



LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

MÉMOIRE PRESENTE PAR:

Docteur EL HOUSSAINE BOUDRA

Né le 28/03/1991 à KHENIFRA

POUR L'OBTENSION DU DIPLÔME DE SPECIALITE EN MEDECINE
OPTION : OPHTALMOLOGIE

Sous la direction de Professeur BENATIYA ANDALOUSSI Idriss

Session juin 2022

Dr BENATIYA A Idriss
Professeur de Médecine
Ophtalmologie
Fes - Maroc

PLAN

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

INTRODUCTION	8
MATERIELS ET METHODES	10
I. Critères d'inclusions	12
II. Critères d'exclusions	12
RESULTATS	16
Notre travail avait inclus 230 yeux de 115 patients.....	17
I. Age	17
II. Sexe.....	17
III. Profil réfractif	18
IV. Les paramètres biométriques	19
1. Longueur axiale.....	19
2. Epaisseurs cornéennes centrales.....	19
3. Kératométrie moyenne	19
4. Profondeur de la chambre antérieure	19
5. Tableau récapitulatif.....	20
V. Comparaison de profil réfractif et les paramètres biométriques selon l'œil et le sexes	20
1. Selon l'œil	20
2. Selon le sexe	21
VI. Corrélation entre les paramètres biométriques et l'équivalent sphérique	21
1. Longueur axiale.....	21
2. L'épaisseur cornéenne	22
3. Profondeur de la chambre antérieure.	22
4. Kératométrie moyenne	23
VII. Corrélation entre les paramètres biométriques et la Longueur axiale.....	24

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

1. L'épaisseur cornéenne	24
2. Profondeur de la chambre antérieure	25
3. Kératométrie Moyenne.....	25
VIII. Corrélation entre l'épaisseur centrale de la cornée avec la kératométrie moyenne.....	26
DISCUSSION	27
A. Rappel	28
I Anatomie du segment antérieur.....	28
1. Chambre antérieure	28
2. La cornée	28
a. Anatomie macroscopique.....	28
b. Anatomie microscopique	29
c. Innervation de la cornée	31
3. L'iris	32
a. Face antérieure	32
b. Face postérieure	32
c. Muscle	33
d. Vascularisation	33
e. Innervation	34
4. Angle irido-cornéen	34
La ligne de Schwalbe	34
L'éperon scléral	34
a. Trabéculum	34
b. La bande ciliaire	34
c. La racine de l'iris	34

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

5. Chambre postérieure	35
6. Cristallin.....	35
7. Le corps ciliaire	36
a. Les procès ciliaires	37
b. Le muscle ciliaire	37
II Physiopathologie de la myopie.....	38
1. Facteur héréditaire.	38
2. Les facteurs environnementaux	39
a. Théorie mécanique	40
b. Théorie biologique: l'emmétropisation active	40
3. Autres facteurs influençant la croissance oculaire	41
III Classification de la myopie	42
1. Sévérité de la myopie et le degré de correction	42
2. Classification de la myopie en fonction de son mécanisme	43
a. Myopie réfractive	43
b. Myopie cornéenne	43
c. Myopie Axile.....	44
d. Myopie pathologique	44
e. Myopies : formes plus rares	44
IV Examen du segment antérieur	45
1. Examen biomicroscopique à la lampe à fente	45
a. Cornée	45
b. Chambre antérieure	46
c. Iris et la pupille	46
d. Cristallin	47

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

e. Angle irido-cornéenne.....	47
2. Topographie cornéenne et camera sheimpflug	48
2.1. Différents types de topographie	48
2.2. Analyses établies par la topographie	50
3. Interférométrie	54
4. Tomographie par cohérence optique	55
5. Biomicroscopie ultrasonore du segment antérieur	56
B. Les paramètres biométriques chez les myopes.....	57
1. Longueur axiale.....	57
2. Epaisseur de la cornée centrale	57
3. Profondeur de la chambre antérieure	57
4. Kératométrie moyenne.....	58
5. Etude des paramètres biométriques selon le sexe	58
C. Corrélation entre les paramètres biométriques et le degré de l'erreur réfractive .	
.....	61
1. Longueur axiale.....	61
2. Kératométrie moyenne.....	62
3. Epaisseur cornéenne centrale.....	62
4. Profondeur de la chambre antérieure	63
D. Corrélation entre les paramètres biométriques et la Longueur axiale.....	64
1. Kératométrie moyenne.....	64
2. Epaisseur de la cornée centrale	65
3. Profondeur de la chambre antérieure	66
E. Corrélation entre l'épaisseur de la cornée centrale et la kératométrie moyenne. ..	
.....	68

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

CONCLUSION	69
ANNEXES	71
REFERENCES.....	75

INTRODUCTION

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

La myopie représente l'erreur réfractive la plus fréquente dans le monde et le nombre de personnes concernées ne cesse d'augmenter ces dernières années pour atteindre une prévalence comprise entre 15 % et 32 % de la population générale selon la date de publication et la provenance géographique des études [1].

Si les observations et les liens mis en évidence entre la myopie et le segment postérieur de l'œil sont bien établis, ce n'est pas le cas concernant la relation myopie–segment antérieur, et encore moins s'agissant de la cornée. Malgré des implications thérapeutiques évidentes – chirurgie réfractive et orthokératologie constituant deux modalités de compensation de la myopie –, ce sujet reste en grande partie inexploré et les résultats des investigations déjà publiées sont controversés.

Pour étudier les particularités de segment antérieur chez le myope et sa corrélation avec le degré de la myopie et la longueur axiale nous avons utilisé le Pentacam et Lenstar L900 pour mesurer les paramètres biométriques et la longueur axiale.

MATERIELS ET METHODES

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Nous avons réalisé une étude prospective colligée au service d'ophtalmologie du CHU HASSAN II; étalée sur une période de 6 mois du 05/03/2021 au 05/09/2021.

Tous nos patients ont bénéficié d'un interrogatoire minutieux, d'un examen clinique complet, d'une réfraction objective et subjective, d'une prise de mesure réalisé par le Pentacam, et une prise réalisée par le biomètre non contact le Lenstar LS 900.

A noter que les valeurs retenues par le Pentacam n'ont été collecté qu'après avoir le message OK par le logicielle utilisé, par ailleurs pour le Lenstar LS900, il s'agit d'une moyenne de 5 prises avec une déviation moyenne acceptable entre les valeurs pour le logiciel utilisé.

Les mesures prise en considération sont :

- **Par Pentacam:** la kératométrie moyenne (**Km**) (à noter que pour le Pentacam prend la kératométrie des 3 mm centraux), La profondeur de la chambre antérieure (**PCA**), l'épaisseur cornéenne centrale (**ECC**).
- **Lensatar LS900 :** La longueur axiale (**LA**).
 - Pour évaluer le degré de l'erreur réfractive, on a calculé l'équivalent sphérique (**ES**).

A noter que toutes les mesures effectuées par le Lenstar LS 900 et le pentacam ont été réalisé par le même operateur, ceci afin d'éviter les variabilités de prise interindividuelle.

I. Critères d'inclusions :

- ✓ Age >16 ans
- ✓ Sujet en bon état
- ✓ Cornée clair
- ✓ Réfraction mesurable à l'auto refractomètre
- ✓ Cristallin clair
- ✓ Fond d'œil normal
- ✓ Acquisition satisfaisante par le Pentacam et le Lenstar LS 900

II. Critères d'exclusions :

- ✓ Age <16 ans
- ✓ Sujet diabétique
- ✓ Les antécédents de kératocône
- ✓ Les sujets opérés pour chirurgie réfractive
- ✓ Sujets suivi pour une pathologie rétinienne
- ✓ Les sujets suivis pour un kératocône avéré ou frustré
- ✓ Les sujets qui présentent une cataracte
- ✓ Un fond d'œil anormal à l'examen clinique
- ✓ Astigmatisme supérieur à -1,00.

En cas de port de la lentille il faut enlever la lentille rigide 14 jours et la souple 2 jours avant la réalisation de Pentacam et Lenstar.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Les données ont été recueillies sur une fiche d'exploitation comportant les données joint ci-dessous :

L'analyse statistique a été réalisé par logicielle SPSS et logiciel Excel 2013.

Nous avons utilisé test T student pour comparer les paramètres étudiés selon le sexe et l'œil et la régression linéaire univariée pour analyser la corrélation entres ces paramètres.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Fiche d'exploitation :

- Age :
- Sexe :
 - Masculin ☐
 - Féminin ☐
- Réfraction :
- Equivalent sphérique :
- Examen de segment antérieur :
- Examen de fond d'œil :
- Mesures par la Pentacam :
 - K1 dans les 3 mm centraux :
 - K2 dans les 3 mm centraux :
 - Km dans les 3 mm centraux :
 - Degré de L'angle
 - Profondeur de la chambre antérieure :
 - Volume de la chambre antérieure
 - Epaisseur de cristallin
 - Pachymétrie centrale :
 - Pachymétrie minimale
- Mesures par le Lenstar LS 900 : Longueur axiale.



Figure 1 : topographe pentacam utilisé pour le recueil des données (image du service).

RESULTATS

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

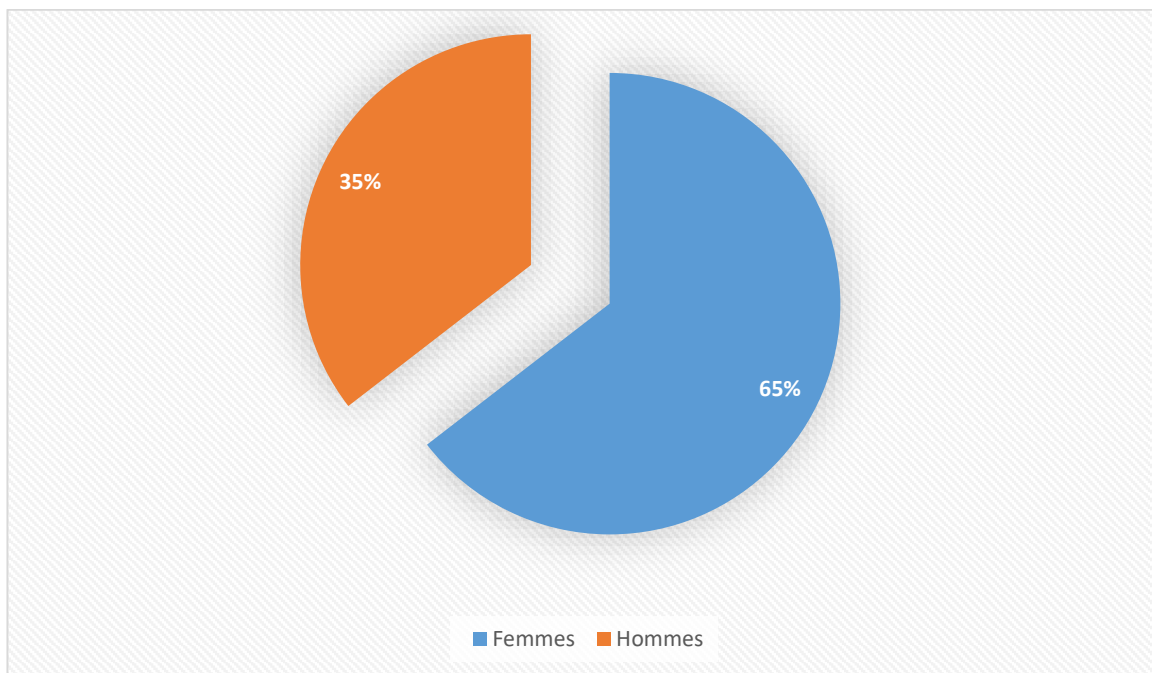
Notre travail avait inclus 230 yeux de 115 patients.

I. Age :

L'Age moyen de nos malades est 26 ans (16– 40ans)

II. Sexe:

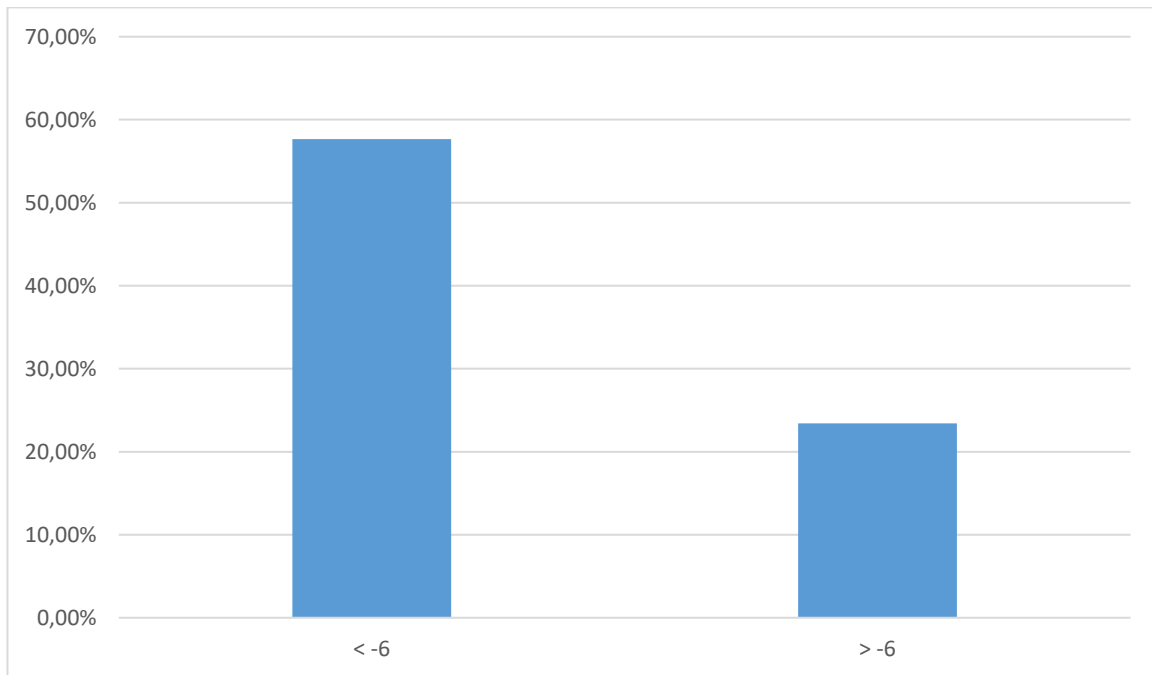
Notre étude comporte 35 hommes (35,4%) et 64 femmes (64,6%).



Graphique1: Répartition des cas selon le sexe:

III. Profil réfractif :

L'équivalent sphérique moyen de tous les cas $-4,46(3,97)$, il s'agit de 27 yeux ont une équivalence sphérique supérieure à $-6,00$ dioptries soit 23,47%. L'ES moyen chez l'homme : $-3,39 (2,55)$ et chez la femme: $-5,04 (4,46)$.

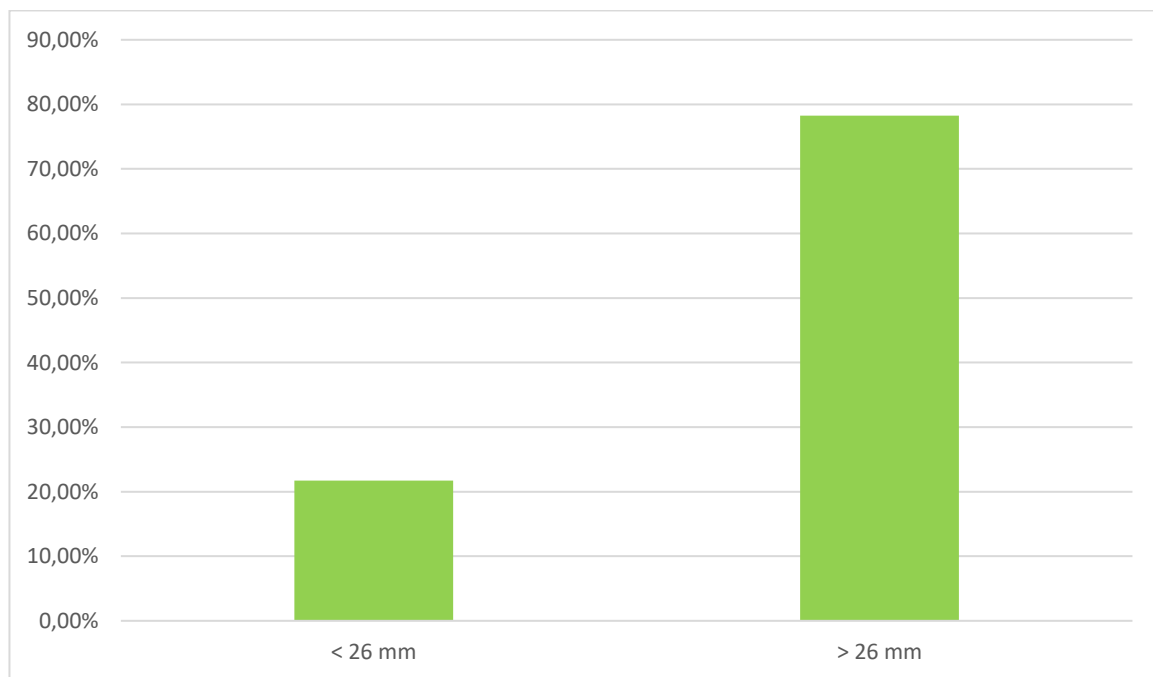


Graphique 2 : répartition des cas selon le degré de l'ES

IV. Les paramètres biométriques :

1. Longueur axiale:

La moyenne de LA de notre étude de tous les cas est 25,20 mm ($\pm 1,62$). Pour le sexe féminin 25,00 ($\pm 1,33$) et en cas de sexe masculin 25,22($\pm 1,78$). 25 yeux ont une longueur axiale supérieure à 26 mm soit 21,73%.



