



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

TREBALL FINAL DE MÀSTER

**ANÀLISI DE L'ASIMETRIA DELS PARÀMETRES
DEL SEGMENT ANTERIOR EN FUNCIÓ DE
L'ASIMETRIA REFRACTIVA**

ANNA BUSQUETS CONANGLA

**DIRECTOR: GENÍS CARDONA TORRADEFLOT
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA**

DATA DE LECTURA: 30 DE JUNY DEL 2021



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

ANÀLISI DE L'ASIMETRIA DELS PARÀMETRES DEL SEGMENT ANTERIOR EN FUNCIÓ DE L'ASIMETRIA REFRACTIVA

RESUM

Introducció: L'error refractiu és un dels camps més importants en l'àmbit de l'optometria. L'anisometropia és una condició molt útil per investigar-lo, ja que permet controlar moltes variables dels subjectes. Uns dels possibles factors influents en l'error refractiu són els paràmetres del segment anterior ocular.

Objectiu: Avaluar les diferències interoculars en els paràmetres del segment anterior en pacients amb diversos graus d'asimetria refractiva.

Mètodes: Es van recollir les dades de refracció del programa *Openvisio* i del segment anterior del Pentacam® HR de 664 pacients del CUV, quedant-ne 243 després d'una selecció inicial. Es van analitzar les correlacions entre l'asimetria de paràmetres i la de refracció, així com les dels paràmetres del segment anterior entre ells.

Resultats: Hi ha una correlació entre el radi pla anterior i la diferència d'equivalent esfèric ($\rho=0,162$, $p<0,05$). També hi ha correlacions entre l'excentricitat posterior amb la profunditat de càmera anterior ($\rho=-0,459$, $p<0,001$ a l'UD i $\rho=-0,486$, $p<0,001$ a l'UE) i amb l'angle iridocorneal ($\rho=-0,416$, $p<0,001$ a l'UD i $\rho=-0,397$, $p<0,001$ a l'UE). L'edat està correlacionada amb la profunditat de càmera anterior ($\rho=-0,590$, $p<0,001$ a l'UD i $\rho=-0,604$, $p<0,001$ a l'UE) i amb l'angle iridocorneal ($\rho=-0,600$, $p<0,001$ a l'UD i $\rho=-0,569$, $p<0,001$ a l'UE).

Conclusions: En general, no hi ha correlacions significatives entre les asimetries dels paràmetres del segment anterior i l'anisometropia. Hi ha algunes correlacions entre paràmetres del segment anterior entre ells. L'edat està correlacionada negativament amb diversos paràmetres del segment anterior.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

ANÁLISIS DE LA ASIMETRÍA DE LOS PARÁMETROS DEL SEGMENTO ANTERIOR EN FUNCIÓN DE LA ASIMETRÍA REFRACTIVA

RESUMEN

Introducción: El error refractivo es uno de los campos más importantes en el ámbito de la optometría. La anisometropía es una condición muy útil para investigarlo, ya que permite controlar muchas variables de los sujetos. Unos de los posibles factores influyentes en el error refractivo son los parámetros del segmento anterior ocular.

Objetivo: Evaluar las diferencias interoculares en los parámetros del segmento anterior en pacientes con diversos grados de asimetría refractiva.

Métodos: Se recogieron los datos de refracción del programa *Openvisio* y del segmento anterior del Pentacam® HR de 664 pacientes del CUV, quedando 243 después de una selección inicial. Se analizaron las correlaciones entre la asimetría de parámetros y la de refracción, así como las de los parámetros del segmento anterior entre ellos.

Resultados: Hay una correlación entre el radio plano anterior y la diferencia de equivalente esférico ($\rho=0,162$, $p<0,05$). También hay correlaciones entre la excentricidad posterior con la profundidad de cámara anterior ($\rho=-0,459$, $p<0,001$ en el OD y $\rho=-0,486$, $p<0,001$ en el OI) y con el ángulo iridocorneal ($\rho=-0,416$, $p<0,001$ en el OD y $\rho=-0,397$, $p<0,001$ en el OI). La edad está correlacionada con la profundidad de cámara anterior ($\rho=-0,590$, $p<0,001$ en el OD y $\rho=-0,604$, $p<0,001$ en el OI) y con el ángulo iridocorneal ($\rho=-0,600$, $p<0,001$ en el OD y $\rho=-0,569$, $p<0,001$ en el OI).

Conclusiones: En general, no hay correlaciones significativas entre las asimetrías de los parámetros del segmento anterior y la anisometropía. Hay algunas correlaciones entre parámetros del segmento anterior entre ellos. La edad está correlacionada negativamente con diversos parámetros del segmento anterior.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

ANALYSIS OF THE ASYMETRY OF THE ANTERIOR SEGMENT PARAMETERS ACCORDING TO THE REFRACTIVE ASSYMETRY

ABSTRACT

Introduction: Refractive error is one of the most important areas of study in the field of optometry. Anisometropia is a very useful condition to investigate it, as it allows to control many variables of the subjects. The parameters of the anterior ocular segment are possible factors influencing the magnitude of the refractive error.

Objective: To evaluate the interocular differences in the anterior segment parameters in patients with different degrees of refractive asymmetry.

Methods: Refraction data from the *Openvisio* software and anterior segment data from the Pentacam® HR were collected for 664 CUV patients, remaining 243 after an initial selection. The correlations between the asymmetry of parameters and refraction were analysed, as well as those of the parameters of the anterior segment with one another.

Results: There is a correlation between the flat radius and the difference of spherical equivalent ($\rho=0,162$, $p<0,05$). There are also correlations between posterior eccentricity and anterior chamber depth ($\rho=-0,459$, $p<0,001$ in the RE and $\rho=-0,486$, $p<0,001$ in the LE) and iridocorneal angle ($\rho=-0,416$, $p<0,001$ in the RE and $\rho=-0,397$, $p<0,001$ in the LE). Age is correlated with anterior chamber depth ($\rho=-0,590$, $p<0,001$ in the RE and $\rho=-0,604$, $p<0,001$ in the LE) and with iridocorneal angle ($\rho=-0,600$, $p<0,001$ in the RE and $\rho=-0,569$, $p<0,001$ in the LE).

Conclusions: In general, there are no significant correlations between asymmetries of anterior segment parameters and anisometropia. There are some correlations between pairs of anterior segment parameters. Age is negatively correlated with various anterior segment parameters.



AGRAÏMENTS

Al llarg de la realització d'aquest treball i del màster hi ha hagut diverses persones a qui m'agradaria donar les gràcies.

Primer de tot al Genís Cardona, per acceptar ser el director del treball i ajudar-me en la tria del tema. Gràcies per l'ajuda, suport i disponibilitat que m'ha mostrat durant aquest temps, per guiar-me en tot moment i per resoldre'm tots els dubtes que m'han anat sorgint. Sense la seva motivació constant i la confiança dipositada en mi aquest treball no hauria estat possible.

Al Centre Universitari de la Visió, per deixar-me l'espai i el Pentacam per al recull de dades de l'estudi totes les hores que m'han fet falta.

A la meva família, per donar-me sempre suport i per la seva paciència en tot moment.

I per acabar, a totes les persones que m'han donat ànims o m'han ajudat d'una manera o altra durant aquests mesos.

Moltes gràcies a tots i totes!

ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ	10
2.	MARC TEÒRIC	11
2.1.	L'anisometropia	11
2.2.	El segment anterior ocular.....	12
2.3.	L'anàlisi del segment anterior	15
2.3.1.	El Pentacam.....	20
2.4.	L'asimetria interocular dels paràmetres del segment anterior en anisometropies	22
3.	OBJECTIUS I HIPÒTESIS	26
4.	MÈTODE	26
4.1.	Participants	26
4.2.	Instruments	27
4.3.	Procediment.....	28
4.4.	Anàlisi de dades.....	32
5.	RESULTATS	33
5.1.	Descripció de la mostra i anàlisi de normalitat.....	33
5.2.	Anàlisi de les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior en funció de la diferència en l'equivalent esfèric.....	34
5.3.	Anàlisi de correlacions entre totes les variables.....	37
6.	DISCUSSIÓ	42

7.	CONCLUSIONS, LIMITACIONS I FUTURS TREBALLS.....	45
8.	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	47

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 2.1. Diagrama del globus ocular en una secció transversal. Adaptat de: https://medimagery.net/stock/head_and_neck/eye_cross_section_anatomy.htm.</i>	13
<i>Figura 2.2. Sistema topogràfic Orbscan II, de la casa comercial Bausch & Lomb. Font: https://www.dotmed.com/listing/topographer/bausch-%26-lomb/orbscan-ii/782799</i>	16
<i>Figura 2.3. Imatge obtinguda amb un sistema OCT de segment anterior. Font: https://www.qvision.es/blogs/javier-martinez/2018/09/10/oct-de-segmento-anterior-comparativa-de-equipos-45/</i>	17
<i>Figura 2.4. Esquema del principi de Scheimpflug, on s'hi poden observar el pla del subjecte, el pla de la lent i el pla de la imatge (d'esquerra a dreta), i la intersecció de Scheimplug. Font: Jain and Grewal (2009). Pentacam: Principle and Clinical Applications.</i>	19
<i>Figura 2.5. Pentacam® HR, de la casa comercial Oculus. Font: https://www.oculus.de/ca/products/anterior-segment-analysis/pentacam-pentacam-hrpentacam-axl/</i>	20
<i>Figura 4.1. Pentacam® HR utilitzat per a l'estudi.</i>	27
<i>Figura 4.2. Captura de la pantalla "4 representacions de color refractives" del Pentacam® HR, d'on es van obtenir totes les dades del segment anterior.</i>	29

*Figura 4.3. Ampliació de la captura de la pantalla "4 representacions de color refractives", on es mostren la majoria de les dades que es van recollir per a l'estudi, amb l'excepció de les BFS.....*30

*Figura 4.4. Ampliació de la captura de la pantalla "4 representacions de color refractives", on es mostren els mapes d'elevació de la cara anterior i posterior de la còrnia, juntament amb el radi de la BFS corresponent.*31

*Figura 5.1. Relació entre l'excentricitat posterior i la profunditat de càmera anterior, de l'ull dret i de l'ull esquerre.*38

*Figura 5.2. Relació entre l'excentricitat posterior i l'angle iridocorneal, de l'ull dret i de l'ull esquerre.....*39

*Figura 5.3. Relació entre l'edat i la profunditat de càmera anterior, de l'ull dret i de l'ull esquerre.*41

*Figura 5.4. Relació entre l'edat i l'angle iridocorneal, de l'ull dret i de l'ull esquerre.*41

ÍNDEX DE TAULES

*Taula 2.1. Estudis que avaluen la correlació entre la diferència interocular de diversos paràmetres del segment anterior i la diferència refractiva. Abreviacions: LA = longitud axial, CC = curvatura corneal, ACD = profunditat de càmera anterior, CA = càmera anterior, CV = càmera vítria.....*25

*Taula 5.1. Mitjanes, desviacions estàndard, intervals del 95% de confiança i medianes de les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior ocular, per grups segons la diferència refractiva.*35

*Taula 5.2. Resultats de la prova no paramètrica de Kruskal-Wallis entre grups segons la diferència d'equivalent esfèric.*36



Taula 5.3. Resultats de l'anàlisi de correlacions entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior i la diferència d'equivalent esfèric (EE). 37

Taula 5.4. Correlacions estadísticament significatives entre els paràmetres del segment anterior ocular.38

Taula 5.5. Correlacions entre els paràmetres del segment anterior ocular i l'edat dels subjectes.40

1. INTRODUCCIÓ

L'error refractiu és la principal causa de deficiència visual global, i és per això que és un dels camps de recerca més importants en l'àmbit de l'optometria, tant a nivell dels possibles motius de desenvolupament i predicció d'aquest, com de mètodes per corregir-lo, controlar-lo, prevenir-lo o modificar-lo.

L'anisometropia, que és una diferència en l'error refractiu entre els dos ulls, és una condició molt útil per a investigar-lo, ja que permet controlar moltes variables dels subjectes com l'edat, el gènere, els factors genètics i els factors ambientals.

D'entre els paràmetres oculars, uns dels més estudiats com a possibles influents en l'error refractiu han estat els del segment anterior, que comprèn des de la còrnia fins al cristal·lí. Hi ha diversos sistemes per analitzar aquests paràmetres, des de sistemes d'escaneig amb fenedura com l'Orbscan, fins a sistemes basats en fotografia Scheimpflug com el Pentacam, tomografia de coherència òptica o ultrasonografia d'alta freqüència. Un dels instruments més utilitzats actualment i amb mesures més repetibles i reproduïbles és el Pentacam.

