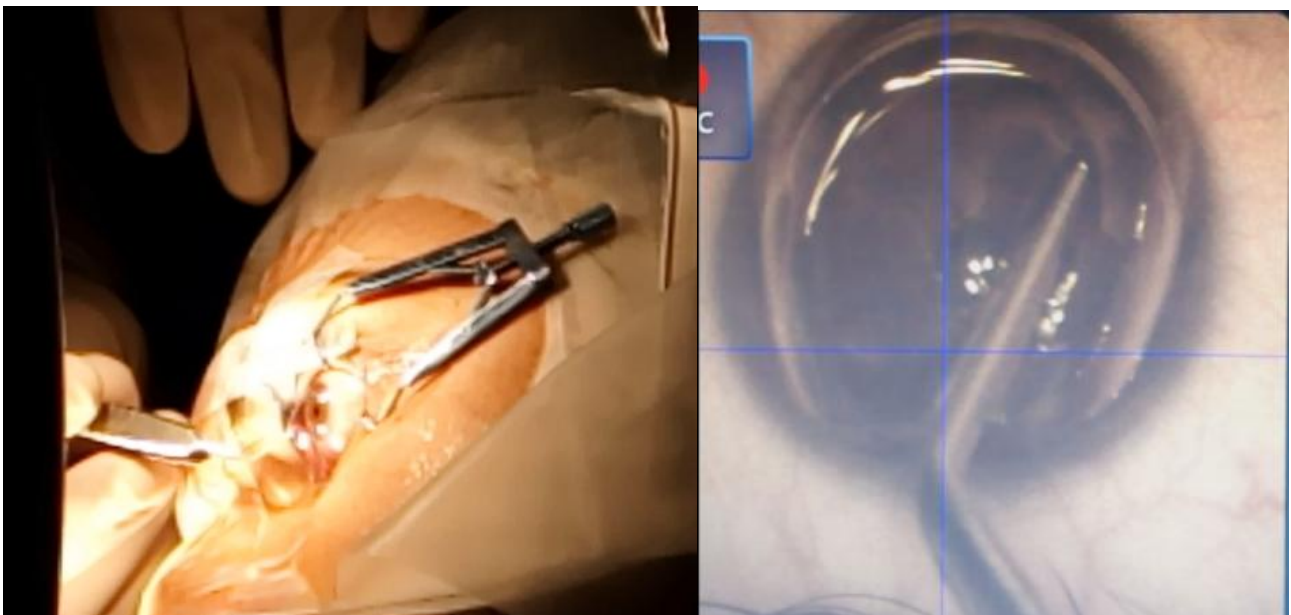


Figure 17: Pose d'une lentille souple

F. Surveillance

Un examen pratiqué le lendemain montrerait volontiers, outre l'ulcération épithéliale, des plis de la membrane de Descemet, voire un effet Tyndall.

La repousse épithéliale se produit environ en 4 à 6 jours. L'épithélium peut alors présenter un aspect de pseudodendrites qui résulte de la cicatrisation normale. Cet aspect disparaît en quelques jours sans traitement. L'irrégularité de l'épithélium ne permet souvent pas de chiffrer précisément l'acuité visuelle avant une dizaine de jours.

En pratique, un premier contrôle autour du cinquième jour confirme la fermeture épithéliale et l'absence d'infection ou d'infiltrats et permet l'ablation de la lentille.

À 1 mois, la réfraction est mesurée, le haze évalué.

Dès lors, la réfraction peut être contrôlée tous les 2 mois jusqu'à stabilisation (1 mois pour les myopies faibles, 6 mois à 1 an au-delà).

G. Complications post-opératoires

1. Douleur

Les suites opératoires sont en général douloureuses pendant les premières 48 heures.

C'est pourquoi l'ordonnance post-opératoire contient systématiquement un antalgique per os.

2. Retard de cicatrisation épithéliale

La réépithélialisation cornéenne survient généralement dans les 3 à 4 premiers jours suivant l'intervention. En revanche elle n'est complète qu'au bout de 6 semaines voire plusieurs mois lorsque les hémidesmosomes entre les cellules basales et la membrane basale sont bien établis[13]. Il peut exister une cicatrisation épithéliale retardée dans certains cas comme chez les patients avec troubles de surface oculaire (blépharite, instabilité du film lacrymal, syndrome sec oculaire), situations devant être normalement recherchées en préopératoire, car elles représentent une contre-indication relative à la chirurgie réfractive.

Tant qu'il persiste une ulcération cornéenne, la lentille pansement et le traitement antibiotique sont maintenus, car il existe un risque infectieux.

3. Kératites infectieuses

Ces complications restent rares. En effet, leur incidence post-PKR est estimée à 0,02 % [41]. Les germes le plus souvent retrouvés sont le *Staphylococcus epidermidis* et le *Streptococcus pneumoniae*. Le traitement est le même que pour un abcès cornéen classique. Il faut rappeler que les antécédents de kératite herpétique

doivent être recherchés en préopératoire afin de prévoir un traitement préventif ou de récuser l'intervention.

4. Haze

L'apparition d'une opacité cornéenne sous-épithéliale ou haze au cours de la cicatrisation cornéenne est une des complications les plus fréquentes de la PKR. Elle est d'autant plus importante que la myopie est forte, car la photoablation est plus profonde. Le haze appartient au phénomène de cicatrisation normale, mais il devient pathologique lorsqu'il est important et persiste longtemps (l'histopathologie sera expliquée ultérieurement). C'est dans ce cadre que la MMC intervient afin de lutter contre la formation de collagènes sous-épithéliaux.

La MMC inhibe la prolifération de kératocytes, induit leur apoptose et prévient ainsi la formation de haze cornéen.

La sévérité de haze est mesurée de façon subjective par l'examineur en lampe à fente. Braustein et son équipe en ont décrit une graduation afin de faciliter la surveillance de la cicatrisation cornéenne [42].

Classification du haze selon Braustein et al. [42].

GRADES de HAZE

Grade 0 cornée parfaitement transparente

Grade 0,5 + trace de haze à peine détectable

Grade 1 + faible haze sans affecter la réfraction

Grade 1,5 + haze affectant légèrement la réfraction

Grade 2 + haze modéré, réfraction difficile, mais possible

Grade 3 + opacité rendant la réfraction impossible

Grade 4 + chambre antérieure difficilement visible

Grade 5 + chambre antérieure non visible

En plus de la MMC instillée en per-opératoire en cas de myopie forte ou de retouche, le traitement par corticoïdes au long cours, souvent de la fluorométholone (Flucon®), permet de minimiser le risque de haze.

5. Complications réfractives : sur-correction, sous-correction et régression myopique

La sur-correction est moins fréquente que la sous-correction et peut être favorisée par un syndrome sec oculaire ou une réfraction pré-opératoire réalisée sans cycloplégie sous-estimant l'accommodation. Elle devient surtout gênante pour le patient avec l'apparition de la presbytie.

La sous-correction quant à elle est d'autant plus fréquente que la myopie est forte. Elle se définit par un résultat réfractif de plus de -1 D[43]. Elle est favorisée par une insuffisance de traitement par humidification cornéenne trop importante durant l'intervention ou est liée aux phénomènes de cicatrisation. La régression myopique est observée entre le 1er et le 3ème mois puis entre le 6ème et le 12ème mois post-opératoires. Seiler *et al* ont décrits comme Vajpayee *et al*. un plus fort taux de régression lorsque le degré de myopie est plus important[44].

6. Troubles subjectifs de la vision

Des troubles visuels à type de halos nocturnes et d'éblouissements sont rapportés. Les halos correspondent à une diffusion de lumière circulaire autour des objets et sont surtout présents en vision nocturne. Ils sont dus à la réfraction de la lumière dans la zone para-centrale non traitée dévoilée lorsque la pupille se dilate en ambiance scotopique. Ces symptômes sont diminués par une zone de transition en pente douce de 3 mm. Les éblouissements sont définis par une sensibilité élevée à la lumière et peuvent être liés à la présence d'un haze ou d'un astigmatisme. Ils

sont majeurs pendant les premiers mois post-opératoires et ont tendance à diminuer par la suite. Certaines équipes ont constaté une fréquence plus importante de ces manifestations chez les myopes forts (entre -6 et -10 D), en cas de diamètre pupillaire (DP) important et lorsque la ZO traitée est plus petite[45].

7. Autres complications

Il existe également des complications telles que les kératalgies récidivantes, les infiltrats stériles sous-épithéliaux (0,5 %) ou les hypertonies oculaires. Cette complication rare (de 0 à 7 %) est induite par les corticoïdes topiques. Elle reste transitoire et disparaît à l'arrêt du traitement ou sous hypotonisant local [44].

H. Résultats

1. Myopie :

L'homologation du laser Excimer a été initialement proposée jusqu'à - 6 dioptries en raison de la qualité des résultats.

Les nombreuses séries publiées sont parfois difficiles à comparer en raison des différences de recrutement et de protocoles.

Pour des myopies inférieures à - 3 dioptries, la probabilité d'emmétropisation à 1 dioptrie près est comprise entre 91 et 97,6 %[14].

Pour des myopies inférieures à - 6 dioptries, les études montrent un pourcentage d'emmétropisation à +/- 0,50 dioptrie compris entre 53 % et 84%.

Une des limites de la correction des myopies moyennes à fortes est l'incidence du haze postopératoire.

Celui-ci, quasi constant à 1 mois (de 34,2 % à 82,4 % selon les séries), disparaît le plus souvent entre 2 et 3 mois.

Il peut persister secondairement 1 an, voire plus, pour les corrections importantes.

2. Astigmatisme :

Dans une étude récente, Nagy[46] rapporte les résultats de 940 interventions.

Sur 746 yeux corrigés pour un astigmatisme myopique de - 1,50 à - 6 dioptries d'équivalent sphérique, et de -1,50 +/- 1 dioptrie de cylindre moyen ; le résultat sur l'équivalent sphérique a été de - 0,95 +/- 1,33 dioptrie et sur le cylindre de - 0,13 +/- 0,48 dioptrie.

Sur 104 yeux corrigés pour un astigmatisme hypermétropique de + 4,57 dioptries d'équivalent sphérique et de 1,57 dioptrie de cylindre moyen, le résultat réfractif a été de + 1,13 dioptrie d'équivalent sphérique avec un cylindre de + 0,38 dioptrie.

