



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

RELACIÓ DE L'ANGLE IRIDIOCORNEAL AMB LA DOMINÀNCIA OCULAR I L'ANGLE CORNEAL PERIFÈRIC

CRISTINA ESPIN ITURRALDE

**DIRECTORS: JOAN GISPETS I NÚRIA LUPON
ÒPTICA I OPTOMETRIA**

25 GENER 2017

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El/s Sr./Srs. Joan Gispets Pacerisas i Núria Lupón Bas, com a tutor/s i director/s del treball,

CERTIFICA/CERTIFIQUEN

Que el Sr./Sra. Cristina Espín Iturralde ha realitzat sota la seva supervisió el treball "Relació de l'angle iridocorneal amb la dominància ocular i l'angle corneal perifèric" que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.

Sr Joan Gispets Pacerisas

Sra Núria Lupón Bas

Director del TFG

Directora del TFG

Terrassa, 11 de gener de 2017

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

RELACIÓ DE L'ANGLE IRIDIOCORNEAL AMB LA DOMINÀNCIA OCULAR I L'ANGLE CORNEAL PERIFÈRIC

RESUM

Els ulls no són perfectament simètrics entre sí, sino que presenten diferències en diferents aspectes. Una d'elles és el valor de l'angle iridocorneal, el qual serà matèria d'estudi per determinar si hi ha un patró d'assimetries entre angles iridocorneals d'ambdós ulls, d'ambdós costats (nasal o temporal) i, a més, si aquest patró pot estar relacionat amb la dominància ocular. D'altra banda, s'analitzarà si l'angle iridocorneal mostra correlació amb l'angle corneal perifèric. En cas afirmatiu, el primer podria ser utilitzat com a mesura indirecta del segon, el qual és un valor útil a saber en l'adaptació de lents de contacte esclerocorneals o corneals de gran diàmetre.

En la realització de l'estudi s'ha seleccionat una mostra d'estudiants amb ulls sans que presenten una edat mitjana de $21,07 \pm 3,81$ anys els quals han estat sotmesos a proves de dominància ocular i a una mesura amb el Pentacam HR®, que ha proporcionat els valors dels angles iridocorneals i les imatges de Scheimpflug sobre les quals es mesuren els angles corneals perifèrics.

Els resultats obtinguts informen que no hi ha cap patró d'assimetries entre els valors dels angles iridocorneals drets o esquerres, ni que aquestes determinin la lateralització de la dominància ocular; l'única tendència d'assimetria és que els angles temporals de l'ull esquerre són significativament més grans que els del costat nasal esquerre. Per últim, també s'ha arribat a la conclusió que el valor de l'angle iridocorneal no es correlaciona amb l'angle corneal perifèric.

Paraules clau: angle iridocorneal, dominància ocular, angle corneal perifèric, Pentacam HR®.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

RELACIÓ DE L'ANGLE IRIDIOCORNEAL AMB LA DOMINÀNCIA OCULAR I L'ANGLE CORNEAL PERIFÈRIC

RESUMEN

Los ojos no son perfectamente simétricos entre sí, sino que presentan diferencias en diferentes aspectos. Una de ellas es el valor del ángulo iridocorneal, el cual será materia de estudio para determinar si hay un patrón de asimetrías entre ángulos iridocorneales de ambos ojos, entre ambos lados (nasal o temporal) y, además, si éste patrón podría estar relacionado con la dominancia ocular. Por otro lado, se analizará si el ángulo iridocorneal muestra correlación con el ángulo corneal periférico. En caso afirmativo, el primero podría ser utilizado como medida indirecta del segundo, el cual es un valor útil a saber en la adaptación de lentes de contacto esclerocorneales o corneales de gran diámetro.

En la realización del estudio se ha seleccionado una muestra de estudiantes con ojos sanos que presentan una edad media de $21,07 \pm 3,81$ años los cuales han sido sometidos a pruebas de dominancia ocular y a una medida con el Pentacam HR, que ha proporcionado los valores de los ángulos iridocorneales y las imágenes de Scheimpflug sobre las cuales se miden los ángulos corneales periféricos.

Los resultados obtenidos informan que no hay ningún patrón de asimetrías entre los valores de los ángulos iridocorneales derechos o izquierdos, ni que éstas determinen la lateralización de la dominancia ocular; la única tendencia de asimetría observada es que los ángulos iridocorneales temporales del ojo izquierdo son significativamente más grandes que los del lado nasal izquierdo.

Por último, también se ha concluido que el valor del ángulo iridocorneal no se correlaciona con el ángulo corneal periférico.

Palabras clave: ángulo iridocorneal, dominancia ocular, ángulo corneal periférico, Pentacam HR®.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

THE IRIDOCORNEAL ANGLE RELATIONSHIP WITH EYE DOMINANCE AND THE CORNEAL PERIPHERAL ANGLE

ABSTRACT

The eyes are not perfectly symmetrical to each other, but they differ in several respects. One is the value of the iridocorneal angle, which will be subject of study to determine whether there is a pattern of asymmetry between iridocorneal angles of both eyes, both sides (nasal or temporal), and also, if this pattern can be determining ocular dominance. Moreover, the values of the iridocorneal angle will be used to determine whether this could be used as an indirect measure to know the value of the peripheral corneal angle, namely the use value fitting large diameter corneal or esclerocorneal lenses.

In conducting the study selected a sample of students with healthy eyes that have an average of 21.073 ± 3.812 years which have been tested for ocular dominance and a measure of the iridocorneal angles Pentacam HR®.

The results report that there is no pattern of asymmetry between the values of the iridocorneal angles left or right, or that determines the lateralization of ocular dominance; the only tendency of asymmetry is that temporal left eye angles are significantly larger than the nasal side. Finally, it has been concluded that the value of the iridocorneal angle is not related to the peripheral corneal angle.

Key words: iridocorneal angle, ocular dominance, peripheral corneal angle, Pentacam HR®.

ENGLISH SUMMARY

Introduction

The iridocorneal angle is composed by the back of the peripheral cornea and the front of the iris in all corneal axis. This makes easier the flow of aqueous humor into the drainage system of the same which is located at the apex of the angle; therefore, the angle should have a minimum opening so that the aqueous humor can drain properly. This mechanism is made to prevent an increase in intraocular pressure and contribute to the prevention of diseases such as glaucoma.

Its value depends of the ocular structure which is in contact with the correspondent meridian. The values are in an angle range between 0° and 45° . If the iridocorneal angle value is smaller than 20° , it is considered like a closed angle; and, if the value is more than 20° , it is considered like an open angle.

The iridocorneal angle measure can be performed by different methods more or less subjective and they have different invasiveness degrees. One of the most used is performed by the Pentacam HR[®], because it is a no invasive technique which can obtain the iridocorneal angle value for a total of up to fifty axes, covering the corneal 360° with Scheimpflug images obtained by the same author principle. The instrument operates taking different corneal section pictures with two rotatories cameras that spin around the patient eye. The instrument software superpose all the obtained sections to make a tridimensional picture of the anterior eye side.

Moreover the study has evaluated another parameters wich are the ocular dominance and the corneal peripheral angle to relate every one of them with the iridocorneal angle value.

The ocular dominance is the superiority quality which has one of both eyes, in ocular rivalry conditions that give at the dominant eye more effectiveness to do the sensorial, motor and directional functions. It is an individual feature that has been conditioned directly by the handedness an

anatomofisiological asymmetry. There are three dominance types: the sensorial dominance, the motor dominance and the directional dominance.

The sensorial dominance is the superiority quality which has one of both eyes, in binocular rivalry, that give at the sensorial dominant eye the best visual acuity perception respect the no sensorial dominant eye. The motor dominance is the superiority quality which has one of both eyes, in binocular rivalry, that give at the motor dominant sensorial eye the best ocular fixation in normal or illness ocular states, and also, keep it in convergence forced situations. The directional dominance is the superiority quality which has one of both eyes, in monocular rivalry, that give to the directional dominant eye the individual preference to look in monocular conditions in situations that requires them (shot a cameras picture, for example). Every one of them has been evaluated with a specifically test to determinate the dominant eye with every dominance type.

The peripheral corneal angle refers to the inclination with which the cornea is inserted to the sclera, which has as a consequence the definition of the shape of the area of the anterior ocular segment where the transition of corneal tissue to scleral tissue takes place. This is an interesting optometry profile in the fitting contact lenses field, because they support with a high degree in this tissue transition. The peripheral corneal angle measure is taken by the optical coherence tomography by the Visante OCT.

Objectives

There are four principal objectives in this study

- Study if there are any significant differences between right and left eyes in the iridocorneal angle value.
- Study if there are any significant differences between temporal or nasal site of the iridocorneal angle value.

- Establish if there are any significant differences between the dominant or not dominant iridocorneal angle values, for every type of ocular dominance.
- Analyze if there is any relation between the iridocorneal angle values and the respective peripheral corneal angle values.

Methodology

There are different methods proposed to get every of the last named objectives.

The sample is composed by 48 students with healthy eyes, with ages between 18 and 30 years old, from Terrassa School of Optics and Optometry. They have passed the ocular dominance test with their habitual prescription and the Pentacam HR® measurements without glasses or contact lenses. Every participant has been interviewed with a little anamnesis to know if anybody has any these exclusion criteria:

- Have or have had any eye disease that affects the cornea (keratoconus, pterygium in advanced, etc).
- Present a refractive anisotropic axial and/or refractive error that have a 3 diopters difference greater between both eyes.
- Have a refractive amblyopia or strabismus because the no affected by the dysfunction in question eye will be the unconditional dominant eye.
- Not have been involved in eye surgery because it involves the surgical modification of the parameters of the previous segment.

Also, the contact lenses patients users has been advised about not wear them 24 hours before the Pentacam HR® measures to avoid corneal deformations that could affect the measures results.

After the interview, every patient has been evaluated to determine his sensorial, motor or directional dominant eye. To determine the sensorial eye, it has been performed the blurring intolerance test in binocular conditions with the

+1,50D lense. To know which is the motor dominance eye, it has been performed the near convergence point with the visual following of every patient in moving the tip of a pencil in the other direction toward the nose of the individual. To determine the directional dominant eye, it has been made the central hole card test engine to obligate the patient to choose between his best eye in monocular conditions.

In the next step, the temporal and nasal iridocorneals angles has been measured above the 0-180° axis in both eyes. The peripheral corneal angles have been measured manually above the Scheimpflug horizontal (in the 0-180° axis) pictures taken by the Pentacam HR®. Different tools from ImageJ software has been used to measure the peripheral corneal angle:

1. A straight line has been drawn between the corneal-sclera transition points (which correspond with the end posterior cornea curvature line made by the Pentacam HR®) from the temporal side to the nasal side: it has been obtained the white to white line. Her length and her inclination have been taken by the ImageJ software in pixels and grades respectively. This line should be set to proceed to the next step.
2. After, a segmented straight line has been drawn from the sclerocorneal transition point to the 10% of the white to white line length above it, and then, another vertical segment has been drawn from the last obtained point to the anterior corneal surface in a perpendicular (vertical) way respect the white to white line. The program also measures every segment in pixels, so, the peripheral corneal angle tangent can be obtained by the ratio of the vertical pixels length and the horizontal pixels length.

The iridocorneal values and the three dominance types results has been used to make an repeated measures ANOVA considering three factors: the

handedness (right or left eye), the localization (nasal or temporal) and the dominance (yes or not).