Graphique 3 : répartition des cas selon la longueur axiale.

2. Epaisseurs cornéennes centrales:

La moyenne de L'ECC est 535,72um ($\pm 37,57$), en cas de sexe féminin il s'agit de 570,18(± 37) par rapport à 545,82 ($\pm 36,75$) en cas de sexe masculin.

3. Kératométrie moyenne:

La moyenne de la kératométrie centrale est 43,49($\pm 1,67$), en cas de sexe masculin il s'agit de 42,76 ($\pm 1,36$) par rapport à 43,89 (1,86) en cas de sexe féminin.

4. Profondeur de la chambre antérieure :

La moyenne de la PCA est 3.69 ($\pm 0,32$), en cas de sexe masculin ; il s'agit de 3.72 ($\pm 0,37$) par rapport à 3.64 ($\pm 0,28$) en cas de sexe féminin.

5. Tableau récapitulatif:

Tableau1 : tableau récapitulatif des paramètres biométriques et l'équivalent sphérique de notre étude.

	Total	Homme	Femme
Age	26 ans	26.50 ans	27,45 ans
ES	-4,46(±3,97)	-3,39 (±2,55)	-4,80 (±4,46)
LA	25,20 (±1,62)	25,22(±1,78)	25,00(±1,33)
PCA	3,69 (±0,32)	3,72(±0,28)	3,64(±0,37)
ECC	535.72 (±37,57)	545,82(±36,75)	560,18(±37)
Km	43.49 (±1,65)	42,76(±1,36)	43,89(±1,68)

V. Comparaison de profil réfractif et les paramètres biométriques selon l'œil et le sexe :

1. Selon l'œil:

Dans notre série nous retrouvons l'absence d'une différence significative entre les deux yeux de l'équivalence sphérique ($p=0,12$) ainsi que tous les paramètres biométriques étudiés (LA : $p=0,8$; CCT: $p=0,25$; PCA: 0,11 ; Km : $p=0,34$).

Pour cette raison nous avons retenu seulement l'œil droit pour étudier la corrélation entre les paramètres biométriques et le degré de la myopie ainsi que les différences selon le sexe (115 yeux).

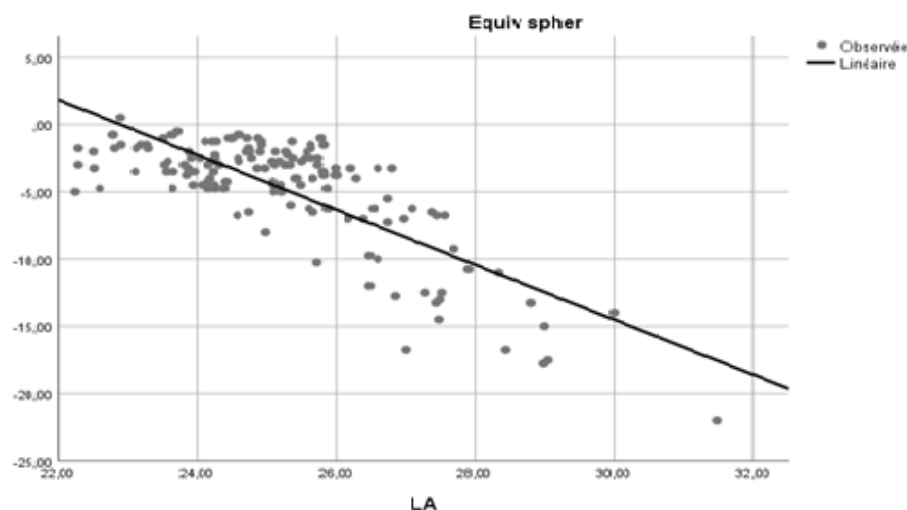
2. Selon le sexe :

Nous ne retrouvons pas d'une différence significative de l'équivalent sphérique entre les deux sexes ($p=0,7$). Concernant Les paramètres biométriques, nous constatons une différence significative en cas de la longueur axiale ($p=0.04$), profondeur de la chambre antérieure ($p=0.02$) et la kératométrie moyenne ($p=0,01$); la femme a une longueur axiale courte, une chambre antérieure plus étroite et une cornée plus cambrée, Pour l'épaisseur cornéenne centrale, la différence n'est pas significative ($p=0,8$).

VI. Corrélation entre les paramètres biométriques et l'équivalent sphérique:

1. Longueur axiale:

On note une corrélation significative et forte de longueur axiale avec le degré de l'erreur réfractive, une augmentation de la longueur axiale s'associe à l'augmentation de la valeur absolue de l'erreur réfractive ($r=-0.79$, $p<0.001$).

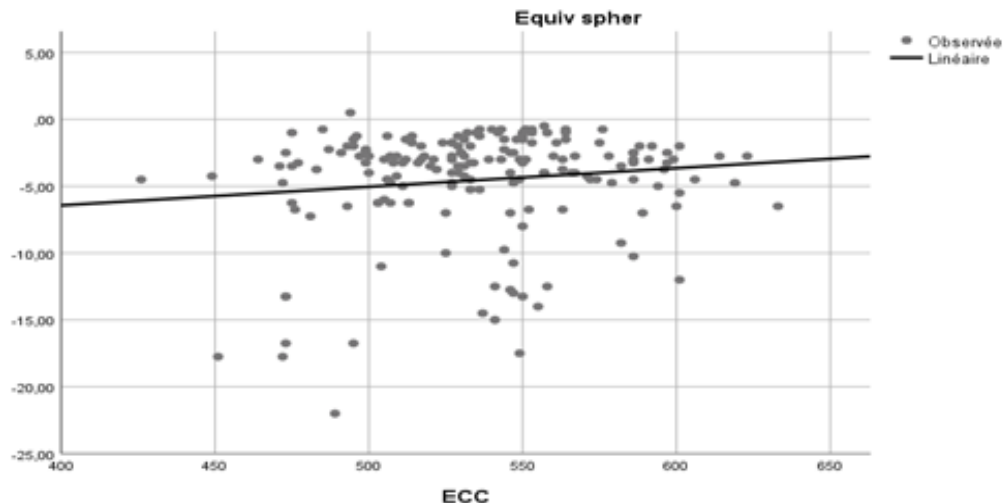


Graphique 4: Diagramme de dispersion montre une forte corrélation entre la LA et L'ES.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

2. L'épaisseur cornéenne :

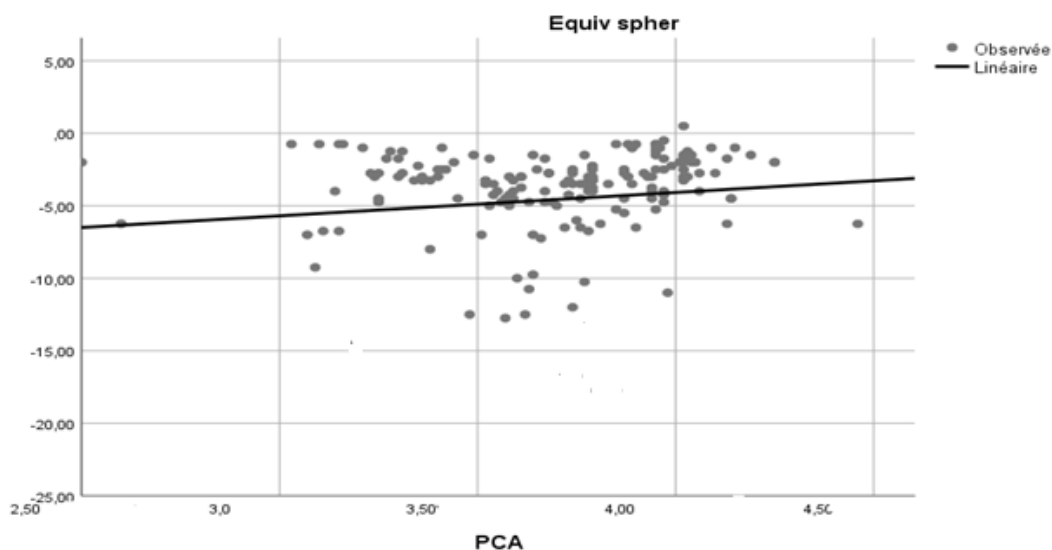
Nous ne notons pas une corrélation significative avec l'épaisseur de la cornée centrale ($r=0,024, p=0,76$).



Graphique 5: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et L'ECC.

3. Profondeur de la chambre antérieure.

L'augmentation de l'équivalent sphérique est associé à une chambre antérieure plus profonde ($r=-0,12; p=0,03$).

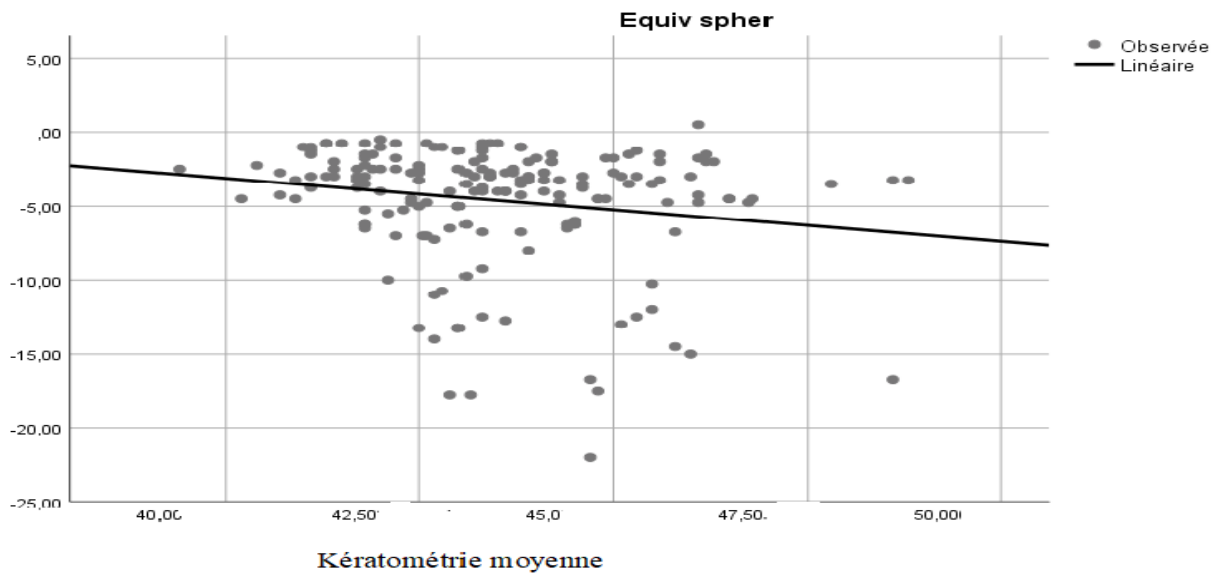


Graphique 6: Diagramme de dispersion montre une corrélation entre l'ES et la PCA :

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

4. Kératométrie moyenne :

L'erreur réfractive est élevée en cas d'augmentation du pouvoir réfractif de la cornée ($r = -0,18$, $p = 0,01$).



Graphique 7: Diagramme de dispersion montre une corrélation entre l'ES et la kératométrie moyenne :

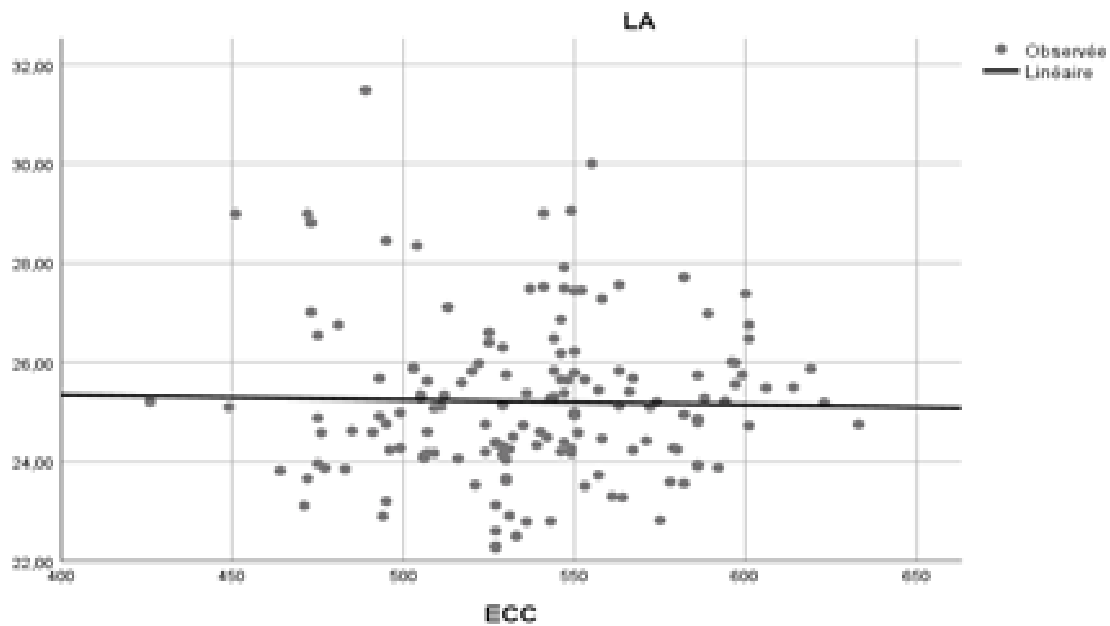
Tableau 2: Corrélation entre l'erreur réfractive et les paramètres biométriques (r: Coefficient de corrélation, significative si $p < 0,05$)

	ES vs LA	ES vs Km	ES vs PCA	ES vs ECC
Valeur p	$p < 0,001$	0,01	0,03	0,07
r	-0,79	-0,18	-0,12	0,013

VII. Corrélation entre les paramètres biométriques et la Longueur axiale:

1. L'épaisseur cornéenne:

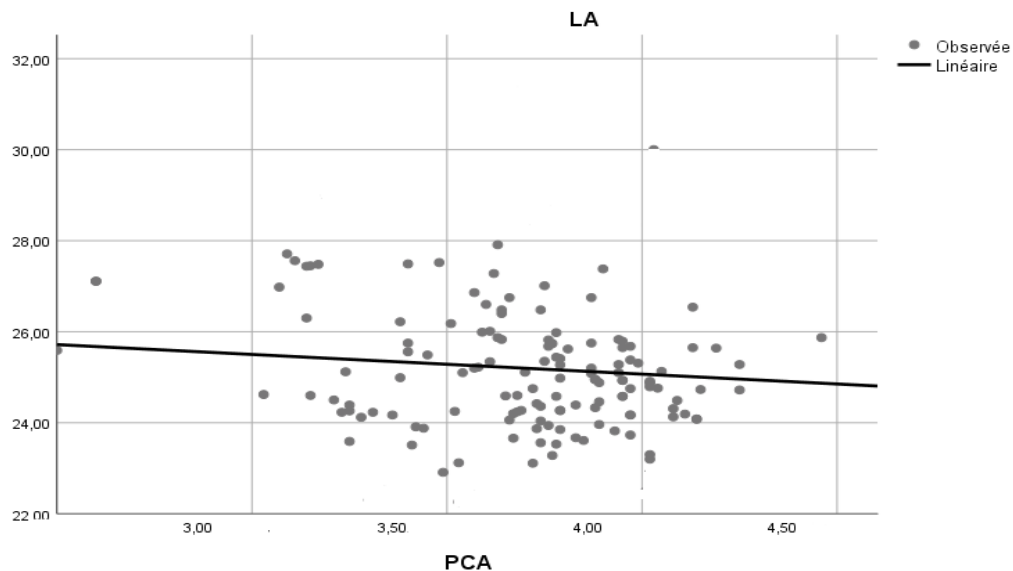
Nous ne notons pas une corrélation significative de la longueur axiale avec l'épaisseur cornéenne centrale ($r=0,024, p=0,76$).