VI. Notre série

A. Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude prospective allant de septembre 2016 à septembre 2017 au service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès, dont le but est d'analyser et d'établir les différentes modalités d'une consultation et du bilan préopératoire chez des patients porteurs d'une myopie stabilisée candidat à une chirurgie réfractive.

1. Critère d'inclusion des patients

On a inclus initialement tous les étudiants en médecine ayant une myopie inférieure à 6 dioptries stables depuis plus de 1 an âgé de plus de 21 ans souhaitant se faire opérer et ensuite tous patient désirant bénéficier de cette chirurgie âgé de 21 ans, ou plus, avec un examen ophtalmologique normal et une acuité visuelle cotée à 10/10 selon le E de Snellen.

2. Matériels

Tous les patients ont bénéficié d'une vidéotopographie utilisant le topographe Orbscan IIz (Bausch and Lomb) et une aberrométrie avec l'abberomètre Zywave (Bausch and Lomb).



Figure 18: Orbiscan IIz
(Bausch and Lomb)



Figure 19: L'abberomètre Zywave
(Bausch and Lomb)

3. Méthode

Les données préopératoires ont été récupérées dans un dossier médical des patients préétablis (voir annexes), il s'agit de :

- La réfraction préopératoire, la MAVC, la kératometrie
- L'examen en lampe à fente de la cornée et du segment antérieur et du fond d'œil, avec évaluation du break up time.
- La mesure de la pression intraoculaire à jet air.
- L'Orbscan (topographies d'élévation et spéculaire, pachymétrie optique)
- L'aberrométrie.

On a recueilli les données sur Excel et l'étude statistique par le logiciel SPSS.

B. Résultat

On a retenu 114 patients, 73 femmes (64 %) et 41 hommes (36 %). La moyenne d'âge des patients est à 24 ans $\pm$ 4 (20 à 50 ans)

1. Répartition du sexe des patients

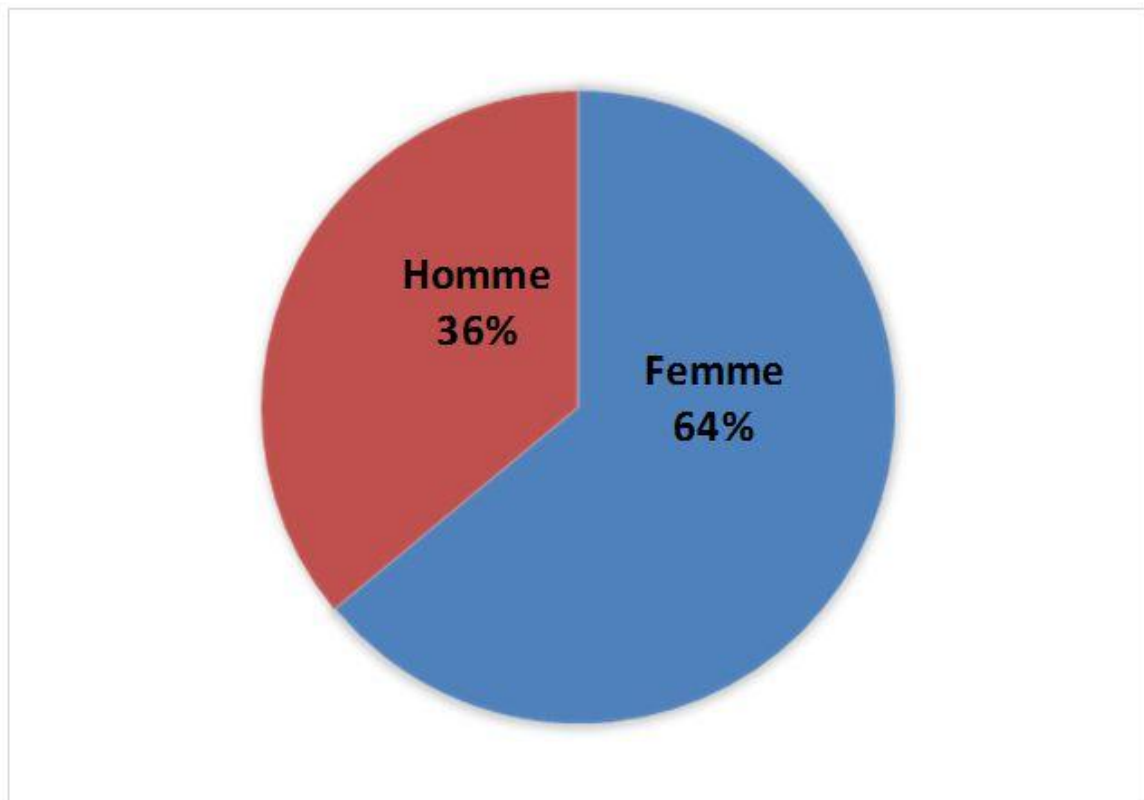


Figure 20: répartition des patients en fonction du sexe

2. L'âge des patients et leur profil réfractif

Tableau 2 : tableau récapitulatif de l'âge et du profil réfractif des patients

	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Écart - type
âge	20	50	23	24	4
Sphère préopératoire	0	8	3	3,1	1,7
Cylindre préopératoire	0	5	0,75	1	1
Équivalent sphérique préopératoire	0,75	9,25	3,37	3,5	1,9

L'équivalent sphérique moyen est de 3,5 D+/- 1,9 (allant de 0,75 à 9,25 D), le cylindre moyen 1 D+/- 1 (allant de 0 à 5 D), la sphère moyenne est à 3,1 +/- 1,7 (allant de 0 à 8 D). La moyenne des aberrations de haut ordre est de 0,22+/- 0,1 μ m.

3. La source de motivation pour les patients

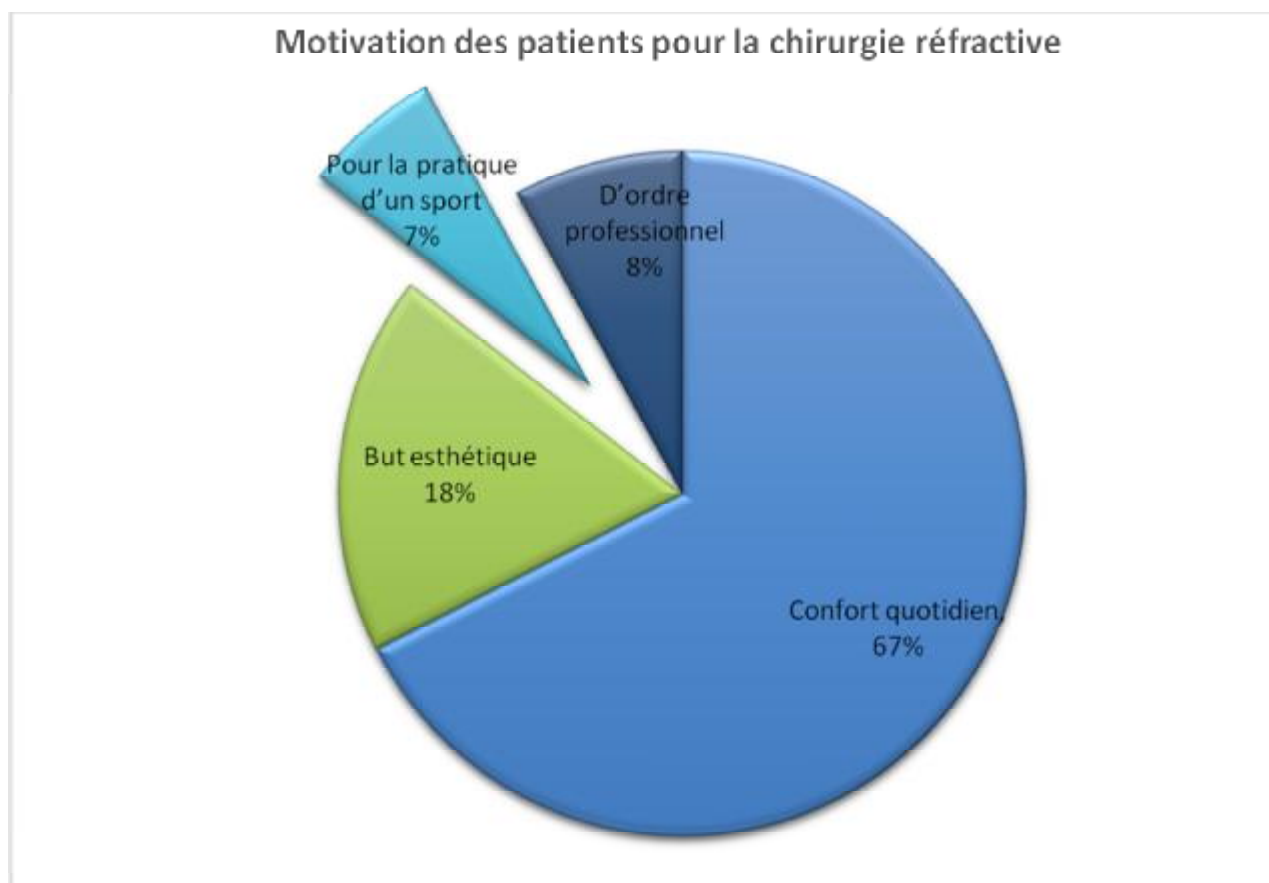


Figure 21: la motivation des patients

70 % des patients n'ont jamais porté de lentille de contact, la motivation des patients pour la chirurgie réfractive est dans 67,5 % pour un confort quotidien, 18 % à but esthétique, 8 % d'ordre professionnel, 6,5 % pour la pratique d'un sport.