Així doncs, aquest treball inclou una recerca bibliogràfica sobre l'anisometropia, les seves causes i efectes, i sobre les estructures que componen el segment anterior ocular i les principals tècniques per analitzar-lo. També s'hi troba una revisió dels estudis publicats sobre l'asimetria interocular dels paràmetres del segment anterior en diversos tipus d'anisometropia. Finalment, conté un estudi retrospectiu, realitzat amb 243 pacients del Centre Universitari de la Visió de Terrassa, on s'analitza la relació entre la refracció i els paràmetres del segment anterior ocular, així com la correlació entre diverses variables estudiades.

2. MARC TEÒRIC

2.1. L'ANISOMETROPIA

L'anisometropia és una condició en la qual hi ha una diferència en l'error refractiu esferocilíndric entre l'ull dret i l'ull esquerre (Barrett, Bradley and Candy, 2013). Tot i que no hi ha un consens sobre el valor de la diferència refractiva amb el qual diagnosticar una anisometropia, la majoria d'autors accepten un valor de diferència interocular de com a mínim una diòptria (D).

L'etiologia de l'anisometropia varia segons l'edat. Les causes principals a la infància són congènites, com per exemple la cataracta congènita o el glaucoma congènit, o l'asimetria dels components biomètrics com la longitud axial. En els casos en els quals no hi ha associada cap patologia, es tracta d'un error d'emmetropització amb un creixement desigual dels dos ulls, que presumptament han rebut els mateixos estímuls visuals. En adults, la majoria de casos d'anisometropia són adquirits, amb patologies oculars com la cataracta, el glaucoma, un trauma, o fins i tot algunes cirurgies oculars (Ostadimoghaddam *et al.*, 2012; Singh, Rohatgi and Kumar, 2017).

Un dels efectes de l'anisometropia és el desenfocament d'una de les imatges retinianes, juntament amb una reducció de la claredat i del contrast de la imatge, o amb una diferència en la mida de la imatge retiniana, a la qual se l'anomena aniseiconia (Levi, McKee and Movshon, 2011). Aquesta diferència interocular en les imatges pot dificultar una fusió normal i facilitar la supressió, i portar a problemes visuals significatius com l'estrabisme o una estereopsi reduïda. A més, l'anisometropia també és reconeguda com un dels factors de risc i una de les causes més freqüents de l'ambliopia, amb un major grau d'anisometropia associat a una ambliopia més severa (Hashemi *et al.*, 2011; O'Donoghue *et al.*, 2013).

En termes generals, l'anisometropia es pot classificar en hipermetròpica i miòpica, si és deguda a la diferència de magnitud en l'equivalent esfèric, i astigmàtica, si és deguda a la diferència de magnitud en l'astigmatisme entre els

dos ulls. En l'estudi de Levi, McKee and Movshon (2011) es van observar algunes diferències entre l'anisometropia hipermetròpica i miòpica:

- Es va comprovar que és més probable desenvolupar una ambliopia en les anisometropies hipermetròpiques que en les miòpiques. En les anisometropies de 3 D sense estrabisme, es va trobar una ambliopia en el 40% dels pacients hipermetrops. En canvi, entre els miops només n'hi havia un 15%, mentre que entre les anisometropies miòpiques de 10 D es va estimar un 30% d'ambliops. En les anisometropies amb estrabisme es va observar que és encara més probable desenvolupar una ambliopia.
- També es va poder observar una asimetria evident en l'estereopsis, havent-hi un 40% d'anisometropies hipermetròpiques de 3 D amb l'estereopsis reduïda. Aquest percentatge s'incrementava a mesura que augmentava la diferència refractiva entre els dos ulls. En canvi, en les miòpiques, en diferències de 10 D, es va veure que més del 50% dels pacients tenien una estereopsi normal.

En el camp de la investigació, l'anisometropia és de gran utilitat en la recerca de l'error refractiu, ja que permet un major control de variables com l'edat i el gènere, i minimitza les variacions entre subjectes en els factors genètics i ambientals. Per tant, això proporciona una major sensibilitat en la detecció de diferències interoculars en les variables d'interès (Vincent *et al.*, 2014).

Donat que l'anisometropia pot comportar la modificació d'alguns paràmetres o estructures anatòmiques oculars, a continuació es descriurà de manera esquemàtica el segment anterior ocular i les parts que el formen.

2.2. EL SEGMENT ANTERIOR OCULAR

El globus ocular es divideix en tres espais: la càmera anterior, la càmera posterior i la càmera vítria. Les dues primeres càmeres, ambdues plenes d'humor aquós, juntament amb diverses estructures, formen el que s'anomena segment anterior ocular (Figura 2.1).

La càmera anterior està limitada anteriorment per la part posterior de la còrnia, perifèricament per la xarxa trabecular, una porció del cos ciliar i l'arrel de l'iris, i posteriorment per la part anterior de l'iris i l'àrea pupil·lar del cristal·lí. La càmera posterior, més petita, està delimitada anteriorment per l'iris, i posteriorment pel cristal·lí i les fibres de la zònula (Kolb, 1995; Kels, Grzybowski and Grant-Kels, 2015). Les dues càmeres es comuniquen a través de l'obertura pupil·lar, que permet que l'humor aquós flueixi de la càmera posterior a l'anterior sense resistència.

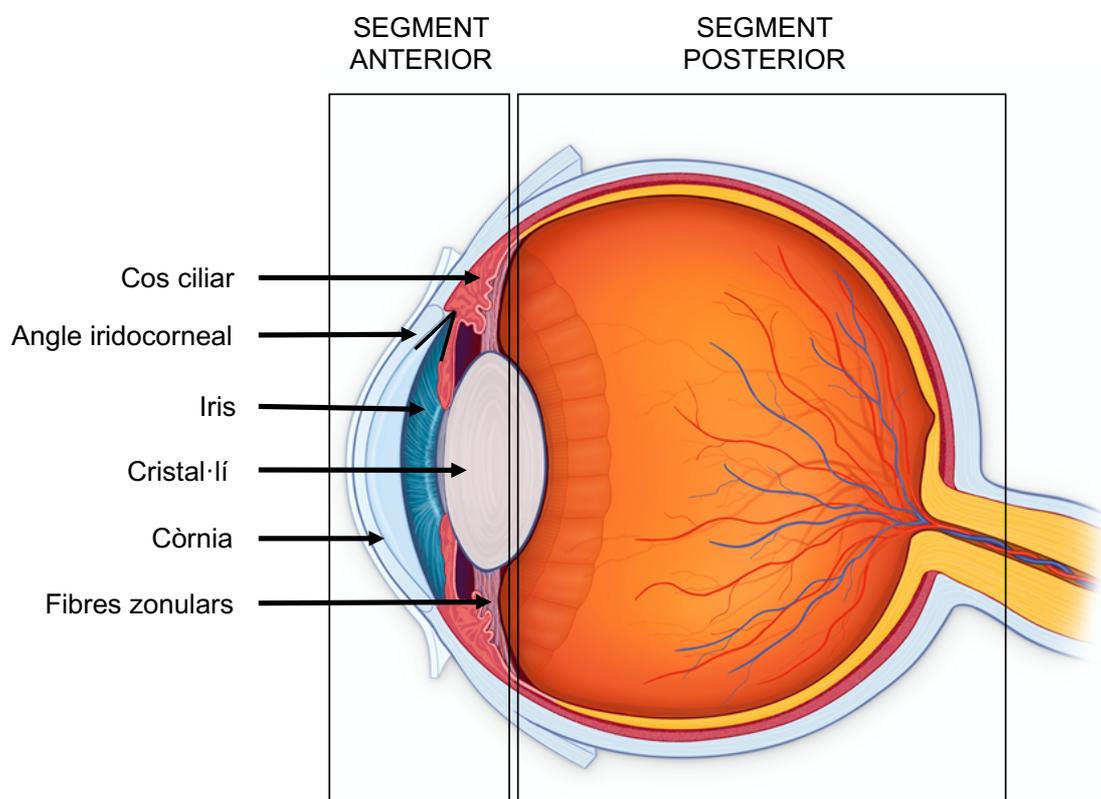


Figura 2.1. Diagrama del globus ocular en una secció transversal. Adaptat de: https://medimagery.net/stock/head_and_neck/eye_cross_section_anatomy.htm.

La **còrnia** és l'estructura refractiva més important de l'ull; representa dues tercers parts de la refracció total. És una estructura avascular, nodrida per humor aquós, llàgrima i capil·lars limbars, i innervada pels nervis ciliars i altres nervis de la conjuntiva, els quals són ramificacions de la divisió oftàlmica del trigemin. Histològicament, la còrnia es diferencia en cinc capes: epiteli,

membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet i endoteli, que treballen conjuntament per realitzar diverses funcions. La transparència d'aquesta estructura ocular és deguda a un espaiat i a una perfecta regularitat de les fibres de col·lagen que la componen. Les funcions principals de la còrnia consisteixen en la transmissió de la llum i la refracció, i la protecció de les estructures intraoculars (Villa and Santodomingo, 2010, 2011).

El **cos ciliar** és una estructura de forma triangular que es troba entre la coroides i l'iris, i forma un anell complet al voltant del globus ocular. Està format pel múscul ciliar i els processos ciliars:

- El múscul ciliar està compost de fibres de múscul llis disposades de forma longitudinal, circular i radial. La seva contracció produeix una disminució de la mida de l'anell que forma el cos ciliar.
- Els processos ciliars són crestes longitudinals que es projecten des de la superfície interna del cos ciliar, i són els encarregats de la producció de l'humor aquós.

L'**iris** és una estructura circular que es projecta a partir del cos ciliar. Controla l'entrada de la llum a la retina a partir de les accions de les fibres circulars del múscul esfínter i de les fibres radials del múscul dilatador, ajustant així el diàmetre de la pupil·la. L'arrel de l'iris i la perifèria de la còrnia delimiten l'angle iridocorneal, on s'hi troben les estructures encarregades del drenatge de l'humor aquós: la xarxa trabecular i el canal de Schlemm.

El **crystal·lí** és una lent avascular, transparent i biconvexa, que ajuda en la focalització de la llum a la retina. Està subjectat per les fibres zonulars (o lligament suspensori del cristal·lí), que s'estenen a partir dels processos ciliars del cos ciliar i s'insereixen al cristal·lí, mantenint-lo en la seva posició anatòmica.

Quan el múscul ciliar es contrau, es redueix la tensió del lligament suspensori del cristal·lí, i aquest adopta una morfologia més arrodonida, modificant així les seves propietats refractives i permetent el procés de l'acomodació (Drake, Vogl and Mitchell, 2005; Remington, 2005).

2.3. L'ANÀLISI DEL SEGMENT ANTERIOR

Les mesures anatòmiques, com els paràmetres del segment anterior, són importants per tal de caracteritzar els ulls sans i comparar-los amb els que presenten alguna anomalia. A més, també tenen rellevància en diversos camps de l'optometria i l'oftalmologia. Entre les aplicacions principals de les tecnologies d'anàlisi del segment anterior hi trobem:

- L'anàlisi de la curvatura i la paquimetria corneal, per avaluar la possibilitat de dur a terme una cirurgia queratorefractiva amb làser excimer amb seguretat i per a la configuració del flap, entre d'altres.
- L'estudi anatòmic del segment anterior, per al càlcul de la potència i la posició de les lents intraoculars amb diverses fórmules biomètriques i per tal de fer un plantejament precís de la implantació de la lent.
- La detecció d'ectàsies corneals, sobretot en els casos més incipients.
- El control i la monitorització de condicions patològiques del segment anterior, com tumors, uveïtis o anirídia.
- L'anàlisi de l'angle iridocorneal en pacients amb glaucoma, i l'anàlisi del gruix corneal central i de la profunditat de la càmera anterior per a la predicció de risc de glaucoma.
- L'exploració de la superfície corneal per a l'adaptació de lents de contacte, i per al control d'un tractament d'ortoqueratologia nocturna.

Així doncs, l'anàlisi del segment anterior és un procediment molt útil, sobretot en les decisions per a qualsevol protocol de cirurgia, tant preoperatori com postoperatori (Piñero, Plaza and Alió, 2008; Piñero, 2015; Singh, Rohatgi and Kumar, 2017).

Actualment, hi ha una gran varietat de tècniques que permeten als clínics realitzar una caracterització de les diferents estructures del segment anterior. Cada tecnologia té característiques diferents i és útil per a tasques específiques en l'anàlisi del segment anterior. Entre aquestes tècniques s'hi troben els sistemes d'escaneig amb fenedura, els sistemes basats en fotografia

Scheimpflug, la tomografia de coherència òptica de segment anterior i la ultrasonografia d'alta freqüència.