The peripheral corneal angle values (from nasal and temporal corneal sides) has been exported to a comparative table to compare them in front of the corresponding iridocorneal angle values attending at the handedness and the localization to build a lineal regression which has like an independent variable the iridocorneal angle value.

Results and discussion

The measured iridocorneal angles average is $43,50 \pm 6,72^\circ$. The obtained averages regarding its handedness are $43,69 \pm 6,96^\circ$ and $43,31 \pm 6,5^\circ$ for the right and left eye respectively. And, in the other hand, the obtained averages regarding its localization are $42,61 \pm 7,04^\circ$ and $44,40 \pm 6,29^\circ$ for the nasal and temporal corneal sides. These values are almost the upper limit of the normal range of values of the iridocorneal angle and are much higher than the average found in most consulted parallel studies. One possible explanation would be that the Pentacam HR® tends to overestimate the extent of this angle. Future works could address this discrepancy.

Regarding the ANOVA test results, they do not reveal any significant asymmetry between the iridocorneal angle of the right eye and the left eye, whatever dominance considered. However, it has been found significant differences depending on the location: The temporal angles are greater than the nasal ones in all dominance types ($p < 0.001$ for sensory and directional dominance, and $p < 0.002$ for motor dominance). Regarding the dominance factor (any type of dominance), there is no significant asymmetries between the iridocorneal angles eye dominant and non-dominant eye. In addition, the interactions' factors between the handedness and the angle localization has been result a significant relation for the sensorial and motor dominances ($p = 0,028$ and $p = 0,029$ respectively). In both of them, the significant difference is

that the left temporal angle is greater than the left nasal angle, but it does not happen on the right eye.

The peripheral corneal angle study has obtained an average values of $30,65 \pm 2,72^\circ$. The made lineal regressions for this objective, show that there is a lineal dependence between the iridocorneal angle values and the peripheral corneal angle values on the nasal side ($p=0,006$) but not in the temporal side. In addition, there is also a lineal dependence between both values if is not considered the angles localization ($p=0,031$). Despite this, the regression coefficients are small in both cases ($R^2 = 14,4\%$ for the nasal side, $R^2 = 1,5\%$ for the temporal side, $R^2 = 4,65\%$ globally), so, the iridocorneal angle value cannot be used to predict the peripheral corneal angle value. The last angle cannot be measured directly with any of the available devices in the market, despite being very useful for the grand diameter corneal or sclerocorneal contact lenses fitting and designing. If the proportioned iridocorneal angle value by the Pentacam HR® software has submitted a good lineal correlation with the peripheral corneal angle values, a quick way to evaluate the latter angle should be prepared.

Conclusions

The different conclusions that have been extracted from the performed measures results will be exposed below.

- The handedness factor does not affect significantly at the iridocorneal angle values variability.
- The angle localization factor affect significantly at the angle values variability, so, they present an asymmetry pattern that shows a iridocorneal temporal angle value ($44,40 \pm 6,29^\circ$) significantly greater ($p < 0,001$) than the iridocorneal nasal angle value ($42,62 \pm 7,04^\circ$).
- Any dominance type affects significantly at iridocorneal angle values variability.

- The handedness and angle localization interaction affects significantly at the iridocorneal angle value variability. So, there is a asymmetry pattern that present a left temporal angle ($45,09 \pm 6,41^\circ$) significantly greater ($p=0,02$) than the left nasal angle value ($42,29 \pm 6,34^\circ$). It does not happen on the right eye.
- There is a significantly lineal relation between the iridocorneal angle values and the peripheral corneal angle values ($p=0,031$), but, despite this, the lineal correlation between them is bad ($R^2=0,037$), so, the iridocorneal angle value cannot be considered a peripheral corneal angle goog predictor.

<u>ÍNDEX</u>	<u>Pàg</u>
1. Introducció	15
2. Marc teòric	16
2.1. Anatomia i fisiologia de l'angle iridocorneal	16
2.2. Mesura de l'angle iridocorneal	17
2.2.1. Gonioscopia	17
2.2.2. Mètode de Van Herick a través de la biomicroscopia ocular	18
2.2.3. Biomicroscopia ultrasònica	20
2.2.4. Tomografia de coherència òptica	20
2.2.5. Topografia d'Orbscan	20
2.2.6. Captació de l'angle iridocorneal pel principi de Scheimpflug a través del Pentacam HR®	21
2.3. Concepte de dominància ocular	23
2.3.1. Dominància sensorial	24
2.3.2. Dominància motora	25
2.3.3. Dominància direccional	26
2.4. Anatomia, localització i aplicacions optomètriques de l'angle corneal perifèric	27
3. Objectius	29
4. Metodologia	30
4.1. Selecció i descripció de la mostra	30
4.2. Mesures realitzades	30
4.2.1. Anamnesi	30
4.2.2. Determinació de la dominància ocular	31
4.2.3. Determinació de l'angle iridocorneal	31
4.2.4. Mesura de l'angle corneal perifèric	32
4.3. Tractament de dades	33
5. Recull i anàlisi de resultats	35
5.1. Anàlisi i descripció de la mostra	35
5.2. Resultats de les proves ANOVA	37

5.2.1. Resultats de les proves ANOVA: dominància sensorial	37
5.2.2. Resultats de les proves ANOVA: dominància motora	38
5.2.3. Resultats de les proves ANOVA: dominància direccional	39
5.3. Recull de resultats sobre els valors de l'angle corneal perifèric	39
5.3.1. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric considerant el global dels valors (sense tenir en compte la lateralitat, la localització i la dominància)	41
5.3.2. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric del costat nasal	42
5.3.3. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric del costat temporal	43
6. Discussió i proposta de futurs treballs	45
6.1. Valors de l'angle iridocorneal en la mostra estudiada	45
6.2. Asimetries entre els valors de l'angle iridocorneal segons l'ull i/o la localització	46
6.3. Asimetries en la dominància ocular	47
6.4. Valors trobats en la mesura de l'angle corneal perifèric	48
7. Conclusions	49
8. Implicacions ètiques, legals i de protecció de dades	50
9. Bibliografia	51
9.1. Autors consultats	51
9.2. Procedència d'imatges	53

1. INTRODUCCIÓ

El cos humà posseeix una simetria axial bilateral la qual pretén que la part dreta del cos sigui idèntica a la part esquerra del cos. Però la realitat és que aquestes dues parts són semblants entre elles, però no idèntiques. Això és degut a que, en primer lloc, el cos té òrgans asimètrics o imparells (com el cor, el fetge, la melsa...), i, en segon lloc, els òrgans que són parells (els pulmons, les mans, els ulls...), dels quals cadascun dels homòlegs estan a banda i banda de l'eix medial del cos, no són tampoc idèntics entre ells.

Aquestes asimetries bilaterals entre els òrgans parells poden ser estructurals o fisiològiques, i es poden manifestar de manera més o menys notables, i, fins i tot, que les asimetries fisiològiques depenguin de les asimetries estructurals o a la inversa. Això pot condicionar que un dels laterals del cos sigui el dominant.

Els ulls, com a òrgans parells, també presenten aquestes asimetries estructurals i fisiològiques en moltes de les seves parts internes a nivell qualitatiu (per exemple, el color dels iris) i a nivell quantitatiu (per exemple, els radis corneals).

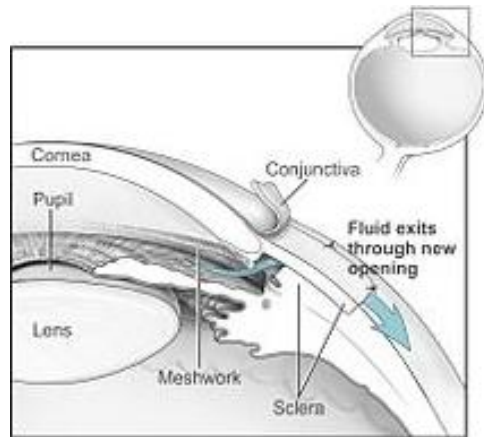
En aquest estudi, les asimetries bilaterals estructurals que es mesuraran quantitativament a nivell ocular seran els angles iridocorneals d'ambdós ulls. A partir dels valors angulars obtinguts, i de les asimetries iridocorneals entre els parells d'ulls analitzats, s'intentarà establir si aquestes asimetries es correlacionen amb algun dels diferents tipus de dominància ocular.

2. MARC TEÒRIC

2.1. Anatomia i fisiologia de l'angle iridocorneal

En el globus ocular hi ha moltes estructures connectades entre sí per tal de donar integritat i funcionalitat a l'ull. Una de les connexions entre estructures és l'angle iridocorneal.

Aquest angle iridocorneal es defineix com la zona espacial de l'ull que està formada per la unió de la còrnia perifèrica amb l'iris que s'estén pels 360 graus que conformen el perímetre circular de l'iris i que conté el 90% de les estructures oculars (Fig.1) que contribueixen al drenatge i/o retorn de l'humor aquós cap a la circulació sanguínia (la xarxa trabecular i el canal d'Schlemm) per tal que els valors de la pressió intraocular estiguin compresos entre 6 i 20 mil·límetres de mercuri i mai superin els 22 mil·límetres de mercuri (Ocularis, 2006), el que podria ser indicatiu



de possibles malalties oculars com per exemple, el glaucoma.

Fig. 1. Estructures que formen l'angle iridocorneal i sentit del flux de l'humor aquós que hi circula a través d'aquest

Aquest valor angular no és el mateix per cada un dels punts del perímetre de l'iris, sinó que varia segons la regió, en funció de la interacció física que hi hagi amb altres estructures oculars o extraoculars a cada zona (la pressió de les parpelles, el fregament amb lents de contacte...). Com més petit sigui aquest valor, més dificultat hi haurà per a que les vies de drenatge de l'humor aquós realitzin correctament la seva funció. El valor angular depèn de la curvatura posterior de la còrnia, la inserció de l'iris i la seva configuració perifèrica (anteriorment, normalment es plana, però també pot ser convexa o, rarament, còncava).

El seu valor numèric està comprès entre 0 i 45°; els angles iridocorneals que tenen un valor angular entre 0 i 20° es consideren estrets amb alt risc de tancament i posteriors episodis glaucomatosos o de sinèquies anteriors, mentre que els que tenen un valor angular comprès entre 20 i 45° ja es consideren com a angles oberts, i per tant, el risc de tancament és baix o inapreciable. Hi ha classificacions més gradals en funció d'aquest valor (gradació 1-4: a major nombre, major obertura angular) per diferents autors per tal de qualificar la obertura de l'angle i relacionar-la amb el risc d'oclusió (Shaffer-Etienne, 1969).

D'altra banda, aquest valor numèric podria estar relacionat amb el valor de l'angle corneal perifèric (l'angle amb el qual la còrnia s'inserta a l'escleròtica), de tal manera que aquest últim podria trobar-se de manera indirecta a través d'una correlació en la qual el valor de l'angle iridocorneal sigui la variable independent. De fet, aquesta és una de les hipòtesis que es plantejaran en l'estudi en les seccions posteriors.

2.2. Mesura de l'angle iridocorneal

Aquest valor es pot obtenir amb diferents mètodes de mesura més o menys invasius i/o exactes. Alguns d'ells es basen en l'obtenció d'imatges òptiques captades de manera més o menys directa, i d'altres es basen en la emissió d'ones com ultrasons.

Algunes d'elles s'exposen a continuació.

