

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Oran 1, Ahmed Ben Bella

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Thème : Influence des paupières sur la topographie cornéenne

Réalisé Par

Mohamed Serouri Kheira _ Henni Fatima Zohra

Projet présenté à l'Institut des sciences et techniques appliquées

En vue de l'obtention du diplôme de Master optométrie

Soutenu le 21 Juin 2026 devant le jury composé de :

Dr Guernazi Daoud

Président

Pr Derdour Mohamed Amine

Examineur

Dr Ouzzani Mhamed

Encadreur

Le 21 juin 2026

Remerciements :

Nous remercions avant tout Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage nécessaires pour mener ce travail à terme.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur pour son accompagnement, ses précieux conseils, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons également notre gratitude aux enseignants et au personnel des différents centres et cliniques ayant contribué à la réalisation de cette étude, ainsi qu'à toutes les personnes ayant participé à ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à nos familles et à nos proches pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur confiance durant tout notre parcours universitaire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Table des matières

Remerciements :	2
Table des matières	3
Résumé :	6
Abstract :	6
:الملخص	7
Liste des abréviations :	8
Introduction générale :	9
Partie théorique	10
Chapitre I	11
Introduction :	12
I. Anatomie des paupières :	12
I.1. Définition :	12
I.2. Le tarse :	13
I.3. Le muscle élévateur de la paupière supérieure :	13
I.4. Les muscles tarsal supérieur et tarsal inférieur :	13
I.5. Le muscle orbiculaire de l'œil :	14
II. Mécanismes physiologiques du tonus palpébral :	14
Conclusion :	15
Chapitre II	16
Introduction :	17
I. Définition :	17
II. Méthode d'évaluation du tonus palpébral :	17
II.1. Observation clinique du tonus palpébrale :	17
II.1.1. Tests manuels des paupières :	19
II.1.2. Examen du tonus palpébral par palpation :	19
II.1.3. Test de fermeture forcée :	19
II.1.4. Examen de la levée active de la paupière :	20
II.1.5. Essai de mobilité en horizontal et en vertical :	20
II.1.6. Mesures palpébrales :	20
II.1.7. Évaluation de la fente palpébrale (PFH) :	20
II.1.8. Amplitude et élasticité des paupières :	21
III. Tonus palpébrale normale :	21

III.1. Caractéristiques cliniques du tonus des paupières normal :	21
III.2. Fonction du tonus palpébral :	21
IV. Tonus palpébral rigide :	22
IV.1. Origines du tonus palpébral rigide :	22
IV.2. Signes cliniques d'un tonus palpébral rigide :	22
IV.3. Effets fonctionnels sur la surface de l'œil :	24
Conclusion :	24
Chapitre III	25
Introduction :	26
I. Rappels anatomiques de la cornée :	26
II. Le topographe cornéen :	26
II.1. Topographie par réflexion spéculaire (Placido) :	27
II.2. Topographie par caméra rotative Scheimpflug :	27
II.3. Les principes de la topographie cornéenne :	28
II.4. Principe de référence (Best Fit Sphère) :	28
III. La pachymétrie cornéenne :	29
III.1. Pachymétrie par topographie cornéenne :	29
III.2. Paramètres topographiques analysés :	29
Conclusion :	31
Chapitre IV	32
Introduction :	33
I. Mécanismes biomécaniques d'interaction :	33
I.1. Mécanismes biomécaniques principaux :	34
II. Facteurs influençant la biomécanique :	34
III. Tonus palpébrale et remodelage cornéen :	35
IV. Largeur de la fente palpébrale et remodelage cornéen :	35
Conclusion :	35
Partie pratique	37
Introduction :	38
I. Objectif de l'étude :	38
II. Hypothèse de travail :	38
III. Matériels et méthodes :	38
III.1. Méthode :	38
III.2. Matériel utilisé :	39

III.2.1. Fiche clinique :	39
III.2.2. La lampe à fente :	40
III.2.3. Topographe cornéen de Placido :	41
III.2.4. Topographe d'élévation :	41
III.2.5. Évaluation de l'ouverture des paupières :	43
III.2.6.Excel :	43
III.2.7. T test calculateur :	44
IV. Méthodologie :	44
IV.1. Critères d'inclusion :	45
IV.2. Critères d'exclusion :	45
IV.3. Position du patient :	45
IV.4. Réalisation des mesures topographiques :	45
IV.5. Analyse de données statistiques :	46
IV.5.1. Kératométrie :	46
IV.5.2. Astigmatisme	48
IV.5.3. AVG	50
IV.5.4. KPI.....	51
IV.5.5. SAI.....	52
IV.5.6. BFS	53
IV.5.7. P FACTOR.....	54
IV.5.8.Excentricité E :	55
IV.5.9. Asphéricité Q :	56
IV.5.10. Fente palpébrale :	57
IV.5.11. SI :	59
IV.5.12. K1 fente étroite tonus normale et K1 de fente large tonus normale :	60
IV.5.13. K1 fente étroite tonus rigide et k1 fente large tonus rigide :	60
IV.5.14. K1 fente étroite tonus rigide moins k1 fente normale tonus normale :	61
IV.5.15. Discussion :	62
Conclusion :	65
Conclusion générale :	66
Bibliographie :	68
Liste des figures :	70

Résumé :

Ce travail de recherche se penche sur l'examen de l'impact du tonus palpébral sur la configuration cornéenne ainsi que sur la fonction biomécanique des paupières dans les changements de la surface cornéenne. Nous avons initialement exposé les fondements anatomiques et physiologiques des paupières, suivis des diverses techniques cliniques employées pour juger du tonus palpébral, entre autres, l'examen clinique, la palpation et l'évaluation de la fissure palpébrale.

Nous avons par la suite exposé les notions fondamentales de la topographie cornéenne et les paramètres primordiaux examinés pour juger de la courbure, de la régularité et des asymétries cornéennes. La recherche théorique a démontré que les paupières appliquent constamment une pression mécanique sur la surface de l'œil, particulièrement lors du clignement, et que cette pression peut graduellement modifier la forme de la cornée. Certaines irrégularités topographiques et modifications de l'astigmatisme cornéen peuvent être favorisées par un tonus palpébral rigide ou une fente palpébrale étroite.

Pour la phase pratique, nous avons conduit une recherche expérimentale impliquant 116 participants, recrutés à partir de divers centres. L'évaluation a inclus une inspection clinique des paupières, ainsi qu'une étude topographique cornéenne effectuée à l'aide d'un topographe Placido et d'un système Scheimpflug. On a procédé à une analyse statistique des données collectées pour examiner les liens entre les traits palpébraux et les éléments de la topographie cornéenne.

Les résultats mettent en exergue l'importance de tenir compte du tonus palpébral lors de l'analyse des examens topographiques en clinique optométrique, y compris lors l'évaluation des irrégularités cornéennes et l'ajustement des lentilles de contact.

Abstract :

This research work examines the impact of eyelid tone on corneal configuration as well as the biomechanical function of the eyelids in changes to the corneal surface. We initially presented the anatomical and physiological foundations of the eyelids, followed by the various clinical techniques used to assess eyelid tone, including clinical examination, palpation, and evaluation of the palpebral fissure.

We then presented the fundamental concepts of corneal topography and the primary parameters examined to assess curvature, regularity, and corneal asymmetries. Theoretical research has shown that the eyelids constantly apply mechanical pressure on the surface of the eye, particularly during blinking, and that this pressure can gradually alter the shape of the cornea. Some topographic irregularities and changes in corneal astigmatism can be favored by rigid eyelid tone or a narrow palpebral fissure.

For the practical phase, we conducted an experimental study involving 116 participants, recruited from various centers. The evaluation included a clinical inspection of the eyelids, as well as a corneal topographic study conducted using a Placido topographer and a Scheimpflug system. A statistical analysis of the collected data was conducted to examine the links between eyelid features and elements of corneal topography.

The results highlight the importance of considering eyelid tone when analyzing topographic examinations in optometric clinics, including during the evaluation of corneal irregularities and the fitting of contact lenses.

: الملخص

يركز هذا العمل البحثي على دراسة تأثير نغمة الجفن على تكوين القرنية وكذلك على الوظيفة الميكانيكية الحيوية للجفون في تغيرات سطح القرنية. لقد قدمنا في البداية الأسس التشريحية والفسيولوجية للجفون، تليها التقنيات السريرية المختلفة المستخدمة للحكم على نغمة الجفن، بما في ذلك الفحص السريري والجس وتقييم الشق الجفني.

ثم قدمنا المفاهيم الأساسية لتضاريس القرنية والمعايير البدائية التي تم فحصها للحكم على الانحناء والانتظام وعدم تناسق القرنية. أظهرت الأبحاث النظرية أن الجفون تطبق ضغطاً ميكانيكياً مستمراً على سطح العين، خاصة أثناء الرمش، ويمكن لهذا الضغط أن يغير شكل القرنية تدريجياً. قد يتم تعزيز بعض المخالفات الطبوغرافية والتغيرات في الاستجماتيزم القرني عن طريق توتر الجفن الصلب أو الشق الجفني الضيق.

وفي المرحلة العملية، أجرينا بحثاً تجريبياً شمل 116 مشاركاً تم تجنيدهم من مراكز مختلفة. وتضمن التقييم فحصاً سريرياً للجفون، بالإضافة إلى دراسة طبوغرافية للقرنية باستخدام جهاز طبوغرافيا بلاسيديو ونظام شيمبفلوج. تم إجراء تحليل إحصائي للبيانات التي تم جمعها لفحص الروابط بين السمات الجفنية والسمات الطبوغرافية للقرنية.

وتسلط النتائج الضوء على أهمية الأخذ بعين الاعتبار قوة الجفن أثناء تحليل الفحوصات الطبوغرافية في العيادة البصرية، بما في ذلك عند تقييم عدم انتظام القرنية وتركيب العدسات اللاصقة.

Liste des abréviations :

TPN : tonus palpébral normal

TPR : tonus palpébral rigide

K1 : le méridien le plus plat

K2 : le méridien le plus cambré

AVG : averagy keratometry (kératométrie moyenne)

Kmax : Kératométrie maximale

SimK : Kératométrie simulée

I-S : Inferior-Superior

Q : Coefficient d'asphéricité

E : excentricité

IAS : Indice d'asymétrie de surface

KPI : Indice de prédiction du kératocône

KSI : Keratoconus severity index

KCI : Indice de classification du kératocône

DSI : differential sector index

PS : profil Shape

FPH : fente palpébrale horizontale

P factor : facteur de forme globe de cornée

BFS : best fit Sphere

Ddl : degrés de liberté

Sem : standard error of te mean

T : la statistique de student

Introduction générale :

La topographie cornéenne est un examen essentiel en optométrie clinique. Elle permet d'analyser avec précision la courbure et la régularité de la cornée et joue un rôle majeur dans l'adaptation des lentilles de contact, le dépistage des anomalies cornéennes et le suivi des patients avant et après certains traitements. Cependant, la forme de la cornée n'est pas uniquement liée à ses caractéristiques propres ; elle peut également être influencée par des facteurs mécaniques externes, notamment les paupières.

Les paupières exercent en permanence une action mécanique sur la surface cornéenne, aussi bien au repos que lors du clignement. Cette action contribue à la répartition du film lacrymal et peut modifier la courbure cornéenne au fil du temps. Plusieurs études cliniques ont montré que la position et la pression exercée par les paupières peuvent influencer certains paramètres topographiques, en particulier l'astigmatisme et les irrégularités cornéennes.

La notion de pression palpébrale chronique est particulièrement importante dans ce contexte. Selon le tonus palpébral, la force appliquée sur la cornée peut varier. Un tonus palpébral faible peut être associé à une laxité des tissus palpébraux, entraînant une moindre stabilité de la surface oculaire et des irrégularités topographiques. À l'inverse, un tonus palpébral rigide peut provoquer une pression excessive sur certaines zones de la cornée, favorisant des modifications de la courbure, notamment sous forme d'astigmatisme induit.

Ainsi, la problématique de ce mémoire est la suivante :

Comment le tonus palpébral influence-t-il la forme et la régularité de la cornée, évaluées par la topographie cornéenne ?

Les hypothèses de ce travail reposent sur l'idée que les variations du tonus palpébral ont un impact mesurable sur les paramètres topographiques. Il est supposé qu'un tonus faible est associé à une augmentation des irrégularités cornéennes, tandis qu'un tonus rigide est lié à des modifications de courbure plus marquées et à un astigmatisme cornéen plus important.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier l'influence du tonus palpébral sur la topographie cornéenne. Les objectifs secondaires sont de comparer les paramètres topographiques entre des sujets présentant un tonus palpébral faible et ceux présentant un tonus rigide, et d'analyser les implications cliniques de ces variations en pratique optométrique.

L'intérêt clinique et optométrique de cette étude réside dans une meilleure interprétation des résultats topographiques en tenant compte de l'état palpébral du patient. Cette approche peut contribuer à améliorer l'adaptation des lentilles de contact, la prise en charge des anomalies cornéennes et la compréhension de certaines variations topographiques observées en pratique quotidienne.

Partie théorique

Chapitre I

Anatomie et physiologie palpébrale

Introduction :

Ce chapitre expose les fondements anatomiques et physiologiques relatifs aux paupières. Il traite de l'anatomie des paupières et de leurs structures de support, ainsi que des muscles palpébraux et de leur innervation. Il décrit aussi le tonus palpébral et ses mécanismes pour saisir la fonction des paupières dans la défense de l'œil et l'équilibre de la surface oculaire, et établir les fondements des études cliniques élaborées dans les sections ultérieures.

I. Anatomie des paupières :

I.1. Définition :

Les paupières sont des structures musculo-membraneuses mobiles qui préservent l'intégrité du globe oculaire. Chaque paupière a deux surfaces (avant et arrière) ainsi qu'un bord libre dont les extrémités se rejoignent pour créer les commissures palpébrales latérales et centrales. [1]

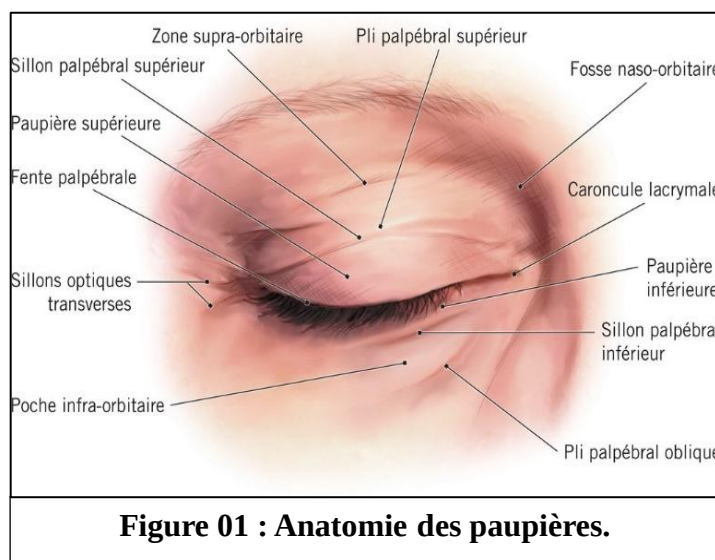
La face antérieure comprend une partie oculaire en rapport avec le bulbe de l'œil et une partie orbitaire en rapport avec l'orbite. Ces deux parties sont délimitées par le sillon palpébral supérieur ou inférieur.

La face postérieure est recouverte par la conjonctive.

Le bord libre se distingue en deux parties: le limbe antérieur de la paupière, où s'implantent deux à trois rangées de cils, et le limbe postérieur, où s'ouvrent les glandes tarsales. Ces deux parties sont délimitées par la ligne grise. Chaque bord libre présente, à 6 mm de la commissure médiale, un point lacrymal.

L'angle médial est représenté par un repli falciforme à grand axe vertical : le pli semi-lunaire.