4. La source des informations sur la chirurgie réfractive

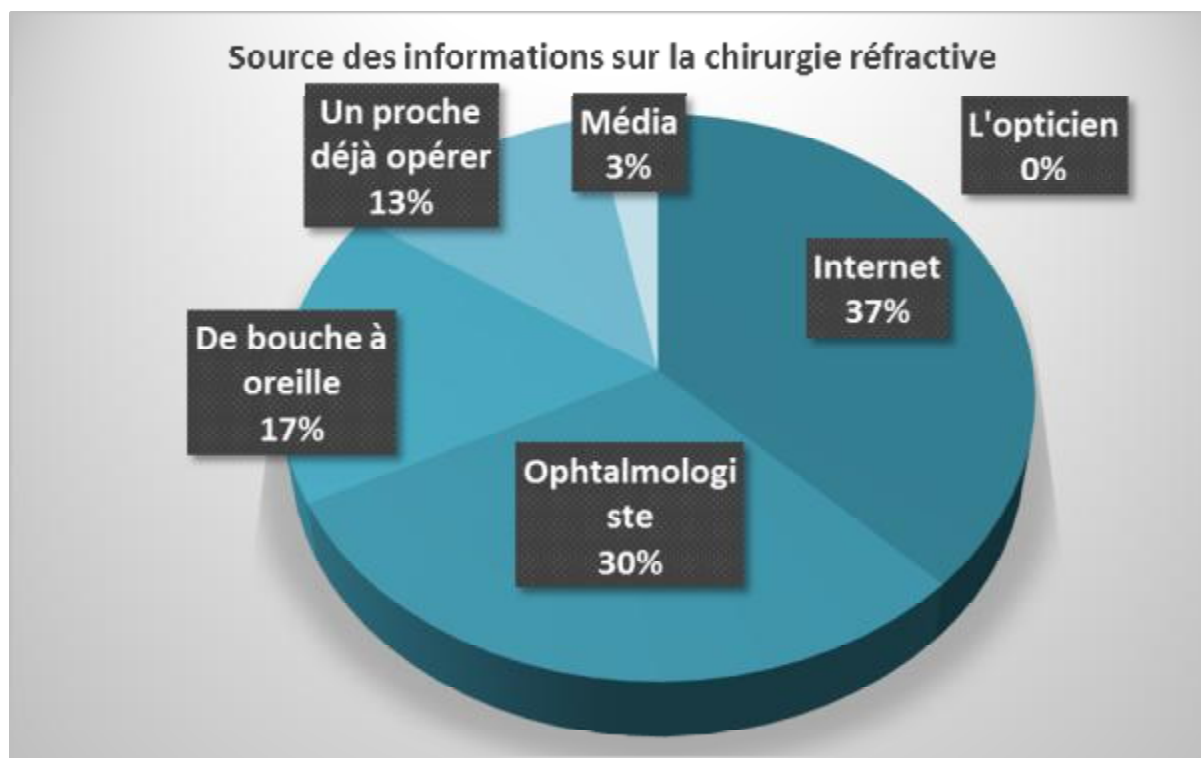


Figure 22: Source des informations sur la chirurgie réfractive

5. Résultat de la sélection des patients

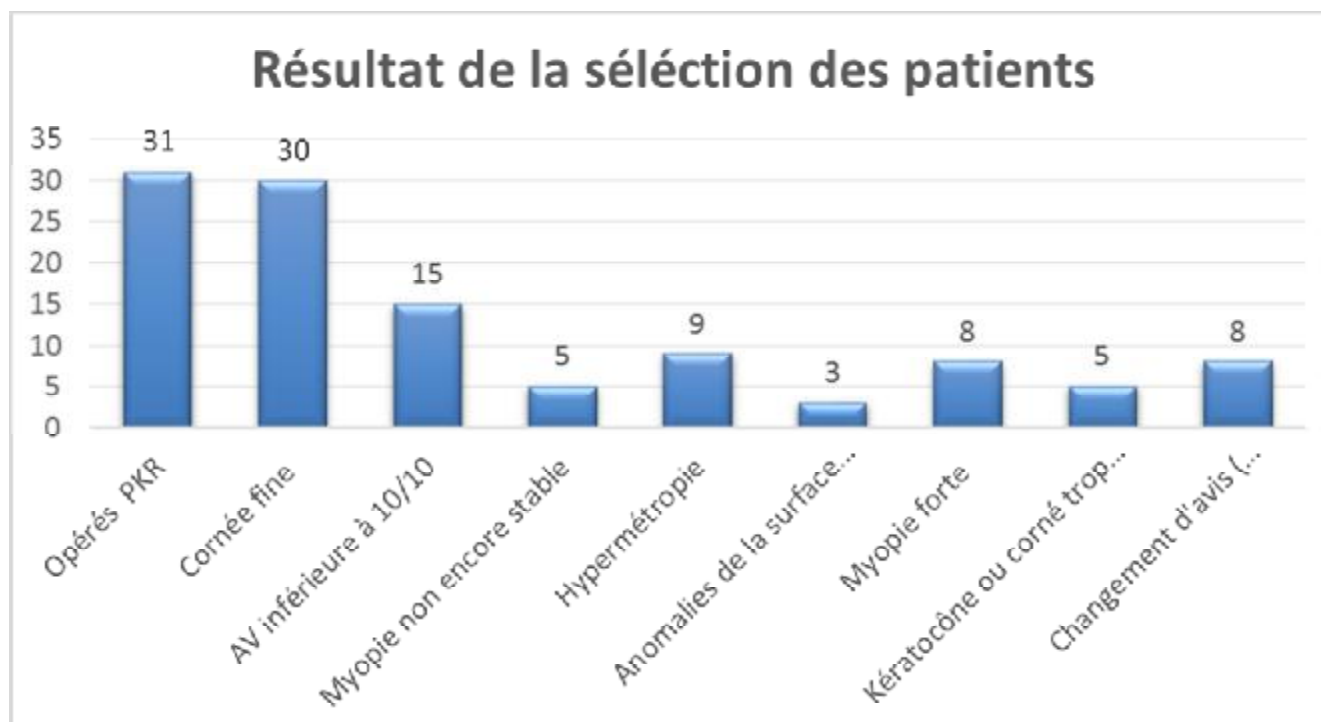


Figure 23: Résultat de la sélection des patients

31 patients ont bénéficié de la photokératectomie réfractive.

81 patients ont été récusés (30 pour une cornée fine (pachymétrie inférieure à 500 μm), 15 pour une acuité visuelle inférieure à 10/10, d'autres pour une myopie non encore stable, une hypermétropie, des anomalies de la surface oculaire, une myopie forte ou le diagnostic d'un kératocône (3 patients).

6. Profile topographique et aberrométriques des patients

Tableau 3: Profile topographique et aberrométriques des patients

	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Écart - type
Pachymétrie minimale (μm)	316	616	516	516	56,3
Les irrégularités dans les 3-5 mm	0,6	3,7	1,3	1,41	0,5
Sim K (D)	0	6	1	1,25	1
L'asphéricité	0	0,91	0,37	0,39	0,18
Kératométrie moyenne (D)	40,1	52	43,6	43,58	1,6
Les aberrations de haut ordre (μm)	0,03	0,74	0,2	0,22	0,1

7. Résultat chirurgicaux

Les paramètres du traitement chirurgical sont résumés dans le tableau 4

Tableau 4: Résumé des paramètres per-opératoires.

	Minimum	Maximum	Moyenne
Max ablation	29µm	112 µm	66.5 µm
Stroma résiduel	354 µm	475 µm	406 µm
Durée des impulsions	8s	28s	17s
Zone optique traitée	6.0 mm	7 mm	6.52 mm