Graphique 8: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et L'ECC.

2. Profondeur de la chambre antérieure:

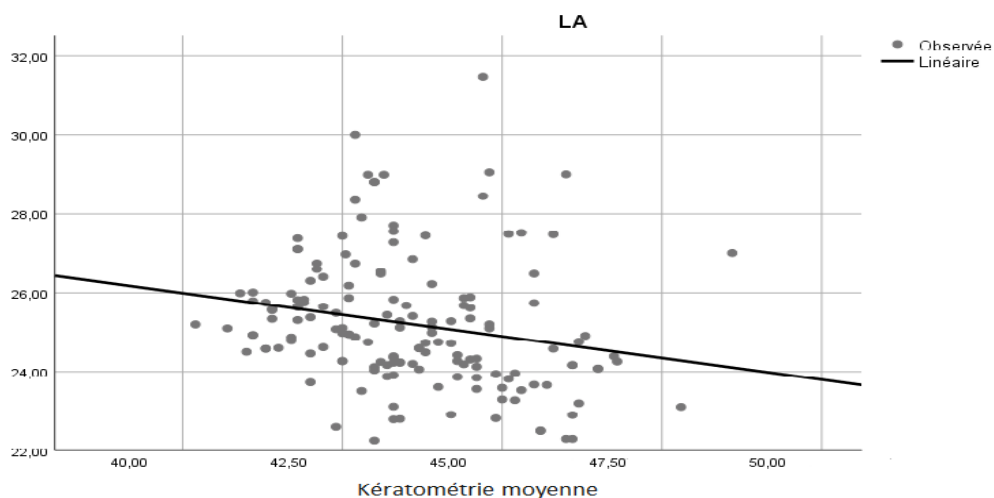
Une corrélation est significative avec la PCA. Une augmentation de LA est associée à une augmentation de la profondeur de la CA ($r=0,2$; $P=0,02$).



Graphique 9: Diagramme de dispersion montre une corrélation entre la LA et La PCA.

3. Kératométrie Moyenne:

Une corrélation de la longueur axiale est significative avec le pouvoir réfractif. Une augmentation de LA est associée à une diminution de la kératométrie moyenne ($r=-0,21$; $p=0,008$).



Graphique 10: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et La km

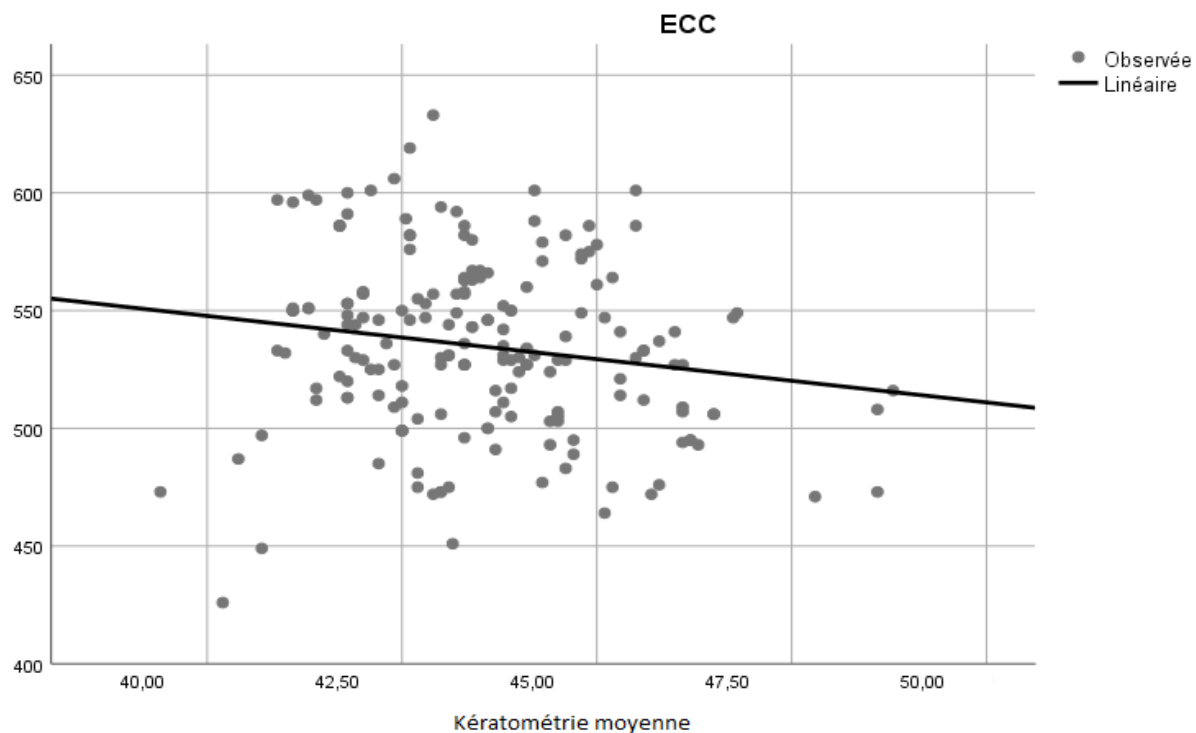
LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

**Tableau3 ; Corrélation entre la longueur axiale et les paramètres biométriques(R:
Coefficient de Corrélation, significative si $p < 0,05$)**

	LA vs Km	LA vs PCA	LA vs ECC
Valeur p	$p=0,008$	0,02	0,76
Coefficient r	$R=-0,21$	$R=0,2$	$R=0,024$

VIII. Corrélation entre l'épaisseur centrale de la cornée avec la kératométrie moyenne.

La corrélation de l'épaisseur coréenne centrale avec la kératométrie moyenne est significative($r=0,165$, $p=0,023$); la cornée mince est plus cambrés.



**Graphique 11: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA
et La km**

DISCUSSION

A. Rappel

I Anatomie du segment antérieur

C'est un espace anatomique qui constitue la partie antérieure de l'œil délimité en avant par la cornée et en arrière par le cristallin. Il est divisé par le diaphragme cristallinien en 2 chambres: une antérieure et l'autre postérieure.

1. Chambre antérieure

Cet espace anatomique parfaitement observé en biomicroscopie est délimité par l'endothélium de la cornée en avant, l'iris en arrière et l'angle irido-cornéen en périphérie. Sa profondeur, qui détermine le degré d'ouverture de l'angle irido-cornéen, varie de 2,5 à 3,5 mm, et diminue avec l'âge, ou la présence d'un implant phake pré-cristallinien. Elle est remplie d'humeur aqueuse qui apporte les éléments nutritifs à la cornée. Elle est un espace anatomique d'importance majeure en chirurgie réfractive, comme voie d'abord de la chambre postérieure ou en tant que site d'implantation.

2. La cornée(2)

a. Anatomie macroscopique

La cornée est une structure transparente, avasculaire, formée de plusieurs types cellulaires d'origine embryologique différente. Elle est enchâssée dans la partie antérieure de la sclérotique. Elle constitue la partie antérieure du globe oculaire. Sa face antérieure est convexe, elle est exposée à l'environnement externe par l'intermédiaire du film lacrymal. Elle est protégée par les paupières qui la recouvrent partiellement ou totalement. Sa face postérieure concave est baignée par l'humeur aqueuse et forme la paroi antérieure de la chambre antérieure de l'œil. En périphérie se trouve le limbe, tissu très vascularisé, réservoir en cellules à haute capacité proliférative. Le diamètre vertical de la cornée est de 11 à 11,5 mm et le diamètre horizontal est de 11,5 à 12,0 mm. Elle a une épaisseur de 520 μ m au centre et augmente progressivement vers la

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

périphérie. La forme de la cornée est prolata c'est-à-dire bombée au centre et plate en périphérie ce qui confère à la cornée un système optique asphérique.

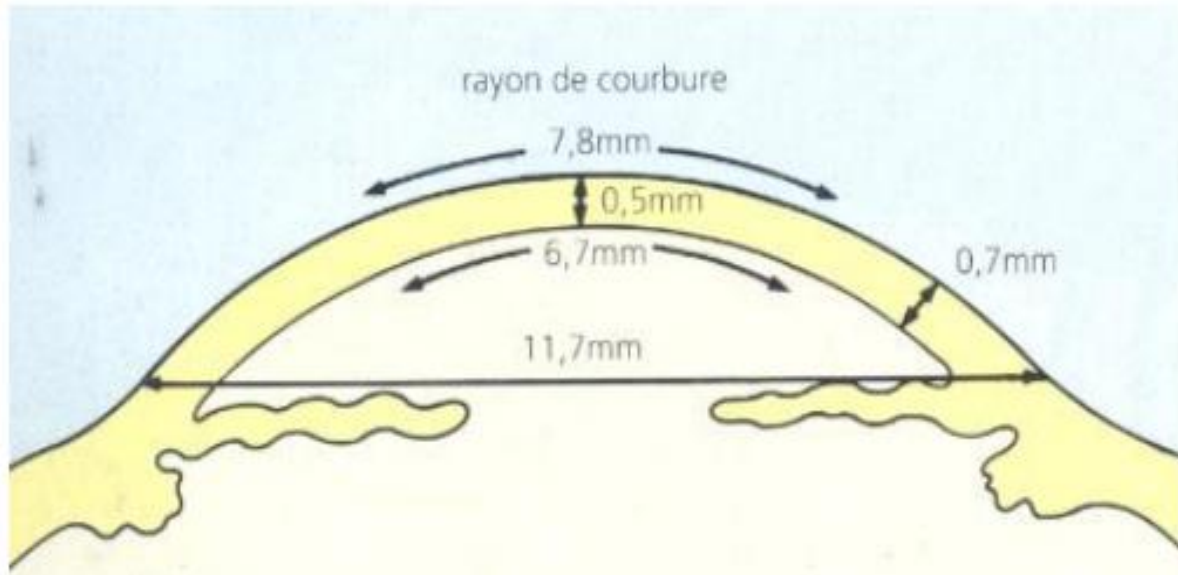


Figure 2 : illustration des courbures antérieurs de l'œil (cornée).

b. Anatomie microscopique :

La cornée se compose d'avant en arrière de six couches successives :

- L'épithélium associé au film lacrymal ;
- La couche de Bowman ;
- Le stroma ;
- La couche de Dua ;
- La membrane de Descemet ;
- L'endothélium.

L'épithélium cornéen :

C'est une structure tissulaire en continuité avec l'épithélium conjonctival. Il est indissociable du film lacrymal et partage avec celui-ci son rôle optique et métabolique. Son épaisseur est de 30 μm à 50 μm , soit 10 % de l'épaisseur cornéenne totale.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

L'épithélium est pavimenteux stratifié, non kératinisé. Il comprend cinq à sept assises de cellules dans sa partie centrale et huit à dix dans sa partie périphérique. Il existe trois types de cellules épithéliales: les cellules superficielles, les cellules intermédiaires et les cellules basales qui reposent sur une membrane basale.

Cette membrane basale de l'épithélium est synthétisée par les cellules épithéliales et sépare la couche de Bowman de l'épithélium.

Couche de Bowman :

C'est une couche composée de fibres de collagènes réparties dans la substance fondamentale. Elle mesure de 8 à 10 μm d'épaisseur et situe entre la membrane basale de l'épithélium et le stroma.

Cette couche est synthétisée par les cellules basales de l'épithélium au cours de la vie embryonnaire et n'est pas régénérée au cours de la vie.

Stroma :

Le stroma mesure environ 500 μm d'épaisseur et constitue à lui seul environ 90% de l'épaisseur cornéenne. Il est composé de lamelles de collagène entre lesquelles s'intercalent des fibrocytes cornéens (ou kératocytes), et de la substance fondamentale. On retrouve également des cellules de Schwann, des lymphocytes B et T, des cellules mononuclées et des cellules de Langerhans. La majorité des caractéristiques de la cornée comme sa solidité, la stabilité de sa forme et sa transparence sont attribuables aux propriétés anatomiques, biochimiques et biomécaniques du stroma cornéen.

Couche de DUA:

Encore mal connue, cette couche a été découverte en 2013 par le Professeur Harminder Dua (Université de Nottingham), située entre le stroma et la membrane de Descemet d'une épaisseur de 15 microns elle est extrêmement résistante(5).

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Membrane de Descemet:

C'est une membrane très résistante, amorphe, élastique et perméable à l'eau. Elle mesure environ 10 μm , son épaisseur augmente avec l'âge et dans certaines pathologies.

Endothélium :

Il s'agit de la couche la plus postérieure de la cornée; elle est en contact avec l'humeur aqueuse en arrière. La cornée maintient une épaisseur relativement constante et demeure transparente; elle doit lutter en permanence contre l'imbibition hydrique. Il fonctionne comme une pompe active grâce à la pompe Na^+/K^+ ATPase.

L'endothélium est formé d'une monocouche de cellules uniformes hexagonales plates, régulières. Cette régularité en « nid-d'abeilles » est caractéristique. La densité cellulaire normale chez un jeune est de 3 500 cellules/ mm^2 . Elle est facile à déterminer grâce à la microscopie spéculaire.

c. Innervation de la cornée :

Sensitive:

La cornée est le tissu le plus richement innervé. Elle reçoit une innervation sensitive à partir des nerfs ciliaires, branches terminales de la division ophtalmique de la cinquième paire crânienne. Les plexi nerveux sous épithéliaux se situent sous la membrane de Bowman puis la traversent et perdent leur gaine de Schwann. Leurs terminaisons atteignent toutes les couches de l'épithélium mais aussi le stroma au contact des kératocytes.

Sympathique et adrénergique:

Elle se fait à partir du ganglion cervical supérieur homolatéral. Les fibres s'intègrent aux nerfs ciliaires courts et longs.

3. L'iris (6):

L'iris forme un rideau tendu dans le plan frontal séparant les chambres antérieures et postérieures de l'œil. Il constitue la partie antérieure du tractus uvéal. L'iris mesure 12 à 13 mm de diamètre, et approximativement 37 mm de circonférence(7). L'épaisseur de l'iris est variable puisqu'elle peut aller de 0,1 mm au niveau de sa racine, jusqu'à 0,6 mm au niveau de la collerette. La collerette est située à 2–3 mm de la marge pupillaire et divise la face antérieure de l'iris en deux parties: la zone sphinctérienne et la zone ciliaire périphérique.

La face antérieure de l'iris est au contact de l'humeur aqueuse qui pénètre dans le stroma par les cryptes de Fuchs.

Sur sa face postérieure, l'iris repose sur le cristallin dans l'espace de l'aire pupillaire, alors que les deux tiers restants sont au contact de l'humeur aqueuse de la chambre postérieure.

a. Face antérieure :

Les variations individuelles d'aspect de l'iris s'expliquent par les différences de pigmentation. Les iris bruns sont caractérisés par une pigmentation dense. Les iris bleus contiennent moins de pigment dans le stroma.

b. Face postérieure

D'origine neuro-ectodermique, le feuillet postérieur est le prolongement de l'épithélium pigmenté de la rétine. Sa coloration noire est expliquée par la présence abondante de pigment mélanique (**figure5**). Il entre en contact avec les implants phakes pré-cristalliniens.