Chaque paupière est constituée d'avant en arrière de la peau fine d'un tissu fibro-cartilagineux, contenant le tarse, les glandes et les muscles. [1]



I.2. Le tarse :

Tissu fibro-élastique qui confère une rigidité transversale aux paupières. Les ligaments palpébraux médian et latéral relient les tarses (supérieur et inférieur) à leurs extrémités. Les glandes tarsales, qui sont des glandes sébacées, se situent au niveau des follicules ciliés et des glandes ciliaires : glandes sudoripares. [1]

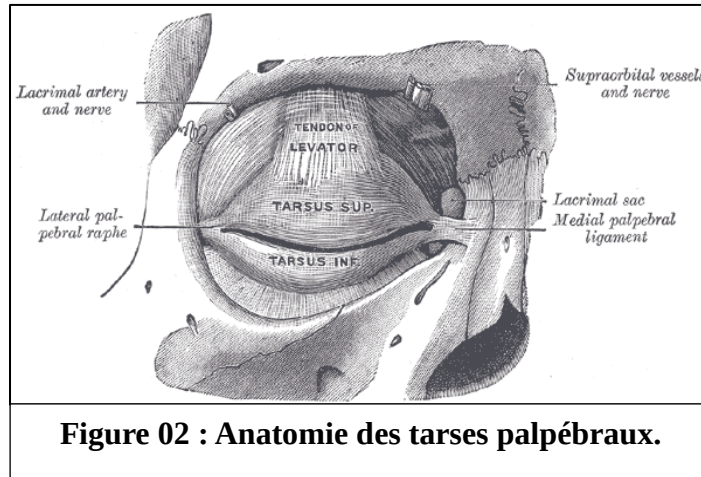


Figure 02 : Anatomie des tarses palpébraux.

I.3. Le muscle élévateur de la paupière supérieure :

Son tendon, d'origine, provient de la partie inférieure de la petite aile du sphénoïde au-dessus du canal optique. Il établit des liens étroits avec les origines des droits supérieurs et obliques supérieurs. Le corps musculaire s'étend vers l'avant en se dilatant, créant un bandeau aplati qui se trouve entre la paroi de l'orbite et le muscle droit supérieur en dessous. Il se termine par une vaste aponévrose qui forme une lame superficielle traversant l'orbiculaire des paupières pour s'attacher à la peau, et une lame profonde qui s'ancre sur le bord supérieur de la face antérieure du tarse supérieur ainsi que sur le fornix. Les aponévroses latérales et médianes s'attachent au bord de l'orbite. [1]

Innervation et vascularisation :

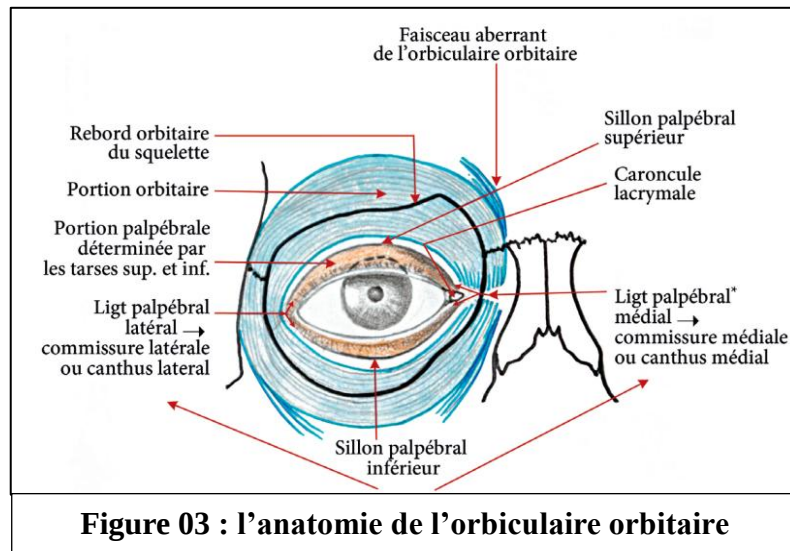
Son rôle consiste à soulever la paupière supérieure. On identifie deux types d'innervation distincts : Les myofibres somatiques, qui sont motrices, reçoivent une innervation du nerf oculo-moteur (III). Les myofibres viscérales, du point de vue sensoriel, sont sous l'influence du système nerveux sympathique. [1]

I.4. Les muscles tarsal supérieur et tarsal inférieur :

Muscles qui unissent les tarses aux tendons du muscle élévateur de la paupière supérieure et le muscle droit inférieur pour la paupière inférieure. Ce sont des muscles lisses. Ils sont innervés par le sympathique. [1]

I.5. Le muscle orbiculaire de l'œil :

Muscle circulaire formé de plusieurs faisceaux: partie palpébrale, orbitaire et lacrymale. Partie palpébrale située devant les tarsi, au niveau de la paupière supérieure les fibres du releveur se glisse entre ses faisceaux. La partie orbitaire plus épaisse forme une boucle complète sur l'orbite, son action est de dilater le sac lacrymal. Enfin la partie lacrymale se fixe sur la crête lacrymale et forme deux faisceaux qui se fixent sur les tarsi supérieur et inférieur, elle a pour action de favoriser l'écoulement des larmes. [1]



Vascularisation des paupières :

Les artères qui irriguent les paupières sont : l'artère palpébrale médiane (dérivée de l'artère ophtalmique) et l'artère palpébrale latérale (dérivée de l'artère lacrymale). Elles constituent une arcade palpébrale qui encadre les tarsi supérieur et inférieur. La fente palpébrale est bordée par deux arcades marginales. Pour la paupière supérieure, les artères supra-orbitaire et supra-trochléaire sont utilisées. L'artère faciale est responsable de l'irrigation de la paupière inférieure. [1]

II. Mécanismes physiologiques du tonus palpébral :

Le tonus palpébral résulte d'un équilibre entre les muscles ouvrant et fermant les paupières. Le muscle releveur de la paupière supérieure, innervé par le nerf oculomoteur, maintient l'ouverture palpébrale en éveil, tandis que le muscle de Müller, sous contrôle sympathique, assure une élévation modérée de la paupière. Le muscle orbiculaire, innervé par le nerf facial, est responsable de la fermeture des paupières, modifiant la pression sur la surface oculaire. L'interaction de ces muscles, régulée par le système nerveux, permet une adaptation aux conditions environnementales. Des perturbations dans cet équilibre peuvent affecter la cornée. [1]

Conclusion :

Ce premier chapitre a établi les fondements anatomiques et physiologiques du tonus palpébral en illustrant les paupières, leurs structures de soutien, ainsi que les muscles des paupières et leur innervation. Il a souligné que le tonus palpébral découle d'un équilibre dynamique entre les forces d'ouverture et de fermeture des paupières, contrôlé par le système nerveux central et autonome, et qu'il détermine la pression appliquée à la surface de l'œil.

Il est crucial de saisir ces processus pour étudier les fluctuations du tonus palpébral et leurs conséquences cliniques.

Dans le même ordre d'idées, le chapitre II se concentrera sur l'examen du tonus palpébral en lui-même. Il présentera les diverses techniques d'évaluation clinique du tonus palpébral, avant de détailler les traits distinctifs d'un tonus palpébral faible et d'un tonus palpébral tendu, ainsi que leurs origines et leurs signes cliniques. Pour finir, nous étudierons les effets fonctionnels de ces variations sur la surface oculaire dans le but de mieux appréhender leur incidence en optométrie.

Chapitre II

Tonus palpébral

Introduction :

Le tonus palpébral désigne la tension musculaire et la résistance des paupières, que ce soit en position statique ou dynamique. Pour la stabilité du film lacrymal, la qualité du clignement et la protection de la cornée, c'est crucial. Son évaluation se base sur l'examen clinique, qui comprend l'observation, les tests et les mesures indirectes. Le tonus peut être normal ou ferme, et toute fluctuation peut affecter la surface de l'œil. Ce chapitre expose les techniques pour évaluer le tonus palpébral, ainsi que les traits distinctifs du tonus normal et rigide, en détaillant leurs impacts fonctionnels sur la cornée.

I. Définition :

Le tonus palpébral désigne la tension musculaire fondamentale des paupières, maintenue par l'équilibre entre les muscles élévateurs (élevateur de la paupière supérieure, muscle de Müller) et l'orbiculaire. Il sert à garder la position des paupières, à défendre l'œil et à garantir une distribution appropriée du film lacrymal. Toute perturbation peut provoquer des irrégularités telles que le ptosis, la rétraction palpébrale, la lagophtalmie ou encore une sécheresse oculaire.

II. Méthode d'évaluation du tonus palpébral :

L'évaluation du tonus des paupières s'effectue grâce à une méthode clinique complète qui combine observation, tests manuels et évaluations palpébrales. Ces techniques permettent d'évaluer la position, le mouvement et la ténacité des paupières, tout en considérant leur influence fonctionnelle sur la surface de l'œil.

II.1. Observation clinique du tonus palpébrale :

La première phase d'évaluation du tonus palpébral, effectuée en position assise et avec un regard primaire, est l'observation clinique. Cette méthode examine la position des paupières au repos (amplitude de l'ouverture palpébrale, couverture de la cornée) et autorise l'identification de troubles tels que le ptosis, la rétraction ou l'hypotonie. Il est crucial que les deux yeux soient symétriques : toute déviation peut signaler un trouble d'origine neuromusculaire, mécanique ou fonctionnelle. L'évaluation comprend également l'analyse du mouvement des paupières : la fréquence, l'amplitude et la complétude du clignement, ainsi que la synchronisation des paupières avec les déplacements du regard. [2]

Ces facteurs aident à détecter des anomalies du tonus, même subtiles, et à guider le diagnostic.

Finalement, l'examen cherche des indices cliniques associés :

- **Ptosis** : affaissement de la paupière supérieure, pouvant découler d'une défaillance du muscle releveur ou d'une lésion nerveuse.

- **Rétraction palpébrale** : une ouverture anormale de la fente palpébrale pouvant conduire à une exposition de la cornée.

- **Lagophtalmie** : impossibilité de fermer totalement l'œil, rendant la cornée vulnérable à la dessiccation et aux lésions. [3]
- **Exposition de la cornée à l'état de repos** : il y a une surface cornéenne exposée lorsque les paupières sont fermées, ce qui accroît le risque de lésions épithéliales ou d'irritation. [4]

Ces facteurs influencent le diagnostic et dirigent la suite de l'examen, en particulier les tests fonctionnels du film lacrymal et de la surface oculaire, afin d'apprécier les effets pratiques d'un déséquilibre du tonus palpébral.

II.1.1. Tests manuels des paupières :

Les tests manuels permettent d'évaluer la tonicité, la force musculaire et la mobilité palpébrale de façon directe et fonctionnelle. Ils complètent l'observation dynamique du clignement et des mouvements oculaires. [5]

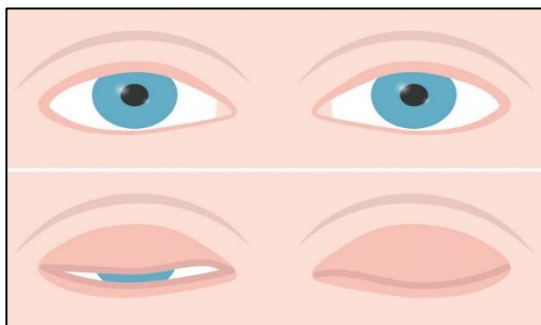


Figure 04 : Lagophtalmie

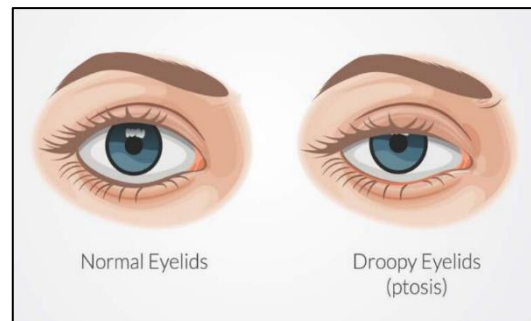


Figure 05 : Ptosis

II.1.2. Examen du tonus palpébral par palpation :

L'évaluation du tonus palpébral implique l'application d'une pression douce sur les paupières en position de repos pour mesurer leur résistance.

Un tonus réduit peut indiquer une faiblesse musculaire ou un ptosis, alors qu'un tonus accru pourrait signaler une hypertonie ou une rétraction des paupières. [6]

II.1.3. Test de fermeture forcée :

Ce test évalue la force du muscle orbiculaire en demandant au patient de fermer les yeux fortement contre une légère résistance. Une résistance faible signale une hypotonie ou une lésion nerveuse, alors qu'une résistance normale traduit un tonus musculaire préservé.



Figure 06 : Test de fermeture forcée du muscle orbiculaire

II.1.4. Examen de la levée active de la paupière :

Ce test examine l'activité du muscle releveur en proposant au patient de lever la paupière face à une douce résistance. Un ptosis ou une atteinte neuromusculaire évoque une difficulté ou une asymétrie, tandis qu'un mouvement normal témoigne d'une fonction préservée.

II.1.5. Essai de mobilité en horizontal et en vertical :

Ce test mesure la synchronisation entre les mouvements des paupières et de l'œil en amenant le patient à suivre un objectif dans diverses directions. Un délai ou une contraction palpébrale signale un déséquilibre tonique, alors qu'une coordination fluide et synchronisée reflète une fonction normale.

II.1.6. Mesures palpébrales :

Les mesures palpébrales permettent d'évaluer la position, la fonction et l'intégrité anatomique des paupières. Elles sont essentielles pour détecter des anomalies telles que le ptosis, la rétraction palpébrale, la lagophtalmie ou les troubles de coordination palpébro-oculaire.

II.1.7. Évaluation de la fente palpébrale (PFH) :

La mesure de la fente palpébrale est l'écart vertical entre la paupière supérieure et celle inférieure. [7]

Méthode : Le patient observe en ligne droite, dans une posture naturelle. L'évaluateur détermine, avec une règle millimétrée, l'écart entre les deux extrémités palpébrales au niveau central de la pupille. [7]

Valeurs usuelles : En général, 8 à 10 mm chez l'adulte.

Intérêt clinique :

Valeur réduite → ptose ou hypotonie

Valeur accrue → rétraction des paupières ou exophtalmie



Figure 07 : Mesure de la hauteur de la fente palpébrale

II .1.8. Amplitude et élasticité des paupières :

L'amplitude et l'élasticité des paupières fournissent une évaluation indirecte de leur mobilité et tonicité. L'examineur évalue leur performance en levant et en abaissant délicatement la paupière pour observer la fluidité du mouvement, la résistance des tissus et la capacité de la paupière à se repositionner à son état initial. Cliniquement, une paupière rigide pourrait signaler l'existence d'une cicatrice ou d'une fibrose, alors qu'une paupière excessivement flexible pourrait indiquer une hypotonie ou une laxité des paupières.

En règle générale, toutes ces mesures doivent être effectuées les yeux ouverts et au repos, puis éventuellement lors de mouvements volontaires. Il est également nécessaire de les réaliser de façon bilatérale pour identifier d'éventuelles asymétries. [8]

Ces paramètres contribuent à décrire la condition fonctionnelle des paupières, à guider une intervention chirurgicale ou orthoptique et à mesurer l'effet des paupières sur la protection de la cornée et sur la stabilité du film lacrymal. [8]

III. Tonus palpébrale normale :

Un équilibre neuromusculaire harmonieux entre les muscles releveurs et l'orbiculaire, garantissant une position stable des paupières en état de repos, correspond à un tonus palpébral normal. Sur le plan clinique, les paupières sont symétriques et correctement placées, présentant une fente palpébrale normale et un clignement complet, régulier et efficace. Les paupières montrent une excellente souplesse, se déplacent aisément et retrouvent promptement leur position de départ. Cette tonicité assure une protection maximale de la cornée, un équilibre uniforme du film lacrymal et une stabilité de la surface de l'œil. [9]

III.1. Caractéristiques cliniques du tonus des paupières normal :

Le tonus des paupières normal se traduit par un équilibre neuromusculaire qui garantit des paupières symétriques et bien disposées, ainsi qu'une fente palpébrale de taille standard. Le clignement est complet, constant et synchronisé, assurant une distribution adéquate du film lacrymal et la sauvegarde de la surface de l'œil. Les paupières montrent une excellente flexibilité et mouvement, réagissant rapidement après avoir été manipulées. Finalement, il y a une coordination fluide avec les mouvements de l'œil, garantissant une fonction palpébrale efficace et conforme aux normes physiologiques. [10]

III.2. Fonction du tonus palpébral :

Le tonus palpébral préserve la surface de l'œil contre les atteintes extérieures. Il facilite une distribution uniforme du film lacrymal, contribuant ainsi à la préservation de l'hydratation de la cornée. En fin, il contribue à la qualité visuelle en garantissant une surface oculaire stable et uniforme.

Éléments influant sur le tonus normal : Âge, troubles neurologiques, environnement (écrans, sécheresse.)