SISTEMES D'ESCANEG DE FENEDURA

El sistema topogràfic *Orbscan II*, de *Bausch & Lomb* (Figura 2.2), es basa en la projecció seqüencial d'una fenestra sobre la còrnia en diferents angles. Una càmera de vídeo d'alta resolució captura 40 fenestres, i s'obté la reflexió difusa de la còrnia, l'iris i el cristal·lí. Mitjançant triangulació, s'obtenen les dades de les superfícies anterior i posterior de la còrnia i d'altres estructures, i això permet a l'instrument calcular aspectes com la profunditat de càmera anterior o la paquimetria corneal.



Figura 2.2. Sistema topogràfic *Orbscan II*, de la casa comercial *Bausch & Lomb*. Font: <https://www.dotmed.com/listing/topographer/bausch-%26-lomb/orbscan-ii/782799>

La mesura amb aquest sistema és significativament dependent de molts factors, com els moviments oculars del pacient i la seva habilitat per mantenir els ulls oberts durant el temps de mesura, l'estabilitat de la pel·lícula lacrimal, o la transparència i les anormalitats corneals. A més, el temps d'adquisició de la imatge és alt comparant-ho amb els altres instruments disponibles al mercat.

Hi ha algunes controvèrsies en la fiabilitat de les mesures paquimètriques d'aquest instrument i en la detecció de la superfície corneal posterior. Tot i així,

les mesures de profunditat de la càmera anterior han mostrat repetibilitat amb el sistema Pentacam, del qual es parlarà més endavant (Piñero, 2015).

TOMOGRAFIA DE COHERÈNCIA ÒPTICA DE SEGMENT ANTERIOR

La tomografia de coherència òptica (OCT) és una mètode d'obtenció d'imatges d'alta resolució i no invasiu que utilitza la interferometria de baixa coherència per proporcionar imatges transversals *in vivo* del teixit, amb una resolució espacial de 10 a 20 micres. Es basa en la reflexió i la dispersió de la llum de les estructures.

En la interferometria òptica, la font de llum és separada en el raig de referència i el raig de mesura. El raig de mesura es reflecteix a les estructures oculars i interacciona amb el raig de referència, que es reflecteix a un mirall de referència, produint així el fenomen de les interferències. El senyal d'interferències es mesura i es pot determinar la posició de les estructures reflectants de l'ull (Figura 2.3). Així doncs, les estructures del segment anterior es poden visualitzar amb un alt grau de resolució, podent observar estructures molt fines com el canal de Schlemm o els flaps de LASIK, entre d'altres.

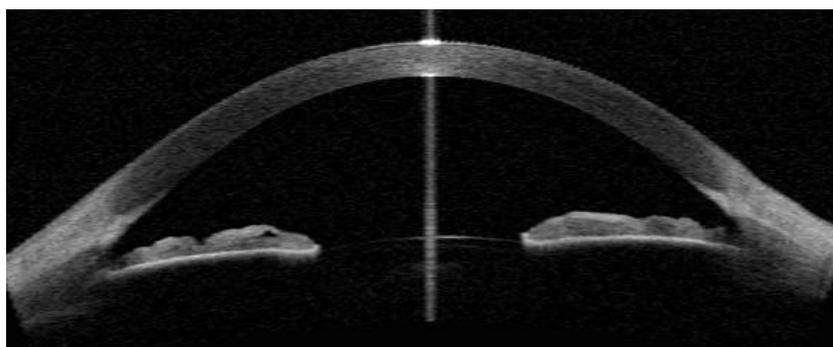


Figura 2.3. Imatge obtinguda amb un sistema OCT de segment anterior. Font: <https://www.qvision.es/blogs/javier-martinez/2018/09/10/oct-de-segmento-anterior-comparativa-de-equipos-45/>

En aquests sistemes, el procediment de mesura és ràpid i fàcil tant per a l'examinador com per al pacient, i no es necessita ni contacte corneal ni cap

interfície específica. A més, aconseguix una repetibilitat molt bona. Tot i així, la OCT de segment anterior no pot detectar estructures situades darrere l'iris i tampoc pot analitzar cap objecte darrere de qualsevol estructura opaca. A més, no proporciona mesures de la curvatura corneal, només fa una anàlisi anatòmica del segment anterior (Radhakrishnan *et al.*, 2001; Piñero, 2015).

ULTRASONOGRAFIA D'ALTA FREQUÈNCIA

Els sistemes d'ultrasons permeten la visualització de les estructures del segment anterior, fins i tot amb la presència d'opacitats òptiques. En general, la resolució i la profunditat de penetració estan afectades per la freqüència del transductor. Pel fet que la resolució sol millorar amb la freqüència, s'utilitzen ones de freqüència molt alta per a l'obtenció d'imatges del segment anterior, obtenint una resolució menor de 40 micres. Un dels grans avantatges d'aquesta tecnologia és la seva precisió i repetibilitat.

La majoria de sistemes d'imatge d'ultrasons necessiten un contacte físic entre la còrnia i la sonda, pel que la mesura sol requerir anestèsia corneal. Alguns sistemes no necessiten contacte, ja que utilitzen una interfície de solució salina entre la còrnia i la sonda però, en aquest cas, la posició del cap és incòmoda per als pacients i el procés requereix d'un examinador molt experimentat. A més, no proporcionen mesures de la curvatura corneal, només fan una anàlisi anatòmica del segment anterior (Piñero, Plaza and Alió, 2008; Piñero, 2015).

SISTEMES BASATS EN FOTOGRAFIA SCHEIMPFLUG

La fotografia Scheimpflug es basa en el principi de Scheimpflug. Aquest principi es basa en un pla subjecte no paral·lel al pla de la imatge. En aquest cas, es pot dibuixar una tangent obliqua a partir de la imatge, l'objecte i el pla de la lent. El punt de intersecció d'aquestes tangents és la intersecció de Scheimpflug, on la imatge està més ben enfocada (Figura 2.4). El principi de Scheimpflug permet caracteritzar el segment anterior ocular amb una profunditat de focus des de la

cara corneal anterior fins a la superfície posterior del cristal·lí amb la mínima distorsió (Jain and Grewal, 2009; Wegener and Laser-junga, 2009).

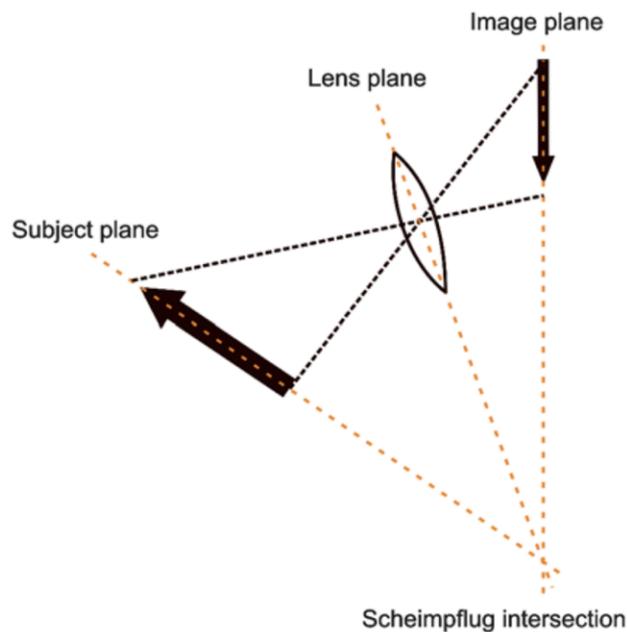


Figura 2.4. Esquema del principi de Scheimpflug, on s'hi poden observar el pla del subjecte, el pla de la lent i el pla de la imatge (d'esquerra a dreta), i la intersecció de Scheimpflug. Font: Jain and Grewal (2009). Pentacam: Principle and Clinical Applications.

En aquests sistemes, una càmera rotativa obté diverses imatges Scheimpflug, que permeten una anàlisi de l'anatomia del segment anterior a partir d'una paquimetria topogràfica, la profunditat de càmera anterior, el volum corneal, el diàmetre de segment anterior, i la densitometria del cristal·lí. Tot i així, no es pot proporcionar una anàlisi de la curvatura de les superfícies anterior i posterior del cristal·lí.

El principal inconvenient és el període de temps necessari per tal que es produeixi la rotació completa i, com a conseqüència, l'adquisició completa de les dades. Això fa que les mesures siguin susceptibles a l'estabilitat de la llàgrima durant aquest període de temps.

A dia d'avui, els sistemes basats en fotografia Scheimpflug, entre els quals hi trobem el Pentacam® HR (Oculus), són els que permeten una anàlisi no invasiva més completa del segment anterior (Piñero, 2015).

2.3.1. EL PENTACAM

El Pentacam® HR, de *Oculus* (Figura 2.5), és un dels sistemes més reconeguts basats en la fotografia Scheimpflug. Utilitza una càmera rotativa Scheimpflug d'alta resolució, que obté 50 imatges Scheimpflug del segment anterior en menys de dos segons. Cada imatge té 500 punts d'elevació, obtenint un model en tres dimensions del segment anterior amb un total de 25000 punts d'elevació en tota la superfície de la còrnia (Piñero, 2015).

El sistema també té una càmera addicional que detecta la mida i la orientació de la pupil·la, i controla la fixació i els petits moviments oculars que pot realitzar el pacient durant el procés de mesura, mitjançant un procés d'òptica adaptativa (Jain and Grewal, 2009).



Figura 2.5. Pentacam® HR, de la casa comercial Oculus. Font:

<https://www.oculus.de/ca/products/anterior-segment-analysis/pentacam-pentacam-hrpentacam-axl/>

Així doncs, s'aconsegueix una anàlisi total de la còrnia amb una resolució alta. A més, es poden mesurar amb precisió còrnies amb irregularitats severes que no es podrien analitzar amb una imatge amb discs de Plàcid, i es pot calcular la paquimetria de limbe a limbe.

Les imatges Scheimpflug que s'enregistren es digitalitzen i es transfereixen a un ordinador. Quan s'acaba l'exploració, aquest ordinador calcula el model virtual en tres dimensions del segment anterior, del qual se'n deriva tota la informació. Diversos estudis han confirmat i validat que els valors que proporciona són repetibles i reproduïbles (Lackner, Schmidinger and Skorpik, 2005; Milla *et al.*, 2011; Savini *et al.*, 2011; Montalbán *et al.*, 2012).

A partir de l'anàlisi feta, el Pentacam proporciona una sèrie de mapes importants per a l'estudi del segment anterior:

- **Mapa de curvatura:** Es mesuren els valors d'elevació geomètrica i es converteixen en valors de curvatura axial (o sagital) o instantània (o tangencial). Així doncs, aquest mapa indica els radis de curvatura de les superfícies anterior i posterior de la còrnia en cada punt, en mil·límetres (mm).
- **Mapa refractiu:** Els valors dels radis de curvatura corneal es converteixen en valors de potència refractiva, en diòptries.
- **Mapa d'elevació:** Indica l'elevació de la còrnia en micres respecte a l'esfera que s'adapta millor a la superfície corneal, anomenada esfera de referència o Best Fit Sphere (BFS). Els punts que se situen per sobre de la BFS s'indiquen amb valors positius, mentre que els punts situats per sota de la BFS s'indiquen amb valors negatius. Es pot obtenir el mapa d'elevació de la superfície anterior i també el de la superfície posterior.
- **Mapa paquimètric:** Es mostra la distribució del gruix corneal (des de l'epiteli fins a l'endoteli corneal), de limbe a limbe.
- **Anàlisi de Zernike:** Els paràmetres d'aberració del front d'ones derivats del Pentacam es calculen a partir de les dades d'elevació del model 3D i dels càlculs de traçat de raigs. Les aberracions de baix ordre (primer i segon ordre), les d'alt ordre (de tercer a vuitè ordre) i les aberracions totals es representen en mapes de Zernike (Mohammadpour, 2020).

A més a més, el sistema també facilita varis paràmetres numèrics, entre els quals hi trobem:

- Radis de curvatura (R_s i R_f) i potències diòptriques (K_s i K_f) del meridià més corbat i del més pla, tant de la cara anterior com de la cara posterior de la còrnia, i eix del meridià més pla, mesurats en els 3 mm centrals.
- Excentricitat: Està relacionada amb l'aberració esfèrica de la còrnia, i es proporciona el valor de la cara anterior i també de la posterior. Es pot seleccionar en una zona de 6 a 10 mm centrals, o de 20 a 40°.
- Paquimetria: S'indica l'espessor a l'àpex corneal, l'espessor al centre pupil·lar i l'espessor mínim, en mm. També es mostra la distància x (mm) i y (mm) d'aquests punts respecte a l'àpex, el qual es considera com a origen de coordenades.
- Càmera anterior: Es calcula el volum de càmera anterior (en mm^3), l'angle iridocorneal (en graus), i la profunditat de càmera anterior (ACD), que representa la distància entre l'endoteli corneal i la part anterior de la càpsula del cristal·lí (Feng *et al.*, 2011). També es representa en un mapa el rang de profunditat de la càmera.