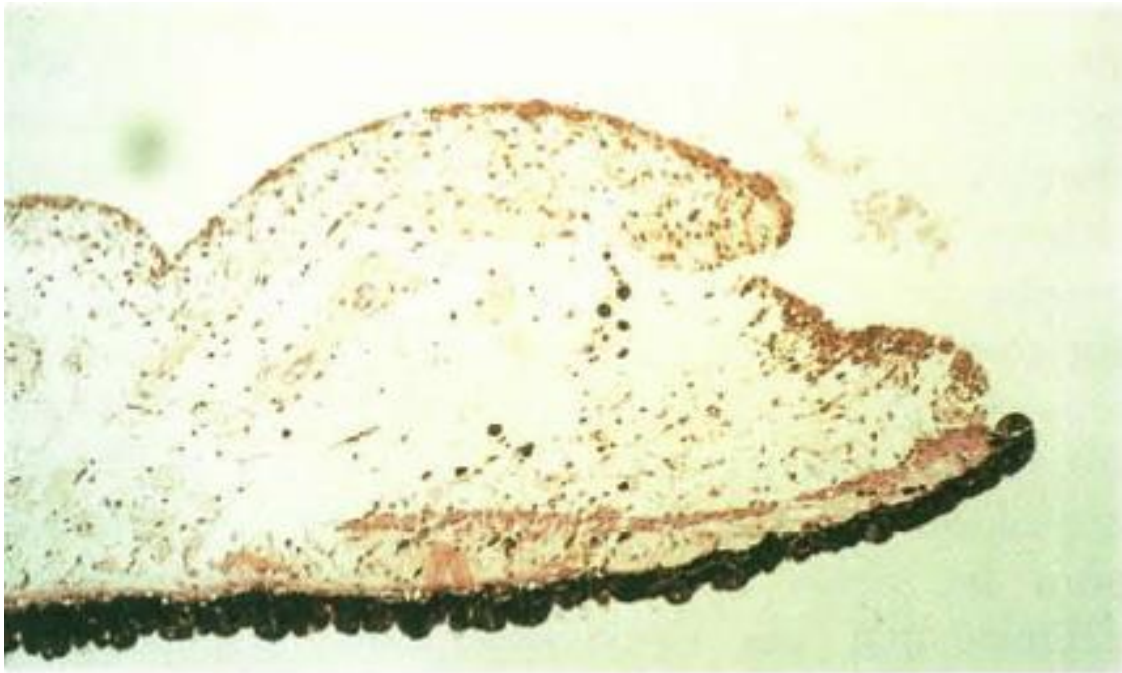


Figure 3 : vue d'ensemble de l'iris. De haut en bas : couche cellulaire antérieure, stroma, épithélium antérieur avec muscle dilatateur et épithélium pigmenté postérieur(8)

c. Muscle :

Le muscle sphincter de l'iris est un muscle annulaire plat, entourant la pupille, située sur la partie postérieure et interne de l'iris, près de la marge pupillaire.

Le muscle dilatateur de l'iris, situé en avant de la couche pigmentée de l'épithélium, s'étend de façon radiaire, de la racine de l'iris vers la pupille.

d. Vascularisation

Bien explorée par l'angiographie en fluorescence, elle est assurée par le grand cercle artériel de l'iris.

Les artères et les veines cheminent de façon radiaire, de la racine vers la pupille.

Les veines se drainent vers les veines ciliaires antérieures. Certaines atrophies en secteur de l'iris, observées après implantation en chambre antérieure, sont parfois expliquées par des phénomènes ischémiques (compression vasculaire par les haptiques).

e. Innervation :

Elle est assurée par des fibres sensibles provenant du nerf trijumeau (nerfs ciliaires), par des fibres sympathiques (action dilatatrice), et par des fibres parasympathiques (action myotique).

4. Angle irido-cornéen (9):

L'angle irido-cornéen est compris entre, en avant la jonction corneo-sclérale et, en arrière le corps ciliaire et l'iris. Cette région anatomique joue un rôle essentiel dans la physiologie et la pathologie de l'excrétion de l'humeur aqueuse.

Grace à la gonioscopie, différentes structures peuvent être visualisées d'avant en arrière :

La ligne de Schwalbe :

La ligne de Schwalbe correspond à une condensation de la membrane de Descemet. Elle apparaît sous forme d'une ligne grise faisant discrètement saillie dans la chambre antérieure. Elle précède le trabéculum scléral.

L'éperon scléral :

Correspond à une condensation des fibres sclérales à trajet circulaire. C'est un véritable bourrelet annulaire.

a. Trabéculum :

Tissu conjonctif lacunaire qui tapisse tous les éléments anatomiques de l'angle, rôle primordial dans l'excrétion de l'humeur aqueuse.

b. La bande ciliaire :

Elle apparaît comme une bande brune plus ou moins foncée, occupe le fond de l'angle.

c. La racine de l'iris :

C'est la partie la plus mince et la plus fragile.

5. Chambre postérieure

Cet espace anatomique est délimité en arrière par le cristallin, en avant par le feuillet postérieur pigmenté de l'iris, et en dehors par la zonule, qui relie l'équateur cristallinien au muscle ciliaire.

6. Cristallin (10):

Le cristallin se présente sous forme d'une lentille biconvexe transparente, placée entre l'iris et le vitre.

Ses caractéristiques morphologiques sont les suivantes: lentille biconvexe aplatie d'avant en arrière, son diamètre frontal est de 9 à 10 mm, son diamètre antéro-postérieur est 4mm.

Le rayon de courbure de la face antérieure varie de 10 mm au repos, jusqu'à 6 mm lors de l'accommodation. Le rayon de courbure de la face postérieure varie de 6 mm au repos jusqu'à 5,5 mm lors de l'accommodation. L'axe équatorial du cristallin est orienté perpendiculairement au plan sagittal.

La face antérieure du cristallin répond à l'iris et baigne dans l'humeur aqueuse de la chambre postérieure.

La face postérieure répond à l'hyaloïde antérieure du vitré. L'adhérence entre ces deux structures, qui correspond au ligament de Wieger, est variable avec l'âge. Cette adhérence est forte chez l'enfant (d'où l'impossibilité d'une extraction chirurgicale intracapsulaire du cristallin) et devient de plus en plus lâche chez l'adulte.

En dehors, et sur toute sa circonférence, l'équateur du cristallin répond aux fibres zonulaires. Celles-ci s'insèrent sur la face antérieure du cristallin pour les fibres zonulaires antérieures et sur la face postérieure pour les fibres zonulaires postérieures.

L'espace délimité par ces deux insertions correspond à l'espace de Petit.

Le cristallin assure la transmission des rayons lumineux vers le segment postérieur (transparence). Il joue un rôle optique important (asphéricité) et surtout réfractif (pouvoir dioptrique modulable pour la vision de loin ou de près grâce à l'accommodation).

La zonule

C'est un système de fibres tendues entre le corps ciliaire et l'équateur du cristallin. Leur rôle essentiel, en dehors du maintien du cristallin, est de transmettre à celui-ci la contraction du muscle ciliaire.

7. Le corps ciliaire (12):

Segment intermédiaire du tractus uvéal, situé entre l'iris en avant et la choroïde en arrière, le corps ciliaire se présente comme un anneau saillant à l'intérieur de la cavité oculaire avec un aspect de bourrelet strié. Par le biais des procès ciliaires il contrôle la sécrétion d'humeur aqueuse, et par le biais du muscle ciliaire il joue un rôle essentiel dans le phénomène d'accommodation. De plus, il donne insertion à l'iris et participe à l'anatomie de l'angle irido-cornéen. Embryologiquement les procès ciliaires dérivent du neuro-ectoderme, alors que le muscle ciliaire dérive du mésoderme.

En anatomie macroscopique le corps ciliaire est un anneau large d'environ 7 à 8 mm en temporal, et 6 à 7 mm en nasal. Il est situé en regard de l'équateur du cristallin, et par l'intermédiaire de la sclère, en regard de l'insertion des muscles droits interne, inférieur et externe.



Figure 4 : Vue d'ensemble des corps ciliaires montrant de bas en haut la sclère, le muscle ciliaire et les procès ciliaires(8).

a. Les procès ciliaires

Les procès ciliaires, au nombre de 80 environ, ont une couleur beaucoup plus pale que celle du reste du corps ciliaire. Leur taille moyenne est de 2 mm de long sur 1,5 mm de large. Ils sont en rapport avec le vitré, la zonule cristallinienne et l'équateur du cristallin, avec lequel ils ne sont jamais en contact direct (séparés toujours par une distance d'au moins un millimètre).

La base du corps ciliaire est la partie la plus antérieure du corps ciliaire. Elle est divisée en deux par l'insertion de la racine de l'iris. Elle participe à l'anatomie de l'angle irido-cornéen, ou elle est recouverte par le trabéculum uvéal.

b. Le muscle ciliaire

Le muscle ciliaire adopte la forme d'un triangle rectangle avec une disposition parallèle à la sclère, et deux angles aigus répondant l'un à l'ora serrata (angle postérieur), et l'autre à l'angle irido-cornéen (angle antérieur)(11). Ce muscle est constitué de fibres lisses longitudinales qui forment le muscle de Brucke, et de fibres

lisses circulaires qui forment le muscle de Muller. Chacun de ces deux muscles aurait une action différente: rôle sur l'excrétion de l'humeur aqueuse par action sur le canal de Schlemm pour le muscle de Brucke, et rôle sur l'accommodation par action de type sphinctérienne pour le muscle de Muller.

II Physiopathologie de la myopie:

Le déterminisme de la myopie est multifactoriel. Deux théories se sont longtemps opposées selon le classique nature versus nurture: étiologie génétique versus étiologie environnementale [13]. Les formes génétiques de myopie sont particulièrement impliquées dans les myopies familiales dont le mode de transmission est variable : transmission autosomique dominante, transmission liée à l'X ou encore transmission autosomique récessive.

Néanmoins, un mécanisme physiopathogénique mixte semble actuellement le plus probable. La prévalence de la myopie a augmenté au sein de différentes ethnies de Singapour sur les vingt dernières années, témoignant de la pression environnementale. Sur la même période, les différences inter-ethniques de prévalence se sont peu modifiées. Chaque ethnie, même soumise à une pression environnementale, garde donc certaines caractéristiques phénotypiques propres, probablement liées à l'hérédité. Ainsi, récemment, Verhoeven et al. [14] ont montré que l'effet synergique de l'association hérédité et haut niveau éducatif allait au-delà du simple effet additif, soulignant dans ce travail l'importance des interactions inné—acquis dans le développement de la myopie.

1. Facteur héréditaire.

Les premières études génétiques concernant la myopie furent avant tout des travaux d'observation. Ces études, s'intéressant aux paires de jumeaux et aux familles de myopes, ont ainsi démontré l'implication de facteurs génétiques dans le

développement de la myopie, sans pour autant fournir une preuve biologique. Cette preuve biologique a été apportée par les travaux de génétique moléculaire avec en fer de lance, les études de liaison et d'association.

En 2008, Paget et al. ont ainsi montré que la réfraction et la longueur axiale sont sous le contrôle de plusieurs gènes [15]. Les analyses de liaison étudient la liaison génétique existant entre une maladie et une ou des régions chromosomiques au sein de familles : ces analyses comparent, en parallèle, la transmission d'une maladie et celle de marqueurs génétiques de localisation connue.

2. Les facteurs environnementaux :

La sclère du myope :

La sclère est un tissu composé d'un réseau dense de fibrilles de collagène organisées en lamelles entrelacées, au sein d'une structure complexe de glycoprotéines et de protéoglycanes. C'est un tissu dynamique. Ses propriétés biomécaniques associent résistance à l'étirement et, à un bien moindre degré, élasticité. Normalement, la croissance du globe oculaire et le turnover des composants de la matrice extracellulaire sclérale n'affectent pas ses propriétés permettant ainsi de préserver la qualité de la vision grâce au maintien de la forme du globe au cours des mouvements oculaires, de l'accommodation et des fluctuations de pression intraoculaire.

Dans le cas de la myopie forte, la sclère s'amincit, devient plus faible et plus extensible, en particulier au niveau du pôle postérieur [16]. Il a été montré chez l'animal que cet accroissement de l'extensibilité sclérale dépend de l'altération des propriétés de la matrice extracellulaire de la sclère et ne dépend que peu du seul amincissement scléral [17]. Dans les modèles animaux de myopie, la sclère amincie est caractérisée par une perte générale en collagène et en protéoglycanes, par des fibrilles de collagène amincies et par un entrelacement des lamelles de collagène lamellaire moindre que

dans une sclère normale [18].

a. Théorie mécanique:

Les modifications sclérales de l'œil myope fort rendraient celui-ci plus sensibles aux contraintes mécaniques, telles l'hypertonie oculaire et l'action des muscles extrinsèques qui prendraient alors part à l'aggravation de l'allongement axial du globe. Cette théorie mécanique est sous-tendue, d'une part, par la plus grande incidence des glaucomes chez les patients myopes forts et, d'autre part, par les déplacements inférieur et latéral des insertions des muscles droits latéral et supérieur que l'on observe dans les ésootropies du myope fort. Toutefois, le contrôle de la pression intraoculaire n'a pas démontré être une cible thérapeutique efficace pour freiner l'aggravation de la myopie. Pour certains, la musculature intrinsèque jouerait un rôle mécanique pur, via la mise en jeu excessive de l'accommodation chez les populations soumises à un travail de près intense.

b. Théorie biologique: l'emmétropisation active

L'existence d'une boucle de rétroaction « informations visuelles — croissance axiale » du globe est à l'origine de la modulation de la croissance de l'œil par la qualité de l'image reçue. Cette autorégulation de la croissance axiale permettrait d'obtenir une meilleure focalisation de l'image sur la rétine. La taille finale du globe oculaire serait ainsi adaptée aux différents paramètres biométriques et au type de vision prépondérant.

Cette adaptation de la taille du globe oculaire à la situation optique « vision de près » permet la moindre mise en jeu de l'accommodation. Ce phénomène est appelé l'emmétropisation. Il constitue une adaptation de l'œil à son environnement. Ainsi, selon cette théorie, chez un emmétrope en cas de sollicitation préférentielle de la vision de près, l'image de l'objet, qui est située en arrière de la rétine en l'absence

d'accommodation, induit l'augmentation de la longueur axiale du globe afin de limiter l'effort accommodatif et de s'adapter à la vision prépondérante. Les modèles animaux de myopie expérimentale ont largement contribué à la mise en évidence du phénomène d'emmétropisation [19,20].

La modification de la taille de l'œil s'accompagne de modifications sclérales structurelles qui font suite à un « message » rétinien secondaire, comme en témoignent les modifications de sécrétion des neuromédiateurs rétiniens ou encore l'induction de myopie par la modulation de la sécrétion de ces neuromédiateurs [21]. Pour McBrien, les variations du TGF Beta seraient l'élément central du remodelage scléral [22,23]: suite à un signal rétinien ou choroïdien, il existerait une diminution de la sécrétion de TGF qui induirait une diminution de la synthèse de collagène, de protéoglycanes et d'intégrines. Chez l'homme, plusieurs publications ont rapporté à ce jour des cas isolés ou des séries de myopie par privation visuelle précoce d'origine palpébrale [24] ou cornéenne [25,26,27,28,29].

3. Autres facteurs influençant la croissance oculaire :

Le rôle du travail de près reste controversé [30]. Selon Ip, la distance de lecture aurait plus d'importance que la durée de lecture [27]. Le haut niveau d'éducation est associé au développement d'une myopie [31]: le risque de développer une myopie est ainsi quatre fois plus élevé chez les personnes ayant un niveau universitaire par rapport aux personnes ayant un niveau d'école primaire [14]. Cela a été clairement démontré chez les conscrits de Singapour [32]. Récemment, Morgan et Rose ont aussi montré l'impact des cours du soir sur le développement d'une myopie [33]; cela est particulièrement intéressant car ces cours du soir sont intrinsèquement associés à un excès de travail de près, des exigences et un niveau d'éducation élevées ainsi qu'à un défaut d'activités extérieures qui est en soit un facteur de risque de myopie [30,34].

Pour ce dernier élément, l'exposition à la lumière naturelle pourrait être à l'origine via la dopamine de l'effet protecteur de la pratique des activités en extérieur mais il reste encore à déterminer l'effet associé de la relaxation accommodative, du myosis, des différentes longueurs d'onde ou encore de l'activité physique [35,36]. Les autres facteurs favorisant le développement de la myopie sont le milieu urbain [37] et un niveau socioéconomique plus élevé [31]. Par ailleurs, l'exposition aux lumières nocturnes type veilleuses ne constituerait pas un facteur de risque de myopie [32,38].

III Classification de la myopie:

On peut distinguer plusieurs types de myopie, selon le mécanisme impliqué, le type d'évolution, ou l'existence de pathologies associées (39).

1. Sévérité de la myopie et le degré de correction

On peut classer arbitrairement la myopie en fonction de son importance, établi à partir de degré de correction nécessaire (dioptries) de porter (en lunettes):

- Myopie faible < 3D
- Myopie moyenne entre 3 et 6D.
- Myopie forte > 6D.

Cette classification ne tient pas compte de pathologies associées qui peuvent participer à la sévérité de la myopie (pathologies rétiniennes en particulier). La myopie forte peut également être définie de manière biométrique: elle concerne en général les yeux dont la longueur axiale est supérieure à 26 mm. La déformation du pôle postérieur du globe oculaire en cas de myopie forte est à l'origine de l'existence de complications rétiniennes comme le staphylome postérieur, ou la choroidose myopique.