Intérêt clinique :

Le tonus normal des paupières est utilisé comme référence clinique pour identifier des irrégularités telles que le ptosis ou la laxité palpébrale. Il a une importance significative dans le diagnostic optométrique, particulièrement pour l'évaluation de la fonction des paupières et de la surface de l'œil. En fin de compte, il joue un rôle dans l'ajustement des lentilles de contact et la stabilité du film lacrymal, influençant directement le confort oculaire. [11]

IV. Tonus palpébral rigide :

Le tonus palpébral rigide se réfère à une augmentation de la fermeté et une réduction de la souplesse des paupières, généralement associée à des changements dans les tissus (fibrose, cicatrices).

Dans un contexte clinique, il se caractérise par une diminution de la mobilité, un clignotement inefficace et une résistance accrue lors de la manipulation, accompagnée d'un retour lent. Cette raideur perturbe la fonction de protection des paupières et peut conduire à une répartition inégale du film lacrymal, entraînant une sécheresse oculaire et une irritation. [12]

IV.1. Origines du tonus palpébral rigide :

La rigidité du tonus palpébral est associée à une diminution de la souplesse des tissus palpébraux, généralement causée par des lésions inflammatoires, cicatricielles ou dégénératives.

Causes principales :

- Fibrose et épaissement résultent des inflammations chroniques (blépharite, atteinte des glandes de Meibomius). [13]
- Causes de la perte de flexibilité (chirurgie, traumatisme, brûlure) → formation de cicatrices. [14]
- Rigidité tissulaire liée aux maladies inflammatoires/infiltratives (telles que les maladies auto-immunes et les Orbitopathies). [15]
- Vieillesse pathologique → apparition de la fibrose et réduction de la compliance.
- Causes iatrogènes (radiothérapie, traitements, injections).

Ces modifications provoquent une paupière rigide et peu mobile, qui nécessite une détermination de l'étiologie pour guider le traitement.

IV.2. Signes cliniques d'un tonus palpébral rigide :

Une rigidité palpébrale manifeste une réduction de la mobilité des paupières, caractérisée par une résistance à la manipulation, des paupières rigides et un retour lent à l'état initial suite à une manipulation. Il provoque un clignement inefficace ou incomplet, perturbant la distribution du film lacrymal. On remarque également des anomalies de position telles que la rétraction, l'asymétrie et la fente peu variable. Cela entraîne un assèchement, un inconfort,

une hyperémie sur la surface de l'œil, pouvant aller jusqu'à affecter la cornée dans les cas les plus graves. En

fin, cela peut entraîner un impact fonctionnel avec instabilité du film lacrymal et inconfort visuel. [16]

Importance clinique : L'identification des signes cliniques de la rigidité palpébrale est cruciale pour : Distinguer une rigidité des tissus d'un problème strictement musculaire, apprécier l'effet fonctionnel sur la surface de l'œil et guider l'intervention optométrique et oculoplastique.

IV.3. Effets fonctionnels sur la surface de l'œil :

Le tonus rigide des paupières provoque une Modification du clignement, généralement partiel ou inefficace, ce qui perturbe la distribution normale du film lacrymal. Cela conduit à une instabilité du film lacrymal, réduisant le temps de rupture du film lacrymal (BUT), ce qui favorise la sécheresse oculaire et une irritation persistante. La fermeté de la paupière restreint aussi la défense mécanique de la cornée, ce qui accroît le danger de kératopathie d'exposition et de microlésions épithéliales. Cela peut entraîner, sur le plan fonctionnel, un inconfort visuel fluctuant, particulièrement lors d'efforts visuels prolongés (lecture, utilisation d'écrans).

[17]

Conclusion :

Le tonus palpébral est un aspect crucial de l'évaluation optométrique, indispensable pour le mouvement des clignements et la constance de la surface de l'œil. Un tonus normal garantit une protection adéquate de la cornée et une distribution optimale du film lacrymal. D'autre part, le tonus rigide restreint le mouvement des paupières et gêne le clignement, ce qui peut causer une instabilité du film lacrymal et des irritations oculaires. Dans la pratique clinique, son évaluation revêt une importance particulière, surtout dans l'analyse des irrégularités cornéennes et de la topographie de la cornée.

Chapitre III

Topographie cornéenne

Introduction :

La cornée joue un rôle important dans le pouvoir réfractif de l'œil et dans la qualité optique globale du système visuel. Sa forme, sa courbure et sa régularité conditionnent directement la réfraction et la performance visuelle.

La topographie cornéenne constitue aujourd'hui un outil incontournable permettant une analyse fine de la surface cornéenne, tant sur le plan morphologique que fonctionnel. Elle permet de détecter des asymétries, des irrégularités et des anomalies de courbure, parfois avant l'apparition de signes cliniques évidents. Ce chapitre a pour objectif de rappeler les bases anatomiques de la cornée, de présenter les principes des différentes cartes topographiques et d'exposer les paramètres analysés, tout en tenant compte des facteurs extrinsèques susceptibles d'influencer les résultats.

I. Rappels anatomiques de la cornée :

La cornée représente la section transparente et antérieure de la membrane externe fibreuse de l'œil, qu'elle partage avec la sclère. Elle est légèrement proéminente à la jonction cornéosclérale, avec une forme bombée. Elle est richement innervée et dépourvue de vaisseaux sanguins (à l'exception de la périphérie), ce qui lui confère une grande sensibilité. Elle comprend cinq strates : l'épithélium, la membrane de Bowman, le stroma, la membrane de Descemet et l'endothélium. Elle joue essentiellement un rôle de protection : elle sert de rempart contre les attaques externes (bactéries, infections) tout en préservant l'intégrité des structures internes de l'œil. [18]

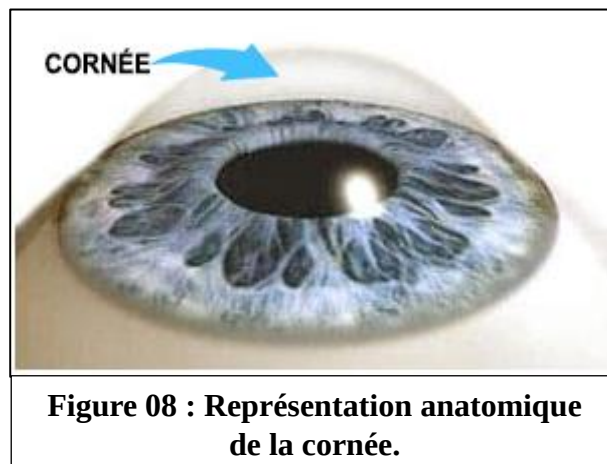


Figure 08 : Représentation anatomique de la cornée.

II. Le topographe cornéen :

La topographie cornéenne permet de recueillir des informations relatives à la courbure au relief de la cornée, grâce à la projection et l'analyse du reflet d'un motif lumineux éclairant ou balayant la cornée. Les images recueillies sont analysées de façon

automatisée par un logiciel, et des cartes en couleur sont fournies au praticien pour interprétation. [19]

II.1. Topographie par réflexion spéculaire (Placido) :

Une photographie numérique du reflet cornéen des mires est effectuée et l'appareil calcule la



courbure en chaque point selon la déformation des mires (induite par la géométrie de la cornée explorée). [19]

II.2. Topographie par caméra rotative Scheimpflug :

Les topographes Pentacam (Oculus), TMS 5 (Tomey) et Galilei (Ziemer) disposent d'un système de caméra Scheimpflug pour l'étude de l'épaisseur et de l'élévation cornéenne. Ils sont également munis d'un disque de Placido (sauf le Pentacam). [19]

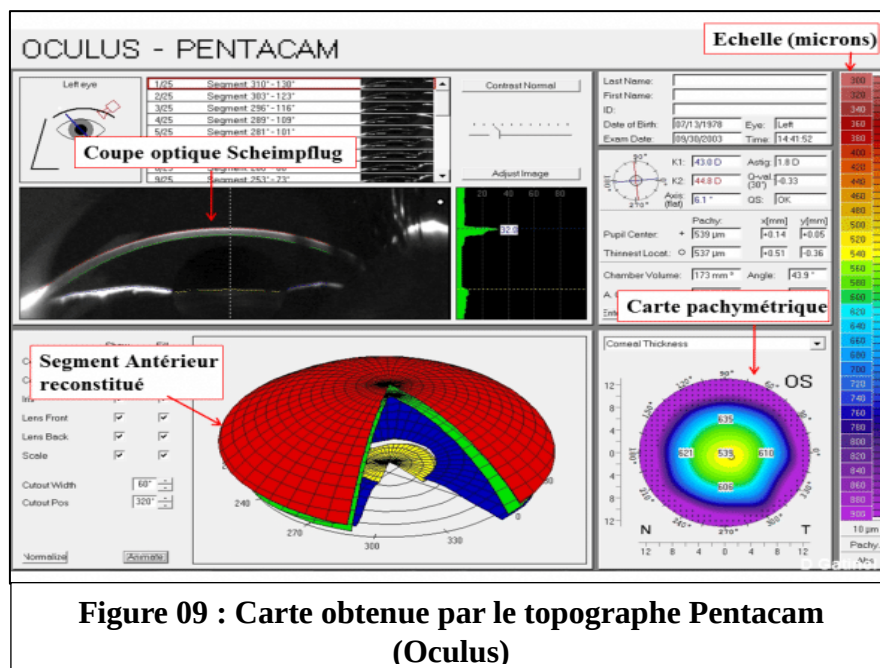


Figure 09 : Carte obtenue par le topographe Pentacam (Oculus)

II.3. Les principes de la topographie cornéenne :

La carte tangentielle : Elle illustre la surface de la cornée, sans tenir compte de l'axe optique, en millimètres ou en dioptries. Il s'agit d'une carte en relief qui explore les rayons du centre vers la périphérie. Elle illustre de manière optimale la forme de la cornée et son caractère asphérique, et elle est utile pour observer l'apex de la cornée, les plus petites variations locales de celle-ci ainsi que le centrage de la zone optique suite à une intervention d'orthokératologie ou chirurgicale réfractive. [20]

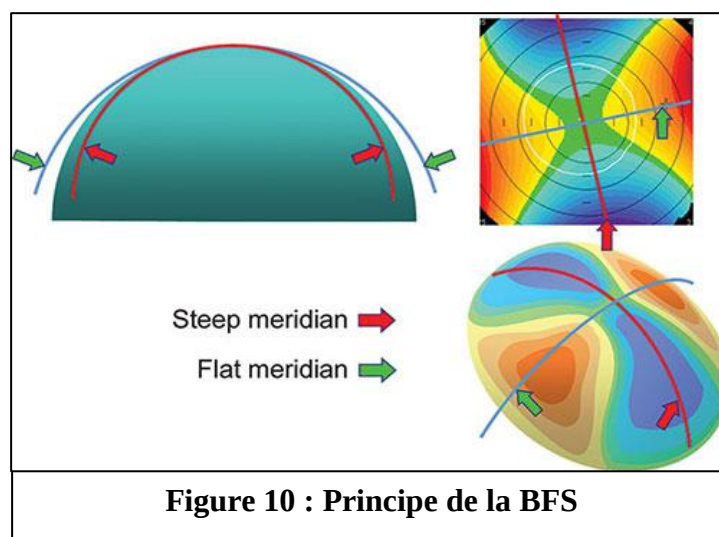
La carte axiale (sagittale) Elle définit la surface cornéenne par rapport à l'axe optique, soit en millimètres, soit en dioptries. C'est une carte de puissance qui donne plus d'informations sur la qualité de la vision que sur la forme de la cornée. Elle repose sur la fixation du patient et l'asymétrie de la cornée. [20]

La carte réfractive : Elle décrit la puissance réfractive de la cornée et affiche les aberrations sphériques. Elle est intéressante pour identifier un effet « Central Island » et la taille de la zone optique après chirurgie réfractive. [20]

La carte différentielle : Elle est essentielle pour évaluer l'impact du port de lentilles d'orthokératologie lors de deux contrôles consécutifs et peut être effectuée en mode tangent pour observer les changements de forme et le centrage du traitement, en mode réfractif pour examiner la dimension de la zone de traitement et la variation du pouvoir réfractif cornéen, et enfin, en mode axial pour étudier l'évolution de la puissance de surface cornéenne. [20]

II.4. Principe de référence (Best Fit Sphère) :

La BFS correspond à la sphère qui s'ajuste au mieux à l'ensemble des points mesurés sur une zone donnée de la cornée.



III. La pachymétrie cornéenne :

La pachymétrie correspond à la mesure de l'épaisseur cornéenne. Celle-ci peut être : totale (c'est-à-dire toute l'épaisseur cornéenne) ou sélective (épaisseur de différentes couches de la cornée comme le mur stromal postérieur après LASIK par exemple). [21]

III.1. Pachymétrie par topographie cornéenne :

Cette acquisition peut se faire selon différentes méthodes: fente à balayage ou caméra Scheimpflug. Les technologies de type Placido pures analysant uniquement la face antérieure de la cornée ne permettent pas de donner de mesure pachymétriques.

Le concept de balayage d'une fente lumineuse, employé dans l'Orbscan™ (Technolas), facilite l'examen de la surface antérieure et postérieure de la cornée par triangulation et permet, grâce à la soustraction, l'obtention de cartes d'élévation antérieure et postérieure. La pachymétrie est illustrée par des cartes sur lesquelles un code couleur aide à interpréter les résultats, les zones minces étant indiquées par des teintes chaudes et les zones épaisses par des nuances froides de la cornée.

Ce dispositif est fourni avec un coefficient ajustable, servant de facteur correctif pour calibrer l'appareil par rapport à la pachymétrie ultrasonique (0,92 pour une cornée normale). [21]

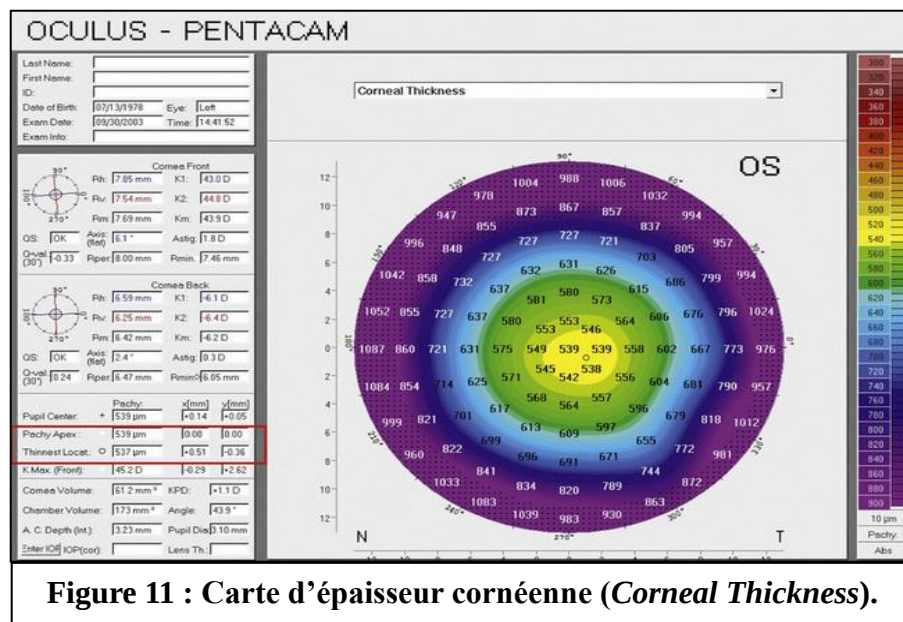


Figure 11 : Carte d'épaisseur cornéenne (Corneal Thickness).