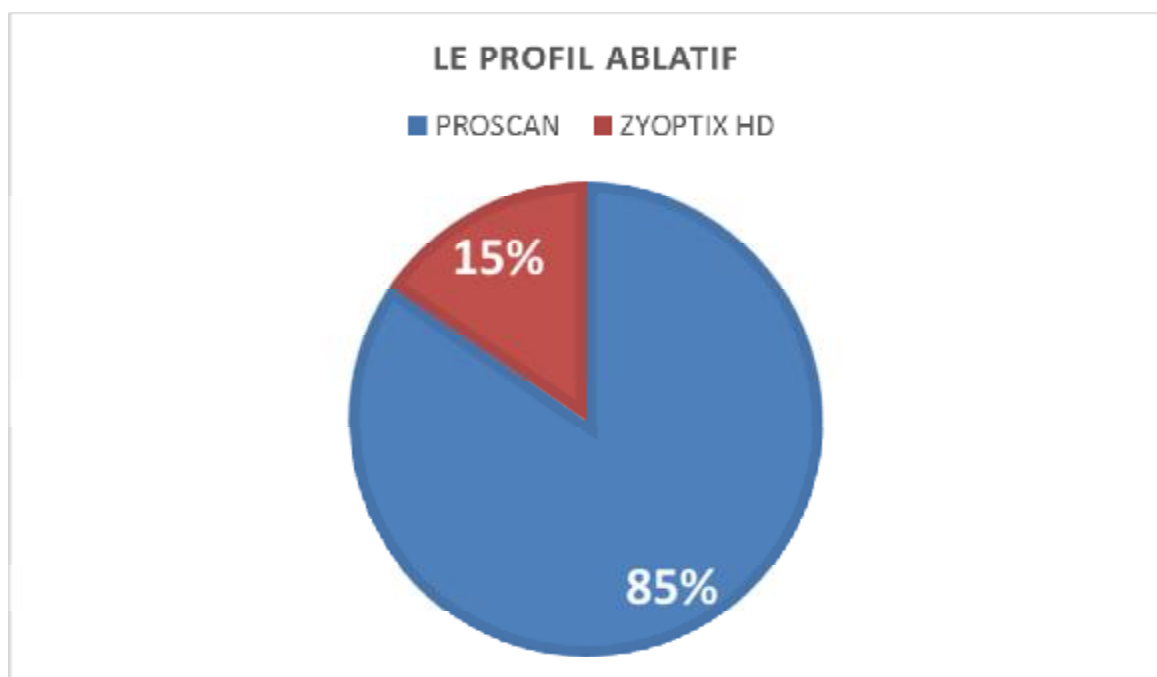


Figure 24: Le profil ablatif utilisé au cours du traitement laser

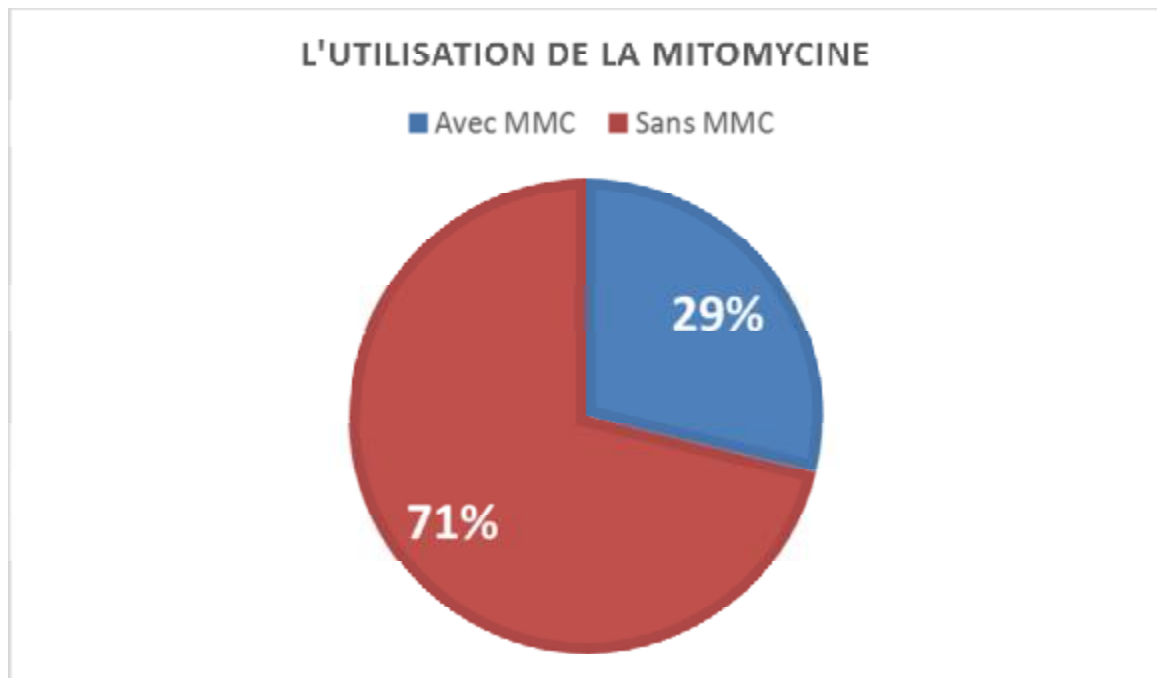


Figure 25: L'utilisation de la mitomycine en peropératoire avec une dilution de 0.02% d'une durée de 20 secondes

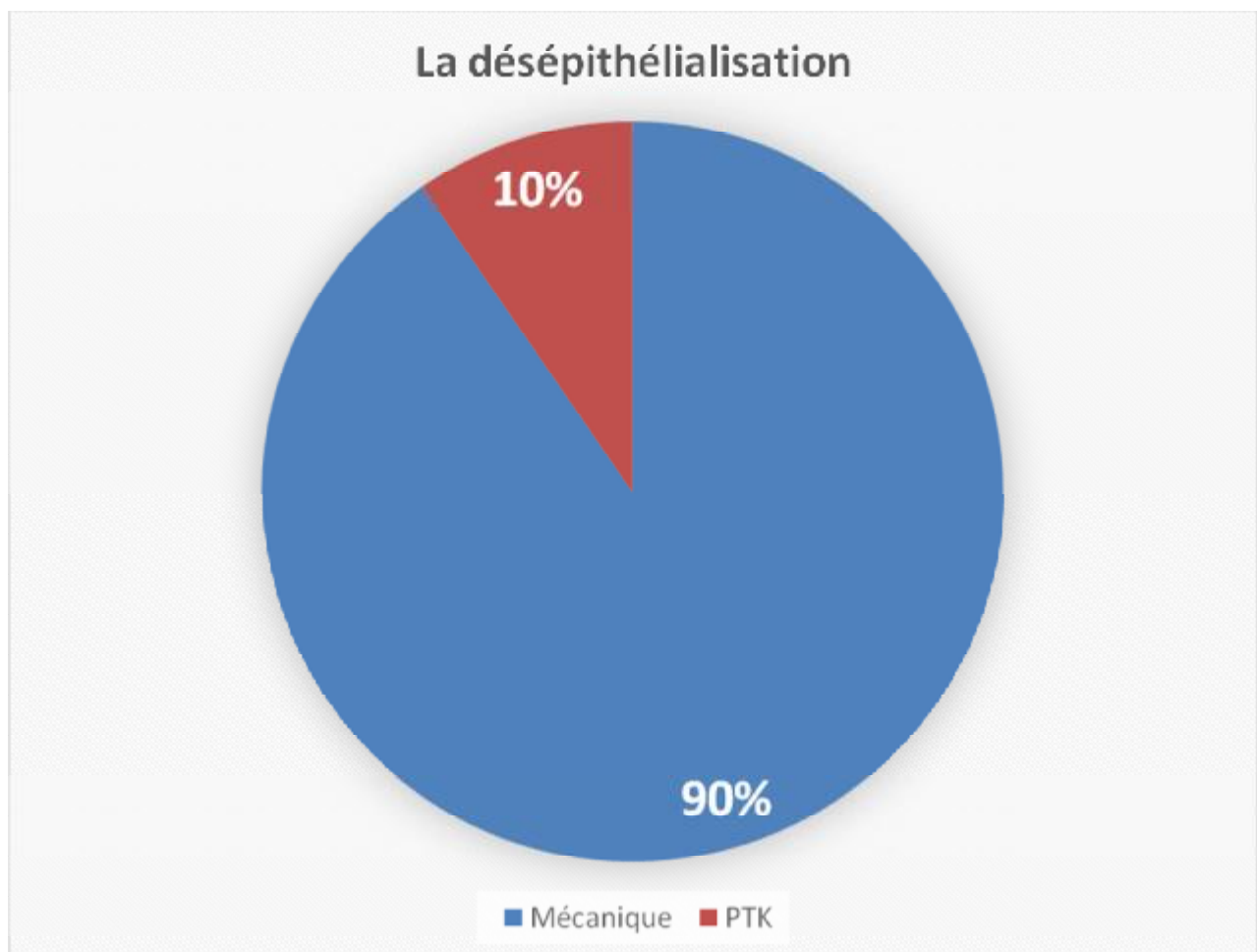


Figure 26: La méthode utilisée pour la désépithélialisation cornéenne

8. Résultat réfractif

a) Équivalent sphérique d'une réfraction sphérocyindrique

Le tableau 5 représente les ES moyens préopératoires, à un mois et à 6 mois après l'intervention. Ainsi, l'emmétropisation $\pm 0,50$ D était retrouvée chez (82.1%) à un mois puis chez (92,2%) à 6 mois. La figure 25 représente les ES préopératoires et postopératoires des patients.

Tableau 5: ES moyens préopératoires, à un mois et à 6 mois

	ES moyen	Extrêmes
Préopératoire	-3.6 $\pm$ 1.5 D	De -1.25D à -6.25D
A 1 mois	-0.2 $\pm$ 0.5 D	De -1.5D à +0.75D
A 6 mois	+0.28 $\pm$ 0.55 D	De -0.25D à +1.5D

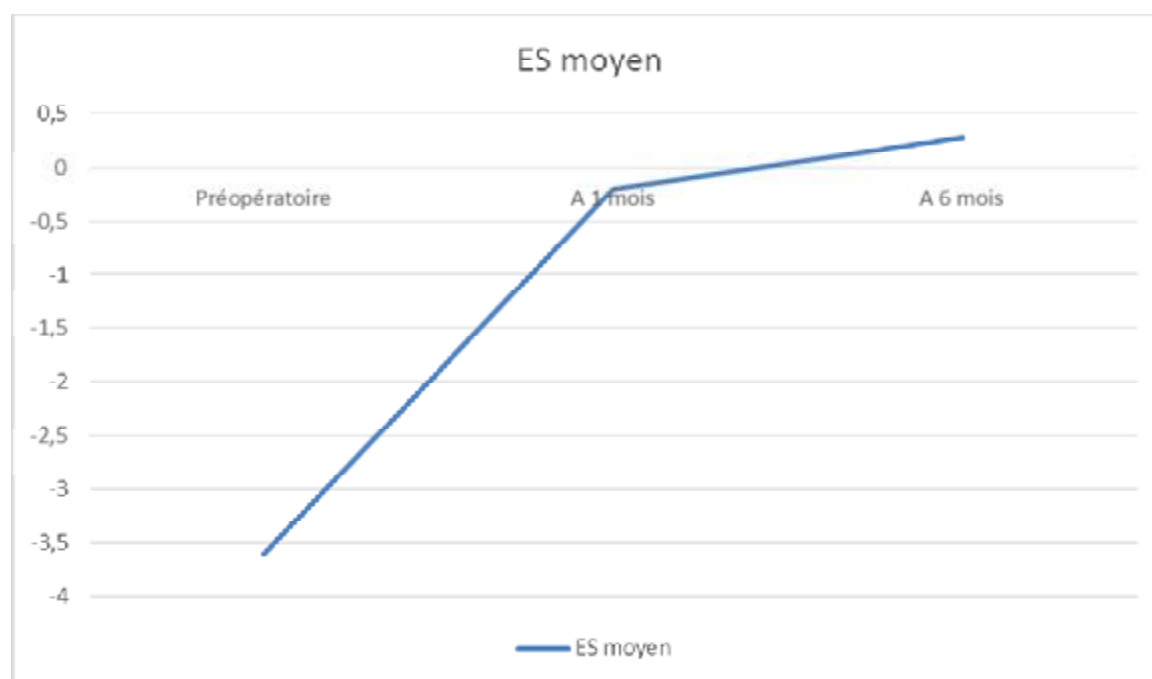


Figure 27: Évolution de l'ES moyen préopératoire, à un mois (M1) puis à six mois (M6).

b) Meilleure acuité visuelle sans correction

La MAV habituelle est de 10/10ème. Toutefois, certains patients ont une AV à 12/10ème sans correction. Celle-ci était en moyenne à 12/10ème avec des extrêmes allant de 10/10ème à 15/10ème. L'AV avec correction préopératoire était plus basse quand la myopie était plus importante. Le tableau 6 résume l'AV moyenne corrigée et la figure 26 montre le gain en ligne d'AV en postopératoire. On observe que tous les patients ont gagné en AV en postopératoire.