2. Classification de la myopie en fonction de son mécanisme :

Rappelons que la puissance focale de l'œil dépend des éléments réfractifs de l'œil : cornée et cristallin. La puissance focale (inversement proportionnelle à la distance focale) de ces éléments dépend donc de la puissance de la cornée, de la distance entre la cornée et le cristallin, et la puissance du cristallin. Selon le degré d'élongation oculaire, et l'existence d'autres anomalies, on distingue principalement les myopies dites axiales des myopies dites réfractives. Les myopies axiales sont liées à une augmentation « significative » de la longueur axiale du globe oculaire. Les myopies réfractives sont liées à une inadéquation entre la puissance focale (cornée/cristallin) et la longueur axiale (cette longueur axiale est relativement normale, mais la cornée et le cristallin focalisent trop la lumière incidente. Ceci se produit quand la cornée est particulièrement cambrée, ce qui augmente son pouvoir optique – vergence).

a. Myopie réfractive :

La longueur axiale excessive (la longueur axiale est la distance comprise entre le sommet de la cornée, et la fovéa qui est le siège rétinien de la vision fine) est une cause évidente de myopie. Pourtant, certains yeux myopes présentent une longueur axiale identique à celle des yeux emmétropes, voire parfois inférieure.

La longueur axiale et la puissance focale des éléments réfractifs de l'œil.

La longueur de l'œil n'est pas excessive en elle-même (proche de 24 mm) vis à vis d'une population de référence composée d'œil non myopes; mais elle est excessive vis à vis de la puissance optique de l'œil. Ce type de myopie n'excède généralement pas 3 ou 4 Dioptries ; au-delà, la probabilité d'une myopie axiale est forte.

b. Myopie cornéenne:

La myopie cornéenne est un type particulier de myopie réfractive. L'augmentation de la puissance cornéenne entraîne une augmentation de la puissance focale de l'œil:

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

les rayons lumineux issus d'une source lointaine sont trop réfractés par la cornée (ils convergent en avant de la rétine), alors que la longueur axiale n'est pas statistiquement supérieure à la moyenne.

c. Myopie Axile:

C'est une myopie dont le mécanisme principal est l'élongation du globe oculaire. La longueur axiale moyenne de l'œil humain « emmétrope » est proche de 23 mm (2,3cm). Une étude a retrouvé que la longueur axiale des yeux hypermétropes était en moyenne de 22.62 ± 0.76 mm, et était donc logiquement plus courte que celle des yeux myopes, qui était mesurée à 25.16 ± 1.23 mm (myopies axile et réfractives confondues). Dans cette étude, les yeux myopes avaient une cornée légèrement plus puissante que les yeux hypermétropes, mais la différence mesurée n'était pas significative. (40,41)

d. Myopie pathologique :

La myopie la plus aisément reconnaissable est certainement la myopie pathologique, également appelée myopie « évolutive », myopie progressive, myopie dégénérative. Elle se caractérise par une apparition plus précoce (petite enfance, avant l'adolescence) et progresse rapidement. Elle est caractérisée par une distension excessive du pôle postérieur de l'œil, avec allongement important de la longueur de l'œil, et s'accompagne de dégénérescence chorioretinienne.

e. Myopies : formes plus rares

Il existe de formes de myopies beaucoup moins fréquentes que les myopies réfractives et ou axiales.

▪ La myopie transitoire :

Elle est associée au diabète, à certains états pathologiques et à la grossesse, et repose sur des modifications probables chimiques des milieux réfringents (humeur

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

aqueuse), responsables d'une augmentation de leur indice de réfraction, plus ou moins associées à des spasmes accommodatifs.

▪ La myopie d'indice:

La myopie d'indice est une forme de myopie réfractive : elle est liée à la cataracte nucléaire: le noyau du cristallin se bombe et son indice augmente. • La myopie accommodative (ou par « spasme accommodatif ») :

C'est une myopie provoquée par une contraction prolongée du muscle ciliaire, secondaire à des efforts soutenus en vision de près. L'instillation de collyres «cycloplégiques» (paralysant le muscle ciliaire), permet de corriger cette myopie.

IV Examen du segment antérieur :

1. Examen biomicroscopique à la lampe à fente :

L'examen à la lampe à fente doit être mené selon une séquence systématique au faible grossissement en lumière diffuse non focalisée dans un premier temps, en fente fine et éclairage direct plan par plan (cornée, chambre antérieure, iris, pupille, cristallin) ensuite. Une augmentation de l'intensité lumineuse, une réduction des dimensions de la fente, une accentuation du grossissement améliorent, si nécessaire, l'analyse d'une anomalie particulière.

a. Cornée : (42)

Organe transparent et avasculaire, sa coupe optique obtenue au biomicroscope apparaît comme un rectangle lumineux arciforme à convexité antérieure qui permet de différencier de l'avant vers l'arrière :

- L'épithélium
- Le stroma dans lequel l'observation attentive au fort grossissement peut mettre en évidence les fins filets nerveux sous la forme de filaments grisâtres radiaires. Ils assurent la sensibilité cornéenne.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

- La membrane de Bowman, en avant, correspond à la limite épithélio–stromale.
- La membrane de Descemet, plus épaisse, est objectivée par la limite postérieure du double contour stromal.
- L'endothélium cornéen n'est pas visible à l'observation directe. Il faut se mettre dans les conditions de l'observation spéculaire pour le visualiser sous la forme d'une mosaïque de cellules jointives régulièrement polygonales, leur densité physiologique étant de l'ordre de 2000/mm².

b. Chambre antérieure :

Elle est normalement optiquement vide, car l'humeur aqueuse qui la remplit est normalement pure. Le biomicroscope permet d'apprécier la profondeur de la chambre antérieure. Si celle-ci est diminuée (chambre antérieure étroite), il peut y avoir danger de glaucome aigu par fermeture de l'angle. Sa mesure précise est rarement indispensable, excepté dans ce cadre particulier.(43)

Lors de l'examen de la chambre antérieure, on recherche l'existence de cellules, d'un phénomène de Tyndall, toujours difficile à chiffrer subjectivement. Les mesures objectives (laser flare meter) sont préférées lorsqu'elles sont disponibles afin de suivre l'évolution des uvéites.

c. Iris et la pupille :

Avant toute dilatation, on apprécie le diamètre pupillaire, la régularité de la pupille et on étudie les réflexes photomoteurs.

La pupille comme l'iris sont en premier lieu examinés attentivement à la lumière du jour lors de l'inspection. Ils sont en principe symétriques et uniformes.

Au biomicroscope, on étudie le sphincter irien (rupture de ce sphincter dans certains traumatismes), les cryptes du stroma plus ou moins bien dessinées selon que la pigmentation est pauvre ou dominante.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Le bord pupillaire, souligné d'un bourrelet pigmentaire, est normalement rond, régulier et réactif.

d. Cristallin :

En l'absence de cataracte, le cristallin est transparent. Il est au mieux analysé après dilatation pupillaire. La biomicroscopie en coupe optique du cristallin a la capacité d'objectiver l'hétérogénéité histologique et structurelle de cette lentille intraoculaire par une succession d'images de densité différente, séparées les unes des autres par des bandes de discontinuité. Les structures les plus âgées sont centrales et les plus jeunes sont périphériques.

Une éventuelle cataracte est appréciée, selon son évolution (débutante, mûre, blanche totale) et sa situation (corticale, nucléaire, sous capsulaire postérieure, en cavaliers, cataracte congénitale partielle...).

e. Angle irido-cornéenne : (44)

L'examen de l'angle se fait par la gonioscopie. Elle consiste en l'analyse de l'angle irido-cornéen (AIC) au niveau duquel se situent les voies d'écoulement de l'humeur aqueuse.

Elle permet de déterminer si l'angle est ouvert, fermé de façon transitoire ou définitive, susceptible de fermeture, « encombré » (pigment, synéchies ou autre) ou dysgénésique, et de proposer si besoin un traitement approprié (iridotomie, gonioplastie, trabéculoplastie, chirurgie filtrante).

En pratique courante on réalise à la lampe à fente une gonioscopie indirecte à l'aide d'un verre posé sur la cornée après une anesthésie de contact, verre de Goldman (un ou trois miroirs) ou verre à quatre miroirs (Posner, Zeiss) ce dernier, de diamètre inférieur à celui de la cornée, permettant une gonioscopie dynamique.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

La gonioscopie se doit d'évaluer les points-clés suivants (moyen mnémotechnique « OPEN ») :

O : ouverture de l'AIC ;

P : pigmentation angulaire ;

E : encombrement trabéculaire ;

N : niveau d'insertion de l'iris (apparent et réel) et forme de la périphérie irienne.

2.Topographie cornéenne et camera sheimpflug :

La topographie cornéenne permet de recueillir des informations relatives à la courbure ou au relief (élévation) 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. Les instruments qui mesurent et décrivent avec le plus de précision les propriétés topographiques de la surface cornéenne peuvent être classés en trois grands types : Topographie cornéenne par réflexion spéculaire, par balayage par fentes lumineuses et par camera rotative Sheimpflug.

2.1. Différents types de topographie:

a. Topographie par réflexion spéculaire :

Une photographie numérique de l'image du reflet cornéen des mires est ensuite effectuée et l'appareil calcule la courbure en chaque point de l'appareil selon la déformation des mires (cette déformation est induite par la géométrie de la cornée explorée). L'utilisation du topographe « OPD scan III» (Nidek) (**Figure12**) permet par exemple une analyse fine des variations de courbure de la face antérieure de la cornée (ce topographe permet également le recueil de données aberrométriques). Le calcul des cartes de courbure est accompli à partir de l'image numérisée du reflet cornéen du disque de Placido.



Figure 5 : OPD SCAN III : Disque placido(3)

b. Topographie par balayage par fente lumineuse :

Le topographe Orbscan (Bausch and Lomb/Technolas perfect vision) (Figure13) permet également d'étudier les variations de la courbure de la cornée. Il réalise un balayage optique grâce à des fentes lumineuses qui « scannent » la cornée, ce qui permet de reconstruire tridimensionnellement le volume cornéen, et d'étudier les variations du relief cornéen non seulement antérieur mais également postérieur.

L'épaisseur « point par point » de la cornée (pachymétrie optique) peut être calculée. Cette épaisseur correspond simplement à la « distance » entre les faces antérieure et postérieure de la cornée. Il est également muni d'un disque de Placido qui permet un recueil direct de données de la courbure antérieure de la cornée.

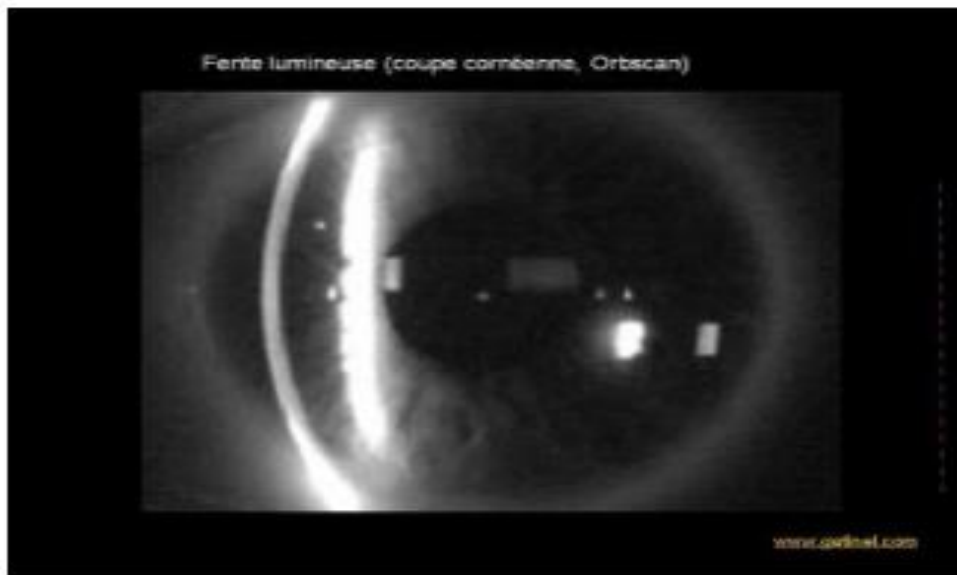


Figure 6 : Fente lumineuse (coupe cornéenne , Orbscan) (3)

c. Topographie par camera rotative Sheimpflug :

Les topographes Pentacam (Oculus) (Figure), TMS 5 (Tomey) et Galilei (Ziemer) disposent d'un système de camera Sheimpflug pour l'étude de l'épaisseur et de l'élévation de la cornée. Ils sont également munis d'un disque de Placido (sauf le Pentacam). Comme avec l'Orbscan, le balayage (rotatif) par une fente lumineuse permet d'établir des relevés de tomographie cornéenne, qui s'intéresse aux cartes de l'épaisseur cornéenne en chaque point, et l'étude de ses variations. Le dépistage précoce des formes infra cliniques de kératocône repose en partie sur le recueil de ces données.

2.2. Analyses établies par la topographie :

L'image sheimpflug et densitométrie : L'image sheimpflug est affichée. Sur cette image apparaît une ligne verticale pointillée blanche. La courbe de densitométrie le long de cette image est affichée sous forme d'un graphique vert et indique le degré d'opacité du cristallin.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

La représentation tridimensionnelle: la représentation tridimensionnelle des surfaces principales du segment antérieur est affichée, c'est-à-dire les faces antérieures et postérieures de la cornée, l'iris et la face antérieure du cristallin.

La valeur kératométrique : Les rayons de courbures centraux de la cornée, l'astigmatisme et l'axe correspondant ainsi que l'excentricité sont affichés.

Les cartes de Pachymétrie et de topographies : des cartes de topographie et de Pachymétrie sont affichées pour une visualisation et une analyse rapide. Ces informations sur la cornée sont données sous forme de cartes colorées.

Les cartes de courbure sagittale et tangentielle : Les cartes en échelle millimétriques attribuent en général une couleur d'autant plus chaude (orange, rouge) que les rayons de courbure mesurés sont petit (et donc que la cornée y est plus courbe localement). A l'inverse, les couleurs froides (bleu) correspondent à des zones moins courbes.

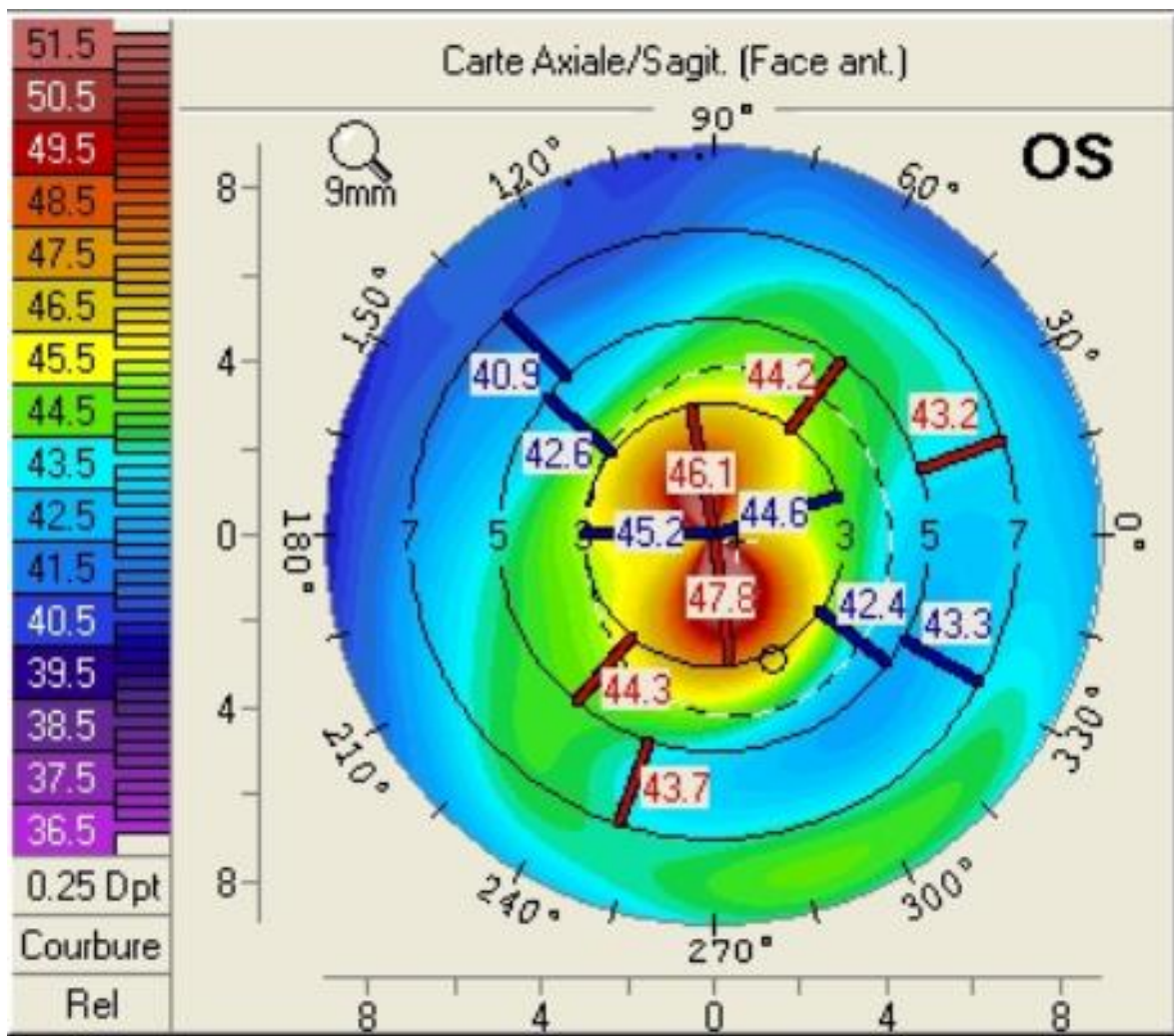


Figure 7 : carte de courbure sur pentacam (image du service).