III.2. Paramètres topographiques analysés :

La kératométrie mesure la courbure de la cornée et permet d'évaluer : Le rayon de courbure cornéen (en mm), la puissance cornéenne (en dioptries), l'astigmatisme cornéen (amplitude et orientation) et les anomalies cornéennes comme le kératocône. [21]

Kmax : Point ayant la valeur kératométrique la plus haute sur un diamètre donné. [22]

SimK : Kératométrie moyenne du méridien le plus plat (SimK1), le plus cambré (SimK2) et la moyenne des 2 (SimKmean), sur la zone intermédiaire de la face antérieure (3 à 9 mm). [22]

Cornée normale : $\text{SimKmean} = 43.5 \pm 1 \text{ D}$

Valeur suspecte de Kératocône : $\text{SimKmean} > 45.5$

I-S : Différence entre la moyenne kératométrique de 5 points de l'hémisphère inférieur et 5 points de l'hémisphère supérieur sur les 3 mm centraux. [22]

Cornée normale = $\text{I-S} < 1.4$

Valeur suspecte de Kératocône = $1.4 < \text{I-S} < 1.8$

Kératocône clinique = $\text{I-S} > 1.8$

Q : [22]

Cornée normale = $-0.32 < Q < -0.08$

Kératocône clinique = $Q < -0.65$

IAS : C'est la différence moyenne entre les points correspondants à 180° d'écart sur 128 méridiens également espacés. Une surface sphérique correspond à $\text{SAI} = 0$. Plus le SAI est élevé, plus l'asymétrie est grande. [23]

KPI : Cela est défini par la formule suivante :
$$\text{KPI} = 0.30 + 0.01 \times (-41.23 - 0.15 \times \text{DSI} + 1.18 \times \text{OSI} + 1.79 \times \text{CSI} + 4.13 \times \text{SAI} - 0.60 \times \text{SimK1} + 1.08 \times \text{SimK2} - 3.74 \times \text{IAI} + 0.10 \times \text{AA})$$

Les valeurs de KPI supérieures à 0,38 peuvent être considérées comme pathologiques, avec une sensibilité de 86 et une spécificité de 100 %. [23]

Kératométrie simulée (Sim K) : comme défini précédemment.

Indice de secteur différentiel (DSI) : Différence de puissance moyenne entre les secteurs de 45° avec la puissance la plus élevée et la plus basse.

Indice de secteur opposé (OSI) : Différence de puissance moyenne entre des secteurs opposés de 45°.

Indice centre-périphérie (CSI) : Différence de la puissance moyenne entre la zone centrale (3 mm) et une couronne périphérique intermédiaire (3–6 mm).

Indice d'asymétrie de surface (SAI) : Comme défini précédemment.

Indice d'astigmatisme irrégulier (IAI) : Mesure les variations de puissance le long de chaque semi-méridien, normalisées par la puissance cornéenne moyenne et le nombre de points considérés.

Analyzed area (AA) : Est le rapport entre la zone des données interpolées et la zone circonscrite par l'anneau le plus périphérique.

KCI ou méthode de Klyce-Maeda: Un système expert qui intègre le KPI avec une structure décisionnelle binaire pour son évaluation. Le KPI est fusionné avec d'autres indicateurs (DSI, OSI, CSI, Sim K2) afin de prendre une décision. On a rapporté une sensibilité de 89 % et une spécificité de 99 %. Son évaluation est quantifiée en pourcentage, et plus ce taux est élevé, plus il est compatible. Le schéma topographique associé à celui du kératocône. [23]

KSI : Cela permet de détecter la présence ou l'absence de kératocône, ainsi que son degré (léger, modéré ou avancé). [23]

Valeurs :

- Standard : moins de 15%
- Suspensions de kératocône : Entre 15 et 30%
- Kératocône : plus de 30%.

Conclusion :

L'analyse de la surface cornéenne grâce à la topographie cornéenne permet de proposer une représentation précise et chiffrée, facilitant l'étude de la courbure, de l'astigmatisme et des anomalies locales. Toutefois, l'analyse des cartes topographiques exige une connaissance approfondie des paramètres quantifiés et des éléments qui peuvent altérer la configuration cornéenne.

Parmi ces éléments, les contraintes mécaniques externes, y compris celles que subissent les paupières, occupent une position spécifique. Il est donc essentiel de comprendre les principes topographiques pour évaluer l'effet du tonus palpébral sur la cornée.

Chapitre IV

Interaction paupières – cornée

Introduction :

Les paupières et la cornée sont en contact permanent et interagissent de façon continue lors du clignement. À chaque clignement, les paupières exercent une pression mécanique sur la cornée, qui peut influencer sa forme, surtout lorsque cette dernière est fragile ou présente une biomécanique altérée.

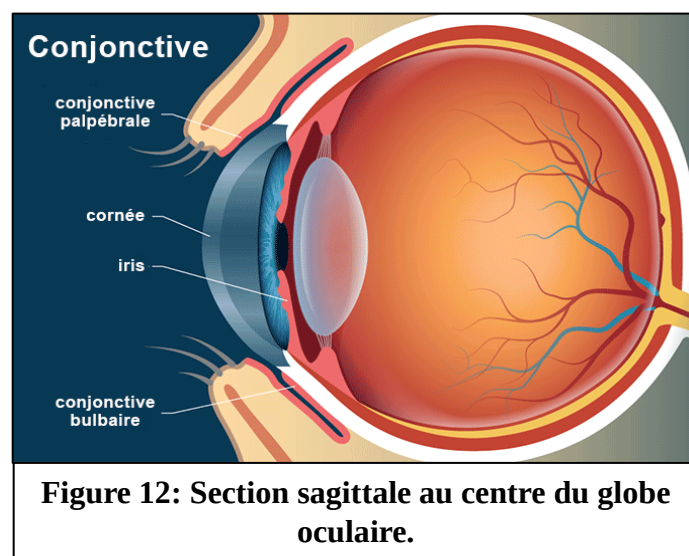
La biomécanique de la cornée affecte ses réponses fonctionnelles et impacte grandement la vision. La composition physique de la cornée lui confère des propriétés viscoélastiques, ce qui signifie qu'elle présente des éléments à la fois d'élasticité et de viscosité. Une compréhension de la biomécanique de la cornée est importante pour décrire des états pathologiques tels que le kératocône et l'ectasie. De plus, les traitements cornéens réussis dépendent des interactions entre les facteurs biologiques et biomécaniques et de leur impact sur les tissus oculaires environnants.

Ce chapitre a pour objectif d'expliquer les mécanismes d'interaction entre les paupières et la cornée, d'étudier l'effet de la pression palpébrale et du clignement, et de présenter les principales données de la littérature concernant leur impact sur la topographie cornéenne.

I. Mécanismes biomécaniques d'interaction :

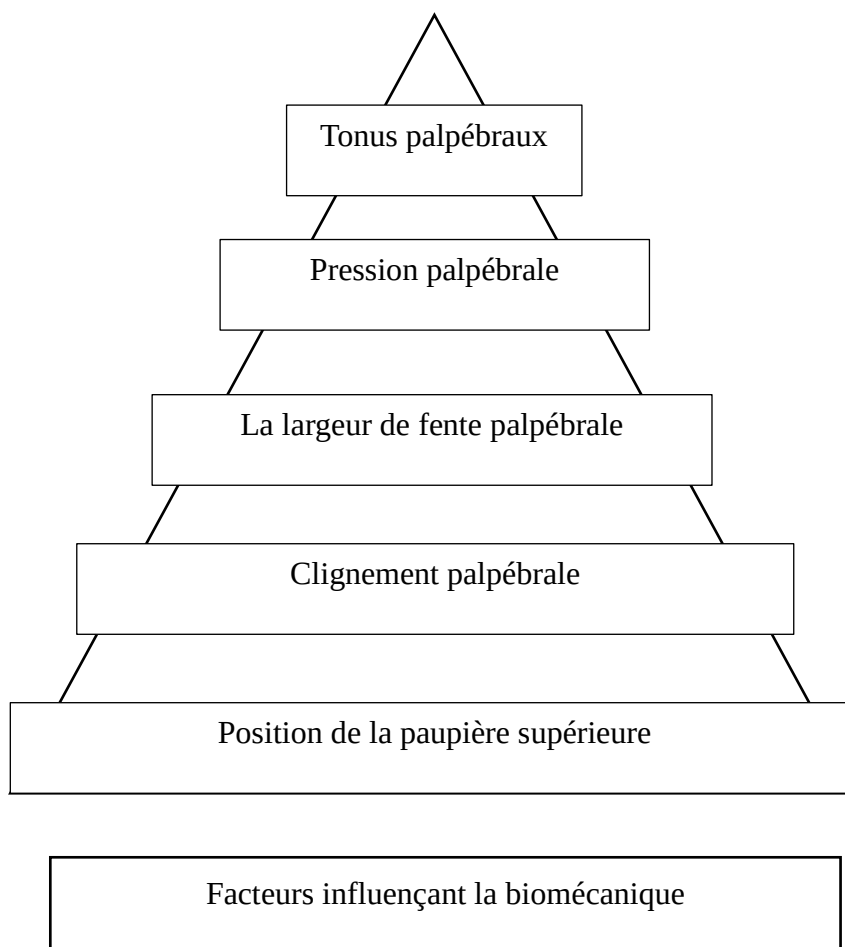
La relation entre les paupières et la cornée ne se réduit pas à un rôle de protection et de lubrification fonctionnelle, elle représente également un élément biomécanique crucial pouvant affecter la structure et le relief cornéens. Les paupières, en clignant et grâce au film lacrymal, génèrent des forces qui peuvent provoquer des changements quantifiables de la surface cornéenne, qui sont parfois temporaires et parfois durables.

Il est crucial de comprendre ces processus pour interpréter les données topographiques avec précision et éviter toute méprise entre déformations causées par des facteurs externes et anomalies cornéennes intrinsèques. [24]



I.1. Mécanismes biomécaniques principaux :

La cornée possède des caractéristiques élastiques et viscoélastiques, engendrant un phénomène d'hystérésis. L'élasticité se réfère à la propriété d'un matériau à se déformer de façon réversible lorsqu'il est soumis à une pression ou contrainte. Pour ce qui est des substances visqueuses, elles se propagent sous l'effet d'une contrainte externe de cisaillement et ne retournent pas à leur forme d'origine dès que la force est levée. Les matériaux viscoélastiques possèdent des propriétés combinant viscosité et élasticité, entraînant ainsi une dissipation d'énergie lorsqu'une contrainte est appliquée. L'énergie dissipée lors de ce processus est appelée hystérésis. [24]



II. Facteurs influençant la biomécanique :

III. Tonus palpébrale et remodelage cornéen :

La pression palpébrale correspond à l'ensemble des forces mécaniques exercées par les paupières sur la surface oculaire, aussi bien au repos que lors du clignement. Bien que discrète, cette pression joue un rôle fondamental dans le remodelage cornéen, en particulier lorsque la cornée est soumise à des contraintes répétées et prolongées. [25]

Le tonus palpébral désigne la tension musculaire au repos des paupières, qui génère une pression mécanique permanente sur la cornée, en particulier sur la partie supérieure. Bien que légère, cette restriction peut progressivement affecter la forme de la cornée. [26]

La cornée, grâce à ses caractéristiques viscoélastiques, a la capacité de s'ajuster à ces forces récurrentes, entraînant un remodelage cornéen qui peut altérer la courbure, la symétrie et les pressions stromales. Cela peut favoriser l'émergence ou la détérioration d'un astigmatisme cornéen, généralement influencé par la paupière supérieure. [24]

Le tonus des paupières influence également la stabilité du film lacrymal. Toute perturbation à ce niveau peut accroître les frictions entre la paupière et la cornée, amplifiant ainsi les micro-contraintes mécaniques. [24]

Ces effets peuvent être plus prononcés chez les individus jeunes, les utilisateurs de lentilles de contact ou les patients présentant une vulnérabilité biomécanique telle que le kératocône, ce qui peut contribuer à une refonte progressive de la cornée sur le long terme. [24]

IV. Largeur de la fente palpébrale et remodelage cornéen :

L'écartement de la fente palpébrale fait référence à l'espace entre les paupières et a un impact sur la distribution des forces mécaniques sur la cornée. Un rétrécissement de l'ouverture accroît les points de contact et les tensions de compression et de friction, alors qu'une large ouverture les réduit. [26]

Ces fluctuations peuvent provoquer des modifications graduelles de la cornée, y compris des altérations de la courbure, une asymétrie topographique et une apparition ou une intensification de l'astigmatisme. La cornée, de nature viscoélastique, subit un remodelage en raison des pressions répétées exercées par les paupières. [27]

La fente palpébrale joue également un rôle dans la dynamique du clignement et les forces de cisaillement, ce qui peut avoir un impact sur la surface cornéenne et la stabilité du film lacrymal. [27]

Conclusion :

Les paupières et la cornée interagissent en permanence, et un équilibre existe entre les forces exercées par les paupières et la résistance de la cornée. La littérature montre que la pression des paupières, le clignement et le tonus palpébral, surtout quand ils sont rigides, peuvent modifier la forme de la cornée et influencer certaines anomalies, comme l'astigmatisme ou le kératocône.

Chapitre IV : Interaction paupières – cornée

Ces observations montrent qu'il est important de regarder à la fois le tonus des paupières et la topographie cornéenne lors de l'examen optométrique. Cela permet de mieux comprendre les effets cliniques sur la cornée et d'orienter le suivi et l'adaptation des lentilles de manière adaptée.

Partie pratique

Introduction :

Cette étude expérimentale vise à évaluer l'impact du tonus palpébral sur les caractéristiques topographiques de la cornée. La pression exercée par les paupières sur la surface oculaire pourrait jouer un rôle dans la modification de la courbure cornéenne et dans certaines variations biomécaniques observées chez différents sujets.

Pour cette raison, une analyse comparative sera réalisée entre deux groupes de participants : ceux présentant un tonus palpébral physiologique et ceux ayant un tonus palpébral augmenté ou rigide.

Les paramètres topographiques cornéens seront étudiés afin de rechercher d'éventuelles corrélations entre la tonicité palpébrale et les modifications de la surface cornéenne.

Cette approche pourrait contribuer à une meilleure compréhension de l'influence mécanique des paupières sur la morphologie cornéenne ainsi que sur certaines anomalies topographiques observées en pratique clinique.

I. Objectif de l'étude :

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'influence des paupières, et plus particulièrement du tonus palpébral, sur la topographie cornéenne chez une population de sujets jeunes. Les paupières exercent des contraintes mécaniques permanentes sur la surface oculaire, susceptibles d'influencer la forme et la biomécanique cornéennes. Cette étude vise ainsi à analyser les relations entre le tonus palpébral et différents paramètres topographiques cornéens afin de mieux comprendre le rôle des interactions palpébro-cornéennes dans les variations de la morphologie cornéenne.

II. Hypothèse de travail :

Nous supposons que les sujets présentant une fente palpébrale étroite associée à un tonus palpébral élevé présentent des modifications topographiques cornéennes plus marquées, en raison des contraintes mécaniques accrues exercées par les paupières sur la surface cornéenne.

III. Matériels et méthodes :

III.1. Méthode :

Notre étude a inclus un total de 116 participants recrutés dans différents centres. Parmi eux, 96 sujets provenaient du laboratoire LPCMM-IGMO, 12 sujets de la clinique Lazouni et 8 patients de la clinique Hammou Boutlilis EHS Oran.

L'évaluation clinique a été réalisée de manière standardisée chez l'ensemble des participants selon un protocole d'examen identique.

Dans un premier temps, une anamnèse détaillée a été effectuée afin de recueillir les données générales des participants, leurs antécédents ophtalmologiques ainsi que les symptômes fonctionnels pouvant influencer la surface oculaire.

Un examen biomicroscopique à la lampe à fente a ensuite été réalisé afin de vérifier l'intégrité du segment antérieur, notamment de la cornée, et d'exclure toute pathologie susceptible d'altérer les mesures topographiques.

L'évaluation de la fente palpébrale a été réalisée en position du regard primaire, dans des conditions d'examen standardisées, afin d'apprécier la hauteur de l'ouverture palpébrale. Le tonus palpébral a été évalué cliniquement à travers l'observation du tonus au repos, de la dynamique du clignement ainsi que de la résistance des paupières à l'ouverture manuelle.

L'analyse topographique cornéenne a été effectuée à l'aide de deux systèmes complémentaires:

Un topographe à mires de Placido, l'Orbscan de Bausch & Lomb, permettant l'analyse de la courbure cornéenne antérieure, des paramètres kératométriques et des indices de régularité cornéenne.

Le système Wavelight Allegro Oculyzer, basé sur la technologie Scheimpflug, utilisé pour l'analyse tridimensionnelle de la cornée, incluant les cartes d'élévation antérieure et postérieure ainsi que les paramètres pachymétriques.

L'utilisation combinée de ces deux technologies a permis une évaluation plus complète des caractéristiques morphologiques et biomécaniques de la cornée.

III.2. Matériel utilisé :

III.2.1. Fiche clinique :

L'anamnèse constitue la première étape de l'évaluation clinique. Elle a été réalisée de manière systématique chez l'ensemble des participants à l'aide d'une fiche clinique standardisée. Cette étape a permis de recueillir les informations générales, les antécédents ophtalmologiques ainsi que les données cliniques nécessaires à l'étude.