2.4. L'ASIMETRIA INTEROCULAR DELS PARÀMETRES DEL SEGMENT ANTERIOR EN ANISOMETROPIES

Tal i com s'ha comentat anteriorment, l'anisometropia és de gran utilitat en la recerca de l'error refractiu, ja que s'aconsegueix un major control de molts dels paràmetres o factors individuals, reduint la variabilitat de la mostra d'estudi. Per aquest motiu, diversos autors han analitzat els paràmetres del segment anterior de l'ull per tal de determinar si tenen alguna correlació amb l'anisometropia.

Logan *et al.* (2004) no van trobar cap evidència que el segment anterior ocular contribueixi en anisometropies miòpiques majors de 2 D, tot i que només van analitzar la curvatura corneal central i la profunditat de la càmera anterior, mesurades amb queratometria i ultrasonografia A-scan, respectivament. Tekin *et al.* (2017), que també van investigar els paràmetres del segment anterior en anisometropies miòpiques, en aquest cas amb un biòmetre òptic, van observar que mentre la longitud axial era significativament major en l'ull més miop, no hi

havia diferències significatives entre ulls en la queratometria i el gruix corneal central.

Wang *et al.* (2012) van avaluar diversos paràmetres en infants de 5 a 10 anys amb ambliopia i anisometropia hipermetròpica, utilitzant el Pentacam i l'OCT, i no van trobar cap diferència significativa entre l'ull ambliop i l'ull normal. De la mateixa manera, Yuksel *et al.* (2014) tampoc van poder mostrar diferències significatives entre ulls amb les mateixes característiques que les de l'estudi anterior, en aquest cas emprant només el Pentacam.

Per altra banda, hi ha molts estudis que han pogut mostrar correlacions entre la diferència refractiva i diversos paràmetres del segment anterior o paràmetres biomètrics. Wu *et al.* (2008) van trobar valors significatius en les diferències interoculars de la longitud axial i la curvatura corneal entre un grup de subjectes anisometrops i un grup de subjectes no anisometrops. A més, les diferències majors corresponien amb les anisometropies de més severitat.

Hashemi *et al.* (2013) van observar en les dades biomètriques dels seus subjectes una diferència interocular major en els radis corneals entre els casos anisometròpics comparant-ho amb els casos no anisometròpics. A més, la diferència interocular en la potència corneal era major a mesura que augmentava el grau d'anisometropia. També van trobar correlacions significatives de l'anisometropia amb la potència i el gruix del cristal·lí, i amb la profunditat de la càmera anterior. Pärssinen *et al.* (2016) van detectar correlacions similars en les seves mesures, obtingudes també amb un biòmetre, però amb valors menors als de l'estudi anterior i amb l'excepció de la profunditat de la càmera anterior, on no es va trobar cap correlació significativa amb l'anisometropia.

Zeng *et al.* (2015) van analitzar amb un biòmetre òptic les diferències entre ulls en la longitud axial i la curvatura corneal en subjectes amb diversos graus d'anisometropia miòpica, i van observar diferències significatives entre els dos ulls dels pacients en tots els graus. Es va trobar correlació entre les diferències diòptriques i les diferències de longitud axial en les anisometropies de 1 D o majors, però aquesta correlació no es va trobar en les diferències refractives

menors de 1 D. En canvi, no es va trobar correlació amb la curvatura corneal en cap dels graus d'anisometropia.

Singh, Rohatgi i Kumar (2017) van trobar en les anisometropies hipermetròpiques una correlació significativa entre la diferència refractiva i les diferències interoculars de la longitud axial, les curvatures de la còrnia i la profunditat de la càmera anterior, mesurades amb un biòmetre A-scan. En canvi, en les miòpiques només van trobar correlació amb la longitud axial i, en les astigmàtiques, amb les curvatures de la còrnia. Cevher i Şahin (2020) van demostrar que la càmera anterior, mesurada amb biomicroscopia d'ultrasons, era més profunda en l'ull més miop dels participants comparant-ho amb l'ull menys miop. Per altra banda, la càmera anterior era menys profunda en l'ull hipermetrop ambliop que en l'ull sa dels subjectes.

En conclusió, els estudis realitzats sobre la relació entre els paràmetres del segment anterior ocular i l'anisometropia no són concloents, ja que mostren resultats diversos. Tot i així, es repeteix una relació entre la diferència refractiva i la curvatura de la còrnia. Alguns estudis també han trobat relació en paràmetres com el gruix i la potència del cristal·lí, i la profunditat de la càmera anterior. A més a més, es dedueix que la longitud axial és un dels paràmetres més importants d'entre els causants d'una anisometropia.

A la següent taula (Taula 2.1) es poden observar les diferències entre els estudis comentats:

Taula 2.1. Estudis que avaluen la correlació entre la diferència interocular de diversos paràmetres del segment anterior i la diferència refractiva. Abreviacions: LA = longitud axial, CC = curvatura corneal, ACD = profunditat de càmera anterior, CA = càmera anterior, CV = càmera vitria.

ESTUDI	TIPUS D'ANISOMETROPIES	RANG D'EDAT	INSTRUMENTS UTILITZATS	VARIABLES ANALITZADES	VARIABLES CORRELACIONADES AMB LA DIFERÈNCIA REFRACTIVA
Logan <i>et al.</i> (2004)	Miòpiques > 2D	18 - 26 anys	Queratometria Ultrasonografia A-scan	CC central ACD	Cap correlació significativa
Wu <i>et al.</i> (2008)	Anisometrops i no anisometrops	Majors de 40 anys	Biòmetre	LA, ACD, gruix del cristal·lí i CC	LA (r=0,15, p<0,001) CC (r=0,19, p<0,001)
Wang <i>et al.</i> (2012)	Hipermetròpiques ambliòpiques	5 - 10 anys	Pentacam	CC anterior i posterior, gruix corneal, volum corneal, ACD i volum CA	Cap correlació significativa
Hashemi <i>et al.</i> (2013)	Anisometrops i no anisometrops	40 - 64 anys	Allegro Biograph	LA, potència corneal, ACD, gruix i potència del cristal·lí i profunditat CV	LA (r=0,735, p<0,001) Potència corneal (r=0,273, p<0,001) ACD (r=0,183, p<0,001) Potència del cristal·lí (r=0,311, p<0,001) Profunditat CV (r=0,741, p<0,001)
Yuksel <i>et al.</i> (2014)	Hipermetròpiques ambliòpiques	6 - 13 anys	Pentacam	CC anterior i posterior, gruix corneal central, volum corneal, ACD, volum CA, diàmetre pupil·lar	Cap correlació significativa
Zeng <i>et al.</i> (2015)	Miòpiques Grup 1: < 1 D Grup 2: 1 - 2,5 D Grup 3: ≥ 2,5 D	18 - 30 anys	Biòmetre òptic IOL Master	LA i CC	LA: grup 2 (r=0,572, p<0,001) i grup 3 (r=0,921, p<0,001) LA/CC: grup 1 (r=0,424, p<0,05), grup 2 (0,635, p<0,001) i grup 3 (r=0,947, p<0,001)
Pärssinen <i>et al.</i> (2016)	Hipermetròpiques, miòpiques i astigmàtiques	66 - 79 anys	Biòmetre òptic IOL Master	Potència corneal, astigmatisme corneal, ACD i LA	Potència corneal (r=-0,341, p<0,001) LA (r=-0,303, p<0,001) Astigmatisme corneal (r=-0,135, p=0,049)
Tekin <i>et al.</i> (2017)	Miòpiques	7 - 40 anys	Biòmetre òptic	LA, CC i gruix corneal central	Cap correlació significativa
Singh, Rohatgi and Kumar (2017)	Hipermetròpiques, miòpiques i astigmàtiques (≥ 1 D)	10 - 40 anys	Biòmetre A-scan	LA, CC, ACD, gruix corneal central	Miops: LA (r=0,863, p<0,01) Hipermetrops: LA (r=0,0669, p<0,01), CC (r=0,376, p=0,014) i ACD (r=0,359, p=0,020) Anisoastigmatisme: CC (r=0,564, p=0,020)
Cevher i Şahin (2020)	Ambliòpiques unilaterals	7 - 40 anys	Biòmetre òptic Biomicroscopia d'ultrasons	LA ACD, gruix del múscul ciliar, àrea de l'iris	Cap correlació significativa

3. OBJECTIUS I HIPÒTESIS

L'objectiu principal d'aquest estudi consisteix en avaluar els paràmetres del segment anterior ocular en pacients amb anisometropia i sense anisometropia, analitzar-ne l'asimetria interocular i definir els valors normals en funció de l'asimetria refractiva dels subjectes.

La hipòtesi de treball en la què es basa l'estudi és: "Hi ha una asimetria interocular en els paràmetres del segment anterior en les persones que presenten una asimetria refractiva. Aquesta asimetria interocular és major com més gran és el grau d'asimetria refractiva."

4. MÈTODE

4.1. PARTICIPANTS

En el present estudi, de caràcter retrospectiu, es van analitzar 243 pacients (139 dones i 104 homes) d'entre 11 i 87 anys d'edat, visitats al Centre Universitari de la Visió (CUV) de Terrassa, entre l'any 2009 i el 2021.

El criteri principal que es va establir per seleccionar els participants va ser que tinguessin una edat de 10 anys o més en el moment de la visita, per tal d'evitar dades poc precises en la refracció, ja que no es va emprar cicloplègic. Es van admetre participants amb qualsevol valor de diferència refractiva, és a dir, participants sense anisometropia (asimetria refractiva < 1 D) i participants amb anisometropia (asimetria refractiva ≥ 1 D).

Es va decidir excloure tots aquells pacients amb qualsevol condició que pogués afectar a una obtenció correcta de la refracció, als paràmetres del segment anterior ocular o a la seva correcta mesura amb l'instrument utilitzat (Pentacam® HR). Així doncs, els criteris d'exclusió establerts van ser els següents:

- Presència de patologies: glaucoma, uveïtis, patologies de retina, ectàsies corneals, opacitats corneals, nistagmus, cataractes, etc.
- Infeccions oculars actives

- Història de cirurgia intraocular, tractaments làser i/o traumes
- Usuaris de lents de contacte rígides o d'ortoqueratologia
- Pacients no col·laboradors

Les dades dels pacients van ser recollides de manera anònima, sense incloure identificadors personals. En el moment de la visita, tots els pacients van signar un consentiment informat donant permís perquè les seves dades fossin recollides i emprades posteriorment per a finalitats estadístiques o d'investigació.

4.2. INSTRUMENTS

Els instruments necessaris per a l'estudi van ser els següents:

- Gabinet d'optometria complet
- Biomicroscopi
- Pentacam® HR, per a l'anàlisi dels paràmetres del segment anterior.



Figura 4.1. Pentacam® HR utilitzat per a l'estudi.

A més a més, també es va utilitzar el programa *Openvisio*, per al recull de dades de la refracció, agudeses visuals, patologies i altres dades dels pacients seleccionats.

4.3. PROCEDIMENT

En aquest estudi es van analitzar les dades de refracció i del segment anterior ocular de pacients del Centre Universitari de la Visió (CUV) de Terrassa.

La primera part es va basar en una recollida general de dades dels pacients que havien tingut visita al CUV entre el 2009 i el 2021. En primer lloc, es va fer una selecció de pacients dels quals constessin dades de la refracció d'ambdós ulls al programa *Openvisio*, i dades del segment anterior a la base de dades del Pentacam® HR, també d'ambdós ulls. En els pacients en els quals hi havia més d'un registre al Pentacam en dates diferents, es va agafar el més recent amb la refracció corresponent. Els pacients que eren menors de 10 anys al moment del registre es van excloure directament. Es van anotar l'edat, el sexe, la refracció (esfera, cilindre i eix) de l'ull dret i l'ull esquerre, i altres dades a tenir en compte, com l'ús de lents de contacte, patologies presents, cirurgies fetes... En aquesta primera part es van recollir dades d'un total de 664 persones.

A partir de la primera selecció, es van eliminar els pacients amb patologies o altres condicions que podien fer variar la refracció o els paràmetres del segment anterior (veure criteris d'exclusió, apartat 4.1), quedant 547 persones. Seguidament, per a cadascuna d'elles, es va calcular la diferència entre les esferes dels dos ulls (en valor absolut), i la diferència entre els equivalents esfèrics (també en valor absolut), i es van descartar els pacients en els quals la diferència entre aquests dos valors era major de 1 D per tal d'evitar influències significatives de l'astigmatisme. L'equivalent esfèric es va obtenir amb la fórmula següent:

$$\text{Equivalent esfèric} = \text{Esfera} + \frac{\text{Cilindre}}{2}$$

Després d'aquesta eliminació van quedar 529 participants, els quals es van dividir en grups segons l'anisometropia de l'equivalent esfèric:

- **Grup 0:** 0,00 D, 93 subjectes.
- **Grup 0,25:** $0,00 < i \leq 0,25$ D, 174 subjectes.
- **Grup 0,50:** $0,25 < i \leq 0,50$ D, 97 subjectes.