Cartes d'élévations : La topographie cornéenne d'élévation permet de recueillir des informations directement relatives à la morphologie spatiale, c'est-à-dire au relief de la surface cornéenne. La mesure du relief cornéen permet une représentation en élévation, vis à vis d'une surface de référence, qui est le plus souvent sphérique par défaut.

La topographie d'élévation est un outil diagnostique complémentaire à la topographie spéculaire (topographie de courbure). Elle permet d'accéder à l'étude de la face postérieure de la cornée et fournit des informations sur l'épaisseur cornéenne (pachymétrie optique, permettant d'établir une étude de la tomographie de la cornée) qui est déduite de la distance entre les surfaces antérieures et postérieures.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

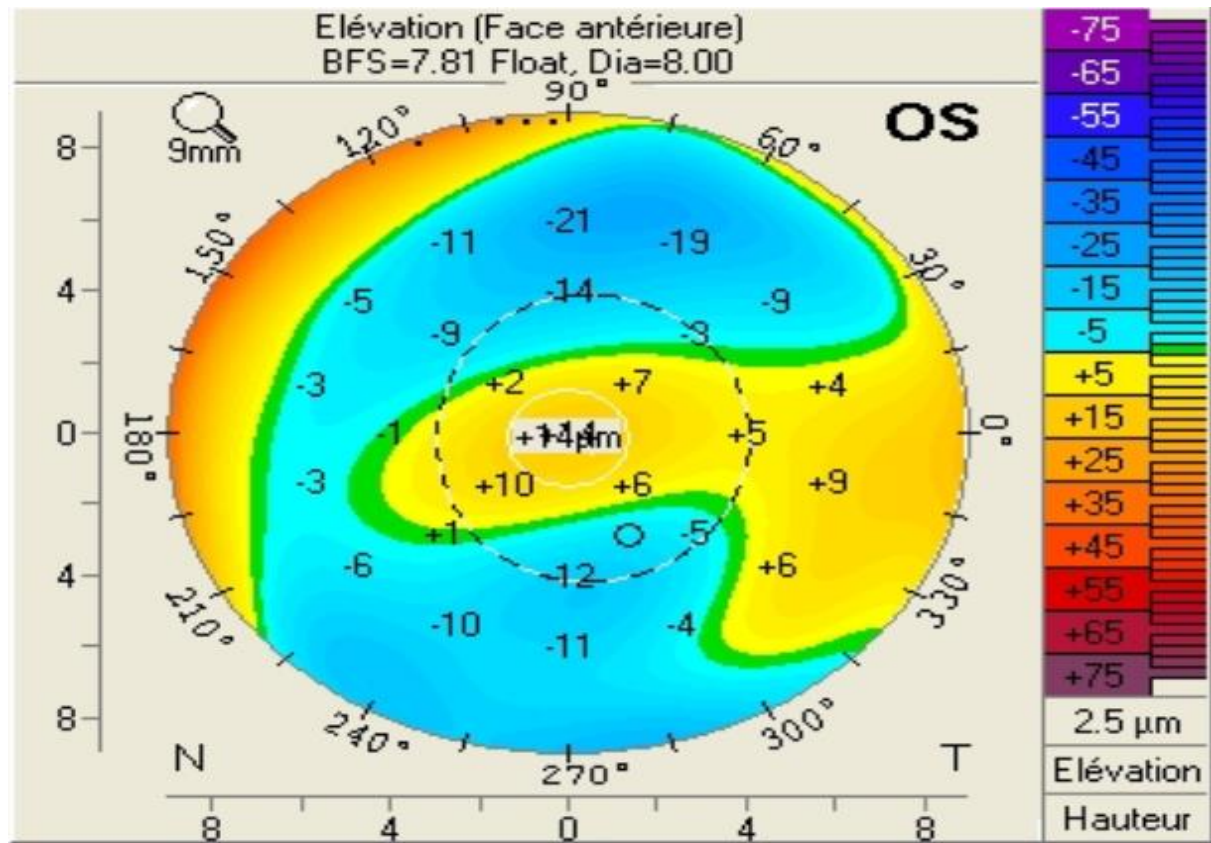


Figure 8 : Carte d'elevation sur pentacam (image du service)

L'échelle de couleur : l'échelle de couleur indique l'équivalence entre les couleurs de la cartographie ainsi que les valeurs numériques.

L'analyse de la chambre antérieure : l'épaisseur cornéenne et de la chambre antérieure y sont représentées. L'analyse de la chambre antérieure comprend les données suivantes :

- Pachymétrie de la cornée au centre de la pupille : coordonnées du centre pupillaire par rapport à l'apex cornéen.
- Pachymétrie minimale : plus petite valeur de pachymétrie de toute la cornée et ses coordonnées par rapport à l'apex cornéen.
- Volume de la chambre antérieure : est délimité par la face postérieure de la cornée, l'iris ainsi que le cristallin.
- Profondeur de la chambre antérieure : Profondeur calculée à la verticale de

l'apex, mesurée à partir de l'endothélium (resp. Epithélium, suivant le réglage choisi) jusqu'à la face antérieure du cristallin.

- Pression intraoculaire corrigée
- L'angle irido cornéen est calculé à partir du modèle 3D.
- Le diamètre pupillaire : le diamètre pupillaire indiqué est la valeur moyenne obtenue pendant toute la durée de l'acquisition.
- Épaisseur du cristallin : épaisseur du cristallin à la verticale de l'apex de la cornée.

3. Interférométrie :

En utilisant le principe de l'interférométrie déjà intégré dans la tomographie en cohérence optique (OCT), il est possible de prendre une mesure de longueur axiale par la voie d'un système optique. Cette technique, plus récente, est pratiquée en position assise avec une aide à la fixation du patient qui donne une meilleure coïncidence avec l'axe visuel.

Une compensation est alors apportée systématiquement par les différents systèmes actuellement sur le marché. Le premier appareil commercialisé a été l'appareil IOL Master® (Zeiss–Meditec), avec une importante avance technologique au moment de son lancement: cet appareil compact est capable de prendre toutes les mesures nécessaires pour le calcul d'implant et de réaliser les différents calculs en incluant les principales formules.

Cet appareil ne mesurant pas exactement les mêmes valeurs que la biométrie classique, l'intelligence a été de proposer une personnalisation de la constante A et une formule entièrement adaptée à cette machine, en l'occurrence la formule de Haigis(45).

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Un appareil plus récent, le Lenstar® (Haag–Streit), apporte un plus grand nombre de mesures par interférométrie (épaisseur cornéenne, profondeur de chambre antérieure, épaisseur du cristallin et longueur axiale) (**Figure14**).

En 2017 Zeiss a mis en vente son nouveau biomètre non contact le IOL master 700, cet appareil utilise la technologie sweep source, permettant d'augmenter la performance de prise par rapport aux anciens appareils. (46).

4.Tomographie par cohérence optique :

La tomographie en cohérence optique (OCT) est une technique d'imagerie très largement utilisée pour l'exploration du segment postérieur(47) (48). Basée sur le principe dit d'interférométrie à basse cohérence, son principe de fonctionnement est similaire à celui de l'échographie, mais avec l'émission d'une onde lumineuse au lieu d'un son.

Les premières images du segment antérieur en tomographie à cohérence optique ont été réalisées en 1994 à l'aide d'un OCT ayant une longueur d'onde de 820 nm et destiné à l'étude du segment postérieur(49) (50). Ce n'est qu'en 2001 qu'est apparu un OCT utilisant une longueur d'onde de 1 310 nm permettant une visualisation optimale du segment antérieur (AC OCT). Initialement, plusieurs applications ont été préférentiellement développées, comme le contact entre le cristallin et des implants réfractifs *phakes* ainsi que des mesures de la profondeur de la chambre antérieure (51).

Plus récemment la firme CSO itlalia a mis sur le marché un nouvel **OCT MS 39** qui combine la technologie OCT et la tomographie par disque placido ; permettant de s'acquérir d'une topographie cornéenne avec une résolution d'image plus nette(52).

5. Biomicroscopie ultrasonore du segment antérieur :

L'échographie de haute fréquence est une technique ultrasonore décrite au début des années 1990 par Pavlin et Foster(55) (56), avec un appareil capable de visualiser le segment antérieur du globe oculaire donnant des coupes de très haute résolution (50 μ m).

Les premières applications furent dirigées vers l'analyse de l'angle irido-cornéen, avec des indications surtout pour les pathologies glaucomateuses. La pathologie tumorale du segment antérieur ou de la surface oculaire a aussi été décrite. La deuxième étape de l'utilisation de l'échographie de haute fréquence a été proposée par l'équipe de Coleman avec Reinstein et Silverman qui ont décrit les applications de ce type d'imagerie à la chirurgie réfractive.

Les applications de l'imagerie ultrasonore de haute fréquence se diversifient avec l'exploration de la cornée et du segment antérieur en cas de chirurgie réfractive par technique cornéenne ou par implant phake. L'exploration des patients glaucomateux représente une application très utile, avec une bonne appréciation de la dynamique de l'angle irido-cornéen en cas de risque de fermeture de l'angle. En cas de chirurgie filtrante, l'UBM apporte une très bonne visualisation du mécanisme d'action et de la qualité des trabéculotomies et sclérectomies profondes.

L'appareil de référence en matière de chirurgie réfractive cornéenne est l'Artemis, qui donne une résolution supérieure aux autres appareils pour l'analyse fine de la cornée(57,58,59) dans le cadre des différents traitements proposés en chirurgie cornéenne par incision ou par ablation.

B. Les paramètres biométriques chez les myopes:

L'étude des particularités du segment antérieur chez le myope relève tout son intérêt, d'abord pour ses nombreuses implications thérapeutiques, notamment en chirurgie réfractive et orthokératologie. D'autre part, vue que la myopie s'associe à l'amincissement de la sclère et des modifications des structures du segment postérieur, il est légitime de se poser la question d'éventuelles modifications des paramètres biométriques du segment antérieur.

1. Longueur axiale:

Dans notre série, la moyenne de la longueur axiale est $25,20(\pm 1,62)$. Dans l'étude de Nair Shobita (66) sur 240 yeux de 120 cas d'origine indienne, la LA est 24,25. Dans la série de Chang d'une population taïwanaise la LA est 25,20mm(67). Kumiko rapporte une LA à $24,4 \pm 1,3$ mm dans une population japonaise(68).

2. Epaisseur de la cornée centrale:

L'épaisseur de la cornée dans notre étude se rapproche de l'EEC retrouvée dans la série de Shobita ($531,9$) et celle de Chang ainsi que l'étude de Kumiko ($533,79 \pm 34,75$) (68). L'ECC dans l'étude de Chen (69) est plus épaisse (556) par rapport à notre étude et on note une EEC plus fine dans la série de Nangia (514 ± 33)(70).

3. Profondeur de la chambre antérieure :

La moyenne de la profondeur de la chambre antérieure dans notre série est 3.69(0,32), dans la série de Housseini de population indienne est moins profonde $3,14 \pm 0,33$ (71), dans la série de Iujain de population saoudienne la PCA à $3,31 \pm 0,2$ (72), dans la série de Kumiko la PCA est $3,80 \pm 0,26$.

4. Kératométrie moyenne:

Dans notre série on note que La moyenne de la kératométrie moyenne est 43,49($\pm 1,67$). Dans une série égyptienne la moyenne de la courbure cornéenne centrale est 43.46(73) et dans la série de Kumiko la Km à 43,25 (43,50~42,25). Dans la série de Koucheiki et al. de 340 cas à 43.9 ± 1.5 (74). Et dans la série de A. Elias et al on retrouve $43,68 \pm 1.41$ (75).

5. Etude des paramètres biométriques selon le sexe

Nous ne retrouvons pas d'une différence significative de ES entre les deux sexes ($p=0,7$). Concernant Les paramètres biométriques, nous constatons une

différence significative en cas de la LA ($p=0.04$), PCA ($p=0.02$) et la kératométrie moyenne de la cornée ($p=0,01$); la femme a une longueur axiale courte, une chambre antérieur plus étroite et une cornée plus cambrée, meme résultat on le note dans la littérature(Kumiko et al. 2011 ; Chen et al. 2009 ; Kotb et al.2011). Par contre, Chang trouve une augmentation de l'ES chez la femme.

La différence de ces paramètres étudiés est probablement en rapport à la différence de poids et la taille pondérale entre les deux sexes.

Pour l'ECC, la différence n'est pas significative($p=0,8$) entre l'homme et femme. Chen et Kumiko ne retrouve pas également la différence.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Tableau3 : Comparaison de l'ES et LA selon le sexe dans notre série par rapport à la littérature :(H : homme; F: femme)

	ES			LA		
	H	F	p	H	F	p
Kumiko	-4,14± 2,71	-3,92±2,7	0,493	25,63±1.31	24,87±1,17	0,01
Chen	-0.3 ± 2.0	-0.4 ± 2.0	0,6	23,81	23,19	0,02
Chang	-2,7±4,47	-4,9±5,14	-0,001	25,7±2,0	24,3±1,8	0,001
Notre série	-3,39±2,5	-4,8±4,46	0,7	25,22±25,17	25,17±1,33	0,04

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Tableau4 : Comparaison de l'ECC, Km et la PCA selon le sexe de notre série par rapport à la littérature

	ECC			km			PCA		
	H	F	p	H	F	p	H	F	p
Kumiko	534 (36,63)	533,18 (36,63)	0,844	7,83 (0,23)	7,75 (0,23)	0,001	3,85 (0,27)	3,72 (0,29)	<0.001
Kotb	538,94 (31,40)	539,39 (43,05)	0,800	43,24	43,67(1,49)	0,01	-3,45 1,85	-3,64 (1,85)	0,001
Rosenblatt(76)	534(34,8)	533,8(34)	0.332	43,8(1,5)	44.4 (1.5)	0,001	-	-	-
Chen	555(27à	553(30)	0,48	43,85	44,50	0,001	3,13	2,95	-0,01
Notre série	545,82(36,75)	560,18(37)	0,8	42,76(1,36)	43,89(1,68)	0 ,01	3,72(0,28)	3,64(0,37)	0,01

C. Corrélation entre les paramètres biométriques et le degré de l'erreur réfractive :

1. Longueur axiale:

La corrélation de la longueur axiale avec le degré de l'erreur réfractive est forte dans presque toutes les séries. La corrélation la plus faible est retrouvée dans l'étude de Jorge et al. (2007) avec mesure par échographie mode A (77) et la corrélation la plus forte est retrouvée dans l'étude de Rabsilber et al. 2010 avec mesure par IOL master (78). Dans la métaanalyse de Gaurisankar la corrélation est forte ($r = -0.67$; 95% CI: $-0.76, -0.56$)(79).

Certains auteurs ont étudié le coefficient de régression linéaire étudiant la variabilité de degré de l'erreur réfractive pour une variation d'un 1 mm de la LA, Olsen et al. rapporte un changement de l'erreur réfractive de 1,24 pour 1mm de la LA (80), alors que Mallen et al. retrouve une variation de 3,33 pour 1mm (81).

Tableau 5: comparaison de degré de corrélation entre l'ES et LA de notre série par rapport aux autres études.

Etudes	Appareil de mesure de km	Coefficient de corrélation
Han et al. 2017	Lenstar	-0.13
Richter et al. 2017(87)	Echo mode A	-0.43
He et al. 2017(88)	IOL mster	-0.05
Iribarren et al. 2015(89)	Lenstar	-0.2
Notre série	Pentacam	-0,18

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

2. Kératométrie moyenne:

Dans notre série la corrélation entre L'erreur réfractive et la kératométrie moyenne est significative et négative. L'équivalent sphérique est élevé en cas de l'augmentation de pouvoir réfractif de la cornée. Dans la mét-analyse de Gaurisankar l'erreur réfractive se corrèle significativement avec le pouvoir réfractif de la cornée également ($r = -0.16$; 95% CI: $-0.26, -0.05$). Dans les différentes séries étudiées le degré de corrélation est faible.