Tableau 6: AV corrigée moyenne préopératoire, à M1 et à M6

	En préopératoire	M1	M6
AV avec correction En log Mar	-0.04+ / -0.03	0+ / -0.22	-0.1+ / -0.04
AV avec correction Échelle décimale	11/10 De 10/10 à 12/10	10/10 De 07/10 à 15/10	12/10 De 10/10 à 15/10

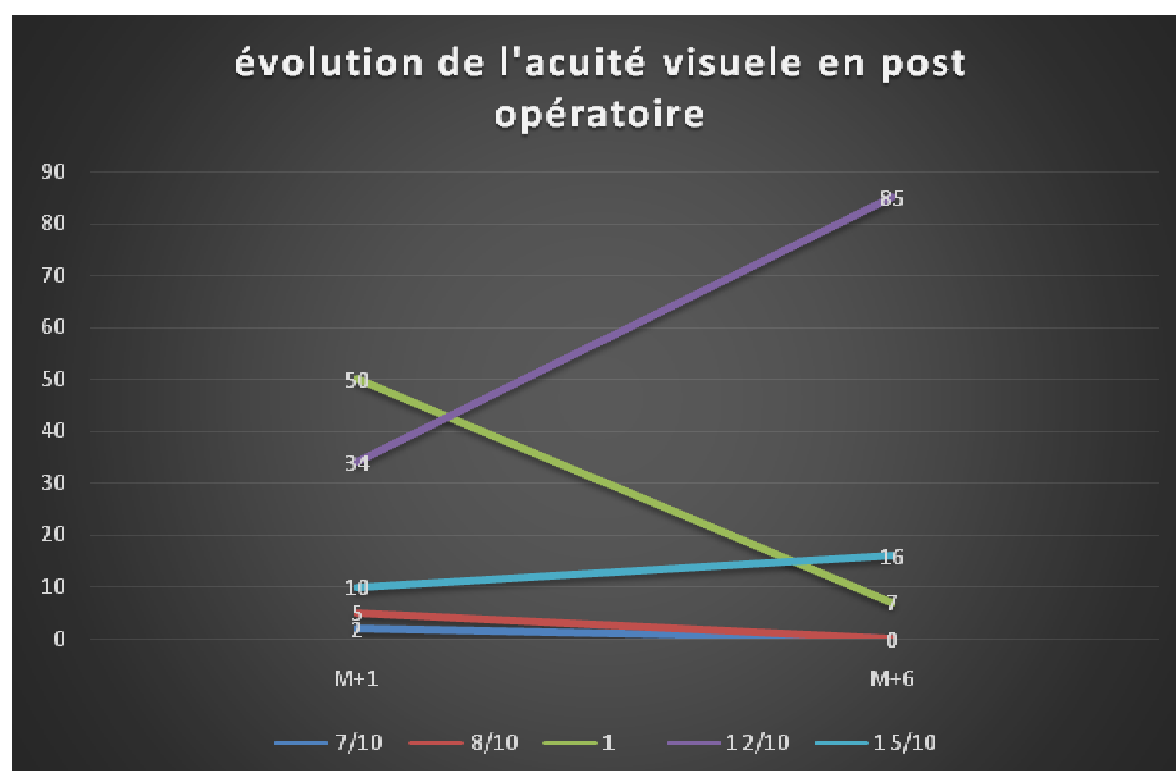


Figure 28: le gain en ligne d'AV en postopératoire

9. Résultats anatomiques

Le haze

Le haze reste peu important chez tous les patients avec une majorité de haze allant d'un grade de 0 à 0,5 à un mois (91.7%) suivi d'une disparition à 6 mois chez (61.5 %) des patients, 32.1 % des yeux avaient encore un haze à 0,5 à 6mois. (figure25).

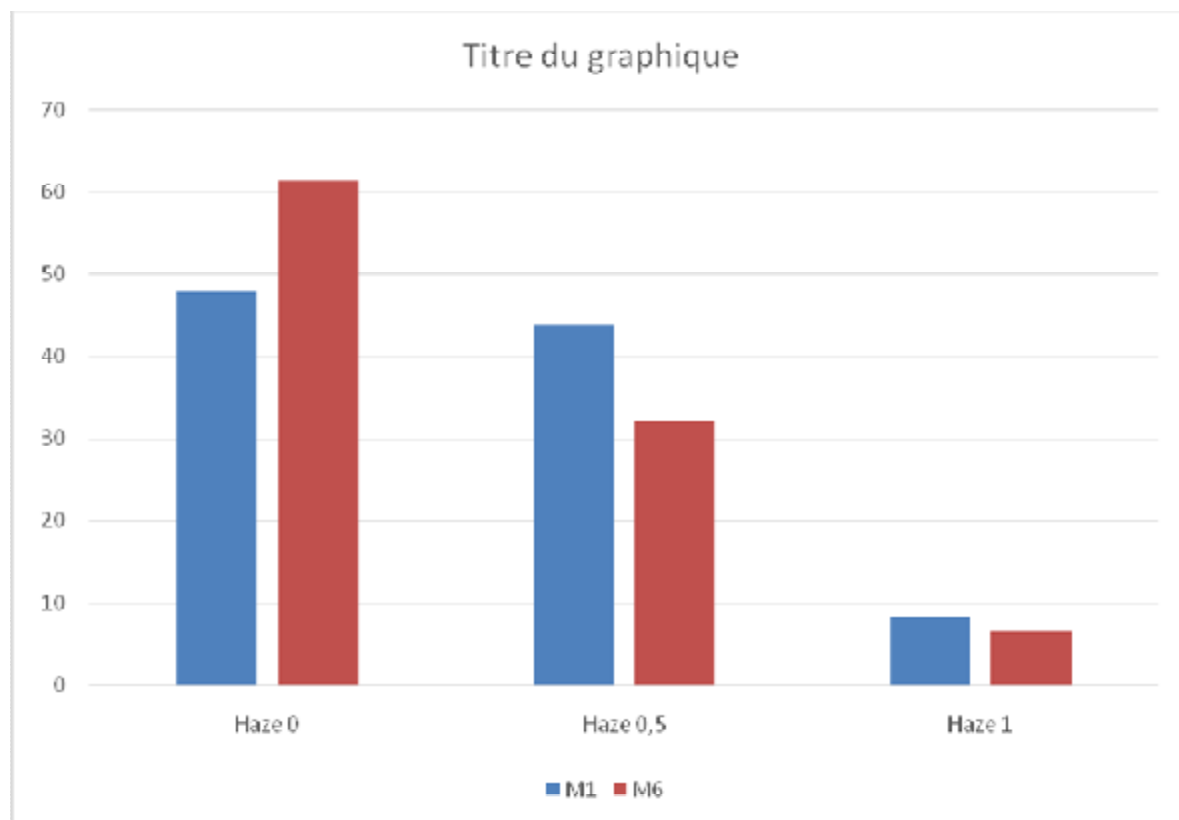


Figure 29: Représentation du haze à M1 et à M6 des patients

VII. Discussion

Ce travail confirme la jeunesse de la population à laquelle nous sommes confrontés, et c'est bien la première fois que l'on rencontre une technique chirurgicale s'adressant à autant d'individus, en comportant un taux d'incidents aussi bas. Les patients encore bien portants vont devoir prendre des décisions en pesant les avantages et les risques sur des éléments d'information qui leur sont livrés. Le patient doit souscrire à une promesse dont il ne saura si elle sera réalisée qu'après un acte opératoire non imposé. Ceci explique pourquoi la chirurgie réfractive a été pionnière en matière d'information, et ceux qui la pratiquent connaissent l'importance de rester constamment bien informés. L'affinement de la prévisibilité en médecine prédictive est donc un élément majeur de la qualité de l'information.

La prédominance du sexe féminin dans notre étude reflète l'impact esthétique et social du port de monture avec parfois des verres de forte myopie à retentissement psychologique et social, sur les femmes plus que les hommes. À l'inverse, d'autres études Floch et al. [47] ont trouvé une répartition hommes/femmes équitable, dans une société française où le port de lentille de contact est beaucoup plus accessible et répandu.

Il est important de noter qu'un nombre trop important de patients candidats (70 %) n'ont jamais porté de lentilles, et 50 % des patients ont une petite myopie ce qui confirme bien la motivation principale : le confort dans 67 % des cas dans notre série et 75 % dans celle de Floch et al[47].

Ceci revient à conclure que le patient considère la chirurgie réfractive comme une option de simplicité paraissant à ses yeux moins contraignante que le port des lentilles de contact.

Par conséquent, lors du premier entretien avec le patient candidat, il est important de lui souligner en premier lieu que, quel que soit le type de chirurgie, il peut toujours y avoir un risque aussi minime soit-il : halos, éblouissement, gêne en conduite de nuit... faisant partie des signes fonctionnels rapportés par les patients. Lui préciser peut-être dans un second temps que la meilleure qualité de vision obtenue actuellement avec ses lentilles ne sera peut-être pas aussi bonne après chirurgie même si l'on obtient une acuité visuelle satisfaisante.

Il ne faut pas omettre de l'avertir de l'irréversibilité des chirurgies proposées pour la plupart d'entre elles.

Par ailleurs, il est crucial d'informer le patient de toutes les alternatives possibles pour obtenir la correction souhaitée avec le maximum d'efficacité et le minimum de risque.

La chirurgie réfractive étant une chirurgie de convenance, la sélection et l'évaluation des patients sont fondamentales. Elles dépendent non seulement de critères médicaux et chirurgicaux, mais aussi, des attentes exprimées ou non. Quel est le meilleur résultat possible que le patient peut espérer, quels résultats peut-il accepter ?

Ainsi, la consultation est guidée par la probabilité du résultat attendu et le risque de complications.

Tous les médecins ont une obligation d'information et apportent en permanence et en toute chose des renseignements adéquats et pertinents au patient

lui permettant de fonder une sage décision. Le processus d'explication et d'éclairage repose sur le respect des règles professionnelles et de la morale ainsi que sur un savoir médical moderne.[48] les médecins doivent avoir une connaissance actualisée sur des faits probants et de tenir compte des souhaits et des préférences des patients (analyse décisionnelle). D'autant plus que seulement 30 % de nos patients avaient des connaissances sur leur chirurgie grâce à leur médecin traitant sans oublier que la plus pars de notre population sont des étudiants en médecine ou personnel médical et paramédical. Certes le patient décide seul de se faire opérer de chirurgie réfractive, mais la responsabilité de ceux qui conduisent médicalement le processus est engagée. La satisfaction du patient par rapport à ses attentes est cruciale. L'acquisition des données actuelles de la science est la base nécessaire à une information éthique situant les enjeux, sans rien omettre. L'information réfractive constitue une démarche dynamique et permanente tant ce champ chirurgical évolue vite et exige une mise à jour régulière des connaissances [49].