- **Grup 0,75:** $0,50 < i \leq 0,75$ D, 52 subjectes.
- **Grup 1:** $0,75 < i \leq 1,00$ D, 34 subjectes.
- **Grup 1,25:** $1,00 < i \leq 1,25$ D, 17 subjectes.
- **Grup 1,50:** $1,25 < i \leq 1,50$ D, 12 subjectes.
- **Grup 1,75:** $1,50 < i \leq 1,75$ D, 13 subjectes.
- **Grup 2:** $1,75 < i \leq 2,00$ D, 9 subjectes.

A partir d'una diferència d'equivalent esfèric major de 2,00 D, els grups tenien un número molt reduït de pacients (5 o menys), de manera que es va decidir excloure'ls de l'estudi (28 subjectes). Per altra banda, a causa de la gran quantitat de pacients en els tres primers grups (0, 0,25 i 0,50) i per assegurar una millor homogeneïtat dels grups pel que fa a la mida de la mostra, se'n van escollir aleatòriament 50 de cadascun d'ells.

Amb aquesta selecció, es va procedir a la recollida de dades del Pentacam. Els paràmetres recopilats van ser les curvatures corneals (R_f i R_s) anteriors i posteriors, l'excentricitat corneal (en una zona central de 8 mm) anterior i posterior, la BFS anterior i posterior, l'angle iridocorneal, l'espessor corneal central, l'espessor corneal mínim i la profunditat de la càmera anterior.

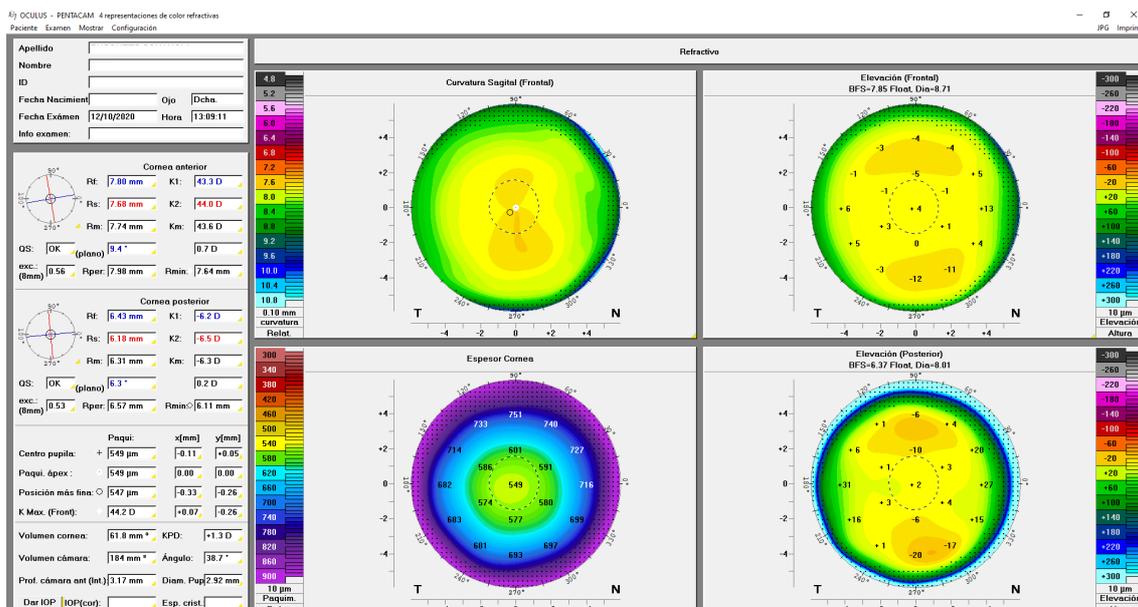


Figura 4.2. Captura de la pantalla "4 representacions de color refractives" del Pentacam® HR, d'on es van obtenir totes les dades del segment anterior.

Apellido			
Nombre			
ID			
Fecha Nacimiento	Ojo	Dcha.	
Fecha Exámen	12/10/2020	Hora	13:09:11
Info examen:			

Cornea anterior					
	Rf:	7.80 mm	K1:	43.3 D	
	Rs:	7.68 mm	K2:	44.0 D	
	Rm:	7.74 mm	Km:	43.6 D	
QS:	OK (plano)	9.4 °		0.7 D	
exc.: (8mm)	0.56	Rper:	7.98 mm	Rmin:	7.64 mm

Cornea posterior					
	Rf:	6.43 mm	K1:	-6.2 D	
	Rs:	6.18 mm	K2:	-6.5 D	
	Rm:	6.31 mm	Km:	-6.3 D	
QS:	OK (plano)	6.3 °		0.2 D	
exc.: (8mm)	0.53	Rper:	6.57 mm	Rmin:	6.11 mm

	Paqui:	x[mm]	y[mm]
Centro pupila:	+ 549 μm	-0.11	+0.05
Paqui. ápex :	• 549 μm	0.00	0.00
Posición más fina:	○ 547 μm	-0.33	-0.26
K Max. (Front):	◇ 44.2 D	+0.07	-0.26

Volumen cornea:	61.8 mm ³	KPD:	+1.3 D
Volumen cámara:	184 mm ³	Ángulo:	38.7 °
Prof. cámara ant (Int)	3.17 mm	Diam. Pup	2.92 mm

Dar IOP	IOP(cor):	Esp. crist.:
---------	-----------	--------------

Figura 4.3. Ampliació de la captura de la pantalla "4 representacions de color refractives", on es mostren la majoria de les dades que es van recollir per a l'estudi, amb l'excepció de les BFS.

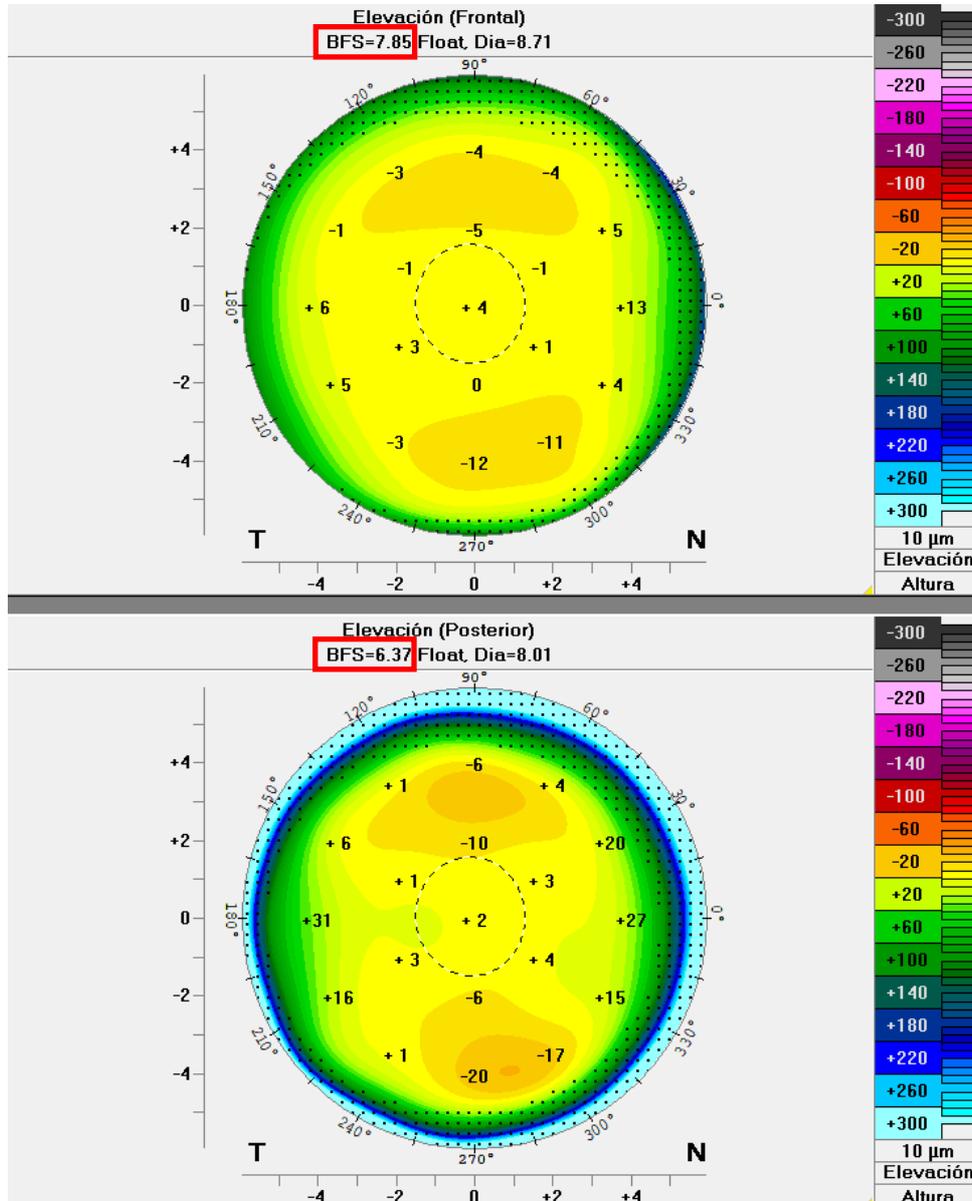


Figura 4.4. Ampliació de la captura de la pantalla "4 representacions de color refractives", on es mostren els mapes d'elevació de la cara anterior i posterior de la còrnia, juntament amb el radi de la BFS corresponent.

Durant la recollida de dades, es van excloure tots els registres no fiables per parpelleig, falta de segments, mala fixació, etc. La qualitat del registre es pot veure al paràmetre QS, on s'hi indica "OK" en cas de ser un registre correcte o, en cas contrari, s'especifica el motiu de la pèrdua d'informació.

En el cas dels grups 0, 0,25 i 0,50, si un dels pacients seleccionats presentava dades incompletes o de poca qualitat, s'excloïa i se'n seleccionava un altre aleatòriament. El grup 2 es va eliminar, ja que en 8 dels 9 subjectes que el componien hi havia un dels dos o els dos registres no fiables, quedant només un pacient.

Una vegada acabat el procés, van quedar 243 subjectes a analitzar:

- **Grup 0:** 50 subjectes
- **Grup 0,25:** 50 subjectes
- **Grup 0,50:** 50 subjectes
- **Grup 0,75:** 40 subjectes
- **Grup 1:** 23 subjectes
- **Grup 1,25:** 10 subjectes
- **Grup 1,50:** 10 subjectes
- **Grup 1,75:** 10 subjectes

Així doncs, ja es va poder passar a l'anàlisi estadística de les dades.

4.4. ANÀLISI DE DADES

L'anàlisi de dades es va realitzar amb els programes Excel (versió 16.16.27) i Jasp (versió 0.14).

En primer lloc, es va realitzar la prova de Shapiro-Wilk per determinar la distribució normal de les dades. Després de verificar-ne la normalitat, es van calcular les mitjanes, desviacions estàndard i intervals de confiança del 95% per a cada grup de diferència d'equivalent esfèric. En el cas de valors no normals, es determinava també la mediana.

Seguidament, es va dur a terme una anàlisi inferencial mitjançant el test no paramètric de Kruskal-Wallis, per determinar si hi havia diferències entre els valors de cada grup en cadascun dels paràmetres del segment anterior.

Finalment, es va fer una anàlisi de les correlacions entre les diverses variables, on es va calcular el coeficient de correlació i el p-valor per determinar possibles associacions entre paràmetres de segment anterior i paràmetres refractius, així com entre paràmetres del segment anterior entre ells. Per a aquesta anàlisi es va emprar el coeficient de correlació d'Spearman.

En totes les proves es van considerar com a estadísticament significatius els resultats amb un p-valor < 0,05.

5. RESULTATS

5.1. DESCRIPCIÓ DE LA MOSTRA I ANÀLISI DE NORMALITAT

En aquest estudi s'han analitzat un total de 243 subjectes, amb una mitjana d'edat i desviació estàndard de $39,3 \pm 18,0$ (rang d'11 a 87 anys). Hi havia un 57,2% de dones i un 42,8% d'homes. D'acord amb els criteris de selecció, els subjectes presentaven una diferència interocular en l'equivalent esfèric d'entre 0 D fins a 1,75 D. La mitjana i desviació estàndard de l'agudesia visual millor corregida (en notació decimal) va ser de $0,95 \pm 0,10$ a l'ull dret, i de $0,96 \pm 0,10$ a l'ull esquerre.