Une attention particulière a été portée aux facteurs susceptibles d'influencer la biomécanique cornéenne ou la pression palpébrale, notamment les antécédents de pathologies oculaires, le port de lentilles de contact, les habitudes de frottement oculaire et les interventions chirurgicales antérieures.

Cette phase a permis d'orienter l'examen clinique, d'identifier les éventuels facteurs de confusion et d'assurer une interprétation plus fiable des résultats topographiques.

Fiche clinique – Étude du tonus palpébral et topographie cornéenne

Clinique : Hammou Boutellis, Oran
Date :
Examineur :

1. Informations générales

Champ	Donnée
Nom et prénom	
Âge	
Sexe	☐ M ☐ F
Antécédents oculaires	
Antécédents médicaux	
Port de lentilles	☐ Oui ☐ Non (Si oui, type et durée)
Médicaments actuels	

2. Acuité visuelle

Œil	Non corrigé	Corrigé
OD (droite)		
OG (gauche)		

Paramètre	OD	OG	Commentaires
Tonus palpébral	☐ Faible ☐ Normal ☐ Rigide	☐ Faible ☐ Normal ☐ Rigide	
Clignement	☐ Complet ☐ Incomplet ☐ Lent ☐ Rapide	☐ Complet ☐ Incomplet ☐ Lent ☐ Rapide	
Palpation (résistance)	☐ Faible ☐ Moyenne ☐ Forte	☐ Faible ☐ Moyenne ☐ Forte	

4. Topographie cornéenne

Paramètre	OD	OG	Commentaires
K1 (D)			
K2 (D)			
Astigmatisme (D)			
Élévation antérieure (µm)			
Élévation postérieure (µm)			
Épaisseur centrale (µm)			
Indices d'irrégularité			

5. Observation supplémentaire

- Paupières : ☐ Normales ☐ Ptosis ☐ Blépharospasme
- Autres anomalies cornéennes :
- Remarques / Difficultés pendant l'examen :

Groupe	Critère	OD	OG
A	Tonus faible	☐	☐
B	Tonus rigide	☐	☐

Figure 13 : Fiche clinique (par l'auteur)

III.2.2. La lampe à fente :

La lampe à fente est un instrument biomicroscopique permettant l'examen détaillé du segment antérieur de l'œil grâce à la projection d'un faisceau lumineux focalisé associé à un système de grossissement. Elle offre une visualisation précise de la cornée, des paupières et de la surface oculaire.

Dans le cadre de cette étude, la lampe à fente a été utilisée pour :

- Vérifier l'intégrité cornéenne et exclure toute anomalie susceptible d'influencer les mesures topographiques ;
- Évaluer les paupières, notamment leur position, leur aspect et leur tonus ;
- Observer la dynamique du clignement ;
- Examiner la qualité de la surface oculaire.

Son utilisation a permis d'assurer la fiabilité des mesures topographiques ainsi qu'une meilleure analyse des interactions entre les paupières et la cornée.

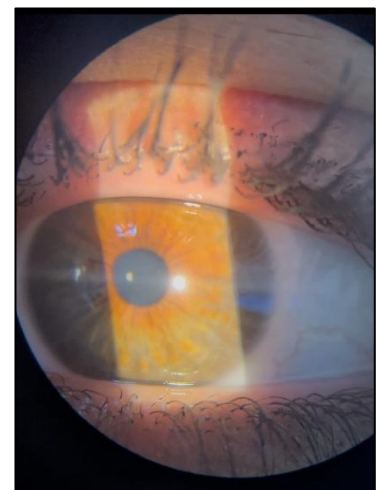


Figure 24 : Vérification de l'état de la cornée et des paupières (par l'auteur)

III.2.3. Topographe cornéen de Placido :

Le topographe cornéen à mires de Placido est un dispositif d'imagerie non invasif basé sur la projection d'anneaux lumineux concentriques sur la surface cornéenne. L'analyse de la réflexion et de la déformation de ces anneaux permet de reconstruire la courbure antérieure de la cornée et d'évaluer sa régularité.

Dans le cadre de cette étude, cet appareil a été utilisé pour :

Mesurer les paramètres kératométrique et les courbures cornéennes principales ;

Analyser les indices topographiques de régularité et d'asymétrie cornéenne ;

Détecter d'éventuelles anomalies cornéennes ;

Étudier les variations de la morphologie cornéenne en fonction du tonus palpébral.

L'utilisation de cette technologie a permis d'obtenir une analyse quantitative précise de la surface cornéenne, essentielle pour l'étude des relations entre les caractéristiques palpébrales et les modifications topographiques de la cornée.



Figure 15: Topographe Placido (Photo de l'auteur)

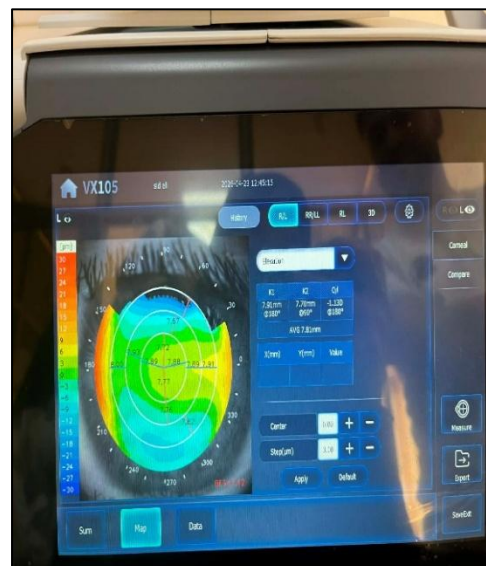


Figure 16: Photo de l'auteur

III.2.4. Topographe d'élévation :

Dans le cadre de cette étude, deux topographes d'élévation ont été utilisés pour l'analyse cornéenne : le Pentacam et le Wavelight Allegro Oculyzer.

Ces deux appareils, basés sur la technologie Scheimpflug, permettent une reconstruction tridimensionnelle du segment antérieur de l'œil. Les examens ont été réalisés en position assise, avec une fixation stable, dans des conditions standardisées afin d'assurer la reproductibilité et la fiabilité des mesures.

Partie pratique

Les paramètres suivants ont été recueillis :

- Les données kératométriques ;
- Les cartes d'élévation antérieure et postérieure ;
- Les mesures pachymétriques ;
- Les indices topographiques cornéens, notamment le SAI et les indices de régularité cornéenne.

L'utilisation conjointe de ces deux systèmes a permis d'obtenir des mesures précises et comparables, renforçant ainsi la validité des résultats. Ces données ont été exploitées pour analyser la morphologie cornéenne et étudier son éventuelle relation avec les caractéristiques palpébrales, notamment le tonus des paupières.

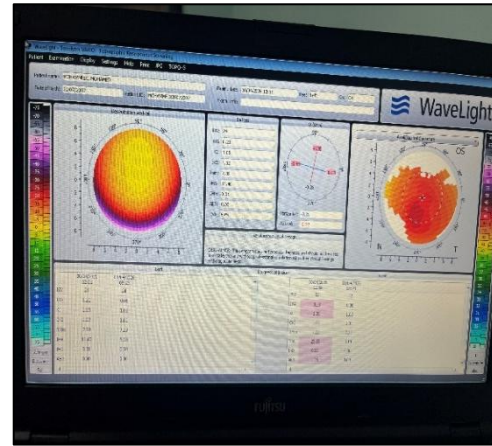
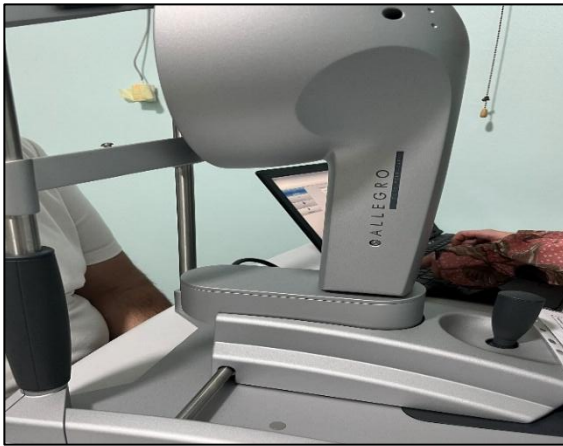


Figure 17: topographie d'élévation ALLERGO (par l'auteur)

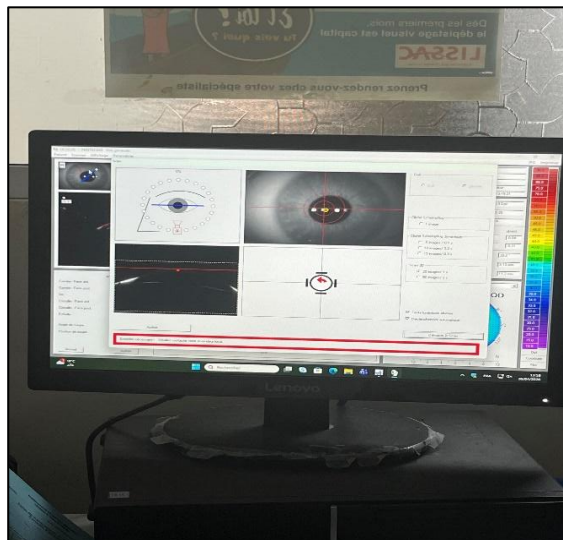


Figure 18: topographe Pentacam (par l'auteur)

III.2.5. Évaluation de l'ouverture des paupières :

L'évaluation de l'ouverture palpébrale se réfère à la détermination de l'écart vertical entre le bord de la paupière supérieure et celui de la paupière inférieure lorsqu'elle est en position de regard primaire. C'est un indicateur clinique facile à évaluer qui permet d'apprécier la structure de la fente palpébrale.

Dans le cadre de notre recherche, tous les participants ont été soumis à cette évaluation dans des conditions normalisées (position assise, tête droite, regard à l'horizontale), en utilisant soit une règle millimétrée.

Cela a permis de: Mesurer la dimension de la fente palpébrale, repérer les sujets ayant une fente palpébrale étroite ou large, examiner le lien entre l'ouverture des paupières et la topographie de la cornée et compléter l'évaluation du rôle biomécanique des paupières.

Cette évaluation est importante pour examiner l'impact des paupières sur la surface cornéenne, notamment dans le cadre de l'analyse des tensions mécaniques appliquées à la cornée.

III.2.6.Excel :

Microsoft Excel est une application de manipulation de données fréquemment employée pour l'arrangement, la gestion et l'examen initial des données cliniques.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons utilisé Excel pour : L'enregistrement des données cliniques collectées à partir des formulaires d'examen, l'arrangement des variables (sexe, kératométrie, fente palpébrale, tonus palpébral, indices topographiques, etc.), le contrôle et l'épuration des données dans le but de réduire les erreurs de saisie et l'élaboration de statistiques descriptives élémentaires (moyennes, écarts-types, tableaux).

L'emploi d'Excel est un passage crucial dans la préparation des données avant une analyse statistique détaillée avec T test de student calculateur, assurant de cette façon une plus grande

[illegible]

fiabilité et organisation des résultats.

Figure 19 : tableau d'Excel (Photo de l'auteur)

III.2.7. T test calculateur :

T test de Student est une technique statistique couramment employée dans les études biomédicales et optométrique pour effectuer des comparaisons de moyennes entre deux groupes. L'objectif principal est de vérifier si la différence constatée entre deux ensembles de données est statistiquement significative ou simplement fortuite. Ce test est particulièrement pertinent lorsqu'on veut étudier l'impact d'un élément sur un paramètre mesuré, comme par exemple l'influence de la forme des paupières sur la topographie de la cornée. Dans le domaine de l'optométrie, le test t peut servir à établir des comparaisons entre différentes mesures kératométriques, indices topographiques ou biométriques de plusieurs groupes de sujets.

Deux types principaux de tests t sont couramment utilisés :

Le test t indépendant, qui sert à comparer deux groupes distincts, et le test t apparié, qui est mis en œuvre lorsqu'il s'agit de mesures effectuées sur les mêmes sujets avant et après une intervention. Le test est basé sur l'écart entre les moyennes et la variabilité des données examinées. Le principal résultat obtenu est la valeur p (p-value), qui sert à interpréter la signification statistique des résultats. Quand la valeur de p tombe en dessous de 0,05, on considère que l'écart est significatif, suggérant qu'il y a sans doute une relation authentique entre les variables analysées.

Par contre, une valeur plus grande que 0,05 indique que la différence observée pourrait être le résultat du hasard.

Par conséquent, le test t est un logiciel important dans l'analyse statistique des recherches scientifiques, puisqu'il autorise la validation objective des hypothèses de recherche et l'interprétation fiable des résultats.

IV. Méthodologie :

Les examens ont été réalisés dans des conditions standardisées afin de garantir la fiabilité et la reproductibilité des mesures topographiques. Les acquisitions effectuées au laboratoire LPCMM–IGMO ont été réalisées dans une salle présentant des conditions lumineuses contrôlées, dans le but de limiter les variations liées à l'accommodation, au film lacrymal et aux mouvements palpébraux. Les examens ont été effectués chaque mercredi entre 12h30 et 16h15.

Au niveau de la clinique Hammou Boutlilis, les examens ont été réalisés chaque jeudi entre 11h30 et 13h30 durant la période de stage clinique. Afin de compléter l'échantillon de l'étude, une séance supplémentaire de recrutement et d'examen a été réalisée le 30/04/2026 au niveau de la clinique Lazouni dans la wilaya de Tlemcen, où 12 participants supplémentaires ont été inclus.

Avant la réalisation des examens, une explication détaillée du protocole d'étude a été fournie à chaque participant. Les porteurs de lentilles de contact souples ont été invités à interrompre

le port de leurs lentilles au moins 48 heures avant l'examen afin d'éviter toute modification temporaire de la topographie cornéenne.

IV.1. Critères d'inclusion :

Les participants inclus dans cette étude répondaient aux critères suivants :

- Sujets jeunes volontaires ;
- Absence de pathologie cornéenne connue ;
- Absence de chirurgie oculaire antérieure ;
- Absence d'infection ou d'inflammation oculaire active ;
- Possibilité d'obtenir des acquisitions topographiques fiables et centrées ;
- Consentement à participer à l'étude.

IV.2. Critères d'exclusion :

Les critères d'exclusion comprenaient :

- Présence d'un Keratoconus diagnostiqué ou suspecté ;
- Antécédents de chirurgie réfractive ou cornéenne ;
- Port récent de lentilles de contact sans respect du délai d'arrêt ;
- Sécheresse oculaire sévère ou instabilité importante du film lacrymal ;
- Pathologies palpébrales pouvant modifier le tonus palpébral ;
- Topographies de mauvaise qualité ou non reproductibles.

IV.3. Position du patient :

Lors des acquisitions, les sujets étaient installés en position assise, le dos droit, avec la tête stabilisée à l'aide du support mentonnier et frontal de l'appareil. Les participants fixaient la mire centrale afin d'assurer un centrage optimal et une reproductibilité maximale des mesures. Une attention particulière a été portée à l'absence de clignements excessifs ou de contractions palpébrales pendant les acquisitions.

IV.4. Réalisation des mesures topographiques :

Après vérification de la qualité du film lacrymal, les examens topographiques ont été réalisés à l'aide des appareils de topographie cornéenne. En présence d'une hyperlacrymation ou d'une instabilité du film lacrymal, un collyre lubrifiant (Eso-drop) était instillé, suivi d'un délai d'environ 15 minutes avant la reprise des mesures.

Pour chaque œil, plusieurs acquisitions successives ont été réalisées afin de sélectionner l'image la plus nette, la mieux centrée et la plus reproductible. Les paramètres étudiés comprenaient notamment :

Partie pratique

- La kératométrie moyenne ;
- L'astigmatisme cornéen ;
- Les indices topographiques de symétrie et de régularité cornéenne.

Les données obtenues ont été reportées sur une fiche clinique puis transférées vers Microsoft Excel avant l'analyse statistique.

IV.5. Analyse de données statistiques :

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du programme Microsoft Excel et d'un calculateur de test t pour les comparaisons de moyennes. Dans une première phase, une étude descriptive de l'échantillon a été menée pour synthétiser les caractéristiques topographiques et cliniques des participants examinés, en recourant à des moyennes, écarts-types, valeur maximale et minimale.

IV.5.1. Kératométrie :

K₁ :

Groupe	K1 étudiant avec TPN	k1 étudiant avec TPR
MOYENNE	8,0202	7,8064
ECART TYPE	0,3154	0,3962
SEM	0,0487	0,0611
NOMBRE	42	42

On examine nos données :

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0076.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme très significative sur le plan statistique.