La chirurgie réfractive de convenance n'a logiquement aucune raison de comporter un renforcement du devoir d'information. Cette exigence existe déjà et de façon formalisée pour chaque acte médical. Avant tout chose, affirmons que la chirurgie réfractive procède absolument d'un défaut réfractif. Celui-ci est l'objectif thérapeutique et ne constitue pas une impression ou une résultante de l'opinion d'un tiers, rien ne rappelle la chirurgie esthétique. Le vice anatomique oculaire entraîne une gêne visuelle dont l'importance est variable et guide les possibilités thérapeutiques sans considération émotionnelle. Thérapeutique est le mot important, car la chirurgie réfractive supprime ou réduit une anomalie anatomique à composante fonctionnelle[49]. Le handicap n'est plus seulement, dans le domaine réfractif, une incapacité à bénéficier d'une capacité visuelle suffisante, mais aussi l'obligation d'utiliser une correction optique additionnelle et extrême.

Elle offre une place privilégiée au patient en le rendant responsable de la décision finale face aux différentes méthodes de compensation visuelle. Le caractère innovant des diversités techniques oblige plus que pour les autres actions chirurgicales, à procuré beaucoup d'explications méthodologiques, et à bien expliqué le sens des mots. Les craintes des patients sont augmentées lorsque l'œil est en cause. Enfin, le poids de la médiatisation de cette chirurgie influe sur les désirs des patients et doit d'autant plus renforcer l'irréprochabilité médicale.

Actuellement, la chirurgie réfractive cornéenne au laser excimer est la technique chirurgicale principale pour la correction de la myopie, cependant il ne faut pas oublier la particularité de cette chirurgie qui concerne des cornées saines, dans notre travail nous n'avons opéré que le quart des patients qui se sont proposés pour la chirurgie réfractive, nous avons opéré 27% de nos patients. Par rapport à 80 % dans une étude de Bamashmus et all (Yémen) [50] et 65 % dans l'étude de Hori-Komai et all au japan [51].

La pachymétrie fine a été la première cause pour laquelle les patients ont été récuse, vu le profil jeune de nos patients nous avons préféré choisir une pachymétrie cornéenne de 500 μm comme une limite de sécurité bien que d'autres études descendent à 450 μm , et que d'autre à 400 μm en respectant un mur postérieur de 250 μm ou 300 μm [52].

Nous n'avons opéré qu'une seule patiente dont la pachymétrie était à 480 μm avec une myopie de -1,5 D et une très forte motivation de la patiente.

Ainsi dans notre étude nous avons récuse 30 patients pour une pachymétrie <500 μm ce qui représente 36,1 % des patients non opérés ce chiffre est assez élevé en comparaison avec les autres études 11.87 % [52]. Ceci peut être expliqué d'abord

par le profil de cornée fine chez notre population par rapport aux autres comme le montre le tableau 7, et le choix de 500 μm comme limite.

Tableau 7: Comparaison de la pachymétrie centrale en fonction des différentes populations

Étude	Pachymétrie cornéenne centrale
Caucasien [53]	558,0 +/- 34,5
Coréenne[54]	530,9 +/- 31,5 (380-627)
Japan [55]	521 +/- 32 (430-595)
Égypte [56]	530 +/- 30,8 (330- 617)
Notre série	511,5 +/- 56,3 (316-616)

Selon ce tableau nous remarquons que les valeurs les plus élevées de pachymétrie sont celles des populations caucasienne et coréenne alors que dans notre population la valeur de pachymétrie est beaucoup plus mince

Les patients amblyopes 18 % (15 patients) avec une acuité visuelle inférieure à 10/10 aux deux yeux, même avec une topographie « normale » n'ont pas été opérés, bien que dans d'autres études comme celle de Gimbel et al[57], qui démontre la sécurité de la chirurgie de ces patients. Nous considérant qu'aucun examen à l'heure actuelle n'est capable d'affirmer avec certitude la normalité d'une cornée et que l'acuité visuelle est un élément important à prendre en considération dans l'opérabilité de ces cornées de patient dit amblyope. Ceci est partagé par d'autres études comme celle de de Liu et Yi [52] qui ont récusé 4 % de leur patient sur amblyopie.

Il a été plus judicieux d'attendre une stabilisation de la myopie chez certains patients dont la myopie évolue encore.

Pour ce qui est de l'hypermétropie, neuf patients hypermétropes se sont présenté à la consultation pour chirurgie réfractive, mais étant donné les résultats post opératoire et la non-satisfaction de ces patients et le profil jeune de nos patients dont le statut accommodatif est difficile à évaluer malgré la cycloplégie, nous avons préféré les surveiller et attendre quelque année avant d'envisager une chirurgie réfractive.

On s'est fixé comme limite supérieure 6 D de sphère en PKR, en raison du risque élevé de haze post opératoire, bien que beaucoup d'autres études peuvent aller jusqu'à 10 D en PKR avec mitomycine, mais pour l'instant avec un recul de 1 an on préfère s'arrêter à 6 D.

Cependant, seulement cinq patients ont été exclus vu leur forte kératométrie maximale <47 D dont 2 kératocônes non connus jusque-là, en effet le kératocône est une contre-indication formelle, bien que le kératocône typique est facilement diagnostiqué par une topographie cornéenne, un kératocône fruste peut passer inaperçu d'où l'intérêt du recueil d'un ensemble de données clinique et topographique.

Le syndrome sec est l'une des complications les plus fréquentes en chirurgie réfractive, ainsi les patients présentant un syndrome sec sur conjonctivite allergique pourraient être très gênés avec un retentissement réel sur la qualité de vie et le confort qui a été leurs motivations initiales principales, seulement trois de nos patients n'ont pas pu bénéficier de cette chirurgie à cause de l'état de leur surface oculaire.

On note aussi six patients qui malgré leur motivation initiale, après avoir été examiné avec le bilan pré opératoire avec les explications sur le déroulement de la chirurgie, ont changé d'avis par peur d'éventuelle répercussion sur leur santé oculaire, c'est pourquoi, le profil psychologique de ces malades est un facteur très important à prendre en compte dans l'indication thérapeutique et ne pas hésiter à récuser des malades qui hésite sur l'intérêt et le risque de cette chirurgie.

Le tableau 8 résume les différentes causes de la non-opérabilité des malades entre les différentes études, il faut noter que dans les autres études, il y avait des malades recusés pour glaucome, rétinopathie diabétique, cataracte, dystrophie cornéenne..., mais vu le profil jeune de notre population aucun patient ne présentait de pathologie oculaire autre que la myopie.

Tableau 8: Comparaison des causes de non-opérabilité des patients entre les différentes études

	Nombre de patients non opérer	Cornée fine	Amblyopie	Hypermétropie	Myopie forte	Kératocône ou cornée bombée	Anomalie de la surface	Manque de motivation	Réfraction instable
Liu et Yi[52] <i>Chine</i>	14,34 %	11,78 %	4,09 %		5,89 %	1 %	5,4 %	59,9 %	3,76 %
Ribeiro et al[58] <i>Brésil</i>	16,3 %	19,24 %	7,92 %	7,16 % xxx	14,3 % **	11,7 %			3,01 %
Bamashmus et al[50] <i>Yémen</i>	21 %	14,6 %		4,2 % xx	19,5 % *	28,3 %			
Hori-Komai et al[51] <i>Japan</i>	25.3%	8.2%		4.1%	20.7% **	6.4%			
Notre série	73 %	36,1 %	18 %	11 % x	9,6 %	6 %	3,7 %	9,6 %	6 %

* : forte myopie > -11D ** : forte myopie > -12D

x : Hypermétropie xx : Hypermétropie>4D xxx : Hypermétropie> 5D

CONCLUSION

L'examen préopératoire représente une démarche globale intégrant, depuis l'accueil du patient en consultation jusqu'à l'accueil du même patient au bloc opératoire, des capacités d'écoute, de questionnement et d'information, des compétences techniques garantes de la précision des mesures enregistrées au cours des différents examens, et des capacités de synthèse permettant d'aboutir à la juste indication. Le résultat de la chirurgie en dépend principalement.

Un dépistage minutieux réduit le risque d'avoir des résultats médiocres et atténue les frustrations pour le chirurgien réfractif et le patient. Les chirurgiens réfractifs devraient être méticuleux dans l'évaluation de la topographie cornéenne pour détecter des cornées à risque.

Si le bilan préopératoire du patient présente des éléments compromettant un bon résultat postopératoire en matière de confort et de qualité visuelle satisfaisante, le chirurgien devrait conseiller le patient et lui proposer toutes les autres méthodes réfractives.

Même avec un examen attentif des indications et des contre-indications du LASIK et de la PKR, certains patients peuvent développer des complications, et être satisfaits s'ils étaient prévenus et bien avisés.