Tableau 6: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et Km de notre série par rapport aux autres études

Etudes	Appareil de mesure De la LA	Coefficient de corrélation
Han et al. 2017(82)	Lenstar	-0.23
Yin et al. 2012(83)	Lenstar	-0.75
Lee et al. 2012(84)	Lenstar	-0.62
Jorge et al. 2007	Echo mode A	-0.19
Rabsilber et al. 2010	Iol master	-0.94
Foster et al. 2010(86)	Iol master	-0.45
Notre Série	Lenstar	-0.79

3. Epaisseur cornéenne centrale:

Nous rapportons dans notre série l'absence de corrélation entre l'équivalent sphérique et l'épaisseur cornéenne centrale. Même résultat on le trouve dans plusieurs séries comme celle de Kumiko 2011, Chen 2009. Touzeau et al.(92) ne retrouve pas de différence entre l'épaisseur cornéenne des myopes forts et celle de témoins, quelle que soit la localisation au niveau de la cornée. Ces données ont été confirmées par la plus

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

grande étude publiée à ce jour (5 158 patients dont 1 270 myopes avec équivalent sphérique inférieur à -6 D) qui ne retrouve pas de corrélation entre l'équivalent sphérique et l'épaisseur cornéenne [91]. Chang rapporte l'amincissement de la cornée en cas d'une forte myopie et Krichanan(92) a rapporté un épaissement de la cornée en cas de l'augmentation de l'équivalence sphérique.

Tableau 7: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et l'ECC de notre série par rapport aux autres études

	ECC	ES	r	p	Nombre des cas
Kotbi	539.23(32.24)	– 3,60(1,85)	–0.027	0.314	1401
Al mahmoud(93)	543 (34)	4.58 (2.21)	–0.018,	0.427	3091
Chen	554(29)	–1,2(2,1)	–0.034	0.445	500
Fam and al(94)	534,5(38.1)	–5.3	–0.13	0.72	714
Krichnan	533,87(40,02)	– 3,10(3,34)	0.172	0.03	156
Chang	533(29)	–4.17	–0,042	0,021	216
Notre série	535,72(37,57)	– 4,46(3,76)	–0,013	0,07	230

4.Profondeur de la chambre antérieure:

Dans notre série la corrélation de L'erreur réfractive avec la profondeur de la chambre antérieure est significative ($r=-0,12$; $p=0,03$). L'augmentation de la valeur absolue de l'ES est associée à une chambre antérieure plus profonde. Dans les séries étudiées, on retrouve le même constat, dans la plupart des études le degré de corrélation est faible. La plus forte corrélation est retrouvée seulement dans la série de Lee et al (2012) en faisant les mesures avec IOL master.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Tableau8: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et la PCA de notre série par rapport aux autres études.

Les études	Appareils de mesure de la PCA	coefficient de corrélation
Han et al. 2017	Lenstar	-0.13
Lee et al. 2012	IOL master	-0.89
Richter et al. 2017	Echo mode A	-0.43
He et al. 2017	IOL master	-0.05
Iribarren et al. 2015	Lenstar	-0.18
Iribarren et al. 2012	Echo mode A	-0.01

D. Corrélation entre les paramètres biométriques et la Longueur axiale:

1. Kératométrie moyenne:

Une corrélation significative et négative avec la courbure cornéenne moyenne: Une augmentation de LA est associée à une diminution de Km de la cornée ($r=-0,21$; $p=0,008$). Dans la littérature le degré de corrélation varie d'une étude à l'autre. La plus forte corrélation est rapportée par Nangia et al. (2010) en utilisant l'échographie mode A pour mesurer la LA, et seulement O'Donnell et al. (2011) montre une corrélation positive(98).

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

Tableau9: comparaison de degré de corrélation entre la LA et la Km de notre série par rapport aux autres études.

Les études	Appareils de mesure de la LA	Degré de corrélation
O'Donnell et al. (2011)	Lenstar LS900	Positif faible
Nangia et al. (2010)	Echo mode A Autorefractomètre	Négatif modéré
Hoffmann & Hutz (2010)	IOL master	Négatif faible
Chen et al. 2011	Echo mode A autorefractomètre	Négatif modéré
Notre série	Pentacam LenstarLS700	Négatif modéré

2.Epaisseur de la cornée centrale:

Par rapport à la longueur axiale. Plusieurs séries (Oliveira et al (99) and Shimmyo et al (100), Almahmoud et al . et Chen2011) ne trouvent pas l'association entre la l'épaisseur de la cornée centrale et la longueur axiale. Krichanan constate un épaississement de la cornée en cas d'augmentation de la LA. Alors que Chang rapporte l'association de la cornée mince avec l'augmentation LA.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

**Tableau 10: Comparaison de degré de corrélation entre la LA et la Km de notre série
par rapport aux autres études.**

	Km	LA	Coefficient r	Valeur p	Nombre des cas
Al mahmoud	543 (34)	4.58 (2.21)	-0.018,	0.427	3091
Chen	554(29)	23,48	-0.053	0.233	500
Fam and al	534.5 (38.1)	-5.3	-0.13	0.72	714
Krichnan	533,87(40,02)	23,52(1,54)	0.211	0.008	156
Oliveria	547,3(42)	23,7(2,4)	-0.07	0,4	140
Chang	533(29)	25,2(2)	-0,042	0,021	216
Notre série	535,72(37,57)	-4,46(3,76)	-0,013	0,07	230

3. Profondeur de la chambre antérieure

La corrélation de longueur axiale avec la profondeur de la chambre antérieure est positive, une augmentation de la longueur axiale s'associe à l'augmentation de la profondeur de la chambre antérieure. Pourtant le degré de corrélation entre les études est variable ; la plus forte corrélation est mesurée par IOL master (Lee et al. 2012), la faible corrélation est mesuré par A Scan dans l'étude de Jonas et al. 2012.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

**Tableau11: Comparaison de degré de corrélation entre la LA et la PCA de notre série
par rapport aux autres études.**

Etudes	Appareils de mesure	Coefficient de corrélation
Ferreira et al. 2017	Lenstar	0.57
Iribarren et al. 2015	Lenstar	0.51
Chen et al. 2011	IOL master	0.65
Lee et al. 2012	IOL master	0.89
Jonas et al. 2012	Echographie mode A	0.16
Nangia et al. 2010	Echographie mode A	0.19
Notre série	Lenstar/Pentacam	0,2

E. Corrélation entre l'épaisseur de la cornée centrale et la kératométrie moyenne.

Dans notre série on note une corrélation significative et négative entre l'épaisseur coréenne centrale et la kératométrie moyenne. Les cornées cambrées sont plus fines. Les séries de Chang, wang et de Kotbi ont trouvé le même résultat. Chen ne trouve pas de corrélation.

Tableau12: Comparaison de degré de corrélation entre l'ECC et la Km de notre série par rapport aux autres études.

	ECC	Km	Coefficient r	Valeur p	Nombre des cas
Al mahmoud	543 (34)	44.02 1.43	-0.113	0.0001	3091
Kotbi	539.23 32.24	43.52 1.49	-0.089	0.001	1401
Chen	554(29)	44.0 ± 1.5	0.013	0.770	500
Krichnan	533,87(40,02)	7.57 (0.29)	0.269	0.001	156
Wang	539.2 37.8	43.5 1.8	-0.080	0.009	140
Chang	533(29)	43.3 (1.4)	0.16	0,021	216
Notre série	535,72(37,57)	43.49 (1,65)	0,165	0,023	230

Le degré de corrélation entre les paramètres biométriques avec le degré de la myopie ou entre eux est variable parfois controversé. Ces résultats peuvent être en lien avec des méthodologies qui diffèrent selon les études. Les auteurs n'utilisent pas les mêmes appareils de mesure de différents paramètres. En outre, les variations nycthémérales et ethniques ajoutent des variables à l'interprétation des résultats.

CONCLUSION

Par rapport au sexe, nous ne retrouvons pas d'une différence significative de ES entre les deux sexes. Concernant Les paramètres biométriques, nous constatons une différence significative en cas de la profondeur de la chambre antérieure et la kératométrie moyenne; la femme a une longueur axiale courte, une chambre antérieure plus étroite et une cornée plus cambrée, Pour l'épaisseur cornéenne centrale, la différence n'est pas significative.

La corrélation de la longueur axiale avec l'équivalence sphérique chez les myopes est fortement significative. Une augmentation de la longueur axiale s'associe à l'augmentation de la valeur absolue de l'erreur réfractive. L'erreur réfractive est élevé en cas de l'augmentation de pouvoir réfractif de la cornée ainsi que une chambre antérieure plus profonde. L'augmentation de longueur axiale est associée à une diminution de pouvoir réfractif de la cornée, et une chambre antérieure plus profonde.

La corrélation de la longueur axiale et le degré de l'erreur réfractive avec l'épaisseur cornéenne centrale n'est pas significative. Par ailleurs la cornée est plus mince en cas de courbure cornéenne élevée.

ANNEXES

Liste des Figures

Figure 1: coupe sagittale donnant une appréciation macroscopique de l'œil

Figure 2: illustration des courbures antérieures de l'œil (cornée)

Figure3: vue d'ensemble de l'iris. De haut en bas : couche cellulaire antérieure, stroma, épithélium antérieur avec muscle dilatateur et épithélium pigmenté postérieur

Figure 4: Vue d'ensemble des corps ciliaires montrant de bas en haut la sclère, le muscle ciliaire et les procès ciliaires.

Figure 5: Représentation de la classification de Shaffer

Figure6: image gonioscopique montrant des synéchies antérieures périphériques

Figure 7: Aspect d'iris plateau avec bascule antérieure de la racine de l'iris et des procès ciliaires en avant de l'éperon scléral (flèche) avec fermeture de l'angle.

Figure8: Aspect d'inversion de la courbure de l'iris en cas de glaucome pigmentaire avec majoration du contact entre la face postérieure de l'iris et la cristalloïde postérieure. 1.cornée ; 2.iris 51

Figure9: Important épaissement iridociliaire par mélanome. La biomicroscopie ultrasonore permet de mesurer cette lésion assez précisément.

Figure 10: OPD SCAN III : Disque placido

Figure 11: Fente lumineuse (coupe cornéenne , Orbscan)

Figure 12: Acquisition de mesure avec l'appareil Lenstar

Figure 13: Image OCT du segment antérieur montrant un angle irido-cornéen ouvert

Figure 14: image OCT montrant une apposition irido-trabéculaire en utilisant le Lenstar LS 900

Figure 15: évaluation de la fiabilité de mesures entre différents observateurs

Figure 16 : image montrant une colonne pentacam (oculus)

Liste des tableaux

Tableau1: Tableau récapitulatif des paramètres biométriques et l'équivalent sphérique de notre étude.

Tableau 2: Corrélation entre l'erreur réfractive et les paramètres biométriques (r: Coefficient de corrélation, significative si $p < 0,05$)

Tableau3: Corrélation entre l'erreur réfractive et les paramètres biométriques(R: Coefficient de Corrélation, significative si $p < 0,05$)

Tableau 4: Comparaison de l'ES et LA selon le sexe

Tableau 5: Comparaison de l'ECC, Km et la PCA selon le sexe

Tableau 6: Comparaison de degré de corrélation entre LA et l'ES de notre série par rapport aux autres études

Tableau 7: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et Km de notre série par rapport aux autres études

Tableau 8: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et l'ECC de notre série par rapport aux autres études.

Tableau9: Comparaison de degré de corrélation entre l'ES et l'ECC de notre série par rapport aux autres études

Tableau 10: Comparaison de degré de corrélation entre la LA et la Km de notre série par rapport aux autres études.

Tableau 11: Comparaison de degré de corrélation entre la LA et la PCA de notre série par rapport aux autres études.

Tableau 12: Comparaison de degré de corrélation entre l'ECC et la Km de notre série par rapport aux autres études.

Liste des graphiques

Graphique1: répartition des cas selon le sexe

Graphique 2: répartition des cas selon le degré de la myopie

Graphique 3: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre l'et L'ECC.

Figure 1: Diagramme de dispersion montre une forte corrélation entre la LA et L'ES.

Graphique 4: Diagramme de dispersion montre une corrélation entre l'ES et la PCA :

Graphique 5: Diagramme de dispersion montre une corrélation entre l'ES et la kératométrie moyenne :

Graphique 6: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et L'ECC

Graphique 7: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et La PCA

Graphique 8: Diagramme de dispersion montre l'absence de corrélation entre la LA et La km

REFERENCES

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

- [1]. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050, *Ophthalmology* 2016; 123 : 1036 – 1042.
- Anatomie :
- [2]. Masson E. Anatomie de la cornée [Internet]. EM-Consulte. [cité 7 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/292150/anatomie-de-la-cornee>
- [3]. CASSETTE NB Studio. La cornée [Internet]. Docteur Damien Gatinel. [cité 16 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/recherche-formation/la-cornee/>
- [4]. Masson E. Physiologie de la cornée [Internet]. EM-Consulte. [cité 16 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/30698/figures/physiologie-de-la-cornee>
- [5]. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. sept 2013;120(9):1778-85.
- [6]. Masson E. Anatomie et physiologie de l'iris [Internet]. EM-Consulte. [cité 7 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1302533>
- [7]. Ivan DJ, Tredici TJ, Perez-Becerra J, Dennis R, Burroughs JR, Taboada J. Photorefractive keratectomy (PRK) in the military aviator: an aeromedical perspective. *Aviat Space Environ Med*. août 1996;67(8):770-6.
- [8]. chirurgie_refractive.pdf [Internet]. [cité 7 mars 2020]. Disponible sur: https://www.sfo.asso.fr/files/files//FPHUNG/Congres_2015/chirurgie_refractive.pdf

- [9]. Masson E. Anatomie de l'angle iridocornéen [Internet]. EM-Consulte. [cité 7 mars 2020]. Disponible sur:
<https://www.em-consulte.com/article/7576/anatomie-de-l-angle-iridocorneen>
- [10]. Masson E. Cristallin et zonule: anatomie et embryologie [Internet]. EM-Consulte. [cité 7 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/10105/figures/cristallin-et-zonule-anatomie-et-embryologie>
- [11]. Dialogues L. Anatomie et histologie de l'œil – Henry Saraux – Masson [Internet]. [cité 27 juill 2019]. Disponible sur:
<https://www.librairiedialogues.fr/livre/460419-anatomie-et-histologie-de-l-il-henry-saraux-masson>.
- [12]. Wojciechowski R. Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error. Clin Genet 2011;79:301—20.
- [13]. Verhoeven VJ, Buitendijk GH, Consortium for Refractive Error and, Myopia (CREAM), Rivadeneira F, Uitterlinden AG, et al. Education influences the role of genetics in myopia. Eur J Epidemiol 2013;28:973—80.
- [14]. Paget S, Vitezica ZG, Malecaze F, Calvas P. Heritability of refractive value and ocular biometrics. Exp Eye Res 2008;86:290—5.
- [15]. Phillips JR, Khalaj M, Mcbrien NA. Induced myopia associated with increased scleral creep in chick and tree shrew eyes. Invest Ophthalmol Vis Sci 2000;41:2028—34.
- [16]. Mcbrien NA, Jobling AI, Gentle A. Biomechanics of the sclera in myopia: extracellular and cellular factors. Optom Vis Sci 2009;86:E23—30.

- [17]. Gentle A, Liu Y, Martin JE, Conti GL, Mcbrien NA. Collagen gene expression and the altered accumulation of scleral collagen during the development of high myopia. *J Biol Chem* 2003;278:16587—94.
- [18]. Wallman J, Winawer J. Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron* 2004;43:447—68.
- [19]. Wallman J, Adams JL. Developmental aspects of experimental myopia in chicks: susceptibility, recovery and relation to emmetropization. *Vision Res* 1987;27:1139—63.
- [20]. Nickla DL, Totonelly K, Dhillon B. Dopaminergic agonists that result in ocular growth inhibition also elicit transient increases in choroidal thickness in chicks. *Exp Eye Res* 2010;91:715—20.
- [21]. Jobling AI, Nguyen M, Gentle A, Mcbrien NA. Isoform-specific changes in scleral transforming growth factor-beta expression and the regulation of collagen synthesis during myopia progression. *J Biol Chem* 2004;279:18121—6.
- [22]. Mcbrien NA. Regulation of scleral metabolism in myopia and the role of transforming growth factor-beta. *Exp Eye Res* 2013;114:128—40.
- [23]. Huo L, Cui D, Yang X, Wan W, Liao R, Trier K, et al. A retrospective study: form-deprivation myopia in unilateral congenital ptosis. *Clin Exp Optom* 2012;95:404—9.
- [24]. Meyer C, Mueller MF, Duncker GI, Meyer HJ. Experimental animal myopia models are applicable to human juvenile-onset myopia. *Surv Ophthalmol* 1999;44:S93—102.