Intervalle de confiance :

La moyenne de k1 étudiant avec TPN moins k1 étudiant avec TPR est égale à 0,2138.

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De 0,0584 à 0,3693.

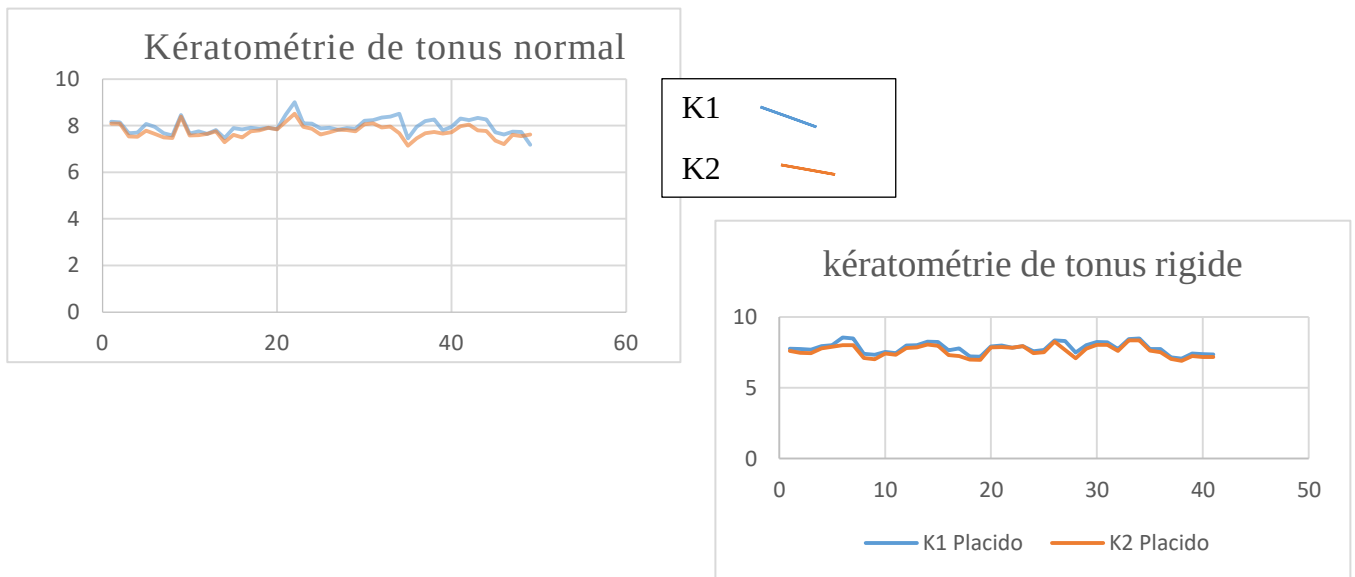
Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 2,7361

Ddl = 82

Partie pratique

Erreur standard de la différence = 0,078



K₂ :

Données des groupes :

Groupe	K2 TPN	K2 TPR
Moyenne	7,7726	7,5967
Ecart type	0,2789	0,3959
SEM	0,0430	0,0611
NOMBRE	42	42

Valeur de p et significativité statistique :

La valeur de p bilatérale est égale à 0,0153.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme non statistiquement significative.

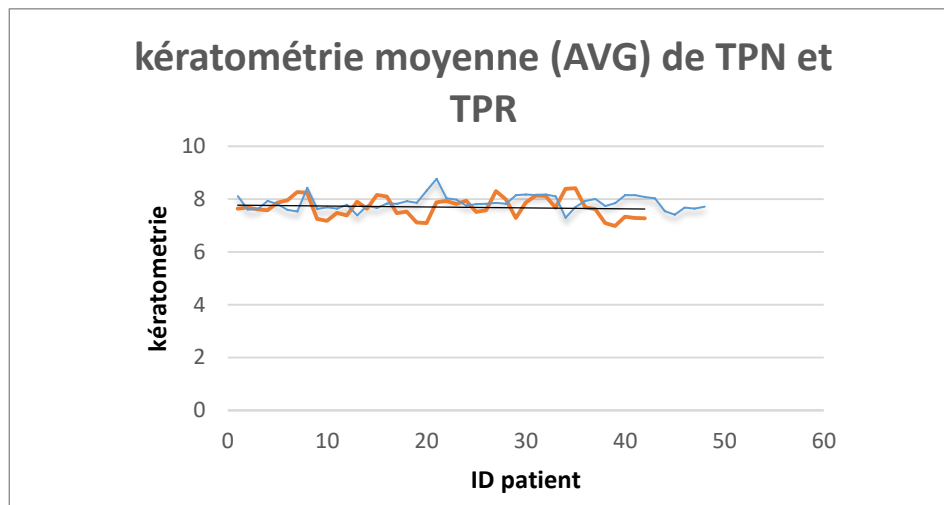
Intervalle de confiance :

La différence entre les moyennes (K2 étudiant avec TPN moins K2 étudiant avec TPR) est égale à 0,1871.

L'intervalle de confiance à 95 % de cette différence est compris entre 0,0368 à 0,3375.

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 2,4762



Ddl (degrés de liberté) = 82

Erreur standard de la différence = 0,076

IV.5.2. Astigmatisme :

Groupe	Astigmatisme cornéenne de TPN	Astigmatisme cornéenne de TPR
Moyenne	1,1862	1,1874
Ecart type	0,9202	0,7883
SEM	0,1420	0,1216
NOMBRE	42	42

Valeur de p et significativité statistique :

La valeur de p bilatérale est égale à 0,9949.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme non statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La différence entre les moyennes (astigmatisme cornéen chez les étudiants avec TPN moins astigmatisme cornéen chez les étudiants avec TPR) est égale à -0,0012. L'intervalle de confiance à 95 % de cette différence est compris entre -0,3731 et 0,3707.

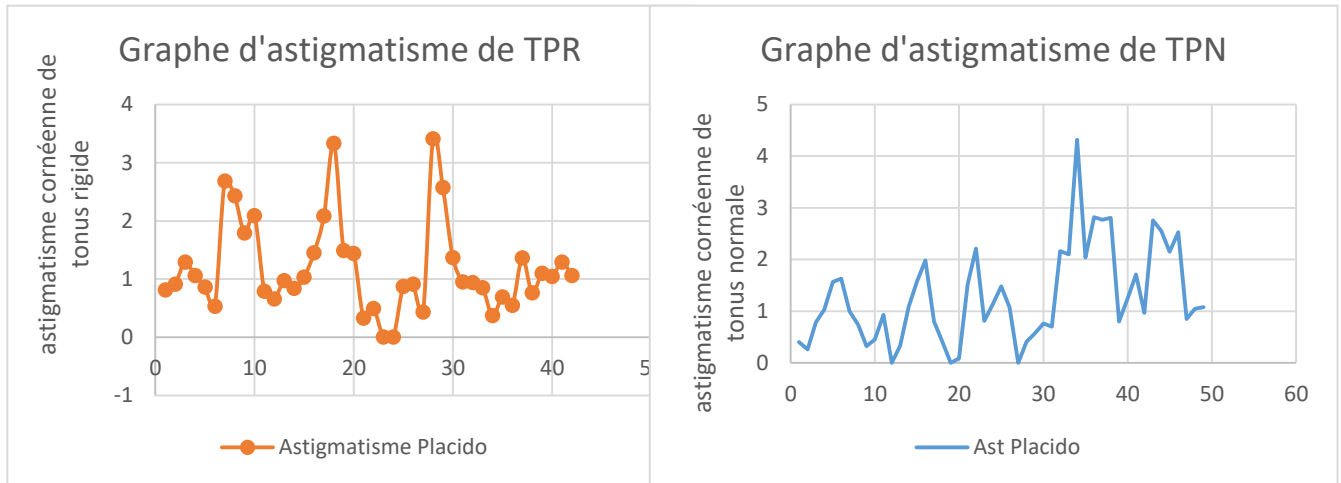
Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,0064

Partie pratique

Ddl = 82

Erreur standard de la différence = 0,187



IV.5.3. AVG :

Groupe	AVG de TPN	AVG de TPR
Moyenne	7,8878	7,6943
Ecart type	0,2767	0,3875
SEM	0,0432	0,0598
NOMBRE	42	42

Données des groupes :

Valeur de p et significativité statistique :

La valeur de p bilatérale est égale à **0,0107**.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La différence entre les moyennes (AVG chez les étudiants avec TPN moins AVG chez les étudiants avec TPR) est égale à **0,1935**.

L'intervalle de confiance à 95 % de cette différence est compris entre **0,0461 et 0,3409**.

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 2,6127

Ddl = 81

Erreur standard de la différence = 0,074

IV.5.4. KPI :

Données des groupes :

Groupe	KPI de TPN	KPI de TPR
Moyenne	0,1317	0,2538
Ecart type	0,0317	0,3954
SEM	0,0049	0,0610
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0493.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

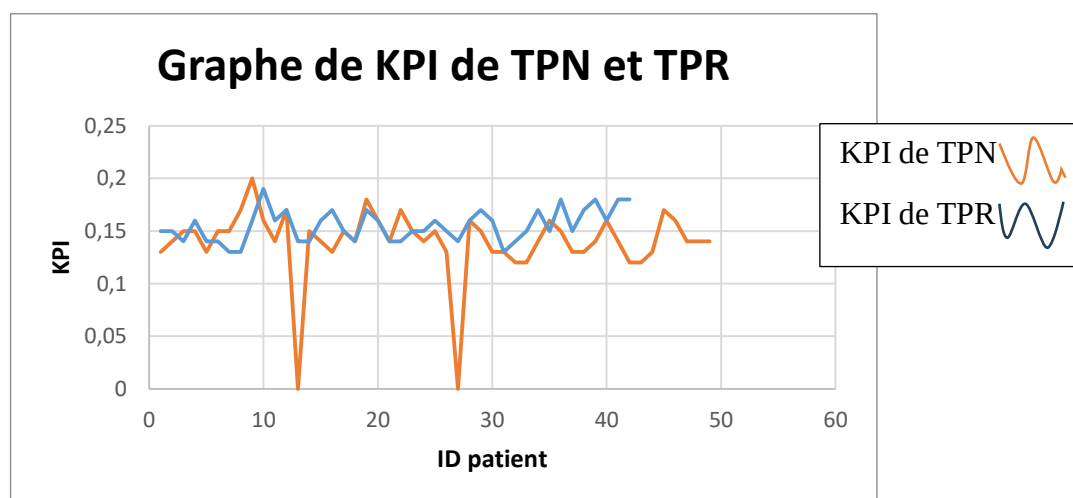
La moyenne du KPI étudiant avec TPN moins le KPI étudiant avec TPR est égale à -0,1221

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,2439 à -0,0004

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 1,9958

Ddl = 82



Erreur standard de la différence = 0,061

IV.5.5. SAI :

Données des groupes :

Groupe	SAI de TPN	SAI de TPR
Moyenne	0,3358	0,3090
Ecart type	0,1618	0,1220
SEM	0,025	0,0188
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,3997.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne de SAI étudiant avec TPN moins SAI étudiant avec TPR est égale à 0,0267

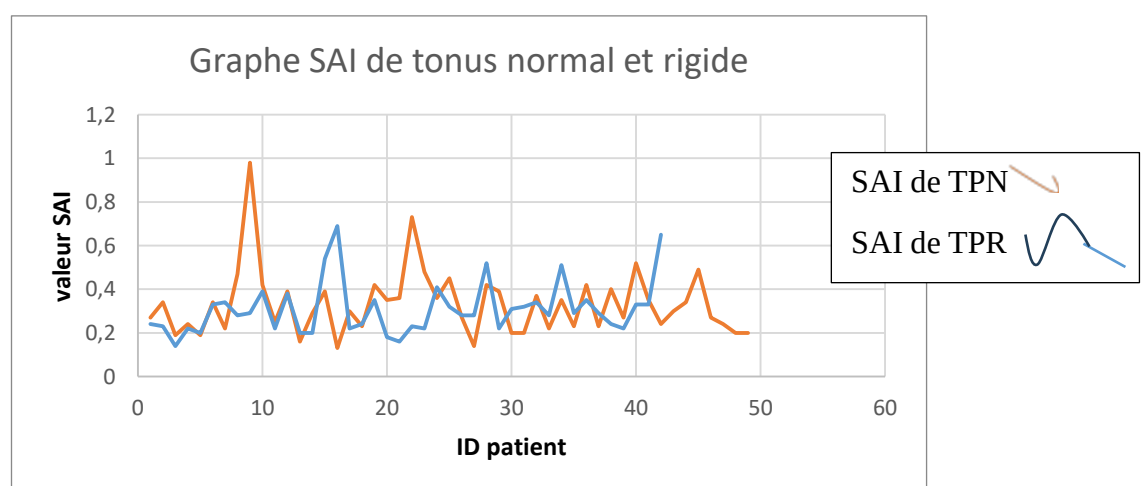
Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,0361 à 0,0895

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,8466

Ddl = 80

Erreur standard de la différence = 0,032



IV.5.6. BFS :

Groupe	BFS de TPN	BFS de TPR
Moyenne	7,9752	7,8221
Ecart type	0,2534	0,4041
SEM	0,0391	0,0624
NOMBRE	42	42

Données des groupes :

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0406.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

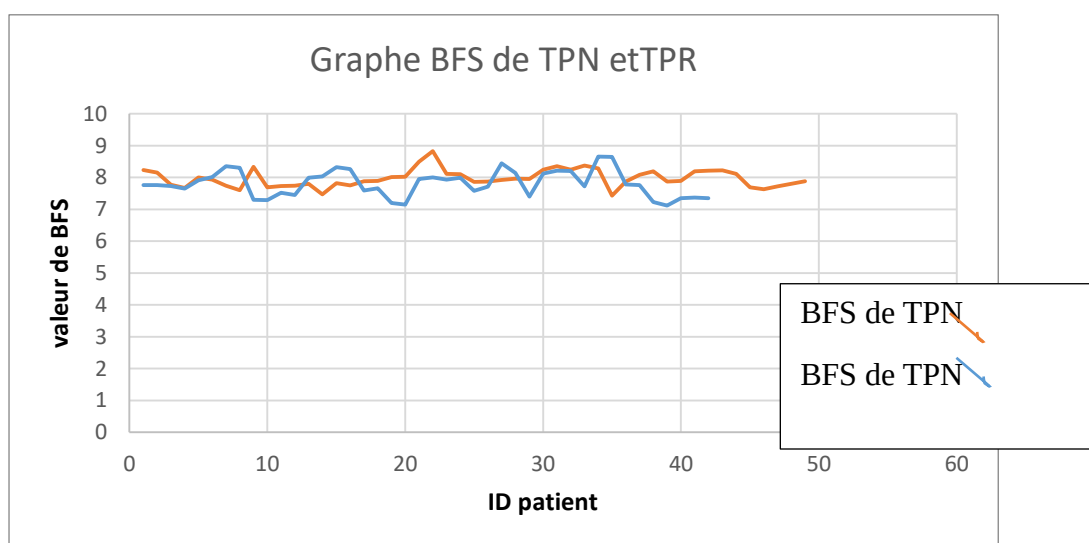
La moyenne de BFS étudiant avec TPN moins BFS étudiant avec TPR est égale à 0,1531

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De 0,0067 à 0,2995

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 2,0801

Ddl = 82



Erreur standard de la différence = 0,074

IV.5.7. P FACTOR :

Données des groupes :

Groupe	P factor de TPN	P factor de TPR
Moyenne	0,7783	0,7731
Ecart type	0,1456	0,1057
SEM	0,0225	0,0163
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,8508.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne de P FACTOR étudiant avec TPN moins P FACTOR étudiant avec TPR est égale à 0,0052