2.2.1. Gonioscopia

La gonioscopia (Fig. 2) és un mètode per observar l'angle iridocorneal (o també el fons d'ull) a través d'una lent gonioscòpica amb l'ajuda de la làmpada

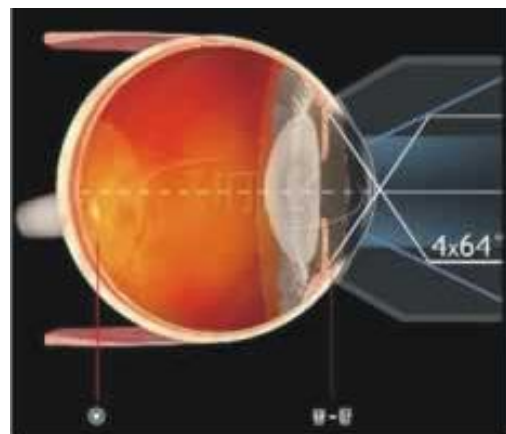


Fig. 2. Traçat de rajos del sistema òptic que caracteritza la lent de Goldman que en la exploració de la cambra anterior per a determinar la obertura de l'angle

d'escletxa, anestèsic locals i de substàncies que actuïn com a interfases d'acoblament entre l'instrument i la còrnia. Les dues tècniques gonioscòpiques més utilitzades tenen noms propis: la gonioscopia de Zeiss i la de Goldman (*Taula I*).

Taula I. Diferències tècniques entre la gonioscopia de Zeiss de la de Goldman

	Lent de Zeiss	Lent de Goldman
Diàmetre base	9mm	12mm
Radi curvatura	7.72mm	7.38mm
Agents d'acoblament	No necessita	Metilcel·lulosa
Nombre de miralls	4	3

Ambdues tècniques es basen en la captació de la imatge on la còrnia posterior perifèrica forma l'angle amb l'iris a través de miralls degudament inclinats. Aquests reflecteixen la imatge en direcció a l'observador i gràcies a l'augment que proporcionen les seves lents còncaues, juntament amb els augments que proporciona la làmpada d'escletxa (la qual ha d'estar formant un angle entre 0 i 60° entre el seu sistema òptic i el d'iluminació, i formant un paral·lelepíped amb l'escletxa), es pot arribar a observar aquesta estructura amb un augment entre 20 i 30X. La metodologia de la tècnica consisteix en la inserció del gonioscopi (amb l'agent d'acoblament prèviament introduït en la concavitat de la lent) entre les dues parpelles (l'anestèsia local s'utilitza per desensibilitzar el segment anterior davant aquesta invasivitat de la tècnica). Un cop enfocada la imatge obtinguda, s'observa la obertura de l'angle de forma frontal en funció de la posició angular de la còrnia respecte la línia d'Schwalbe.

2.2.2. Mètode de Van Herick a través de la biomicroscopia ocular

És una tècnica no invasiva que consisteix en fer una observació amb la làmpada d'escletxa a través de la càmera anterior.

La metodologia consisteix en projectar un paral·lel·lepíped de llum sobre l'iris anterior, el qual, emetrà el seu reflex que serà percebut en la superfície corneal; per determinar la amplitud de l'angle iridocornials es relaciona la distància entre la projecció de la llum en la cara anterior del iris amb el gruix i la distancia del reflex corneal, cosa que ve a ser la profunditat de la càmera anterior.

La quantificació de la mesura es realitza segons la classificació que relaciona aquests dos gruixos, i es pot gradar (Shaffer-Etienne, 1969). (Taula II).

Taula II. Gradació de l'obertura de l'angle iridocorneal segon Shaffer et al.

Grau	Relació espessor corneal- profunditat de càmera anterior	Valors d'angle
Angle tancat (0)	Absència de càmera anterior en la perifèria	0°
Angle molt estret (1)	La profunditat de la cambra anterior suposa menys de la quarta part de l'espessor corneal	Menys de 10°
Angle moderadament estret (2)	La profunditat de càmera anterior suposa una quarta part de l'espessor corneal	Entre 10 i 20°
Angle obert (3)	La profunditat de cambra anterior suposa entre un quarta part i un mig de l'espessor corneal	Entre 20 i 35°
Angle obert (4)	La profunditat de cambra és major o igual a l'espessor corneal	Entre 35° i 45°

2.2.3. Biomicroscopia ultrasònica

És una tècnica invasiva que produeix imatges del segment anterior gracies al recull en un receptor dels ecos que produeixen les ones ultrasòniques en reflectir-se sobre els teixits. El resultat ve condicionat pel rang d'ecos recollits, ja que són proporcionals al temps de retràs de l'emissió i al retorn de l'eco. Actualment l'aparell que es comercialitza per realitzar aquesta tècnica és l'UBM P40 Paradigm, TM.

2.2.4. Tomografia de coherència òptica

Aquest mètode obté les imatges in vivo transversals dels teixits a estudiar a través de la emissió de radiació propera a l'infraroig per un díode o led, a qual es reflecteix en les diferents profunditats del teixit registrant una intensitat i un retard del reflex; en funció d'aquestes magnituds es construeix la imatge (Fig. 3).

Aquesta metodologia es pot utilitzar tant a nivell de segment anterior com de pol posterior, per tant, es pot extraure informació qualitativa i quantitativa sobre l'angle iridocorneal.

L'aparell comercialitzat avui dia per a realitzar aquesta tècnica és el Visante OCT.

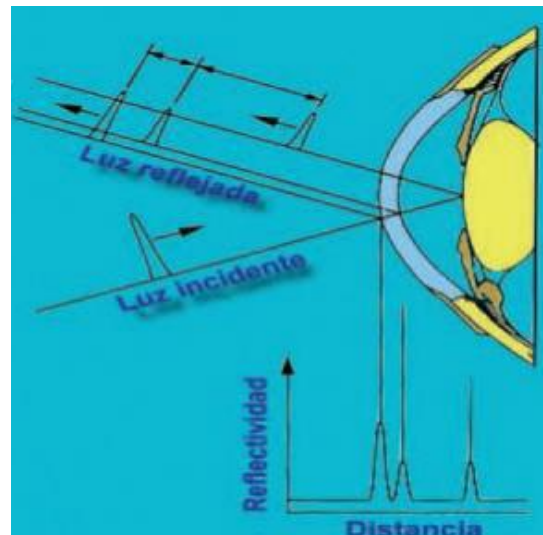


Fig. 3. Principi òptic de l'OCT

2.2.5. Topografia d'Orbican

Els topògrafs es basen en l'escaneig per escombratge amb projeccions en forma d'esclatxa consecutives sobre les superfícies del segment anterior, o, en els últims anys, mitjançant la projecció de discs de plàcid (cercles concèntrics) els reflexes dels quals permeten fer mapes basats en la curvatura i en

l'elevació d'estructures com la còrnia anterior i posterior, l'iris anterior, el cristal·lí... la càmera anterior es pot determinar extrapolant els mapes de curvatura pertinents a la cara posterior de la còrnia i la cara anterior de l'iris, o bé, per extrapolació de línies rectes tangents a aquestes corbes en un punt.

2.2.6. Captació de l'angle iridocorneal pel principi de Scheimpflug a través del Pentacam HR®

En aquest estudi la tècnica que s'utilitzarà serà el mètode de Scheimpflug mitjançant el pentacam.

El Pentacam és un instrument que es compon de dues càmeres, una rotatòria i una altra de fixa que permeten obtenir diferents imatges de diferents punts d'elevació de la còrnia en pocs segons per tal de construir un mapa tridimensional del segment anterior. La captació de cadascuna de les imatges està basada en el principi de Scheimpflug.

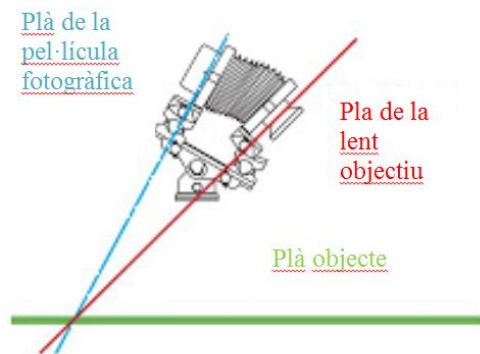
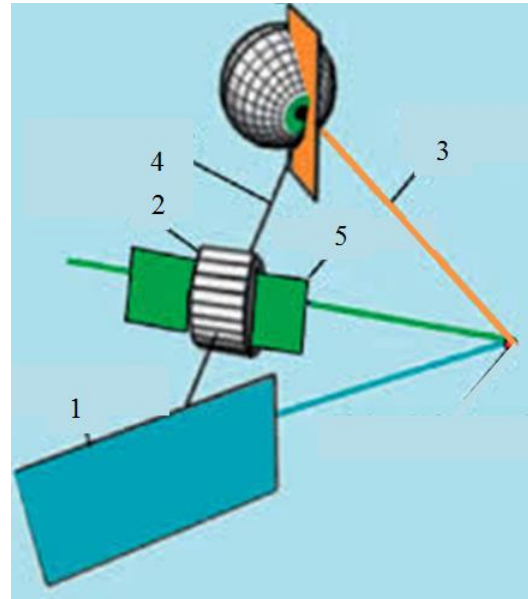


Fig. 4. Traçat de rajos del principi de Scheimpflug en una càmera fotogràfica

Aquest principi de Scheimpflug determina la inclinació que ha de tenir l'objectiu d'una càmera fotogràfica per poder enfocar bé un pla objecte que no és paral·lel al pla de la pel·lícula on s'ha de formar la imatge enfocada. Aquesta determinació s'aconsegueix de manera gràfica (Fig. 4) traçant una tangent del pla imatge o de la pel·lícula, una tangent del pla de la lent i una tangent del pla objecte en direcció a un punt de convergència imaginari. Quan tots tres plans estan en posició de convergència en aquest punt imaginari, és quan s'obtenen imatges amb una bona profunditat d'enfoc i una bona precisió de mesura.

Translladant aquest principi al Pentacam HR® (Fig. 5), la càmera rotatòria capta diferents imatges seguint aquest principi des de diferents punts del perímetre de rotació per poder captar diferents perfils i punts d'elevació. Pot arribar a captar fins a 500 punts reals (imatges en format d'esclatxa) en menys de 2 segons, la qual cosa implica que es poden obtenir, per superposició



d'imatges, fins a 25000 punts d'elevació reals. El pentacam realment es un sistema se Scheimpflug que rota al voltant d'un eix central que manté un punt en comú en cada meridià per a que les mesures siguin més precises.

Fig. 5. Captació d'imatges mitjançant el principi de Scheimpflug a través del Pentacam HR. Llegenda: 1. Plà de la pel·lícula/pantalla; 2. Lent/objectiu fotogràfic; 3. Plà de la objecte/focal; 4. Eix de la lent; 5. Plà de la lent/objectiu.

El mecanisme de les mesures fa que la càmera rotatòria, la qual té una resolució d'1,45 Megapixels, giri 180° al voltant de l'ull emetent llum blava; per altra banda, hi ha la càmera fixa que actua com a control de la fixació per a corregir els moviments oculars. Per últim hi ha dues càmeres rotatòries més, les anomenades càmeres de Scheimpflug divergents, que s'encarreguen mitjançant miralls de fer convergir els feixos de llum, per tal de fer un càlcul més exacte i precís sobre gruixos i profunditats del segment anterior. Aquesta propietat li permet actuar com si fos un topògraf d'alta resolució que no només estudia les superfícies anteriors, sinó les cavitats que hi tenen lloc.