Es va aplicar la prova de Shapiro-Wilk per comprovar la normalitat de les dades. En primer lloc, es va realitzar per a totes les dades en conjunt, obtenint els següents resultats:

- Totes les variables del segment anterior segueixen una distribució normal, excepte les excentricitats anteriors i posteriors tant de l'ull dret com de l'ull esquerre, i el R_f posterior de l'ull esquerre.
- Les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior (en valor absolut) no segueixen una distribució normal.
- Les dades de refracció i les diferències refractives interoculars tampoc segueixen una distribució normal.

En segon lloc, es va fer la prova per grups segons el grau de diferència en l'equivalent esfèric:

- La majoria de grups són normals en els paràmetres del segment anterior, tant per l'ull dret com per l'ull esquerre, amb l'excepció de:
 - Excentricitat anterior de l'ull dret: Els grups 0,25, 0,75 i 1,75 no segueixen una distribució normal.
 - Excentricitat posterior de l'ull dret: Els grups 0 i 0,5 no segueixen una distribució normal.
 - Excentricitat anterior de l'ull esquerre: Els grups 0,25 i 0,75 no segueixen una distribució normal.
 - Excentricitat posterior de l'ull esquerre: Els grups 0,25 i 0,50 no segueixen una distribució normal.
- En fer la prova amb les diferències interoculars dels paràmetres (en valor absolut), les dades no segueixen una distribució normal.

5.2. ANÀLISI DE LES DIFERÈNCIES INTEROCULARS DELS PARÀMETRES DEL SEGMENT ANTERIOR EN FUNCIÓ DE LA DIFERÈNCIA EN L'EQUIVALENT ESFÈRIC

La Taula 5.1 presenta les mitjanes, desviacions estàndard, intervals del 95% de confiança i medianes de les diferències interoculars de cadascuna de les variables del segment anterior analitzades, dividint els participants en grups en funció del grau de diferència en l'equivalent esfèric.

Taula 5.1. Mitjanes, desviacions estàndard, intervals del 95% de confiança i medianes de les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior ocular, per grups segons la diferència refractiva.

GRUP		CARA ANTERIOR CORNEAL				CARA POSTERIOR CORNEAL				PAQUIMETRIES CORNEALS		CÀMERA ANTERIOR	
		Rf	Rs	Excentricitat	BFS	Rf	Rs	Excentricitat	BFS	Central	Punt més prim	Profunditat	Angle
0 (n = 50)	Mitjana ± DE	0,05 ± 0,05	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,06 ± 0,09	0,06 ± 0,05	0,07 ± 0,05	0,05 ± 0,08	0,06 ± 0,05	6,14 ± 6,28	6,30 ± 6,60	0,04 ± 0,03	2,67 ± 2,02
	95% IC	[-0,04, 0,14]	[-0,03, 0,14]	[-0,05, 0,16]	[-0,11, 0,22]	[-0,04, 0,15]	[-0,04, 0,18]	[-0,10, 0,20]	[-0,03, 0,15]	[-6,17, 18,45]	[-6,64, 19,24]	[-0,02, 0,11]	[-1,29, 6,62]
	Mediana	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	4,00	4,00	0,04	2,25
0,25 (n = 50)	Mitjana ± DE	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,06 ± 0,07	0,04 ± 0,03	0,06 ± 0,04	0,07 ± 0,06	0,06 ± 0,04	0,06 ± 0,05	5,72 ± 4,07	6,88 ± 5,36	0,05 ± 0,04	2,35 ± 1,64
	95% IC	[-0,02, 0,12]	[-0,05, 0,16]	[-0,09, 0,20]	[-0,02, 0,11]	[-0,02, 0,14]	[-0,04, 0,17]	[-0,03, 0,14]	[-0,04, 0,15]	[2,25, 13,69]	[-3,63, 17,39]	[-0,02, 0,13]	[-0,87, 5,57]
	Mediana	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	4,50	5,00	0,04	2,25
0,50 (n = 50)	Mitjana ± DE	0,06 ± 0,05	0,06 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,04	0,07 ± 0,07	0,05 ± 0,04	0,06 ± 0,05	5,32 ± 4,18	6,22 ± 5,54	0,05 ± 0,04	2,72 ± 2,31
	95% IC	[-0,04, 0,15]	[-0,03, 0,15]	[-0,05, 0,16]	[-0,01, 0,11]	[-0,02, 0,14]	[-0,05, 0,20]	[-0,04, 0,14]	[-0,03, 0,16]	[-2,88, 13,52]	[-4,64, 17,80]	[-0,03, 0,12]	[-1,82, 7,26]
	Mediana	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05	3,50	4,00	0,04	2,30
0,75 (n = 40)	Mitjana ± DE	0,06 ± 0,05	0,06 ± 0,05	0,05 ± 0,06	0,06 ± 0,03	0,07 ± 0,08	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,07	0,06 ± 0,06	5,05 ± 5,40	6,18 ± 6,21	0,08 ± 0,22	2,45 ± 2,31
	95% IC	[-0,04, 0,16]	[-0,03, 0,16]	[-0,06, 0,16]	[-0,01, 0,12]	[-0,09, 0,23]	[-0,06, 0,21]	[-0,07, 0,21]	[-0,04, 0,17]	[-5,53, 15,63]	[-6,00, 18,35]	[-0,35, 0,51]	[-2,08, 6,98]
	Mediana	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06	3,00	4,00	0,04	1,35
1 (n = 23)	Mitjana ± DE	0,08 ± 0,06	0,07 ± 0,06	0,06 ± 0,06	0,05 ± 0,04	0,07 ± 0,06	0,08 ± 0,05	0,05 ± 0,05	0,06 ± 0,05	4,83 ± 3,07	5,57 ± 3,69	0,05 ± 0,05	2,31 ± 2,10
	95% IC	[-0,04, 0,20]	[-0,04, 0,19]	[-0,06, 0,19]	[-0,02, 0,12]	[-0,04, 0,18]	[-0,01, 0,18]	[-0,05, 0,14]	[-0,04, 0,16]	[-1,19, 10,84]	[-1,67, 12,80]	[-0,04, 0,15]	[1,81, 6,44]
	Mediana	0,08	0,06	0,05	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	5,00	6,00	0,04	2,00
1,25 (n = 10)	Mitjana ± DE	0,10 ± 0,13	0,09 ± 0,10	0,05 ± 0,07	0,06 ± 0,04	0,09 ± 0,09	0,09 ± 0,07	0,06 ± 0,05	0,06 ± 0,04	7,10 ± 6,17	8,50 ± 6,40	0,05 ± 0,05	2,53 ± 1,91
	95% IC	[-0,15, 0,35]	[-0,10, 0,28]	[-0,09, 0,19]	[-0,01, 0,14]	[-0,07, 0,26]	[-0,05, 0,22]	[-0,04, 0,16]	[-0,02, 0,15]	[-5,00, 19,20]	[-4,04, 21,04]	[-0,04, 0,14]	[-1,22, 6,28]
	Mediana	0,05	0,07	0,03	0,07	0,08	0,07	0,05	0,05	5,50	6,00	0,03	2,15
1,50 (n = 10)	Mitjana ± DE	0,12 ± 0,14	0,06 ± 0,06	0,09 ± 0,10	0,05 ± 0,07	0,08 ± 0,07	0,08 ± 0,08	0,07 ± 0,09	0,05 ± 0,05	2,30 ± 1,49	4,50 ± 5,80	0,07 ± 0,04	3,21 ± 2,64
	95% IC	[-0,14, 0,39]	[-0,07, 0,18]	[-0,11, 0,29]	[-0,09, 0,18]	[-0,05, 0,21]	[-0,07, 0,23]	[-0,10, 0,24]	[-0,05, 0,15]	[-0,63, 5,23]	[-6,86, 15,86]	[-0,02, 0,15]	[-1,97, 8,39]
	Mediana	0,07	0,03	0,05	0,02	0,06	0,06	0,03	0,03	2,00	3,50	0,06	2,85
1,75 (n = 10)	Mitjana ± DE	0,07 ± 0,05	0,06 ± 0,04	0,03 ± 0,04	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,03	0,06 ± 0,08	0,04 ± 0,03	6,60 ± 7,12	7,60 ± 6,50	0,04 ± 0,02	3,38 ± 2,81
	95% IC	[-0,03, 0,16]	[-0,03, 0,14]	[-0,05, 0,10]	[-0,02, 0,12]	[-0,03, 0,14]	[-0,01, 0,12]	[-0,09, 0,21]	[-0,02, 0,10]	[-7,36, 20,56]	[-5,14, 20,34]	[-0,01, 0,08]	[-2,13, 8,89]
	Mediana	0,08	0,04	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	5,00	4,50	0,04	2,75

Una observació preliminar no evidència diferències notables entre els diversos grups. Per tal d'analitzar-ne la significació, es va realitzar la prova no paramètrica de Kruskal-Wallis entre grups segons la diferència d'equivalent esfèric, on es van obtenir p-valors majors de 0,05 en totes les variables (Taula 5.2). Per tant, es conclou que no hi ha diferències estadísticament significatives entre els grups.

Taula 5.2. Resultats de la prova no paramètrica de Kruskal-Wallis entre grups segons la diferència d'equivalent esfèric.

PROVA NO PARAMÈTRICA DE KRUSKALL-WALLIS		
Paràmetres		P-valor
CARA ANTERIOR CORNEAL	Rf	0,350
	Rs	0,423
	Excentricitat	0,324
	BFS	0,301
CARA POSTERIOR CORNEAL	Rf	0,777
	Rs	0,783
	Excentricitat	0,454
	BFS	0,809
PAQUIMETRIA	Central	0,236
	Punt més prim	0,509
CÀMERA ANTERIOR	Profunditat	0,757
	Angle	0,920

Finalment, es va analitzar el conjunt de les dades sense divisió per grups, calculant les correlacions entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior i les diferències d'equivalent esfèric (Taula 5.3). Es va detectar una correlació significativa entre la diferència interocular del R_f anterior i la diferència en l'equivalent esfèric, amb un coeficient de Spearman (ρ) de 0,162. Tot i ser una correlació molt feble, ens indica que a mesura que augmenta la diferència en l'equivalent esfèric, la diferència interocular del radi R_f és més gran.

Taula 5.3. Resultats de l'anàlisi de correlacions entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior i la diferència d'equivalent esfèric (EE).

DIFERÈNCIES ENTRE PARÀMETRES DEL SEGMENT ANTERIOR		CORRELACIÓ AMB LA DIFERÈNCIA D'EE	
		ρ	p-valor
CARA ANTERIOR CORNEAL	Rf	0,162	0,011
	Rs	0,121	0,060
	Excentricitat	-0,013	0,838
	BFS	0,066	0,305
CARA POSTERIOR CORNEAL	Rf	0,074	0,254
	Rs	0,072	0,262
	Excentricitat	0,045	0,483
	BFS	-0,047	0,470
PAQUIMETRIA	Central	-0,101	0,118
	Punt més prim	-0,012	0,847
CÀMERA ANTERIOR	Profunditat	0,016	0,809
	Angle	-0,004	0,951

5.3. ANÀLISI DE CORRELACIONS ENTRE TOTES LES VARIABLES

En l'anàlisi de correlacions es van analitzar les relacions entre totes les variables que es van incloure a l'estudi.

En els paràmetres del segment anterior d'ambdós ulls es van trobar varies correlacions significatives. A la Taula 5.4 es poden observar els coeficients de Spearman, juntament amb el seu grau de significació estadística corresponent.

D'entre aquestes correlacions, les més fortes es manifesten entre la paquimetria central i la paquimetria al punt més prim, i entre la profunditat de càmera anterior i l'angle iridocorneal, tal i com ja s'esperava. A més, cal destacar la correlació negativa entre l'excentricitat posterior i la profunditat de càmera anterior (Figura 5.1), i entre l'excentricitat posterior i l'angle (Figura 5.2).

Taula 5.4. Correlacions estadísticament significatives entre els paràmetres del segment anterior ocular.