Intervalle de confiance à 95% de cette différence : De -0,0500 à 0,0605

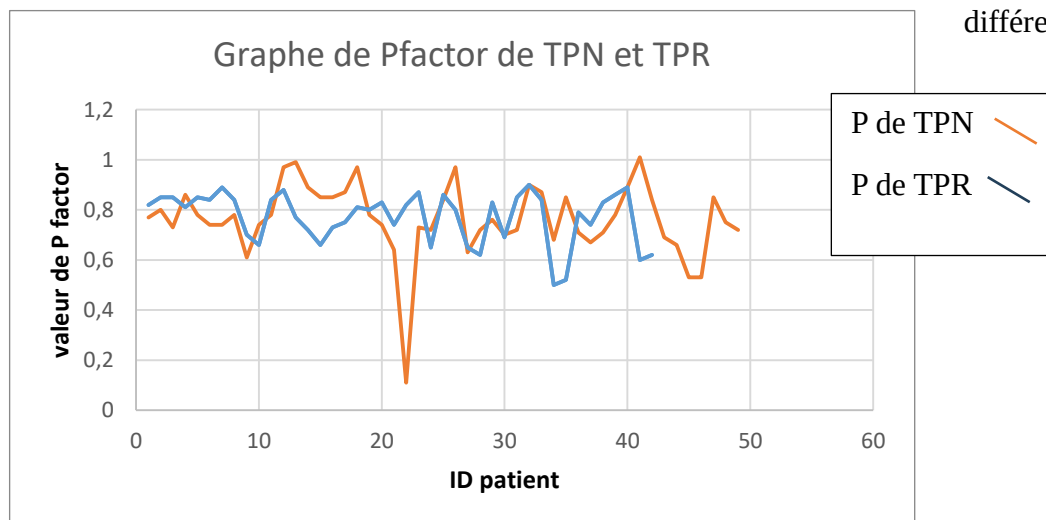
Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,1887

Ddl = 82

Erreur
la
= 0,028

standard de
différence



IV.5.8.Excentricité E :

Données des groupes :

Groupe	E factor de TPN	E factor de TPR
Moyenne	0,4400	0,4710
Ecart type	0,1770	0,1053
SEM	0,0273	0,0162
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,3328.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne de E étudiant de TPN moins E étudiant de TPR est égale à -0,0310

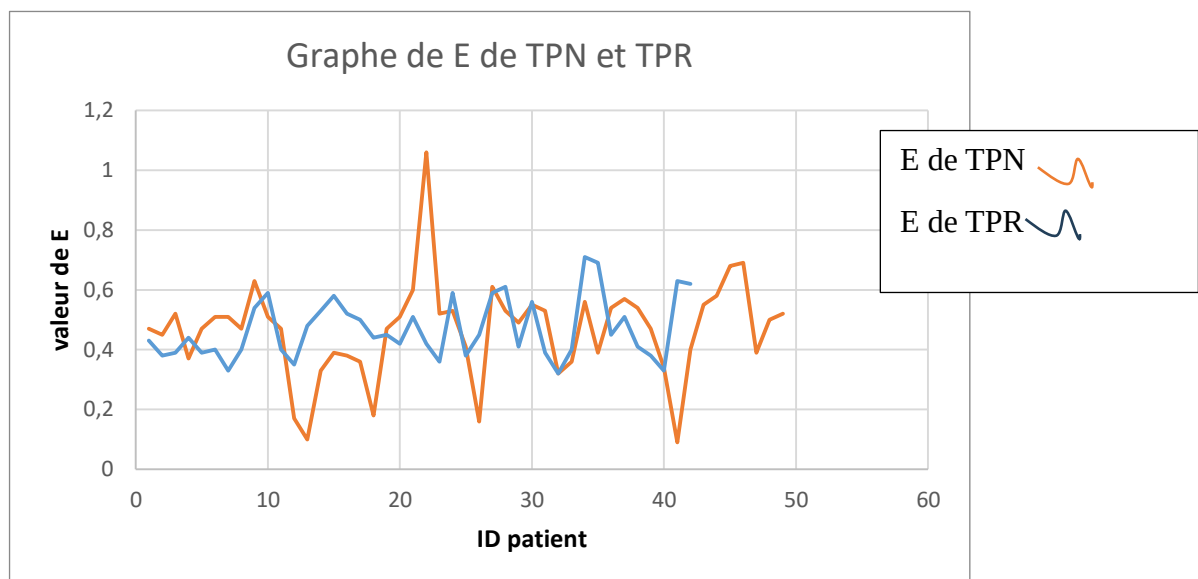
Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,0942 à 0,0322

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,9742

Ddl = 82

Erreur standard de la différence = 0,032



IV.5.9. Asphéricité Q :

Groupe	Q factor de TPN	Q factor de TPR
Moyenne	0,2264	0,2293
Ecart type	0,1704	0,1024
SEM	0,0263	0,0158
NOMBRE	42	42

Données des groupes :

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,9260.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne de Q étudiant de TPN moins Q étudiant de TPR est égale à -0,0029

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,0639 à 0,0582

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,0931

Ddl = 82

Erreur standard de la différence = 0,031

IV.5.10. Fente palpébrale :

Données des groupes :

Groupe	Fente palpébrale de TPN	Fente palpébrale de TPR
Moyenne	11,188	10,821
Ecart type	1,840	1,877
SEM	0,284	0,290
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,3685.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

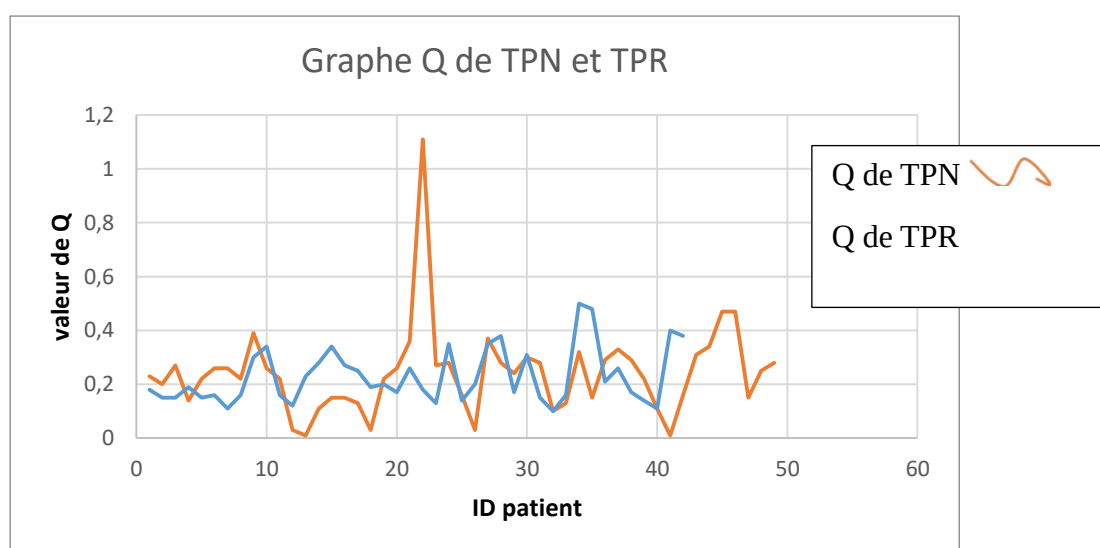
Intervalle de confiance :

La moyenne de la fente palpébrale étudiant de TPN moins la fente palpébrale étudiant de TPR est égale à 0,367

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,440 à 1,173

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

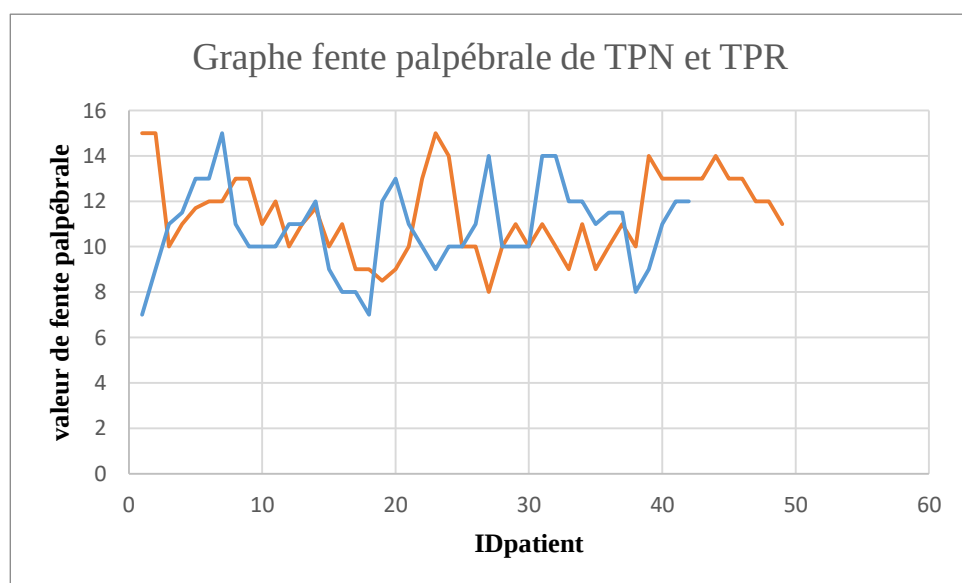
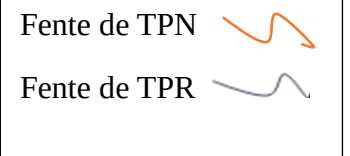
T = 0,9042



Partie pratique

Ddl = 82

Erreur standard de la différence = 0,406



IV.5.11. SI :

Données des groupes :

Groupe	SI de TPN	SI de TPR
Moyenne	0,4100	0,4907
Ecart type	0,3649	0,3811
SEM	0,0563	0,0588
NOMBRE	42	42

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,3244.

Selon les critères conventionnels, cette différence n'est pas considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne du SI étudiant de TPN moins SI étudiant de TPR est égale à -0,0807

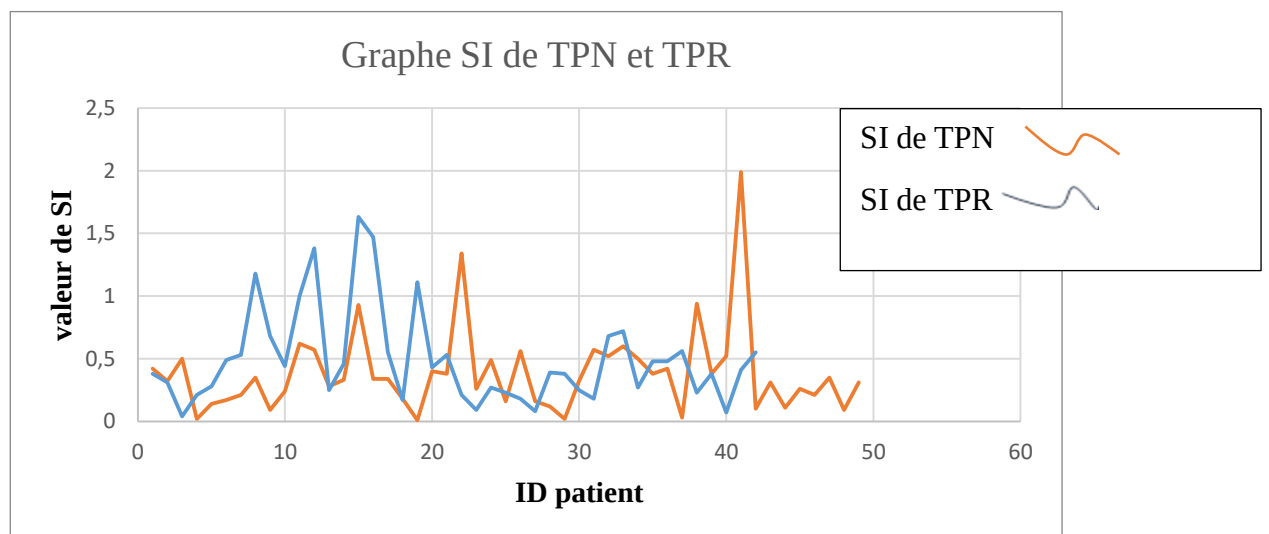
Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : De -0,2427 à 0,0813

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 0,9913

Ddl = 82

Erreur standard de la différence = 0,081



IV.5.12. K1 fente étroite tonus normale et K1 de fente large tonus normale :

Données des groupes :

Groupe	K1 fente étroite de TPN	K1 fente large de TPN
Moyenne	7,8675	8,4100
Ecart type	0,0359	0,4090
SEM	0,0180	0,2045
NOMBRE	4	4

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0384.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme statistiquement significative.

Intervalle de confiance :

La moyenne de K1 fente étroite avec TPN moins K1 fente large avec TPN est égale à -0,5425.

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : de -1,0448 à -0,0402.

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 2,6427

Ddl = 6

Erreur standard de la différence = 0,205

IV.5.13. K1 fente étroite tonus rigide et k1 fente large tonus rigide :

Données des groupes :

Groupe	K1 fente étroite de TPR	K1 fente large de TPR
Moyenne	7,7725	8,3325
Ecart type	0,0506	0,1559
SEM	0,0253	0,0779
NOMBRE	4	4

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0005.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme extrêmement significative sur le plan statistique.

Intervalle de confiance :

La moyenne de K1 fente étroite tonus rigide moins K1 fente large tonus rigide est égale à -0,5600.

L'intervalle de confiance à 95 % de cette différence est de -0,7605 à -0,3595.

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

T = 6,8351

Ddl = 6

Erreur standard de la différence = 0,082

IV.5.14. K1 fente étroite tonus rigide moins k1 fente normale tonus normale :

Données des groupes :

Groupe	K1 fente étroite tonus rigide	K1 fente normale tonus normale
Moyenne	7,7725	8,3575
Ecart type	0,0506	0,1565
SEM	0,0253	0,0782
NOMBRE	4	4

Valeur p et signification statistique :

La valeur P bilatérale est égale à 0,0004.

Selon les critères conventionnels, cette différence est considérée comme extrêmement significative sur le plan statistique.

Intervalle de confiance :

La moyenne de K1 fente étroite tonus rigide moins k1 fente normale tonus normale est égale à -0,5850.

Intervalle de confiance à 95 % de cette différence : de -0,7862 à -0,3838.

Valeurs intermédiaires utilisées dans les calculs :

$T = 7,1138$

$Ddl = 6$

Erreur standard de la différence = 0,082

IV.5.15. Discussion :

IV.5.15.1. Discussion clinique de kératométrie :

L'analyse du K1 révèle une différence notée entre les sujets ayant un tonus palpébral normal et ceux présentant un tonus rigide ($p = 0,0076$). On note une baisse du K1 en dioptries chez les individus à tonus élevé, indiquant un aplatissement du méridien cornéen le plus plat, vraisemblablement associé aux pressions exercées par les paupières.

Le mouvement mécanique de la paupière, particulièrement lorsqu'il est plus intense, peut graduellement affecter la forme de la cornée du fait de sa nature viscoélastique. L'effet s'avère être d'autant plus prononcé lorsque le tonus palpébral rigide est combiné à une fente palpébrale serrée ($P = 0,0004$), ce qui accroît la pression appliquée à la surface de la cornée.

Par conséquent, ces résultats indiquent que les traits palpébraux peuvent altérer les valeurs topographiques en l'absence de lésion cornéenne initiale, un élément crucial à considérer dans la pratique clinique.

Une différence statistiquement notable a été observée concernant le paramètre K2 entre les individus ayant une tonicité palpébrale normale et ceux ayant une tonicité palpébrale rigide, avec une valeur p s'élevant à 0,0153. Cette baisse du K2 indique que les pressions mécaniques appliquées par les paupières ont un effet sur le méridien cornéen le plus cambré et contribuent au réajustement de la courbure cornéenne.

Le clignement et le repos de la paupière supérieure appliquent une pression constante qui peut provoquer une répartition modifiée des tensions biomécaniques sur la surface de la cornée, surtout dans les zones supérieures et para centraux. Cette intervention physique est susceptible de changer graduellement les profils kératométriques observables sur la topographie de la cornée.

L'étude statistique de l'astigmatisme cornéen n'a révélé aucune différence notable sur le plan statistique entre les groupes examinés, avec une valeur p de 0,9949.

Cette constante absence de variation indique que le tonus palpébral ne paraît pas influencer directement l'étendue générale de l'astigmatisme au sein de cette population. Cependant, même en l'absence d'une hausse notable de la valeur astigmatique, les paupières peuvent affecter discrètement l'orientation ou la régularité de l'astigmatisme par le biais de leurs contraintes mécaniques successives.

Ces résultats suggèrent que l'effet palpébral semble plus influencer la courbure globale de la cornée que la quantité totale d'astigmatisme.

La kératométrie moyenne (AVG) démontre une disparité statistiquement importante entre les groupes avec un critère de significativité p fixé à 0,0107.

Cette réduction de l'AVG chez les individus à tonus palpébral dur est probablement le signe d'un changement général dans la courbure cornéenne sous l'influence des forces mécaniques produites par les paupières. Ceci confirme que l'influence de la palpation ne concerne pas uniquement un méridien spécifique, mais peut toucher toute la surface antérieure de la cornée.