Totes aquestes característiques del Pentacam HR® fa que aquest sigui un mètode de mesura objectiu no invasiu, exacte i precís que permet obtenir diferents tipus de paràmetres que determinen el segment anterior. L'angle iridocorneal és un d'ells i es calcula segons l'elevació i curvatura de la

superfície posterior corneal respecte de l'arrel de l'iris i la posició d'aquesta estructura.

La mesura d'interès per aquest estudi és l'amplitud de l'angle iridocorneal, el qual és obtingut pel Pentacam HR® de la següent manera. Un cop s'han obtingut les imatges de Scheimpflug en format digital (Fig. 6), el propi programa de visualització d'imatges traça dues línies tangents: una respecte de la còrnia perifèrica posterior i una altra respecte de la cara anterior de l'iris, la separació de les quals és mesurada en graus; aquesta mesura serà el valor de l'angle iridocorneal.

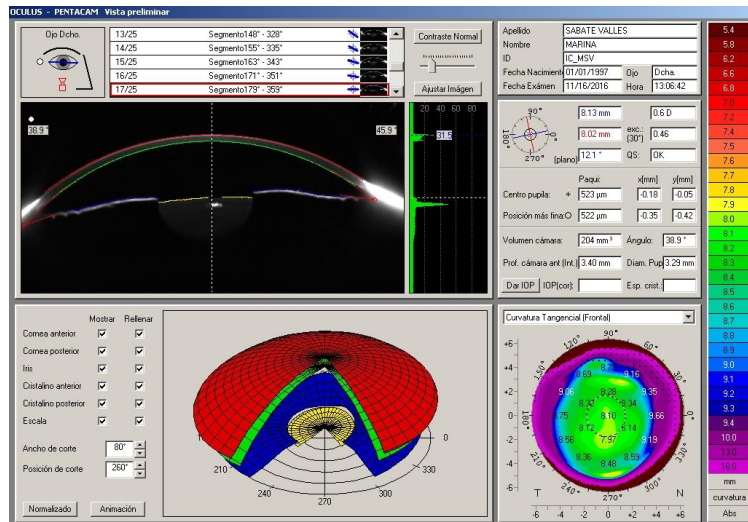


Fig. 6. Visió general de les dades proporcionades pel Pentacam HR® en un ull dret

2.3. Concepte de dominància ocular

De la mateixa manera que les persones tenen una tendència a escriure amb una de les dues mans, o a xutar amb un dels dos peus, o a girar el coll més cap a un costat que cap al contrari... també hi ha una tendència a que un dels dos ulls sigui més competent que l'altre a l'hora de percebre i localitzar imatges.

Aquestes diferències de competitivitat entre els dos ulls són degudes a asimetries sensoriomotors oculars (Fig. 7). Aquestes asimetries poden ser degudes a diferències

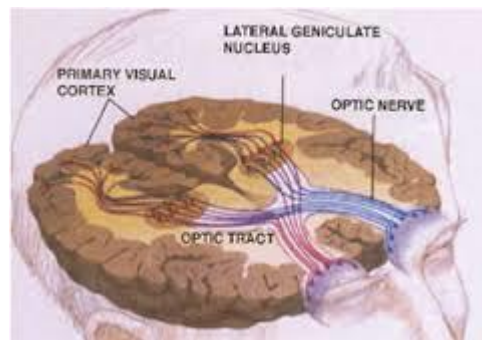


Fig. 7. Esquema de les vies òptiques des de els globus oculars fins als hemisferis cerebrals.

estructurals o fisiològiques entre globus oculars, vies òptiques o hemisferis cerebrals.

Per tant, es podria definir la dominància ocular com a qualitat de superioritat que posseeix un ull sobre l'altre, en condicions de rivalitat binocular, per ser més eficaç a l'hora de realitzar les funcions sensorials, motores i direccionals. Aquesta es determina per un individu cap a l'edat de sis anys en el 90% dels casos, i no varia ni canvia la seva lateralitat amb l'edat. Alhora, és una qualitat que s'estableix de manera purament individual, és a dir, no està condicionada per hàbits socials (com escriure més habitualment amb la mà dreta, etc) sinó que ve condicionada directament per la lateralitat o asimetria anatofisiològica.

Hi ha tres tipus de dominància ocular, depenent de l'aspecte o capacitat que es vulgui avaluar: la sensorial, la motora i la direccional. Les tres es poden tenir en un mateix ull o tenir un ull dominant per a cada tipus de dominància (Jonathan S. Pointer, 2012). A continuació, es defineixen cadascuna d'elles i els mètodes de determinació.

2.3.1. Dominància sensorial

La dominància sensorial es basa en el concepte de rivalitat binocular. En condicions binoculars (dos ulls oberts, cadascun mirant una imatge diferent) sempre hi ha un ull que percep més notablement la imatge que li correspon que l'altre, de tal manera que en el procés de superposició d'imatges, la imatge millor percebuda ve proporcionada per l'ull dominant sensorial que l'ha captat. Dit d'una altra manera, l'ull dominant és aquell que controla sensorialment la visió binocular. Per això, normalment, és el que aconsegueix millor agudesesa visual, l'ull en el que més pot persistir una postimatge, o el que percep més nítida una de les imatges dobles, en cas de diplopia fisiològica.

Les mesures de dominància sensorial es basen en aquesta rivalitat binocular, de tal manera que consisteixen en presentar en condicions binoculars diferents imatges, ja sigui interposant davant dels ulls filtres

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados

dissociadors per tal de trencar la fusió, presentant una imatge per a cada ull mitjançant un estereoscopi.... Dos d'aquest mètodes són els següents.

Llums de worth. És un test de detecció de la dominància sensorial que consta de quatre optotips: dos verds, un vermell y un blanc, que estan sobre un fons verd. Aquest s'ha d'observar amb ulleres anaglífiques que contenen un filtre verd i un filtre vermell dissociants. Per tant, gràcies a l'anul·lació del verd amb el vermell, els optotips verds només es poden veure amb l'ull que té anteposat el filtre verd, i el vermell només es pot veure a través del filtre vermell; aquests optotips de color tenen funció de descartar possibles supressions (els optotips verds o vermell es deixarien de percebre). Per altra banda, també determina la dominància sensorial gràcies al optotip blanc, el qual es veurà més vermellós o verdós en funció de l'ull dominant sensorial que mira a través d'un filtre determinat.

Intolerància a la borrositat. És una prova que es realitza en condicions binoculars interposant una lent de +1.50 davant d'un dels ulls del pacient (que estarà corregit amb el seu error refractiu) mentre mira a un optotip d'agudesa visual mitjana; en miopitzar un dels ulls es provoca una dissociació de tal manera que es perceben dues imatges qualitativament diferents les quals s'han de fusionar. L'ull dominant serà aquell que doni més símptomes de molèsties a la borrositat induïda, ja que és el que prioritza la visió en condicions binoculars.

2.3.2. Dominància motora

La dominància motora es basa en la lateralitat, de tal manera que una de les bandes del cos té més força i destresa per realitzar i/o mantenir una tasca de més o menys precisió. Extrapolant aquesta definició al camp de la visió binocular, l'ull motor dominat es aquell que millor fixa en condicions binoculars, que manté la fixació central en cas de fòria o estrabisme (desviacions dels eixos visuals latents o manifestes respectivament) i el que és capaç de mantenir més temps una fixació propera en convergència.

Les proves identificadores de l'ull dominant es basen en mantenir esforços de motilitat ocular i o de convergència exagerant o portant al límit els ulls en condicions binoculars en fer una d'aquestes tasques. La més coneguda és la següent.

Punt pròxim de convergència (PPC). La prova es realitza presentant davant del pacient un objecte puntual a una distància relativament allunyada de la seva cara (50 o 60cm) el qual haurà de mirar amb els dos ulls oberts. Posteriorment se li donaran instruccions tals que en apropar-li l'objecte cap a la cara (en direcció al nas), el pacient haurà de continuar-la mirant i avisar quan arribi a la distància a la qual percebi aquest objecte com a doble. En aquest moment, la persona que ha estat acostant l'objecte, haurà de fixar-se en quin ull deixa de mantenir la convergència en direcció a l'objecte, per tal d'arribar a la conclusió que l'ull no desviat serà el motor dominant.

2.3.3. Dominància direccional

És la última dominància ocular que queda per definir. Aquesta fa referència a l'ull de preferència per a situacions de visió monocular (mirar a través d'un telescopi monocular, apuntar amb una escopeta...); també es pot definir com el que menys s'adona dels trencaments de fusió provocats per encobriment alternant entre els dos ulls. La prova més utilitzada en optometria es descriu a continuació.

Prova de dominància direccional. La dinàmica tracta de que un pacient miri a través d'una superfície foradada que sostingui (ja pot ser una cartolina foradada o el que formin les seves pròpies mans encreuades en formar un triangle) un optotip, el qual no ha de perdre de vista mentre s'acosta la obertura cap a la cara; finalment, la obertura acabarà davant de l'ull dominant direccional.

Aquests tres tipus de dominància ocular no tenen perquè correspondre a un sol ull de l'individu, sinó que poden repartir-se entre els dos ulls. A més, cal

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados

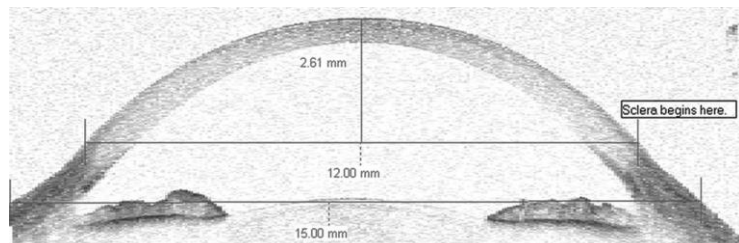
dir que aquestes dominàncies poden ser específiques per a una distància concreta, de tal manera que la distància de fixació pot arribar a condicionar quin tipus de dominància ocular té cadascun dels ulls.

2.4. Anatomia, localització i aplicacions optomètriques de l'angle corneal perifèric

L'angle corneal perifèric és el lloc del segment anterior de l'ull format per la inclinació amb la qual la còrnia perifèrica passa a formar el limbe esclerocorneal per finalment insertar-se a la esclera.

El valor d'aquest angle es té en compte a nivell d'optometria per a l'adaptació de lents corneals o esclerocorneals de gran diàmetre (les quals tenen aplicacions, majoritàriament, per a compensar errors refractius causats per queratocons o ortoqueratologia nocturna) l'adaptació de les quals requereix saber quina és la forma que es produeix aquesta transició tissular. La seva mesura actualment es realitza amb una tomografia de coherència òptica amb el

Visante OCT, Carl Zeiss, Dublin, CA, ja que és l'únic instrument avui en dia que pot proporcionar



informació sobre la geometria de les estructures que hi ha més enllà del limbe esclerocorneal (Sorbara et al, 2010).

Aquest mètode es basa en la comparació de les diferents altures sagitals que es donen a diferents profunditats de la càmera anterior a través de programes d'escaneig de l'OCT (Fig. 8) capaços de mesurar fins a la dècima de mil·límetre cadascun dels plans obtinguts, i, fins a nivell microscòpic la construcció de la imatge tridimensional per solapament d'aquests. Així s'aconsegueix una exactitud de 0.217 mm i 0.034 mm en els plans transversos i axials respectivament (Gemoules, 2008). Aquests plans d'escaneig també es



poden dirigir en direcció tangencial a la esclera per tal de saber la inclinació d'interès.