ANNEXES

BILAN PRE CHIRURGIE

		Œil droit	Œil gauche
ORBSCAN	BFS postérieur < 55D	D	D
	BFS postérieure – BFS antérieur < 10D	D	D
	Différence entre BFS et l'élévation postérieure < 0.05mm (50 µm)	µm	µm
	Pachymétrie apex – pachymétrie minimale < 15 µm	µm	µm
	Pachymétrie minimale > 500µm	µm	µm
	La moyenne des pachymetries située à 7mm –pachymétrie minimale < 100 µm	µm	µm
	Kératométrie I-S (3mm) < 3D	D	D
	Mean power (3mm) < 46D	D	D
	« Irreg » (3mm) < 1.5 D	D	D
	« Irreg » (5mm) < 2 D	D	D
	K max < 47 D	D	D
ABERROMETRIE	Dans les 5 mm	µm	µm
	Dans les 6 mm	µm	µm
Pupillométrie	Mésopique	mm	mm
	Scotopique	mm	mm
SCORE de Gatinel			

CHIRURGIE

La technique chirurgicale utilisée :

L'œil droit

PKR ☐ PROSCAN ☐ Avec Mitomycine C ☐

Protocol et dilution :
Sans Mitomycine C ☐

ZYOPTIX HD ☐

LASIK ☐

La désépithélialisation:

Mécanique ☐

PTK ☐

A l'alcool ☐

Diamètre de la zone désépithélialisée : mm

Les paramètres du laser :

La zone optique : mm

La zone traitée : mm/ mm

L'épaisseur du volet : µm

Le stroma résiduel : µm

Le maximum d'ablation : µm

L'ablation centrale : µm

La durée des impulsions : s

L'œil gauche

PKR ☐ PROSCAN ☐ Avec Mitomycine C ☐

Protocol et dilution :
Sans Mitomycine C ☐

ZYOPTIX HD ☐

LASIK ☐

Mécanique ☐

PTK ☐

A l'alcool ☐

Diamètre de la zone désépithélialisée : mm

La zone optique : mm

La zone traitée : mm/ mm

L'épaisseur du volet : µm

Le stroma résiduel : µm

Le maximum d'ablation : µm

L'ablation centrale : µm

La durée des impulsions : s

Le suivi post-opératoire :

L'intensité des phénomènes inflammatoires : J+1 J+ J+

Larmoiement important : ☐

Photophobie : ☐

Inflammation palpébrale : ☐

Résolution de la symptomatologie : à J+

La cicatrisation épithéliale :

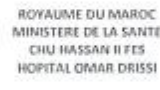
	J+	J+	J+	J+	J+	J+
AV en ODG						

OD	J+	J+	J+	J+	J+	J+
Réfraction						
la cornée						
Kératometrie						

OG	J+	J+	J+	J+	J+	J+
Réfraction						
la cornée						
Kératometrie						

Remarque :

B. La fiche d'information aux patients candidats à la chirurgie réfractive



ROYAUME DU MAROC
MINISTÈRE DE LA SANTÉ
CHU HASSAN II FES
HOPITAL OMAR DRISSI
SERVICE D'OPHTHALMOLOGIE

**FICHE D'INFORMATION AUX PATIENTS CANDIDATS A UNE CORRECTION CHIRURGICALE DES
TROUBLES DE LA REFRACTION AU LASER EXCIMER**

Madame, Mademoiselle, Monsieur,

Vous présentez une anomalie de la réfraction que votre ophtalmologiste vous propose de traiter par une chirurgie réfractive au laser. Cette fiche contient l'information sur l'opération qui vous est proposée ainsi que les précautions à prendre avant au cours et après la chirurgie.

Les anomalies optiques de l'œil :

Dans un œil normal, le trajet des rayons lumineux est modifié par la cornée et le cristallin pour lui permettre de converger vers la rétine. L'œil myope étant trop long, les rayons lumineux convergent en avant de la rétine. L'œil hypermétrope est trop court et les rayons lumineux convergent en arrière de la rétine. L'œil astigmatique présente des anomalies de courbure cornéenne qui créent des distorsions de l'image rétinienne à toutes les distances. L'œil presbyte ne distingue pas clairement les objets proches.

Pourquoi opérer par chirurgie réfractive au laser?

La chirurgie au laser consiste à modifier la forme de la cornée ce qui permet de modifier le trajet des rayons lumineux. Elle est destinée à corriger la myopie, l'hypermétropie l'astigmatisme et la presbytie.

L'opération réfractive au laser :

L'intervention est réalisée alors que le patient est installé sur le dos en milieu chirurgical.

- Hospitalisation : l'opération ne nécessite pas d'hospitalisation.
- Anesthésie : l'opération se pratique sous anesthésie locale par instillation de collyre.
- Technique opératoire : différentes techniques chirurgicales au laser peuvent être proposées. La méthode la plus adaptée à votre cas particulier sera choisie avec votre chirurgien.

On distingue :

1. La photo ablation au laser Excimer de surface (PKR) : Après un pelage de la couche superficielle, les impacts de laser sont appliqués sur la surface de la cornée. En fin d'intervention une lentille thérapeutique ou un pansement est mis en place. Cette technique est pratiquée depuis les années 1990. Elle peut maintenant être associée dans certains cas à des traitements pharmacologiques ou physiques.

2. La photo ablation au laser Excimer dans l'épaisseur de la cornée (Lasik) : Dans cette méthode, le laser est appliqué dans l'épaisseur de la cornée après découpe chirurgicale d'un volet de tissu cornéen qui est remis en place en fin d'intervention. L'opération Lasik est pratiquée depuis les années 1990.

Quelques recommandations :

Avant l'intervention :

- Il faut impérativement arrêter le port des lentilles au moins 72 heures avant l'intervention.
- Eviter tout maquillage des paupières ou des cils la veille et le jour de l'intervention.
- Il est préférable d'être accompagné, ou de repartir au taxi, car il n'est pas possible de conduire son véhicule tout de suite après l'intervention et jusqu'au contrôle post opératoire.
- Manger légèrement avant l'intervention.
- Arriver détendu. L'intervention n'est pas douloureuse.
- S'habiller amplement et légèrement (pas de pull, ni cravate...) pour être à l'aise sur la table opératoire.
- Prendre une douche pré opératoire à la Bétadine mousseuse.

Pendant l'intervention :

- Ne pas croiser les jambes, garder les bras le long du corps.
- Lorsque le chirurgien vous le demande, effectuer les mouvements oculaires le plus doucement possible pendant l'opération.

Après l'intervention :

L'évolution postopératoire habituelle dépend de la technique chirurgicale employée

1. En cas de laser excimer de surface : Dans la très grande majorité des cas, l'œil opéré est douloureux pendant environ 3 jours. La récupération de la vision est rapidement progressive dès la première semaine. Les soins locaux sont réduits à l'instillation de goutte associée à la prise éventuelle de comprimés contre la douleur. Les modalités et la durée du port de la lentille thérapeutique vous seront précisées par votre chirurgien.
2. Le laser intrastromal Excimer (Lasik) et la chirurgie au laser Femtoseconde Dans la très grande majorité des cas, l'œil opéré est peu ou pas douloureux. La récupération visuelle est très rapide. Les soins locaux sont réduits à l'instillation de gouttes.

- Le jour de l'opération :

- Rentrez chez vous rapidement pour se mettre au calme et prendre le traitement post opératoire.
- Suivre l'ordonnance post opératoire : commencer les collyres 4 heures après l'intervention.
- Repas légers
- Eviter si possible de cuisiner après l'intervention : fumée et odeurs de cuisine pouvant irriter l'œil opéré.
- Eviter de jouer avec des enfants
- Pas de conduite automobile, vélomoteur ou vélo.
- Pas de savon dans l'œil, no shampoing, douche prudente possible.
- Ne pas aller chez le coiffeur, Pas de maquillage.
- Lunettes avec verres teintés et filtre UV.

- Les jours suivants :

- Télévision et cinéma possibles, travail au bureau autorisé
- Sport non dangereux permis (jogging, gymnastique, yoga, vélo d'appartement)
- Maquillage facial possible, mais pas les paupières ni la racine des cils.
- Eviter les fortes luminosités, ne pas se frotter les yeux ou les paupières.
- En fonction de la récupération ; conduite d'un véhicule à 4 roues possible le jour. Eviter l'air conditionné.
- Si voyage en train ou en avion : instiller un lubrifiant 2 à 3 fois par heure.

- La semaine suivante :

- Se protéger des fortes luminosités. Eviter la conduite prolongée de nuit.
- Maquillage des paupières possible.
- Sport statique autorisé : golf, haltères...

- Le mois suivant :

- La majorité des sports sont permis sauf la chute libre, la plongée e apnée ou très profonde.
- Protection des UV conseillée.
- Pas de frottement intensif des paupières ou des yeux.

REFERENCE

BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] S. L. Trokel, R. Srinivasan, et B. Braren, « Excimer laser surgery of the cornea », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 96, n° 6, p. 710-715, déc. 1983.
- [2] H. Saraux, *Anatomic et histologic de l'oeil*. paris: Masson, 1982.
- [3] C. Allouch-Nahmias *et al.*, « Anatomie de la cornée », *EMC - Ophtalmol.*, vol. 8, n° 3, p. 1-16, janv. 2011.
- [4] J. Olver, « Anatomie et physiologie du système lacrymal », *EMC - Ophtalmol.*, vol. 3, n° 1, p. 1-18, janv. 2006.
- [5] R. A. Thoft et J. Friend, « The X, Y, Z hypothesis of corneal epithelial maintenance », *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, vol. 24, n° 10, p. 1442-1443, oct. 1983.
- [6] G. Renard, M. Montanez-Mendoza, M. Savoldelli, et Y. Pouliquen, « [Scanning microscopy study of the corneal epithelium. Relation of various aspects to the lacrimal film] », *J. Fr. Ophtalmol.*, vol. 6, n° 8-9, p. 697-705, 1983.
- [7] A. A. Khodadoust, A. M. Silverstein, K. R. Kenyon, et J. E. Dowling, « Adhesion of Regenerating Corneal Epithelium: The Role of Basement Membrane », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 65, n° 3, p. 339-348, mars 1968.
- [8] L. J. Müller, E. Pels, et G. F. Vrensen, « The specific architecture of the anterior stroma accounts for maintenance of corneal curvature », *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 85, n° 4, p. 437-443, avr. 2001.
- [9] T. Nishida, K. Yasumoto, T. Otori, et J. Desaki, « The network structure of corneal fibroblasts in the rat as revealed by scanning electron microscopy. », *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, vol. 29, n° 12, p. 1887-1890, déc. 1988.
- [10] J.-J. Saragoussi, Y. Pouliquen, M. Assouline, et Société française d'ophtalmologie, *Chirurgie réfractive*. Paris: Masson, 2001.