Sur un plan clinique, ces variations peuvent avoir un impact sur l'interprétation des données kératométriques et certains calculs biométriques employés en optométrie et chirurgie réfractive.

Le KPI qui est l'indicateur de performance clé indique une différence statistiquement notable entre les groupes, avec une valeur p fixée à 0,0493.

La hausse de l'indicateur de performance clé chez les patients présentant un tonus palpébral rigide pourrait signaler une tendance vers une irrégularité cornéenne plus significative. Bien que les valeurs demeurent dans une plage physiologique, cette hausse peut indiquer un impact biomécanique chronique imposé par les paupières sur la stabilité de la surface de la cornée.

Sur le plan clinique, cette constatation est cruciale puisque certaines anomalies cornéennes subtiles pourraient être exacerbées par les contraintes des paupières, particulièrement chez les patients susceptibles de développer des ectasies cornéennes.

Ensuite, Il n'y avait pas eu de différence statistiquement significative entre les groupes selon le SAI, avec une valeur p de 0,3997.

Ce manque de pertinence suggère que le tonus palpébral ne paraît pas avoir un impact majeur sur l'asymétrie de la surface cornéenne dans cette recherche. Les fluctuations observées sont probablement toujours dans les normes physiologiques habituelles.

De ce fait, bien qu'il y ait un effet mécanique des paupières sur certains paramètres de la kératométrie, l'influence sur l'asymétrie cornéenne semble minime.

Le BFS révèle une différence statistiquement importante entre les groupes, avec une valeur p fixée à 0,0406.

Le BFS constitue la sphère de référence cornéenne optimale. La réduction observée chez les individus ayant une rigidité du tonus palpébral indique que les pressions palpébrales pourraient avoir un impact sur la configuration générale de la cornée.

Ces découvertes appuient l'idée d'un ajustement biomécanique graduel dû aux forces que les paupières imposent de façon quotidienne à la surface de la cornée.

Le facteur P ne révèle pas de différence statistiquement pertinente entre les groupes, avec un p obtenu de 0,8508.

Cela implique que le tonus palpébral n'a pas d'effet notable sur la forme prolata ou oblate de la cornée au sein de cette population. Les fluctuations constatées demeurent légères et sont probablement d'ordre physiologique.

Le degré d'excentricité E n'a montré aucune différence statistiquement pertinente entre les groupes, avec une valeur p de 0,3328.

Cette constatation suggère que les restrictions palpébrales n'apparaissent pas avoir un impact significatif sur l'évolution périphérique de la courbure cornéenne chez les participants à l'étude.

Le facteur Q n'a montré aucune différence statistiquement significative entre les groupes avec une valeur p égale à 0,9260.

Cela suggère que l'asphéricité cornéenne globale demeure relativement stable malgré les variations du tonus palpébral. Les forces mécaniques exercées par les paupières semblent donc avoir un impact limité sur ce paramètre.

L'examen de la fente palpébrale n'a pas démontré de différence statistiquement significative entre les groupes, avec une valeur p fixée à 0,3685.

Toutefois, les sous-groupes présentant une fente palpébrale étroite liée à une rigidité tonale ont démontré les changements kératométriques les plus significatifs. Cela indique qu'une réduction de l'écart palpébral pourrait localement intensifier la pression appliquée sur la cornée.

Il n'y a pas eu de différence statistiquement significative observée par le SI entre les groupes, avec une valeur p se chiffrant à 0,3244.

L'absence de signification apparente signifie que le tonus palpébral ne semble pas avoir un impact notable sur l'indice de symétrie cornéenne dans le groupe étudié. Les changements biomécaniques des paupières semblent plus étroitement associés aux modifications globales de courbure qu'aux irrégularités cornéennes localisées.

IV.5.15.2. Discussion selon des références des articles scientifique :

Cette recherche établit l'importance de l'influence des structures palpébrales sur la biomécanique de la cornée. En raison de ses caractéristiques viscoélastiques, la cornée reste sensible aux forces mécaniques constantes appliquées par les paupières. Ces conclusions sont en accord avec l'étude réalisée par Wilson, Bell, Collins et Read, qui ont démontré comment les pressions palpébrales influencent la modification de la forme de la cornée et certains paramètres topographiques. [26]

D'un point de vue biomécanique, les rapports entre la cornée et la paupière peuvent se comprendre en se basant sur les principes mécaniques de pression et de déformation des tissus. Les recherches de Buehren et Collins ont montré que les pressions palpébrales persistantes peuvent entraîner des altérations mineures de la cornée et contribuer à la réorganisation graduelle de la surface cornéenne. [28]

Sur le plan clinique, nos observations indiquent une réduction marquée du K1 chez les individus ayant une fente palpébrale étroite conjointement à un tonus palpébral élevé ($p = 0,0004$). Ce changement dans le méridien cornéen le plus plat indique une interaction mécanique directe des structures des paupières sur la courbure cornéenne, ce qui corrobore les constatations de Collins, Read et Al (2007), qui ont souligné un lien entre les pressions exercées par les paupières et les ajustements des paramètres kératométriques. [29]

Ces données mettent en évidence la nécessité d'incorporer l'évaluation des paramètres palpébraux dans l'examen topographique de la cornée, spécialement lors de l'étude d'astigmatismes atypiques, d'asymétries cornéennes ou de présomptions de début de kératocône. Wanting Ruan (2026) soutient également cette perspective, soulignant l'importance des éléments mécaniques externes dans l'évolution des ectasies cornéennes. [30]

Par conséquent, la structure cornéenne se manifeste comme l'issue d'un équilibre dynamique entre les caractéristiques biomécaniques inhérentes à la cornée et les forces mécaniques extérieures appliquées par les paupières.

Cette recherche atteste que la combinaison d'une fente palpébrale restreinte et d'un tonus palpébral haut affecte notablement les paramètres topographiques de la cornée. L'écart notable constaté au niveau du K1 ($p = 0,0004$) suggère une influence biomécanique tangible des stress palpébraux sur la courbure de la cornée. Ces résultats concordent avec les modèles biomécaniques qui caractérisent la cornée comme une structure dynamique réactive aux forces extérieures. Les recherches menées par Collins, Read et Buehren corroborent l'importance des paupières dans la restructuration graduelle de la cornée par le biais de pressions successives. Par conséquent, notre hypothèse se trouve confirmée, mettant en évidence l'importance des facteurs palpébraux dans l'étude de la topographie cornéenne. [26]

Conclusion :

Cette recherche souligne un lien entre les traits palpébraux et les mesures topographiques de la cornée. Les sujets ayant une fente palpébrale étroite et un tonus palpébral fort démontrent des fluctuations notables dans certains paramètres kératométriques, y compris le K1, suggérant un impact des contraintes mécaniques sur les paupières sur la courbure de la cornée.

Ces résultats confirment l'importance des paupières dans la régulation de la forme de la cornée et mettent en évidence la nécessité d'inclure l'analyse des paupières dans l'interprétation des informations topographiques en optométrie.

Conclusion générale :

L'objectif principal de cette étude était d'explorer l'influence des caractéristiques palpébrales, notamment la hauteur de la fente palpébrale et la tension des paupières, sur la topographie cornéenne. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'existence d'une relation significative entre certains paramètres palpébraux et la géométrie de la cornée, en particulier au niveau du méridien cornéen plat (K1). Les sujets présentant une fente palpébrale étroite associée à une tension palpébrale élevée ont montré des modifications topographiques plus marquées, suggérant que les forces mécaniques exercées de manière chronique par les paupières peuvent influencer la courbure cornéenne.

Ces observations renforcent l'idée que la cornée ne constitue pas une structure statique, mais un tissu vivant et dynamique dont la forme résulte d'un équilibre complexe entre ses propriétés biomécaniques intrinsèques et les contraintes mécaniques extrinsèques. Parmi ces contraintes, l'action permanente des paupières lors du clignement et de leur appui au repos semble jouer un rôle non négligeable dans le remodelage progressif de la surface cornéenne. Bien que ces modifications demeurent généralement discrètes, elles sont suffisamment importantes pour être détectées et quantifiées grâce aux technologies modernes de topographie cornéenne.

Les résultats de cette étude apportent également un éclairage clinique intéressant. Ils suggèrent que certaines variations topographiques observées chez des patients ne sont pas uniquement liées à des facteurs cornéens intrinsèques, mais peuvent également être influencées par l'anatomie et la fonction palpébrales. Cette considération est particulièrement pertinente dans l'interprétation des astigmatismes réguliers ou irréguliers, dans l'évaluation préopératoire en chirurgie réfractive, ainsi que dans le dépistage des ectasies cornéennes débutantes. Une meilleure compréhension de l'interaction entre les paupières et la cornée pourrait ainsi contribuer à améliorer la précision diagnostique et à éviter certaines erreurs d'interprétation des cartes topographiques.

D'un point de vue optométrique et contactologique, la prise en compte des paramètres palpébraux pourrait également optimiser l'adaptation des lentilles de contact, notamment des lentilles rigides perméables au gaz, sclérales ou d'orthokératologie, dont le comportement et la stabilité peuvent être influencés par la morphologie des paupières. L'évaluation systématique de la tension palpébrale et de la configuration de la fente palpébrale pourrait ainsi devenir un complément utile à l'examen clinique standard.

Toutefois, certaines limites doivent être prises en considération. La taille de l'échantillon et le caractère transversal de l'étude ne permettent pas d'établir une relation causale définitive entre les paramètres palpébraux et les modifications topographiques observées. De plus, l'évaluation de la tension palpébrale repose en partie sur des mesures cliniques pouvant présenter une certaine variabilité inter-examineur. Des études longitudinales impliquant des populations plus larges et des méthodes de mesure plus objectives permettraient de confirmer et de préciser ces résultats.

Les perspectives de recherche sont nombreuses. Il serait pertinent d'étudier l'impact des caractéristiques palpébrales sur les aberrations optiques de haut degré, sur la progression de certaines pathologies cornéennes telles que le kératocône, ainsi que sur les résultats de la

chirurgie réfractive et de l'orthokératologie. L'utilisation d'outils d'imagerie avancés et d'analyses biomécaniques pourrait également permettre de mieux comprendre les mécanismes par lesquels les paupières influencent la morphologie cornéenne.

En conclusion, cette étude met en évidence le rôle potentiel des caractéristiques palpébrales dans la modulation de la topographie cornéenne. Les résultats obtenus soulignent l'importance d'une approche globale de l'examen oculaire intégrant non seulement les paramètres cornéens, mais également les structures périoculaires qui interagissent quotidiennement avec la surface de l'œil. L'intégration de l'évaluation palpébrale dans la pratique clinique pourrait ainsi enrichir l'interprétation des examens topographiques et contribuer à une prise en charge plus précise et personnalisée des patients.

Bibliographie :

- [1] : Barthélemy B, Thiébaud T, coordonnateurs. *Contactologie*. 2e éd. Paris: Éditions Tec & Doc
- [2] : <https://www.mcours.net/cours/pdf/hascllic5/hassaaeclic583.pdf>
- [3] : *Dormir les yeux ouverts : qu'est-ce que la lagophthalmie* Par Valérie Dollé Rédactrice scientifique Mis à jour le 06/11/2024
- [4] : <https://www.mcours.net/cours/pdf/hascllic5/hassaaeclic583.pdf>
- [5] : *Lower Eyelid Laxity Examination* Amir Labib; Bhupendra C. Patel; Catherine Milroy. Last Update: May 8, 2023.
- [6] : fiche N°11 Examen clinique des paupières C. Vignal Clermont
- [7] : L'examen du ptosis en dix points Stéphane Arnavielle Les Cahiers d'Ophtalmologie 2012 ; n°160 :34-6. Pagination pdf 1/3
- [8] : <https://columbuseyelid.com/blog/risk-factors-for-droopy-eyelids/>
- [9] : *Eyelid Laceration* Megan L. Cochran; Craig N. Czyz. Last Update: November 27, 2022.
- [10] : *Dry Eye Syndrome* Mark I. Golden; Jay J. Meyer; Marco Zeppieri; Bhupendra C. Patel. Last Update: February 29, 2024.
- [11] : American Academy of Ophthalmology – Ptosis Evaluation
- [12] : *Lésions bénignes des paupières* Thomas J. Stokkermans ; Marc Prendes. Dernière mise à jour : 29 mai 2023
- [13] : PubMed – *Meibomian gland dysfunction and eyelid inflammation*
- [14] : PubMed – *Cicatricial eyelid changes after trauma and surgery*
- [15] : PubMed – *Thyroid eye disease and eyelid retraction*
- [16] : TFOS DEWS II Report
- [17] : PubMed – *Exposure keratopathy and eyelid dysfunction*
- [18] : <https://www.kenhub.com/fr/library/anatomie/cornee-fr>
- [19] : <https://www.gatinel.com/>
- [20] : Sarfati, A. (Coord.). (2017). *Orthokératologie : principes, indications, alternatives*. SFOALC. MED-LINE Editions.
- [21] : Puech, M. (Coord.). Octobre 2019. *Imagerie en ophtalmologie* (2e éd.). Elsevier Masson
- [22] : pnds_keratocone_sensgene__15_nov_2021_vfinale.pdf

- [23] : Alió, J. L., Vega-Estrada, A., Sanz-Díez, P., Peña-García, P., Durán-García, M. L., & Maldonado, M. (2015). *Keratoconus Management Guidelines. International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 4(1), 1–39. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10025-1095>
- [24] : https://eyewiki.org/Corneal_Biomechanics#cite_note-one-1
- [25] : *Eyelid pressure: inferences from corneal topographic changes* Alyra J Shaw¹, Michael J Collins, Brett A Davis, Leo G Carney Affiliations Expand PMID: 19158562
- [26] : Collins, M. J., Buehren, T., Trevor, T., Statham, M., Hansen, J., & Cavanagh, D. A. (2006). *Factors influencing lid pressure on the cornea. Eye & Contact Lens*, 32(4), 168–173. <https://doi.org/10.1097/01.icl.0000189193.28870.81>
- [27] : Yoshioka, E., Yamaguchi, M., Shiraishi, A., Kono, T., Ohta, K., & Ohashi, Y. (2015). *Influence of eyelid pressure on fluorescein staining of ocular surface in dry eyes. American Journal of Ophthalmology*. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.06.028>
- [28] : *Facteurs influençant la pression des paupières sur la cornée* Août 2006 Sciences et pratique clinique des yeux et des lentilles de contact 32(4):168-73
DOI : [10.1097/01.icl.0000189193.28870.81](https://doi.org/10.1097/01.icl.0000189193.28870.81)
- [29] : *L'influence de la morphologie des paupières sur la forme normale de la cornée* Scott A. Read ; Michael J. Collins ; Leo G. Carney Investigative Ophthalmology & Visual Science, janvier 2007, vol. 48, p. 112-119. doi : <https://doi.org/10.1167/iovs.06-0675>
- [30] : *Morphologie cornéosclérale dans le kératocône et son association avec la tomographie et la biomécanique cornéennes* Janvier 2026 Sciences et technologies de la vision translationnelle 15(1):15 DOI : [10.1167/tvst.15.1.15](https://doi.org/10.1167/tvst.15.1.15)

Liste des figures :

Fig 01 : <https://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=122126&demande=desc>

Fig 02 : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tarse_%28paupi%C3%A8re%29

Fig 03 : <https://aos.edpsciences.org/articles/aos/pdf/2015/01/aos2015271p37.pdf>

Fig 04 : <https://fr.wiktionary.org/wiki/lagophtalmie>

Fig 05 : <https://www.andrelitwin.com/treatments/ptosis/>

Fig 06 : <https://clemedicine.com/7-evaluation-des-muscles-innerves-par-les-nerfs-craniens/>

Fig 07 : <https://clemedicine.com/11-anomalies-palpebrales-et-faciales/>

Fig 08 : <https://www.centre-cornee-keratocone.com/content/la-corn%C3%A9>

Fig 09 : <https://www.gatinel.com/>

Fig 10 : <https://d45jl3w9libvn.cloudfront.net/jaypee/static/books/9789350255759/Chapters>

Fig 11 : <https://clemedicine.com/8-les-cartes-depaisseur-corneenne-representation-des-donnees-pachymetriques/>

Fig 12 : <https://www.allaboutvision.com/fr/soins-oculaires/anatomie-de-l-oeil/structure-de-l-oeil/conjonctive/>