Com que aquesta aquesta regió on es mesura angle perifèric està situada just a sobre de l'espai que comprèn l'angle iridocorneal, en aquest estudi s'ha volgut plantejar la hipòtesi sobre si el valor l'angle iridocorneal mesurat amb el Pentacamn HR® (la qual es fa de manera ràpida i senzilla) podria estar relacionada amb el valor de l'angle corneal perifèric a través d'una correlació lineal.

3. OBJECTIUS

Aquest és un treball que principalment estudia el valor numèric de l'angle iridocorneal en persones amb ulls sans per tal de poder resoldre els objectius que es proposen a continuació.

- Estudiar si hi ha diferències significatives en funció de la lateralitat (ull dret o esquerre) en el valor de l'angle iridocorneal.
- Estudiar si hi ha diferències en els valors de l'angle iridocorneal en funció de la localització (temporal o nasal)
- Establir si hi ha o no diferències significatives entre els valors dels angles iridocorneals en ulls dominants i no dominants, considerant els tres tipus de dominància.
- Analitzar si existeix alguna relació entre els valors dels angles iridocorneals amb l'angle corneal perifèric.

4. METODOLOGIA

4.1. Selecció i descripció de la mostra.

La mostra que ha participat en aquest estudi està composta, majoritàriament, per alumnes de la facultat d'òptica i optometria de Terrassa. Aquesta es compon per un total de 48 persones d'ulls sans amb edats compreses entre 18 i 30 anys, i, cadascun d'ells ha realitzat les proves de dominància ocular amb la seva correcció habitual, i la mesura del Pentacam HR® sense ulleres ni lents de contacte. A cadascun dels participants se li ha realitzat una petita anamnesi perquè no presenti els següents criteris d'exclusió.

- Tenir o haver tingut cap malaltia ocular que afecti a la còrnia (queratocons, pterigiums en estat avançat, etc).
- Presentar un error refractiu anisomètric axial i/o refractiu que tingui una diferència superior a 3 diòptries entre els dos ulls
- Tenir una ambliopia refractiva o estràbica ja que el seu ull dominant serà per defecte el no afectat per la disfunció en qüestió.
- No haver estat intervingut de cirurgia ocular, ja que implica la modificació quirúrgica dels paràmetres del segment anterior.

A més, els pacients usuaris de lents de contacte han sigut advertits de deixar de portar-les al menys 24 hores per tal d'evitar alteracions i/o deformacions corneal que afectarien el resultat de les mesures.

4.2. Mesures realitzades

4.2.1. Anamnesi

En primer lloc, s'ha fet una petita entrevista al pacient amb preguntes concretes (referents a la seva història clínica refractiva i/o de salut i hàbits

oculars) per saber si estan dins dels criteris de selecció de mostra segons els criteris d'inclusió i exclusió comentats en l'apartat anterior.

4.2.2. Determinació de la dominància ocular

En segon lloc s'han realitzat les proves de dominància ocular. En aquesta part del procés s'ha procedit a determinar els tres tipus de dominàncies amb mètodes ja explicats en el marc teòric.

- La dominància sensorial es determina amb la prova de la intolerància a la borrositat.
- La dominància motora es determina mitjançant el punt pròxim de convergència
- La dominància direccional es determina amb la prova pertinent, de tal manera que el forat es crea amb les pròpies mans dels pacient.

Cadascuna de les dominàncies ha estat avaluada com a mínim tres cops per tal d'assegurar el resultat de cadascuna d'elles; s'ha anotat com a ull dominant el que resultava dos de tres respostes o les tres coincidents.

4.2.3. Determinació de l'angle iridocorneal

En tercer lloc es procedeix a prendre les mesures del propi angle iridocornial amb el Pentacam HR®.

- Es fan dues mesures, una per l'ull dret i l'altre per a l'ull esquerre. Un cop el Pentacam HR® mostra totes les imatges de Scheimpflug, es selecciona la d'interès: en aquest cas, la que correspon al meridià més pròxim a 180/0° ja que és son es trobaran els angles iridocorneals menys afectats pel fregament palpebral.
- Un cop obtingudes les imatges dels dos ulls en el meridià horitzontal, es comprova que la mesura sigui fiable, i si és així, es recullen els valors d'angle iridocorneal nasal i temporal de cada ull.

- Les imatges seleccionades, quedaran emmagatzemades per a posterior tractament gràfic relacionat amb el tercer objectiu del treball.

4.2.4. Mesura de l'angle corneal perifèric

En aquest objectiu s'ha seguit una metodologia que ha consistit en la edició gràfica de les imatges captades amb el Pentacam HR® per al objectiu anterior amb el programa Image J.

En primer lloc es selecciona la imatge a editar a través del buscador del programa. A partir d'aquest pas, la mecànica d'edició i anàlisi de les imatges per determinar l'angle corneal perifèric és la següent (Fig. 9):

- Es traça una línia recta entre els punts corneals que corresponen a la transició còrnia esclera (corresponen als extrems de la línia de curvatura de la còrnia dibuixada en les imatges de Scheimpflug per propi Pentacam HR®) de temporal a nasal o a la inversa (una línia de blanc a blanc de la còrnia). Un cop dibuixada s'ha de mesurar; el programa mesura la longitud de la línia dibuixada en píxels, i la inclinació d'aquesta en graus. Aquesta línia ha de ser fixada per a procedir al pròxim pas.
- Després es traça una línia segmentada des del punt de transició còrnia-esclera, per tal

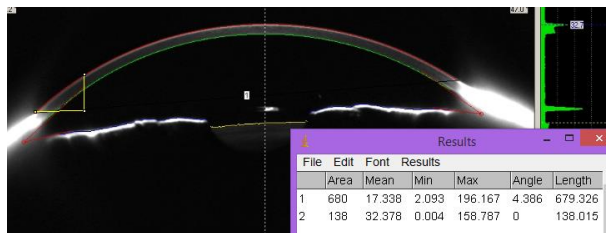


Fig. 9. Il·lustració sobre la metodologia gràfica per a l'obtenció del valor de l'angle corneal perifèric.

rectangle amb una component horitzontal que suposi el 10% de la longitud total de la línia blanc-blanc, i una component vertical perpendicular respecte de la mateixa línia que es prolongui fins a la superfície corneal anterior. Gracies a que el programa mesura la longitud de cada segment, es pot calcular l'angle corneal perifèric a

través de la tangent que s'obté amb el quocient de component vertical entre horitzontal.

4.3. Tractament de dades

Per a determinar si hi ha relacions significatives entre els diferents paràmetres enumerats en l'apartat d'objectius s'han realitzat diferents proves estadístiques amb el programa Minitab 17. Per als tres primers objectius s'han realitzat proves ANOVA (Anàlisi de Variància) i regressions lineals per a l'últim objectiu, els principis de les quals s'expliquen a continuació.

En les diferents proves es tindrà en compte el nivell de significació observant el p-valor, el qual haurà de ser igual o menor a 0.05 per tal de confirmar que els resultats estadístics trobats en la mostra són extrapolables a la resta de la població.

Les proves ANOVA realitzen un anàlisi de la variància que hi ha a la mostra per a confirmar la hipòtesi sobre si les mitjanes de dues o més mostres són iguals. Ho fan avaluant la importància d'un o més factors al comparar les mesures de la variable de resposta en els diferents nivells dels factors. El procediment compara la variància entre les mesures dels grups i la variància dins dels grups per a determinar si els grups són mostres separades o pertanyen a una mateixa població.

Per a la seva execució s'ha de tenir una resposta continua i al menys un factor categòric de dos o més nivells. En l'estudi, la resposta continua és l'angle iridocorneal i els factors categòrics són l'ull al que pertanyen (dret o esquerre), la localització (temporal o nasal) de l'angle, i la qualitat de si l'ull és dominant o no. Per a cada factor, i també per les interferències de segon ordre, s'ha fet la comparació per parelles de Tukey.

En l'estudi s'han realitzat tres proves ANOVA, una per a cada dominància ocular. Els resultats es mostren recollits en diferents taules i gràfics comparatius.

D'altra banda, en l'estudi de relació entre valor de l'angle iridocorneal amb el corneal perifèric s'han realitzats diferents proves de regressió lineal. Una regressió examina si hi ha alguna relació lineal entre dues variables contínues de tal manera que una d'elles és la resposta (valors de l'eix d'ordenades) la qual depèn d'un valor predictor (valors de l'eix d'abscisses). Si realment estan relacionades de manera lineal, hi ha la possibilitat de predir una resposta per a qualsevol valor predictor amb major exactitud a través de la línia que millor s'ajusta a les relacions entre les variables.

Per tal de determinar si aquestes regressions lineals són fiables o no, es tindrà en compte el coeficient de regressió lineal; aquest determina la qualitat del model per a replicar els resultats i la proporció de variació dels resultats que pot explicar-se pel model.

5. RECULL I ANÀLISI DE RESULTATS

5.1. Anàlisi i descripció de la mostra

La mostra que ha participat es compon de 48 persones. La edat mitjana d'aquesta mostra es de 21.73 ± 3.81 anys, amb una variança del 17,5%. Un 79,16% eren dones.

En la mostra analitzada s'han trobat els següents valors mitjans de l'angle iridocorneal. A nivell general, el valor mitjà de l'angle iridocorneal, sense tenir en compte ni la lateralitat (dreta o esquerra) ni la localització (nasal o temporal), és de $43,50^\circ \pm 6,71^\circ$. La mitjana estadística segons la lateralitat és de $43,31^\circ \pm 6,95^\circ$ i de $43,69^\circ \pm 6,50^\circ$ (per a l'ull dret i per a l'ull esquerre respectivament); d'altra banda, la mitjana estadística segons la localització és de $42,61^\circ \pm 7,03^\circ$ i $44,40^\circ \pm 6,29^\circ$ (per a les localitzacions nasal i temporal respectivament).

Els valors que fan referència a les mitjanes estadístiques tenint en compte la lateralitat i la localització del valors dels angles iridocorneals estan resumits en la *Taula III*.

Taula III. Mitjanes i rangs dels angles iridocorneals segons la seva lateralitat i localització.

	Mitjana	Desviació estàndard	Coeficient de variança	Valor mínim	Valor màxim
IC nasal dret	42.92°	7.72°	17.99%	20.9°	57.2°
IC temporal dret	43.69°	6.15°	14.07%	30.2°	54.1°
IC nasal esquerre	42.29°	6.34°	14.99%	22.9°	56.2°
IC temporal esquerre	45.09°	6.41°	14.21%	28.7°	61.8°

S'observa que els angles iridocorneals temporals són més grans que els angles iridocorneals nasals, i, a nivell de variació, els angles iridocorneals nasals presenten més variabilitat de resultats cosa que podria ser deguda a la proximitat cap al nas i els conductes nasolacrimals, mentre que els angles temporals presenten una variabilitat inferior. L'anàlisi estadística permetrà veure si aquestes diferències numèriques presenten significació estadística.