		Excentricitat posterior		Paquimetria central		Paquimetria més prima		Profunditat de càmera anterior		Angle iridocorneal	
		ρ	p-valor	ρ	p-valor	ρ	p-valor	ρ	p-valor	ρ	p-valor
Excentricitat posterior	UD	-	-								
	UE	-	-								
Paquimetria central	UD	0,199	0,002	-	-						
	UE	0,208	0,001	-	-						
Paquimetria més prima	UD	0,201	0,002	0,996	<0,001	-	-				
	UE	0,206	0,001	0,996	<0,001	-	-				
Profunditat de càmera anterior	UD	-0,459	<0,001	-0,220	<0,001	-0,219	<0,001	-	-		
	UE	-0,486	<0,001	-0,248	<0,001	-0,243	<0,001	-	-		
Angle iridocorneal	UD	-0,416	<0,001	-0,143	0,026	-0,140	0,029	0,854	<0,001	-	-
	UE	-0,397	<0,001	-0,147	0,022	-0,145	0,023	0,821	<0,001	-	-

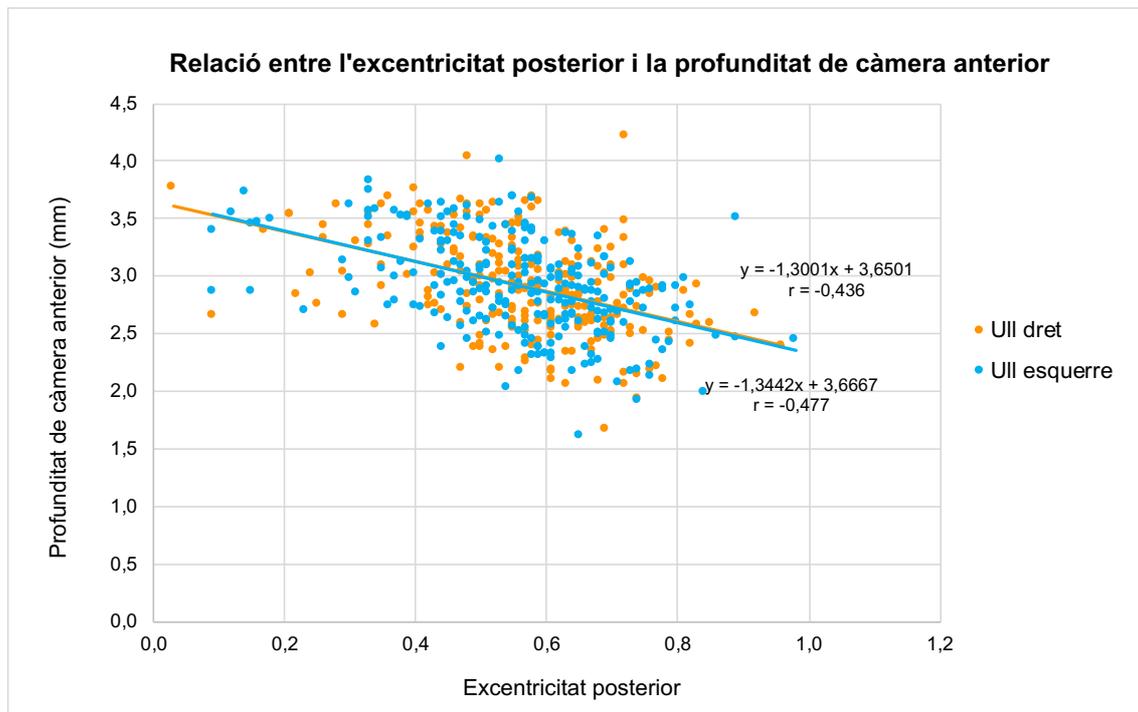


Figura 5.1. Relació entre l'excentricitat posterior i la profunditat de càmera anterior, de l'ull dret i de l'ull esquerre.

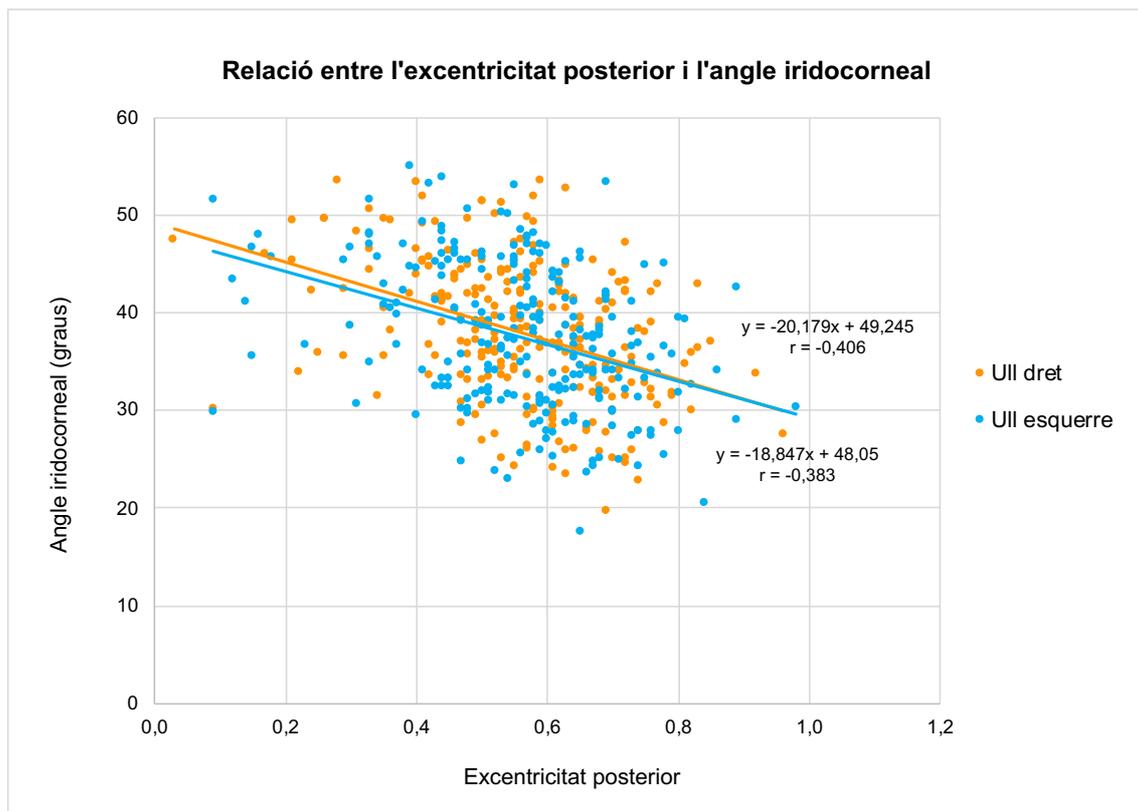


Figura 5.2. Relació entre l'excentricitat posterior i l'angle iridocorneal, de l'ull dret i de l'ull esquerre.

En canvi, no es van detectar correlacions significatives entre els radis corneals anteriors i posteriors i l'angle iridocorneal, o entre els radis corneals i la profunditat de la càmera anterior, al contrari del que s'esperava.

Analitzant les correlacions entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior (no es mostra taula), es van trobar alguns valors estadísticament significatius:

- Entre la profunditat de la càmera anterior i la paquimetria central hi ha una correlació de $\rho = 0,135$ (p-valor = 0,035).
- Entre la BFS posterior i la paquimetria central hi ha una correlació de $\rho = 0,191$ (p-valor = 0,003), i entre la BFS posterior i la paquimetria més prima una correlació de $\rho = 0,198$ (p-valor = 0,002).

Finalment, també es van observar correlacions entre l'edat dels subjectes i algunes variables del segment anterior (Taula 5.5). Entre elles, cal destacar la correlació negativa entre l'edat i la profunditat de la càmera anterior (Figura 5.3), i entre l'edat i l'angle iridocorneal (Figura 5.4).

Taula 5.5. Correlacions entre els paràmetres del segment anterior ocular i l'edat dels subjectes.

PARÀMETRES DEL SEGMENT ANTERIOR			CORRELACIÓ AMB L'EDAT	
			ρ	p-valor
CARA ANTERIOR CORNEAL	Rf	UD	-0,134	0,036
		UE	-0,124	0,054
	Rs	UD	-0,028	0,664
		UE	-0,030	0,638
	Excentricitat	UD	-0,232	<0,001
		UE	-0,199	0,002
	BFS	UD	-0,154	0,017
		UE	-0,146	0,023
CARA POSTERIOR CORNEAL	Rf	UD	-0,114	0,037
		UE	-0,107	0,096
	Rs	UD	-0,043	0,504
		UE	-0,046	0,474
	Excentricitat	UD	0,356	<0,001
		UE	0,353	<0,001
	BFS	UD	-0,030	0,644
		UE	-0,028	0,668
PAQUIMETRIA	Central	UD	0,080	0,215
		UE	0,083	0,196
	Punt més prim	UD	0,075	0,239
		UE	0,074	0,252
CÀMERA ANTERIOR	Profunditat	UD	-0,590	<0,001
		UE	-0,604	<0,001
	Angle	UD	-0,600	<0,001
		UE	-0,569	<0,001

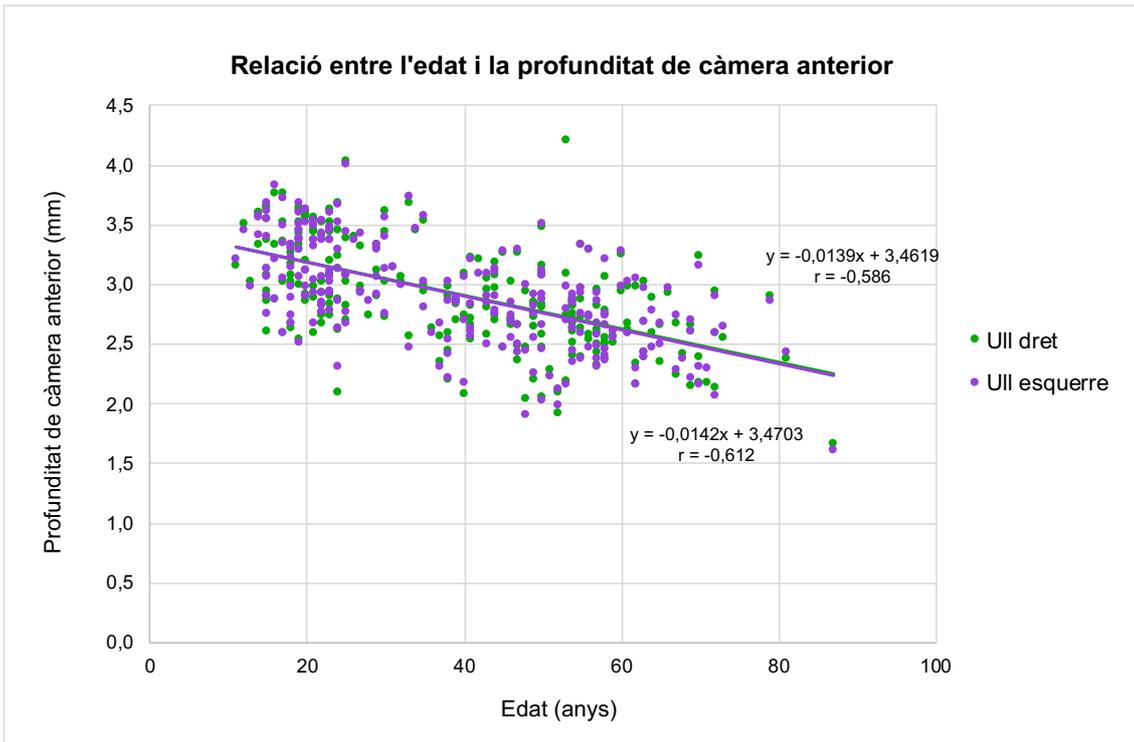


Figura 5.3. Relació entre l'edat i la profunditat de càmera anterior, de l'ull dret i de l'ull esquerre.