- [25]. Saw SM, Hong RZ, Zhang MZ, Fu ZF, Ye M, Tan D, et al. Nearwork activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2001;38:149—55.
- [26]. Ip JM, Saw SM, Rose KA, Morgan IG, Kifley A, Wang JJ, et al. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:2903—10.
- [27]. Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, et al. A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:1492—500.
- [28]. Berntsen DA, Sinnott LT, Mutti DO, Zadnik K. A randomized trial using progressive addition lenses to evaluate theories of myopia progression in children with a high lag of accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:640—9.
- [29]. Jones-Jordan LA, Mitchell GL, Cotter SA, Kleinstein RN, Manny RE, Mutti DO, et al. Visual activity before and after the onset of juvenile myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:1841—50.
- [30]. Wang Q, Klein BE, Klein R, Moss SE. Refractive status in the Beaver Dam Eye Study.
- [31]. Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retin Eye Res* 2005;24:1—38. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:4344—7.
- [32]. Morgan IG, Rose KA. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013;33:329—38.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

- [33]. Rose KA, Morgan IG, Ip J, Kifley A, Huynh S, Smith W, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology* 2008;115:1279—85.
- [34]. French AN, Ashby RS, Morgan IG, Rose KA. Time outdoors and the prevention of myopia. *Exp Eye Res* 2013;114:58—68.
- [35]. Saw SM, Wu HM, Seet B, Wong TY, Yap E, Chia KS, et al. Academic achievement, close up work parameters, and myopia in Singapore military conscripts. *Br J Ophthalmol* 2001;85:855—60.
- [36]. Ip JM, Rose KA, Morgan IG, Burlutsky G, Mitchell P. Myopia and the urban environment: findings in a sample of 12-year-old Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:3858—63.
- [37]. Saw SM, Wu HM, Hong CY, Chua WH, Chia KS, Tan D. Myopia and night lighting in children in Singapore. *Br J Ophthalmol* 2001;85:527—8
- [38]. CASSETTE NB Studio. Classification de la myopie – Docteur Damien Gatinel [Internet]. [cité 22 janv 2018]. Disponible sur:
<https://www.gatinel.com/rechercheformation/myopie-definition-mecanismes-epidemiologie-facteurs-de-risques/classification-de-la-myopie/>
- [39]. Llorente L, Barbero S, Cano D, Dorronsoro C, Marcos S. Myopic versus hyperopic eyes: axial length, corneal shape and optical aberrations. *J Vis*. 22 avr 2004;4(4):288-98.
- [40]. Lam AK, Cheng KK, Lam RK, Lau CF, Yau S. CLASSIFICATION DE LA MYOPIE. *Clin Exp Optom*. 1 juill 1996;79(4):167-72.
- [41]. L'épithélium cornéen par Danièle Rigal: Editions Masson 9782225841101 – RECYCLIVRE [Internet]. [cité 28 juill 2019].

- [42]. Masson E. Biomicroscopie ultrasonore du segment antérieur [Internet]. EM-Consulte. [cité 28 juill 2019]. Disponible sur:
<https://www.em-consulte.com/article/180184/biomicroscopie-ultrasonore-du-segment-anterieur>
- [43]. Hamard P. La gonioscopie. Datarevues0181551200305-C243 [Internet]. 8 mars 2008 [cité 28 juill 2019]; Disponible sur:
<https://www.em-consulte.com/en/article/113482>
- [44]. Haigis W. Optical coherence biometry. Dev Ophthalmol. 2002;34:119-30.
- [45]. Bullimore MA, Slade S, Yoo P, Otani T. An Evaluation of the IOLMaster 700. Eye Contact Lens. mars 2019;45(2):117-23.
- [46]. Puliafito CA, Hee MR, Lin CP, Reichel E, Schuman JS, Duker JS, et al. Imaging of macular diseases with optical coherence tomography. Ophthalmology. févr 1995;102(2):217-29.
- [47]. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical coherence tomography. Science. 22 nov 1991;254(5035):1178-81.
- [48]. Izatt JA, Hee MR, Swanson EA, Lin CP, Huang D, Schuman JS, et al. Micrometer-scale resolution imaging of the anterior eye in vivo with optical coherence tomography. Arch Ophthalmol Chic Ill 1960. déc 1994;112(12):1584-9.
- [49]. Hoerauf H, Wirbelauer C, Scholz C, Engelhardt R, Koch P, Laqua H, et al. Slit-lamp-adapted optical coherence tomography of the anterior segment. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1 janv 2000;238(1):8-18.
- [50]. Baikoff G, Jitsuo Jodai H, Bourgeon G. Measurement of the internal diameter and depth of the anterior chamber: IOLMaster versus anterior chamber optical coherence tomographer. J Cataract Refract Surg. sept 2005;31(9):1722-8.

- [51]. Savini G, Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new anterior segment optical coherence tomographer combined with Placido topography and agreement with 2 Scheimpflug cameras. J Cataract Refract Surg. avr 2018;44(4):471-8.
- [52]. Li H, Leung CKS, Cheung CYL, Wong L, Pang CP, Weinreb RN, et al. Repeatability and reproducibility of anterior chamber angle measurement with anterior segment optical coherence tomography. Br J Ophthalmol. nov 2007;91(11):1490-2.
- [53]. Baudouin C, Labbé A, Maftouhi AE, Hamard P. Application de l'OCT de segment antérieur dans l'étude des glaucomes. Datarevues0181551200316-C25 [Internet]. 28 oct 2008 [cité 16 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/187205>
- [54]. Pavlin CJ, Foster FS. Ultrasound biomicroscopy. High-frequency ultrasound imaging of the eye at microscopic resolution. Radiol Clin North Am. nov 1998;36(6):1047-58.
- [55]. Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD, Foster FS. Clinical use of ultrasound biomicroscopy. Ophthalmology. mars 1991;98(3):287-95.
- [56]. Patel S, Reinstein DZ, Silverman RH, Coleman DJ. The shape of Bowman's layer in the human cornea. J Refract Surg Thorofare NJ 1995. déc 1998;14(6):636-40.
- [57]. Reinstein DZ, Silverman RH, Raevsky T, Simoni GJ, Lloyd HO, Najafi DJ, et al. Arc-scanning very high-frequency digital ultrasound for 3D pachymetric mapping of the corneal epithelium and stroma in laser in situ keratomileusis. J Refract Surg Thorofare NJ 1995. août 2000;16(4):414-30.

- [58]. Reinstein DZ, Srivannaboon S, Holland SP. Epithelial and stromal changes induced by intacs examined by three-dimensional very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg.* 2001;17(3):310-8.
- [59]. Sihota R, Dada T, Gupta R, Lakshminarayan P, Pandey RM. Ultrasound biomicroscopy in the subtypes of primary angle closure glaucoma. *J Glaucoma.* oct 2005;14(5):387-91.
- [60]. Radhakrishnan S, Goldsmith J, Huang D, Westphal V, Dueker DK, Rollins AM, et al. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960.* août 2005;123(8):1053-9.
- [61]. Fénolland J-R, Puech M, Baudouin C, Labbé A. Imagerie de l'angle iridocornéen dans le glaucome.

/data/revues/01815512/v36i4/S0181551213000594/ [Internet]. 12 avr 2013 [cité 16 mars 2020]; Disponible sur:

<https://www.em-consulte.com/en/article/801531>
- [62]. Doyle A, Hamard P, Puech M, Lachkar Y. Asymmetric pigmentary glaucoma in a patient with Marfan's syndrome. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* sept 2005;243(9):955-7.
- [63]. Weisbrod DJ, Pavlin CJ, Emara K, Mandell MA, McWhae J, Simpson ER. Small ciliary body tumors: ultrasound biomicroscopic assessment and follow-up of 42 patients. *Am J Ophthalmol.* avr 2006;141(4):622-8.
- [64]. Kawana K, Okamoto F, Nose H, Oshika T. Ultrasound biomicroscopic findings of ciliary body malignant melanoma. *Jpn J Ophthalmol.* août 2004;48(4):412-4.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

- [65]. Nair Shobita*, V Panneer Selvam, Shah Vinit J, Jayaraman Radha, V Vijayraghavan and Gupta Amal. Correlation of Central Corneal Thickness with Refractive Errors and Corneal Curvature in the South Indian Population. *Acta Scientific Ophthalmology* 4.4 (2021): 31–38.
- [66]. Shu–Wen Chang, I–Lun Tsai, Fung–Rong Hu, Luke Long–Kuang Lin, Yung–Feng Shih. The cornea in young myopic adults. *Br J Ophthalmol* 2001;85:916–920.
- [67]. Kumiko Kato, Mineo Kondo, MakiTakeuchi, Koji Hirano. Refractive error and biometrics of anterior segment of eyes of healthy young university students in Japan. *Scientific Reports*. (2019) 9:15337.
- [68]. ChenMJ, Liu YT, Tsai CC, Chen YC, Chou CK & Lee SM (2009): Relationship between central corneal thickness, refractive error, corneal curvature, anterior chamber depth and axial length. *J Chin*
- [69]. Nangia V, Jonas JB, Sinha A, Matin A, Kulkarni M & Panda–Jonas S (2010): Ocular axial length and its associations in an adult population of central rural India: the Central India Eye and Medical Study. *Ophthalmology* 117: 1360–1366 *Med Assoc* 72: 133–137
- [70]. Hosny M, Alio JL, Claramonte P, Attia WH & Perez–Santonja JJ (2000): Relationship between anterior chamber depth, refractive state, corneal diameter, and axial length. *J Refract Surg* (Thorofare, N.J. : 1995) 16: 336–340
- [71]. Lujain S. Al–Rajhi; Kholoud A. Bokhary; Ahmed A. Al–Saleh. Measurement of anterior segment parameters in Saudi adults 5 with myopia.. 2018 Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of Saudi Ophthalmological Society, King Saud University.

- [72]. Mohamed Kotb, Sherif A Eissa. Correlation Between Myopic Refractive Error, Corneal Power and Central Corneal Thickness in the Egyptian Population. Clin Ophthalmol. 2021; 15: 1557–1566
- [73]. Kotecha A., et al. “The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry”. British Journal of Ophthalmology 89.12 (2005): 1572–1575
- [74]. Dr Anna Elias., et al. “Central corneal thickness and relating factors – A Prospective observational study”. Kerala Journal of Ophthalmology 21.2 (2009)
- [75]. Amir Rosenblatt, Michael Mimouni, Tzahi Sela, Gur Munzer, David Varssano and Nir Sorkin. Correlation between refractive state, corneal thickness, and keratometry in ametropic patients. European Journal of Ophthalmology 1–6 © The Author(s) 2019.
- [76]. Jorge J, Almeida JB & Parafita MA (2007): Refractive, biometric and topographic changes among Portuguese university science students: a 3–year longitudinal study. Ophthalmic Physiol Opt 27: 287–294.
- [77]. Rabsilber TM, Jepsen C, Auffarth GU & Holzer MP (2010): Intraocular lens power calculation: clinical comparison of 2 optical biometry devices J Cataract Refract Surg 36: 230–234.
- [78]. Zoraida S. Gaurisankar,¹ Gwyneth A. van Rijn,¹ Jose Eduardo E. Lima,^{1,2} Antonio P. Ilgenfritz. Correlations between ocular biometrics and refractive error: A systematic review and metaanalysis. Acta Ophthalmol. ^a 2019 Acta Ophthalmologica Scandinavica Foundation.

- [79]. Olsen T, Arnarsson A, Sasaki H, Sasaki K & Jonasson F (2007): On the ocular refractive components: the Reykjavik Eye Study *Acta Ophthalmol Scand* 85: 361–366.
- [80]. Mallen EA, Gammoh Y, Al-Bdour M & Sayegh FN (2005): Refractive error and ocular biometry in Jordanian adults. *Ophthalmic Physiol Opt* 25: 302–309.
- [81]. Han X, Guo X, Lee PY, Morgan IG & He M (2017): Six-year changes in refraction and related ocular biometric factors in an adult Chinese population. *PLoS ONE* 12: e0183364.
- [82]. Yin G, Wang YX, Zheng ZY, Yang H, Xu L & Jonas JB (2012): Ocular axial length and its associations in Chinese: the Beijing Eye Study *PLoS ONE* 7: e43172.
- [83]. Lee S, Kim B, Oh TH & Kim HS (2012): Correlations between magnitude of refractive error and other optical components in Korean myopes. *Korean J Ophthalmol* 26: 324–330.
- [84]. Jorge J, Almeida JB & Parafita MA (2007): Refractive, biometric and topographic changes among Portuguese university science students: a 3-year longitudinal study. *Ophthalmic Physiol Opt* 27: 287–294.
- [85]. Foster PJ, Broadway DC, Hayat S, Luben R, Dalzell N, Bingham S, Wareham NJ & Khaw KT (2010): Refractive error, axial length and anterior chamber depth of the eye in British adults: the EPIC–Norfolk Eye Study. *Br J Ophthalmol* 94: 827–830
- [86]. Richter GM, Wang M, Jiang X, Wu S, Wang D, Torres M, Choudhury F & Varma R (2017): Ocular determinants of refractive error and its age- and sex-related variations in the Chinese American Eye Study *JAMA Ophthalmol* 135: 724–732.

LES PARAMÈTRES BIOMÉTRIQUES CHEZ LES MYOPES ET LEUR CORRÉLATION AVEC LE DEGRÉ DE LA MYOPIE

- [87]. He J, Lu L, He X et al. (2017): The relationship between crystalline lens power and refractive error in older Chinese adults: the Shanghai Eye Study. PLoS ONE 12: e0170030.
- [88]. Iribarren R, Morgan IG, Nangia V & Jonas JB (2012): Crystalline lens power and refractive error. Invest Ophthalmol Vis Sci 53: 543– 550
- [89]. Touzeau O, Gaujoux T, Sandali O, et al. Cornea in high axial myopia, J Fr Ophtalmol 2014; 37 : 449 – 461
- [90]. Prasad A, Fry K, Hersh PS, Relationship of age and refraction to central corneal thickness, Cornea 2011; 30 : 553 – 555
- [91]. Muthu Krishnan, Krishnamoorthy Jayalatha, Chellappa Vijayakumar. Correlation of Central Corneal Thickness and Keratometry with Refraction and Axial Length: A Prospective Analytic Study. Cureus. 2019 Jan; 11(1): e3917.
- [92]. AlMahmoud T, Priest D, Munger R, et al. Correlation between refractive error, corneal power, and thickness in a large population with a wide range of ametropia. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011; 52(3): 1235–1242.
- [93]. Fam HB., et al. “Central corneal thickness and its relationship to myopia in Chinese adults”. British Journal of Ophthalmology 90 (2006): 1451–1453.
- [94]. Bao FJ, Yu AY, Kassem W, Wang QM & Elsheikh A (2011): Biometry of the cornea in myopic chinese patients. J Refract Surg (Thorofare, N.J.: 1995) 27: 345–355
- [95]. Iribarren R, Morgan IG, Nangia V & Jonas JB (2012): Crystalline lens power and refractive error. Invest Ophthalmol Vis Sci 53: 543– 550.
- [96]. Jonas JB, Nangia V, Gupta R, Khare A, Sinha A, Agarwal S & Bhate K (2012): Anterior chamber depth and its associations with ocular and general parameters in adults. Clin Exp Ophthalmol 40: 550–556.

- [97]. O'Donnell C, Hartwig A & Radhakrishnan H (2011): Correlations between refractive error and biometric parameters in human eyes using the LenStar 900 Cont Lens Anterior Eye 34: 26–31.
- [98]. Cristiano Oliveira, MD, Celso Tello, MD, w Jeffrey Liebmann, MD, zy and Robert Ritch, MD. Central Corneal Thickness is not Related to Anterior Scleral Thickness or Axial Length. J Glaucoma 2006;15:190–194
- [99]. Mitsugu Shimmyo, MD, and Paul N. Orloff, MD. Corneal Thickness and Axial Length. Am J Ophthalmol 2005;139: 553–554. © 2005 by Elsevier Inc.
- [100]. Ferreira TB, Hoffer KJ, Ribeiro F, Ribeiro P & O'Neill JG (2017): Ocular biometric measurements in cataract surgery candidates in Portugal. PLoS ONE 12: e0184837.
- [101]. Chung HJ & Park CK (2016): The distinct biometric features of high myopia compared to moderate myopia. Curr Eye Res 41: 1580–1583.