Els valors obtinguts en general es troben en el límit superior dels valors teòrics (Shaffer.Etienne, 1969). D'altra banda, cal tenir en compte que els valors d'angle iridocorneal proporcionats per Pentacam HR® són estadísticament deu graus superiors als obtinguts en una tomografia de coherència òptica amb el Visante OCT segons estudis realitzats per la universitat i l'institut oftalmològic de Londres (Prinya et al, 2015). Però, per altra banda, segons un altre treball (Hong s. et al, 2009), en casos de que l'angle iridocorneal tingui valors que el facin considerar com a obert, les diferències entre els valors obtinguts amb el Visante OCT i el Pentacam HR® no són significatives, encara que les d'aquest últim siguin més grans.

En avaluar la mostra segons la seva dominància ocular s'ha trobat la següent distribució per cada un dels tipus de dominàncies (*Taula IV*).

Taula IV. Distribució dels tres tipus de dominàncies en la mostra

	UD	UE	Indeterminat
D. Sensorial	45.83%	54.16%	0%
D. Motora	18.75%	33.33%	47.92%
D. Direccional	72.92%	27.08%	0%

Es veu que la més equitativa és la sensorial, mentre que les altres dos s'inclinen més notablement cap a un dels dos ulls. A més, s'ha vist que un 26.53% de la població té en un mateix ull les tres dominàncies.

5.2. Resultats de les proves ANOVA

Per a cada tipus de dominància s'ha fet una prova ANOVA de dades repetides per tal de saber si hi ha diferències significatives pel que fa a la lateralitat, la localització i/o la lateralitat de l'ull dominant (sensorial, motor o direccional).

5.2.1. Resultats de les proves ANOVA: dominància sensorial.

S'ha realitzat una prova ANOVA de dades repetides posant com a resposta el valor de l'angle iridocorneal i com a elements categòrics el participant, l'ull, la localització de l'angle i la dominància sensorial.

Els resultats mostren que les categories on hi ha diferències significatives en la resposta són el participant ($p < 0.01$, és a dir, hi ha una variabilitat significativa en el valor de l'angle iridocorneal entre els diferents individus de la mostra), la localització ($p < 0.01$) i la interferència entre la lateralitat i la localització ($p < 0.03$). En representar les dades en un gràfic d'interaccions trobem el següent patró (Fig. 10).

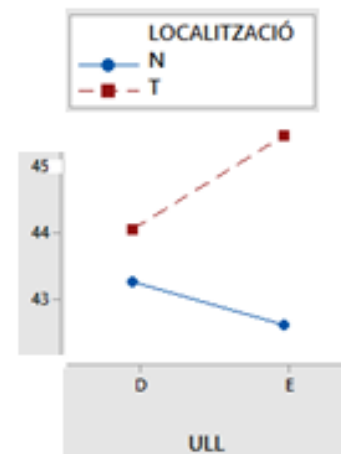


Fig. 10. Gràfic d'interaccions segons la lateralitat de l'ull, la localització i la dominància sensorial.

S'observa que el valor de l'angle temporal és més gran que el de l'angle nasal. Per a comprovar que l'angle temporal és significativament més gran que l'angle nasal s'ha realitzat una comparació de Tukey amb cadascuna de les parelles de valors, i, efectivament, el valor de l'angle temporal és significativament més gran que el de l'angle nasal (els valors són $44,4 \pm 6,292^\circ$ i $42,61 \pm 7,04^\circ$ respectivament). A més, per saber si hi ha diferències significatives entre els valors de l'angle temporal i nasal que pertanyen a un mateix ull, s'ha realitzat una segona comparació de Tukey amb les parelles de valors ull-localització de l'estudi; com a

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

resultat es troba que el valor de l'angle temporal esquerre ($45,09 \pm 6,41^\circ$) és significativament superior al valor de l'angle nasal ($42,29 \pm 6,34$) del mateix ull.

5.2.2. Resultats de les proves ANOVA: dominància motora

En realitzar una prova ANOVA de dades repetides posant com a resposta el valor de l'angle iridocorneal i com a elements categòrics el participant, l'ull, la localització de l'angle i la dominància motora, s'obtenen els següents resultats.

Aquests mostren que les categories on hi ha diferències significatives en la resposta són un altre cop el participant ($p < 0.01$, altre cop per la alta variabilitat entre els valors d'angle iridocorneal dins la mostra), la localització ($p < 0.01$) i la interacció entre la lateralitat i la localització ($p < 0.03$). En representar les dades en un gràfic d'interaccions (Fig. 11), s'observa al gràfic corresponent.

En aquest cas, el valor de l'angle temporal ($44,4 \pm 6,29^\circ$) segueix sent significativament més gran que el valor de l'angle nasal ($42,61 \pm 7,04^\circ$) segons la comparació de Tukey realitzada, inclús, si es tornen a comparar les parelles de dades interferides ull-localització, cosa que torna a donar com a resultat que l'angle iridocorneal temporal esquerre ($45,09 \pm 6,41^\circ$) és significativament més gran que el de l'angle iridocorneal nasal esquerre ($42,29 \pm 6,34^\circ$), mentre que hi ha absència de diferències significatives entre els parells de dades de l'ull dret nasal/temporal.

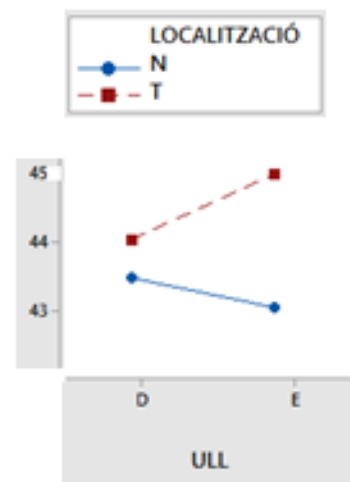


Fig. 11. Gràfic d'interaccions segons la lateralitat de l'ull, la localització i la dominància motora.

5.2.3. Proves ANOVA per a la dominància direccional

La prova ANOVA de dades repetides, posant com a resposta el valor de l'angle iridocorneal i com a elements categòrics el participant, la lateralitat, la localització de l'angle i la dominància direccional presenta els següents resultats.

En aquest cas, les categories on hi ha diferències significatives en la resposta són el participant ($p < 0.01$, degut a la alta variabilitat entre valors d'angle iridocorneal de tota la mostra) i la localització ($p < 0.01$). En aquest cas, la interacció ull-localització no presenta diferències significatives ($p = 0.162$).

Els resultats obtinguts són similars als obtinguts en les proves ANOVA en les dominàncies anteriors. En realitzar la comparació de Tukey entre els valors temporal i nasal sense tenir en compte la lateralitat, torna a sortir que el valor de l'angle iridocorneal temporal ($44,4 \pm 6,29^\circ$) presenta una diferència significativament més grans respecte de l'angle iridocorneal nasal ($42,61 \pm 7,04^\circ$).

5.3. Recull de resultats sobre els valors de l'angle corneal perifèric

Per tal d'establir una relació entre el valor de l'angle iridocorneal amb el valor de l'angle corneal perifèric s'han realitzat diferents relacions lineals per saber si aquest pot ser predit a través de la correlació lineal.

Però abans, es descriuran les mitjanes de la població dels angles corneals perifèrics per tal de situar els rangs numèrics del present estudi (*Taula V*, pàgina següent).

Taula V. Mitjanes i rangs dels angles perifèrics segons la seva localització

	Mitjana	Desviació estàndard	Coefficient de variança	Valor mínim	Valor màxim
CP temporal	31.1°	3.38°	10.87%	27.6°	35.2°
CP nasal	30.20°	2.08°	6.88%	26.2°	35.1°
CP general	30.65°	2.72°	8.87%	26.23°	35.17°

Pel que fa als valors de l'angle corneal perifèric obtinguts, tenen un valor mitja inferior a l'obtingut anteriorment amb l'angle iridocorneal; però, segueix el mateix patró que aquest últim en el sentit que l'angle perifèric temporal és més gran que l'angle perifèric nasal. La variabilitat, però, és inferior a la que té la mesura de l'angle iridocorneal, inclús el patró entre nasal i temporal es contraria al que seguia l'angle iridocorneal: en aquest cas, l'angle corneal perifèric temporal presenta més variabilitat que el nasal.

Per tenir una idea de quina és la diferència entre el valor de l'angle iridocorneal i l'angle corneal perifèric, s'han realitzat les diferències mitjanes entre els dos angles a nivell general i per a cada localització (*Taula VI*).

Taula VI. Recull dels resultats mitjans i rangs dels angles perifèrics segons la seva localització

	Mitjana	Desviació estàndard	Coefficient de variança
Diferència ICt i CPt	12.67°	6.66°	52.56%
Diferència ICn i CPn	15.35°	6.63°	43.19%
Diferència IC i CP general	14.01°	6.645°	47.43%

A priori es veu com hi ha entre 12 i 15° de diferència (en el cantó temporal i nasal respectivament) però hi ha una variabilitat elevada en ambdós resultats, per tant, no es podria establir una relació o regla de tres fiable amb la diferència entre el valor de l'angle iridocorneal i el del corneal perifèric.

Per tal de saber si estan relacionats, s'ha procedit a fer proves de correlació lineal depenents del valor de l'angle iridocorneal per obtenir el perifèric.

A continuació es mostren els diferents resultats obtinguts per l'elaboració de les rectes de regressió prenent com a variable independent el valor dels angles iridocorneals proporcionats per la mostra (diferenciats per la localització o no) i com a variable dependent el valor de l'angle corneal perifèric.

5.3.1. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric considerant el global dels valors (sense tenir en compte la lateralitat, la localització i la dominància)

En construir una recta de regressió lineal prenent com a variable independent tots els valors dels angles iridocorneals de la mostra, s'obté el següent gràfic (Fig. 12).

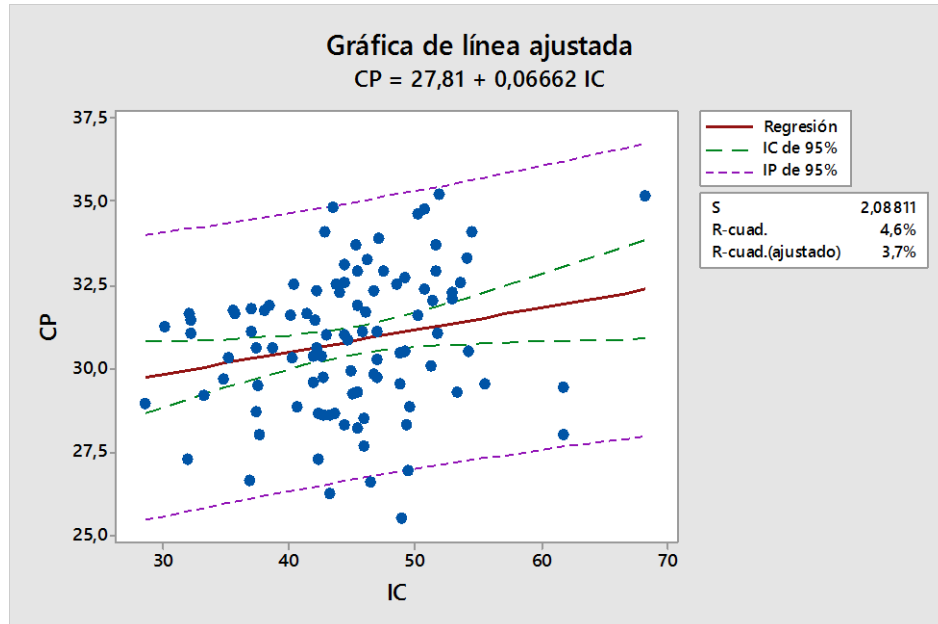


Fig. 12. Gràfic de regressió lineal del valor de l'angle corneal perifèric en funció del valor de l'angle iridocorneal sense tenir en compte la localització d'aquest.