- [11] R. Srinivasan et E. Sutcliffe, « Dynamics of the ultraviolet laser ablation of corneal tissue », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 103, n° 3 Pt 2, p. 470-471, mars 1987.
- [12] C. R. Munnerlyn, S. J. Koons, et J. Marshall, « Photorefractive keratectomy: a technique for laser refractive surgery », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 14, n° 1, p. 46-52, janv. 1988.
- [13] P. Fagerholm, « Wound healing after photorefractive keratectomy », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 26, n° 3, p. 432-447, mars 2000.
- [14] C. A. McCarty, G. F. Aldred, et H. R. Taylor, « Comparison of results of excimer laser correction of all degrees of myopia at 12 months postoperatively. The Melbourne Excimer Laser Group », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 121, n° 4, p. 372-383, avr. 1996.
- [15] M. A. Woodward et H. F. Edelhauser, « Corneal endothelium after refractive surgery », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 37, n° 4, p. 767-777, avr. 2011.
- [16] F. Carones, R. Brancato, E. Venturi, et L. Vigo, « The human corneal endothelium after myopic excimer laser photorefractive keratectomy immediate to one-month follow-up », *Eur. J. Ophthalmol.*, vol. 5, n° 4, p. 204-213, déc. 1995.
- [17] T. Hata et R. Sugawara, « Mitomycin, a new antibiotic from Streptomyces. II. Description of the strain », *J. Antibiot. (Tokyo)*, vol. 9, n° 4, p. 147-151, juill. 1956.
- [18] F. Carones, L. Vigo, E. Scandola, et L. Vacchini, « Evaluation of the prophylactic use of mitomycin-C to inhibit haze formation after photorefractive keratectomy », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 28, n° 12, p. 2088-2095, déc. 2002.

- [19] P. A. Majmudar *et al.*, « Topical mitomycin-C for subepithelial fibrosis after refractive corneal surgery », *Ophthalmology*, vol. 107, n° 1, p. 89-94, janv. 2000.
- [20] J. H. Talamo, S. Gollamudi, W. R. Green, Z. De La Cruz, V. Filatov, et W. J. Stark, « Modulation of corneal wound healing after excimer laser keratomileusis using topical mitomycin C and steroids », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 109, n° 8, p. 1141-1146, août 1991.
- [21] I. Kremer, M. Ehrenberg, et S. Levinger, « Delayed epithelial healing following photorefractive keratectomy with mitomycin C treatment », *Acta Ophthalmol. (Copenh.)*, vol. 90, n° 3, p. 271-276, mai 2012.
- [22] N. Nassiri, S. Farahangiz, M. Rahnavardi, L. Rahmani, et N. Nassiri, « Corneal endothelial cell injury induced by mitomycin-C in photorefractive keratectomy: nonrandomized controlled trial », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 34, n° 6, p. 902-908, juin 2008.
- [23] S. V. Patel et W. M. Bourne, « Corneal endothelial cell loss 9 years after excimer laser keratorefractive surgery », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 127, n° 11, p. 1423-1427, nov. 2009.
- [24] L. de Benito-Llopis, M. A. Teus, et M. Ortega, « Effect of mitomycin-C on the corneal endothelium during excimer laser surface ablation », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 33, n° 6, p. 1009-1013, juin 2007.
- [25] C. Gambato, S. Miotto, M. Cortese, A. Ghirlando, D. Lazzarini, et E. Midena, « Mitomycin C-assisted photorefractive keratectomy in high myopia: a long-term safety study », *Cornea*, vol. 30, n° 6, p. 641-645, juin 2011.
- [26] M. A. Teus, L. de Benito-Llopis, et J. L. Alió, « Mitomycin C in corneal refractive surgery », *Surv. Ophthalmol.*, vol. 54, n° 4, p. 487-502, août 2009.

- [27] A. Sugar *et al.*, « Laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism: safety and efficacy: a report by the American Academy of Ophthalmology », *Ophthalmology*, vol. 109, n° 1, p. 175-187, janv. 2002.
- [28] F. J. Goes, « Photorefractive keratectomy for myopia of -8.00 to -24.00 diopters », *J. Refract. Surg. Thorofare NJ* 1995, vol. 12, n° 1, p. 91-97, févr. 1996.
- [29] J.-J. Saragoussi et J.-L. Arné, *Chirurgies de la réfraction*. Issy-les-Moulineaux: Masson, 2006.
- [30] F. Malet, M.-N. George, F. Vayr, Y. Pouliquen, et Société française d'ophtalmologie, *Les lentilles de contact [rapport présenté à la] Société française d'ophtalmologie*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier, Masson, 2009.
- [31] J. J. Rowsey, A. E. Reynolds, et R. Brown, « Corneal topography. Corneascopes », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill* 1960, vol. 99, n° 6, p. 1093-1100, juin 1981.
- [32] D. Gatinel et J. Colin, *Topographie cornéenne*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson, 2011.
- [33] O Touzeau, Allouch C, Borderie V, et Laroche L, « Topographie d'élévation et analyse du segment antérieur par balayage d'une fente lumineuse (Orbscan) », *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS. Masson, Paris, 2001.*
- [34] X. Li, H. Yang, et Y. S. Rabinowitz, « Keratoconus: classification scheme based on videokeratography and clinical signs », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 35, n° 9, p. 1597-1603, sept. 2009.
- [35] Y. S. Rabinowitz et P. J. McDonnell, « Computer-assisted corneal topography in keratoconus », *Refract. Corneal Surg.*, vol. 5, n° 6, p. 400-408, déc. 1989.

- [36] Y. S. Rabinowitz et K. Rasheed, « KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 25, n° 10, p. 1327-1335, oct. 1999.
- [37] N. B. CASSETTE Studio, « SCORE Analyzer - Docteur Damien Gatinel ». .
- [38] S. Marcos, « Aberrometry: basic science and clinical applications », *Bull. Soc. Belge Ophthalmol.*, n° 302, p. 197-213, 2006.
- [39] G. R. Mello, K. M. Rocha, M. R. Santhiago, D. Smadja, et R. R. Krueger, « Applications of wavefront technology », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 38, n° 9, p. 1671-1683, sept. 2012.
- [40] H. Proust et L. Hoffart, « Chirurgie réfractive cornéenne. Traitement de surface », *EMC - Ophthalmol.*, vol. 10, n° 1, p. 1-6, janv. 2013.
- [41] A. Reynolds, J. E. Moore, S. A. Naroo, C. B. T. Moore, et S. Shah, « Excimer laser surface ablation - a review », *Clin. Experiment. Ophthalmol.*, vol. 38, n° 2, p. 168-182, mars 2010.
- [42] R. E. Braunstein, S. Jain, R. L. McCally, W. J. Stark, P. J. Connolly, et D. T. Azar, « Objective measurement of corneal light scattering after excimer laser keratectomy », *Ophthalmology*, vol. 103, n° 3, p. 439-443, mars 1996.
- [43] R. B. Vajpayee, C. A. McCarty, G. F. Aldred, et H. R. Taylor, « Undercorrection after excimer laser refractive surgery. Excimer Laser Group », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 122, n° 6, p. 801-807, déc. 1996.
- [44] T. Seiler, A. Holschbach, M. Derse, B. Jean, et U. Genth, « Complications of myopic photorefractive keratectomy with the excimer laser », *Ophthalmology*, vol. 101, n° 1, p. 153-160, janv. 1994.

- [45] D. P. O'Brart, C. P. Lohmann, F. W. Fitzke, S. E. Smith, M. G. Kerr-Muir, et J. Marshall, « Night vision after excimer laser photorefractive keratectomy: haze and halos », *Eur. J. Ophthalmol.*, vol. 4, n° 1, p. 43-51, mars 1994.
- [46] Z. Z. Nagy, R. R. Krueger, et I. Süveges, « Photorefractive keratectomy for astigmatism with the Meditec MEL 60 laser », *J. Refract. Surg. Thorofare NJ* 1995, vol. 17, n° 4, p. 441-453, août 2001.
- [47] G. S. L. Floch, B. Cochener, P. L. Jacq, et J. Colin, « Motivation des patients candidats à une chirurgie réfractive »,
/data/revues/01815512/00240002/147/, mars 2008.
- [48] C. Béraud, « [Patients' needs and quality of care] », *Rev. Epidemiol. Sante Publique*, vol. 46, n° 5, p. 345-349, nov. 1998.
- [49] D. A. Lebuissou, « [Reflections on patient information] », *J. Fr. Ophtalmol.*, vol. 22, n° 6, p. 623-625, juill. 1999.
- [50] M. A. Bamashmus, M. F. Saleh, et M. A. Awadalla, « Reasons for not performing keratorefractive surgery in patients seeking refractive surgery in a hospital-based cohort in "yemen" », *Middle East Afr. J. Ophthalmol.*, vol. 17, n° 4, p. 349-353, oct. 2010.
- [51] Y. Hori-Komai, I. Toda, N. Asano-Kato, et K. Tsubota, « Reasons for not performing refractive surgery », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 28, n° 5, p. 795-797, mai 2002.
- [52] X. Liu et C. Yi, « Analysis of the reasons for not undergoing laser corneal refractive surgery in 611 patients », *Cell Biochem. Biophys.*, vol. 61, n° 3, p. 711-714, déc. 2011.

- [53] F. A. La Rosa, R. L. Gross, et S. Orengo-Nania, « Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill* 1960, vol. 119, n° 1, p. 23-27, janv. 2001.
- [54] Y. H. Hwang, H. K. Kim, Y. H. Sohn, et Namil Study Group, Korean Glaucoma Society, « Central corneal thickness in a Korean population: the Namil Study », *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, vol. 53, n° 11, p. 6851-6855, oct. 2012.
- [55] A. Tomidokoro, M. Araie, A. Iwase, et Tajimi Study Group, « Corneal thickness and relating factors in a population-based study in Japan: the Tajimi study », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 144, n° 1, p. 152-154, juill. 2007.
- [56] E. M. Mostafa, « Central corneal thickness in southern Egypt », *Int. Ophthalmol.*, vol. 34, n° 4, p. 809-815, août 2014.
- [57] H. V. Gimbel, J. A. van Westenbrugge, E. E. Penno, M. Ferensowicz, G. A. Feinerman, et R. Chen, « Simultaneous bilateral laser in situ keratomileusis: safety and efficacy », *Ophthalmology*, vol. 106, n° 8, p. 1461-1467; discussion 1467-1468, août 1999.
- [58] A. L. P. Ribeiro, P. Schor, N. Allemann, W. Chamon, et M. S. de Q. Campos, « Reasons not to select patients for corneal refractive surgery », *Arq. Bras. Oftalmol.*, vol. 65, n° 4, p. 463-466, août 2002.