Segons els resultats de l'anàlisi de la variança, hi ha una relació significativa entre els angles iridocorneals i els angles corneals perifèrics, ($p=0,031$).

Pel que fa a la regressió lineal, aquesta mostra una relació entre ambdós paràmetres de tal manera que, com major sigui l'angle iridocorneal major serà el valor de l'angle corneal perifèric. Però, per contra, el coeficient de regressió és de 4.6%, per tant, l'angle iridocorneal no seria un bon predictor de l'angle corneal perifèric.

5.3.2. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric del costat nasal

En construir una regressió lineal prenent com a variable independent els valors de l'angle iridocorneal que pertanyen al costat nasal i els angles corneals perifèrics nasals com a variable dependent, s'obté la següent gràfica (Fig. 13).

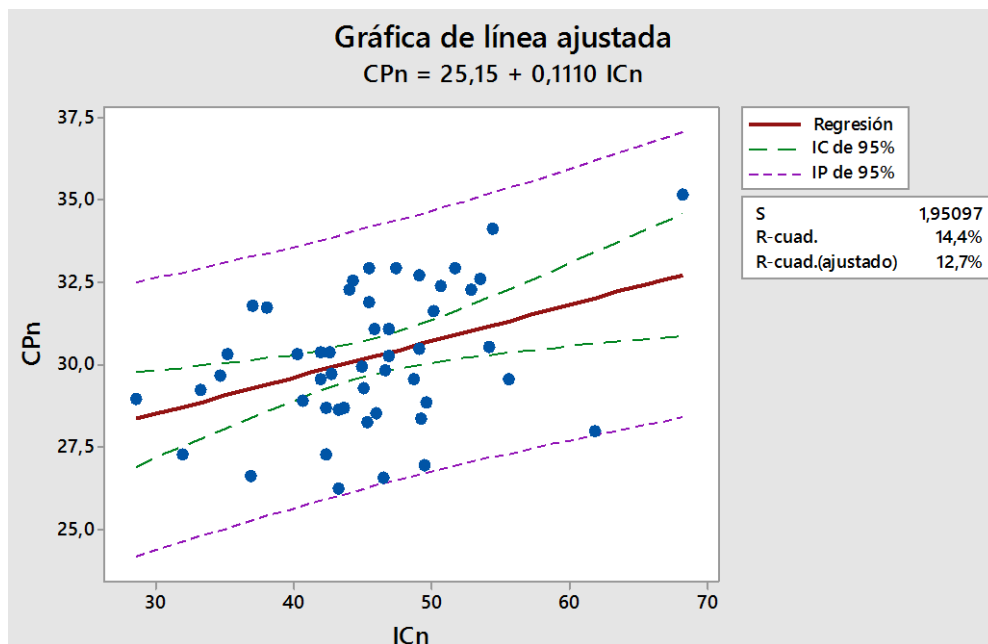


Fig. 13. Gràfic de regressió lineal del valor de l'angle corneal perifèric en funció del valor de l'angle iridocorneal del costat nasal.

Segons l'anàlisi de la varianza, hi ha una relació significativa entre els angles iridocorneals i els angles corneals perifèrics nasals ($p=0,006$).

La regressió lineal mostra una relació altre cop que a major valor de l'angle iridocorneal, en aquest cas el nasal, major serà el valor de l'angle corneal perifèric nasal. El coeficient de regressió és de 14.4%, i, per tant, tampoc hi podria haver una correlació lineal prou exacta com per obtenir un valor predictiu de l'angle corneal perifèric a partir de l'angle iridocorneal en el costat nasal.

5.3.3. Relació de l'angle iridocorneal amb l'angle corneal perifèric del costat temporal

En construir una regressió lineal prenent com a variable independent els valors de l'angle iridocorneal que pertanyen al costat temporal i els angles corneals perifèrics temporals com a variable dependent, s'obté la següent gràfica (Fig. 14).

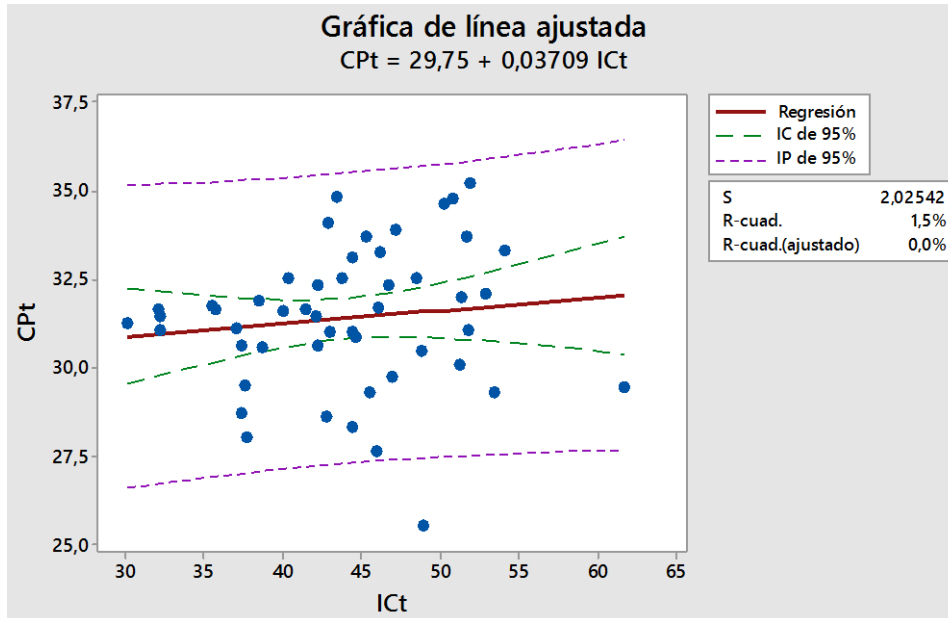


Fig. 14. Gràfic de regressió lineal del valor de l'angle corneal perifèric en funció del valor de l'angle iridocorneal del costat temporal.

En aquest cas l'anàlisi de la variança diu que no hi ha una relació significativa entre els angles iridocorneals i els angles corneals perifèrics temporals ($p=0,402$).

La regressió lineal mostra un cop més que el valor de l'angle corneal perifèric creix a mesura que l'angle iridocorneal augmenta el seu valor, però en aquest cas, la relació es dóna en el grau més baix en comparació amb els dos casos anteriors. Pel que respecta al coeficient de regressió lineal, en aquest cas ha resultat ser de l' 1.4%.

En resum, a la vista dels valors del coeficients de regressió lineal obtinguts per les diferents proves de correlació lineal, cap dels tres casos presenta una bona correlació amb capacitat de predicció fiable.

6. DISCUSSIÓ

6.1. Valors de l'angle iridocorneal en la mostra estudiada.

La població estudiada presenta uns valors d'angle iridocorneal entre 20,9° i 61,8°, ja sigui temporal o nasal. Aquest rang de valors correspon a la categoria d'angle obert.

Estudis realitzats en el departament d'oftamologia en universitats alemanyes per diferents autors (Florian Rufer et al, 2009) tenien com a objectiu el grau de tancament progressiu de l'angle iridocorneal a mesura que avança l'edat, i van analitzar els valors d'angle iridocorneal d'una mostra amb una edat mitjana de 41±16 anys formada per homes i dones, i els valors mitjans obtinguts van ser de 30.7±2° per als homes i de 31.6±2.1° per a les dones. Aquests valors són inferiors als obtinguts en el present estudi (43,50±6,72°) tant en el valor de la mitjana estadística com en el valor de la desviació estàndard o variabilitat del resultats.

D'altra banda, estudis realitzats amb el mateix Pentacam HR® publicats a la revista Medigraphic (Sandra Arredondo et al, 2009) ja mostren uns valor mitjans més alts de l'ordre de 37.90±1.63° en un estudi de la repetitivitat associada al Pentacam HR® en els diferents meridians corneals. Concretament, en l'estudi de meridià horitzontal es va trobar un valor mitjà de 41.7±1.10°, mentre que en el present la mitjana trobada ha sigut de 43,50±6,72°. Aquest últim s'assembla més als valors obtinguts en el present estudi.

Les mitjanes del angle iridocorneals mesurats amb el Pentacam HR® es troben en el límit superior dels valors de normalitat (Shaffer-Etienne, 1969). Els alts valors d'angle iridocorneal (fins a 60°) poden haver estat obtinguts per les característiques de la mostra o pel mètode de mesura; per això s'ha fet una comprovació gràfica realitzant rectes tangents a la còrnia i a la cara interior de

l'iris i, mesurant l'angle format per la convergència d'aquestes directament sobre la imatge de Scheimpflug. Els valors obtinguts van ser en tots els casos menors als que donava el software del Pentacam HR®. De totes maneres, com que la presa de mesures s'ha realitzat amb un únic instrument, aquest error d'exactitud no interfereix en l'estudi ja que tots els valors estaran afectats pel mateix factor de correcció.

De cara a futurs treballs seria interessant analitzar les causes d'aquesta discrepància i, si escau, trobar i aplicar un factor de correcció per tal de no sobrevalorar els valors de l'angle iridocorneal amb el Pentacam HR®.

6.2. Asimetries entre els valors de l'angle iridocorneal segons la lateralitat i/o la localització.

En el present estudi s'ha obtingut que els valors de l'angle iridocorneal corresponents a la localització temporal són significativament majors als corresponents a la localització nasal i que aquestes diferències són sobretot rellevants en l'ull esquerre.

Estudis realitzats per diferents universitats alemanyes (Florian Rufer et al, 2009) van realitzar una comparativa entre els diferents valors d'angle iridocorneal segons la seva lateralitat i localització. Atenent a la lateralitat de l'angle iridocorneal, es van trobar valors mitjans de $30.7 \pm 1.9^\circ$ i de $30.7 \pm 2.1^\circ$ per a l'ull dret i l'ull esquerre respectivament, mentre que en el present estudi s'han obtingut valors mitjans de $43,31 \pm 6,95^\circ$ i de $43,69 \pm 6,50^\circ$ per a l'ull dret i per a l'ull esquerre respectivament. Altre cop els resultats del present estudi són superiors (en més de 10°) als de l'estudi en comparació.

Pel que fa a la localització de l'angle, en altres estudis (Chen et al, 1998), seguint una metodologia amb l'ús del Pentacam HR®, es van trobar valors de $28.4 \pm 0.8^\circ$ i $27.6 \pm 1.1^\circ$ en els costats nasal i temporals, respectivament, en una mostra de raça oriental amb edats compreses entre 18 i 70 anys. D'altra banda, la mesura de l'angle iridocorneal tenint en compte la seva localització també va

ser mesurada per Dada et al, 2007, comparant les tècniques de mesura entre l'OCT-AS i la Biomicroscopia Ultrasònica. Els valors trobats van ser $26.3 \pm 11^\circ$ (nasal) i $25.0 \pm 11.4^\circ$ (temporal) amb l'OCT-AS i $28.3 \pm 11.3^\circ$ (nasal) i $28.3 \pm 23.5^\circ$ (temporal) amb la Biomicroscopia Ultrasònica.

Altre cop les mesures trobades en estudis anteriors són inferiors a les obtingudes en el present treball, tot i que podria ser degut a la raça de la mostra estudiada o que el rang d'edat de la mostra és més ampli. Molt probablement les dades preses de participants amb edats major als participants de l'estudi actual, farien disminuir aquestes mitjanes ja que el valor de l'angle iridocorneal disminueix amb l'edat.

No obstant, veient la diferencia entre els valors bibliogràfics i els trobat a l'estudi, seria interessant estudiar si els valors de l'angle iridocorneal varien amb la raça i si es mantenen més o menys constants en els 360° iridocorneals.

6.3. Asimetries en la dominància ocular

Segons un estudi realitzat (Jonathan S. Pointer, 2012), el qual tenia l'objectiu de comprovar si la prova del forat per la dominància direccional també servia per a determinar la dominància sensorial, va concloure que la dominància direccional es lateralitza en l'ull dret en el 71% mentre que la dominància sensorial es lateralitza cap al dret només en un 54% dels casos. La dominància sensorial es determinava amb la prova del desenfocament amb la lent de +1,50D, juntament amb la prova de la targeta amb el forat. En l'estudi només va coincidir que el 50% de la mostra tenia la dominància sensorial i direccional en un mateix ull, mentre que, en la mostra analitzada en l'estudi actual, la coincidència ha estat del 63.26%.

6.4. Valors trobats en la mesura de l'angle corneal perifèric.

La mesura de l'angle corneal perifèric s'ha centrat en el meridià horitzontal ja que com s'ha dit, és el que menys interacciona amb les parpelles.

En comparar els valors obtinguts en aquest estudi amb el d'altres (Sorbara et al, 2010), veiem que va trobar uns resultats de $39.32 \pm 3.87^\circ$ i de $39.94 \pm 3.31^\circ$ en els angles perifèrics nasal i temporals respectivament utilitzant l'OCT i mesurant el valor de l'angle perifèric traçant a la còrnia una corda de 15mm. Aquests valors són més grans que els trobats mitjançant el mètode gràfic per l'Image J, el que pot ser degut a que la mesura no s'ha fet sobre una corda de 15mm, sinó que depèn del punt de transició còrnia esclera de cada subjecte.

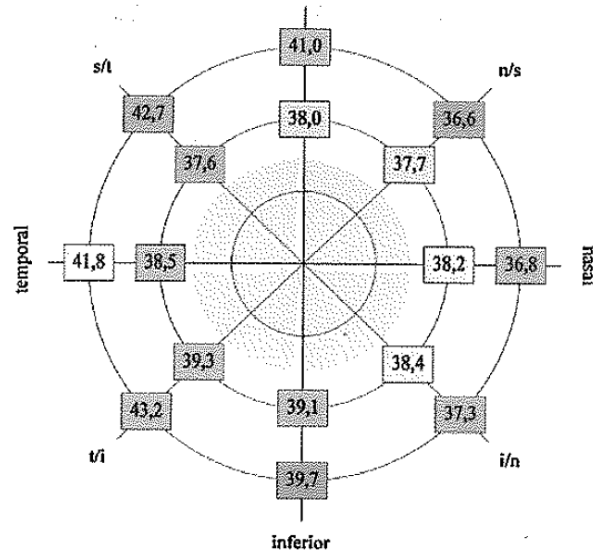


Fig. 15. Mapa d'angles limbo-corneals i esclero-corneals trobats en l'estudi realitzat en la Pacific University per E. Van der Worp et al, 2014

D'altra banda, en un altre estudi realitzat per la Pacific University (E. Van der Worp et al, 2014) on es comparaven l'angle corneo-limbal (valors del cercle concèntric intern) i l'angle corneo-escleral o perifèric (valors del cercle concèntric més extern) per a cada un dels meridians corneals (Fig. 15), també es van obtenir resultats majors als obtinguts en el present treball. Les diferències podrien ser degudes a que les mesures van ser efectuades sobre imatges obtingudes amb aparell diferents (el Pentacam HR® i el Visante OCT) que treballen amb procediments d'obtenció d'imatges diferents.

7. CONCLUSIONS

Les conclusions extretes a partir de les proves realitzades i els resultats obtinguts en el present estudi s'exposen a continuació.

- La lateralitat és un factor que no afecta de manera significativa a la variabilitat dels valors de l'angle iridocorneal.
- La localització de l'angle és un factor que afecta de manera significativa a la variabilitat dels seus valors, els qual presenten un patró d'asimetries tal que el valor de l'angle iridocorneal temporal ($44,40 \pm 6,29^\circ$) és significativament superior ($p < 0,001$) al valor de l'angle iridocorneal nasal ($42,61 \pm 7,04^\circ$).
- Cap dels tres tipus de dominància afecta de manera significativa als valors de la variabilitat de l'angle iridocorneal.
- La interacció entre la lateralitat i la localització de l'angle iridocorneal afecta de manera significativa a la variabilitat del valor de l'angle. D'aquesta manera, hi ha un patró d'asimetries tal que el valor de l'angle temporal ($45,09 \pm 6,41^\circ$) és significativament més gran ($p = 0,02$) que el valor de l'angle nasal del mateix ull esquerre ($42,29 \pm 6,34^\circ$), cosa que no passa en els angle temporal i nasal de l'ull dret.
- Els valors de l'angle iridocorneal presenten una relació lineal significativa amb els valors de l'angle corneal perifèric ($p = 0,031$) però no una bona correlació lineal entre ells ($R^2 = 0,037$), per tant, el valor de l'angle iridocorneal no es pot considerar un bon predictor de l'angle corneal perifèric.



8. IMPLICACIONS ÈTIQUES, LEGALS I DE PROTECCIÓ DE DADES

Durant la realització d'aquest treball s'ha seguit la "Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal".
(<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-23750>)

També s'han complert totes les implicacions ètiques i socials lligades a la competència transversal "compromís ètic i social".

9. BIBLIOGRAFIA

9.1. Autors consultats

Caridad Griño García-Pardo, Francisco Lugo Quintás, Margarita Leon, Sara Ligeró, José María Ruiz Moreno, Javier Montero Moreno. Tomografía de Coherencia Óptica (OCT). Funcionamiento y utilidad en patología macular (I). Gaceta Óptica (juny 2013). Pàgs: 12-14.

Dr. Enrique Aramendia. Glaucoma; también conocido como neuropatía óptica glaucomatosa. Policlínica Gipuzkoa. Servicio de oftalmología.

Eef Van der Wor Worp, Dina Bornman, Daniela Lopes Ferreria, Miguel Faria Ribeiro, Nery Garcia-Porta, José M. González-Meijome. Review: Modern scleral contact lenses. Contact Lens & Anterior Eye 37 (2014). Pàgs: 240-250.

Florian Rüfer, Anke Schröder, Alexa Klettner, Adjoa Frimpong-Boateng, Johann B Roeder and Carl Erb. Anterior chamber depth and iridocorneal angle in healthy white subjects: effects of age, gender and refraction. Acta Ophthalmologica (2010). Pàgs: 885-890.

Greg Gemoules, O.D. A Novel Method of Fitting Scleral Lenses Using High Resolution Optical Coherence Tomography. Eye & Contact Lens 34 (2) (2008), ©2008 Contact Lens Association of Ophthalmologists, Inc.,. Pàgs: 80-83.

Hong S, Yi JH, Kang SY, Seong GJ, Kim CY. Detection of occludable angles with the Pentacam and the anterior segment optical coherence tomography. Yonsei Med J. (Agost 2009). Pàgs 525-528.

Jonathan S. Pointer. Sighting versus sensory ocular dominance. Journal of Optometry (2012) 5. Pàgs: 52-55.

Luigina Sorbara, Jyotsna Maram, Desmond Fonn, Craig Woods, Trefford Simpson. Metrics of the normal cornea: anterior segment imaging with the

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados

Visante OCT. Clinical and experimental Optometry (20 Setembre 2009). Pàgs: 150-156.

Luigina Sorbara, Jyotsna Maram, Katrin Mueller. Use the Visante OCT to measure the sagittal depth and escleral shape of keratoconus compared to normal cornease: Pilot study. Journal of Optometry (2013) 6. Pàgs: 141-146.

Ocularis. El proyecto divulgativo sobre la visión (30 març, 2006).
<http://ocularis.es/blog/%C2%BFque-es-la-tension-ocular/>

Patrizia Salvestrini. Dominancia Ocular. Q vision (18 maig, 2014).
<http://www.qvision.es/blogs/patrizia-salvestrini/2014/05/18/dominancia-ocular/>

Priya L. Dabasia, David F. Edgar, Ian E. Murdoch, and John G. Lawrenson (City University London & UCL Institute of Ophthalmology London). Noncontact Screening Methods for the Detection of Narrow Anterior Chamber Angles. IOVS (juny 2015). Pàgs: 3929-3935.

Sandra Arredondo-Flores, Miguel Angel Castellanos, Narlly Ruiz-Quintero, Ramon Naranjo-Tackman. Reproducibilidad de la medida del ángulo iridocorneal con el uso de Pentacam®, càmera rotatoria tipo Scheimpflug. Medigraphic, Rev Mex Oftalmol; (Marzo-Abril 2009) 83(2). Pàgs: 106-109.

Shaffer-Etienne, Angle Classification System. Ophtaclass, guide to the classification schemes in ophthalmology.
<http://ophtaclassification.altervista.org/angle-classification-system-shaffer-etienne/>

Sonia Carratalà Ferrre. Gonioscopia: examen diagnostico para glaucoma. Gaceta Optometria, Óptica Oftálmica (setembre 2011). Pàgs: 18-24.

9.2. Procedència d'imatges

Fig. 1. Información sobre el glaucoma. National Eye Institute (NEI).
https://nei.nih.gov/health/espanol/glaucoma/glaucoma_paciente

Fig. 2. Gonioscopia. Alta Visión.
http://altavision.com.co/inicio/?page_id=481

Fig. 3. Caridad Griñó Garcia-Pardo, Francisco Lugo Quintás, Margarita Leon, Sara Ligeró, José María Ruiz Moreno, Javier Montero Moreno. Tomografía de Coherencia Óptica (OCT). Funcionamiento y utilidad en patología macular (I). Gaceta Óptica (juny 2013). Pàgs: 12-14.

Fig. 4. Victor M. Fernandez. La camara gran formato (18 d'abril 2009).
<http://camaragranformato.blogspot.com.es/>

Fig. 5. Fernando Faria-Correia, Renato Ambrosio Jr. Clinical Applications of the Scheimpflug principle in ophthalmology (Review article, març/abril 2016)
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003472802016000200160&script=sci_artt_ext&tlng=en

Fig. 6. Procedència pròpia, mesura presa amb el Pentacam HR® en un pacient i/o participant de la mostra.

Fig. 7. Hernán Freixas Anais. El órgano de la visión.
<http://slideplayer.es/slide/7247534/>

Fig. 8. Greg Gemoules, O.D. A Novel Method of Fitting Scleral Lenses Using High Resolution Optical Coherence Tomography. Eye & Contact Lens 34 (2) (2008), ©2008 Contact Lens Association of Ophthalmologists, Inc.,. Pàgs: 80-83.

Fig. 15. Eef Van der Wor Worp, Dina Bornman, Daniela Lopes Ferreria, Miguel Faria Ribeiro, Nery Garcia-Porta, José M. González-Meijome. Review:

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados



Modern scleral contact lenses. *Contact Lens & Anterior Eye* 37 (2014). Pàgs: 240-250.