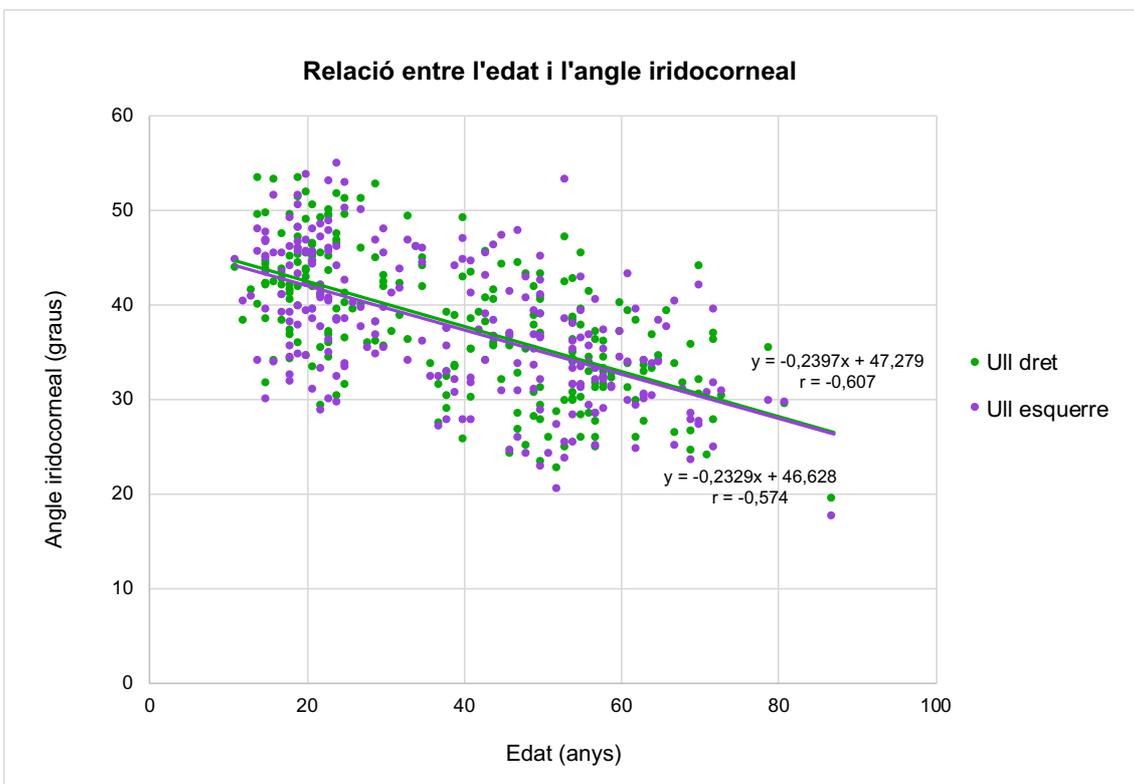


Figura 5.4. Relació entre l'edat i l'angle iridocorneal, de l'ull dret i de l'ull esquerre.

6. DISCUSSIÓ

El principal objectiu d'aquest estudi era analitzar la relació entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior ocular i les diferències refractives d'una mostra de pacients amb diferents graus d'anisometropia. Es va utilitzar el Pentacam® HR per la seva fiabilitat i repetibilitat (Lackner, Schmidinger and Skorpik, 2005; Milla *et al.*, 2011; Savini *et al.*, 2011; Montalbán *et al.*, 2012), i pel gran nombre de paràmetres que permet analitzar. Per altra banda, també es va escollir per la seva disponibilitat al Centre Universitari de la Visió de Terrassa i per l'àmplia base de dades que contenia amb registres de subjectes.

En molts estudis s'han analitzat diversos paràmetres del segment anterior en relació amb diferents tipus d'anisometropia. Els paràmetres que més es repeteixen són les curvatures corneals, la profunditat de càmera anterior i el gruix corneal, tots analitzats també al present estudi.

En el present estudi, en les curvatures corneals només es va trobar una correlació molt feble de $\rho = 0,162$ entre un dels radis de curvatura de la cara anterior i la diferència d'equivalent esfèric. Logan *et al.* (2004) i Tekin *et al.* (2017) no van trobar correlacions significatives en anisometropies miòpiques, de la mateixa manera que tampoc en van trobar Wang *et al.* (2012) i Yuksel *et al.* (2014) en anisometropies hipermetròpiques ambliòpiques. Al contrari, Wu *et al.* (2008) van trobar una correlació significativa de $r = 0,19$, molt semblant a la d'aquest estudi, i Singh, Rohatgi and Kumar (2017) de $r = 0,376$ en anisometropies hipermetròpiques i de $r = 0,564$ en anisometropies astigmàtiques. Hashemi *et al.* (2013) van trobar una correlació de $r = 0,273$, i Pärssinen *et al.* (2016) de $r = 0,341$, ambdós en tot tipus d'anisometropies.

En la profunditat de càmera anterior no es va trobar cap correlació estadísticament significativa en relació amb la diferència d'equivalent esfèric. Com en aquest estudi, Logan *et al.* (2004), Wu *et al.* (2008), Wang *et al.* (2012), Yuksel *et al.* (2014), Pärssinen *et al.* (2016) i Cevher and Şahin (2020) tampoc van trobar correlacions significatives. Per altra banda, Hashemi *et al.* (2013) van

determinar una correlació de $r = 0,183$ en tots els tipus d'anisometropia, i Singh, Rohatgi and Kumar (2017) de $r = 0,359$ en anisometropies hipermetròpiques, però no van ser significatives en les miòpiques i astigmàtiques.

En el gruix corneal, tots els estudis analitzats es fixen en el central. En aquest estudi, es van analitzar el gruix corneal central i el gruix al punt més prim, i no es va poder veure cap correlació significativa amb la diferència refractiva. Tampoc en van trobar Wang *et al.* (2012), Yuksel *et al.* (2014), Tekin *et al.* (2017) i Singh, Rohatgi and Kumar (2017).

En general, s'ha pogut veure que hi ha pocs estudis on s'analitzin aquests paràmetres amb el Pentacam, ja que en la majoria de casos s'empren biòmetres. Tot i així, en els estudis que es va utilitzar tampoc es va trobar cap correlació significativa en cap de les variables estudiades (Wang and Taranath, 2012; Yuksel, Yuksel and Ozer, 2014). A més, alguns dels paràmetres analitzats en aquest estudi no s'han pogut trobar en cap altre, com l'excentricitat anterior i posterior, la paquimetria en el punt més prim, l'angle iridocorneal i les BFS anterior i posterior.

Respecte a les correlacions entre els paràmetres del segment anterior ocular, es va observar una correlació molt forta entre les paquimetries de $\rho = 0,996$ a ambdós ulls. Aquest valor era molt esperable, ja que en la majoria de còrnies el punt més prim i el punt central són molt pròxims o coincideixen. Tanmateix, els casos on això no es complia es van descartar per possibilitat d'ectàsia corneal, deixant entrar a l'estudi només subjectes amb la còrnia totalment sana. També es va trobar una correlació molt forta, i també esperable, entre l'angle iridocorneal i la profunditat de càmera anterior, de $\rho = 0,854$ a l'ull dret i de $\rho = 0,821$ a l'ull esquerre.

A més, entre l'excentricitat posterior i la profunditat de càmera anterior es van trobar correlacions estadísticament significatives de $\rho = -0,459$ a l'ull dret i de $\rho = -0,486$ a l'ull esquerre. També es va calcular una correlació entre l'excentricitat posterior i l'angle iridocorneal de $\rho = -0,416$ a l'ull dret i de $\rho = -0,397$ a l'ull esquerre. Aquestes correlacions no s'han observat en estudis anteriors.

Entre la paquimetria central i la profunditat de càmera anterior es va trobar una $\rho = -0,220$ a l'ull dret i $\rho = -0,248$ a l'ull esquerre. Palamar *et al.* (2016) també van trobar una correlació significativa entre les dues variables però, en aquest cas, amb un coeficient de 0,510.

Per últim, es van observar correlacions de l'edat amb la profunditat de càmera anterior ($\rho = -0,590$ a l'ull dret i $\rho = -0,604$ a l'ull esquerre) i amb l'angle iridocorneal ($\rho = -0,600$ a l'ull dret i $\rho = -0,569$ a l'ull esquerre). Orucoglu *et al.* (2015) també van trobar correlacions negatives entre aquestes variables, sent en el seu cas de $r = -0,481$ en la profunditat de càmera anterior, i de $r = -0,408$ en l'angle. Comparant d'altres correlacions, també se'n van trobar de molt febles entre els radis corneals anteriors i posteriors amb l'edat, o una correlació similar amb l'excentricitat posterior.

7. CONCLUSIONS, LIMITACIONS I FUTURS TREBALLS

Les conclusions més rellevants d'aquest estudi són les següents:

- No s'ha demostrat una relació significativament estadística entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior ocular mesurats amb el Pentacam HR® i les asimetries refractives de l'equivalent esfèric.
- Hi ha correlacions significatives entre diversos paràmetres del segment anterior ocular. Les més fortes són lògiques i esperables, com la correlació positiva entre les dues paquimetries, i entre la profunditat de la càmera anterior i l'angle iridocorneal. També s'han observat correlacions negatives de l'excentricitat posterior amb la profunditat de càmera anterior i amb l'angle iridocorneal, les quals no s'esperaven.
- L'edat està correlacionada amb alguns paràmetres del segment anterior ocular, destacant la correlació negativa amb la profunditat de la càmera anterior i amb l'angle iridocorneal. Per tant, segons aquest estudi, la profunditat de la càmera anterior i l'angle iridocorneal disminuirien amb l'edat.

Com en tots els estudis, aquest també ha presentat una sèrie de limitacions.

En primer lloc, la falta de pacients amb anisometropies de grau alt va fer que l'anàlisi de dades es reduís a un rang petit de diferències refractives, fet que potser va limitar l'obtenció de resultats significatius en les correlacions entre les diferències interoculars dels paràmetres del segment anterior i les diferències interoculars refractives. A més, els grups sense anisometropia presentaven un nombre més alt de subjectes, mentre que els grups amb anisometropia presentaven només 10 subjectes per grup, de manera que els valors tenen menys fiabilitat.

Un dels motius de la limitació anterior va ser el fet que es van haver d'eliminar molts registres del Pentacam® HR de subjectes per astigmatismes corneals alts,



ectàcies corneals, usuaris d'ortoqueratologia nocturna, etc. Per altra banda, en molts casos d'anisometropies altes no constava cap registre al Pentacam® HR. Això és a causa que al centre on es va dur a terme l'estudi no es realitza l'anàlisi del segment anterior per rutina, sinó en casos especials com els mencionats anteriorment.

Una altra limitació, ja que ha estat un estudi retrospectiu, és que la mesura de la refracció i dels registres del Pentacam® HR van ser realitzats per diferents examinadors, i això pot produir una certa variabilitat en els resultats. Tot i així, en tots els pacients aquestes dades van ser supervisades per un optometrista titulat, pel qual les dades es consideren fiables.

Relacionat amb aquest estudi, en futurs treballs seria interessant realitzar-ho de manera prospectiva, amb un rang més gran d'anisometropies i un major nombre de subjectes amb anisometropies altes. Havent comprovat en l'anàlisi d'estudis que un dels paràmetres més influents és la longitud axial, es podria incloure en l'anàlisi, introduint per exemple un biòmetre o el Pentacam® AXL. Per altra banda, es proposa estudiar amb més profunditat les correlacions de l'excentricitat posterior amb la profunditat de càmera anterior i l'angle iridocorneal.

8. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Barrett, B. T., Bradley, A. and Candy, T. R. (2013) 'The relationship between anisometropia and amblyopia', *Progress in Retinal and Eye Research*, 36, pp. 120–158.

Cevher, S. and Şahin, T. (2020) 'Does anisometropia affect the ciliary muscle thickness? An ultrasound biomicroscopy study', *International Ophthalmology*, pp. 1–10.

Drake, R. L., Vogl, W. and Mitchell, A. W. M. (2005) *Gray. Anatomía para estudiantes*. Madrid: Elsevier Inc.

Feng, M. T. *et al.* (2011) 'Anterior chamber depth in normal subjects by rotating scheimpflug imaging', *Saudi Journal of Ophthalmology*, 25(3), pp. 255–259.

Hashemi, H. *et al.* (2011) 'Prevalence and risk factors for anisometropia in the Tehran eye study, Iran', *Ophthalmic Epidemiology*, 18(3), pp. 122–128.

Hashemi, H. *et al.* (2013) 'All biometric components are important in anisometropia, not just axial length', *British Journal of Ophthalmology*, 97(12), pp. 1586–1591.

Jain, R. and Grewal, S. (2009) 'Pentacam: Principle and Clinical Applications', *Current Journal of Glaucoma Practice with DVD*, (C), pp. 20–32.

Kels, B. D., Grzybowski, A. and Grant-Kels, J. M. (2015) 'Human ocular anatomy', *Clinics in Dermatology*, 33(2), pp. 140–146.

Kolb, H. (1995) 'Gross Anatomy of the Eye', *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System*, pp. 1–8.

Lackner, B., Schmidinger, G. and Skorpik, C. (2005) 'Validity and repeatability of anterior chamber depth measurements with pentacam and orbiscan', *Optometry and Vision Science*, 82(9), pp. 858–861.

Levi, D. M., McKee, S. P. and Movshon, J. A. (2011) 'Visual deficits in anisometropia', *Vision Research*, 51(1), pp. 48–57.

Logan, N. S. *et al.* (2004) 'Posterior retinal contour in adult human anisomyopia', *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 45(7), pp. 2152–2162.

Milla, M. *et al.* (2011) 'Pachymetric measurements with a new Scheimpflug photography-based system: Intraobserver repeatability and agreement with optical coherence tomography pachymetry', *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 37(2), pp. 310–316.

Mohammadpour, M. (2020) *Diagnostics in Ocular Imaging, Diagnostics in Ocular Imaging*. Tehran, Iran: Springer Nature.

Montalbán, R. *et al.* (2012) 'Intrasubject repeatability of corneal morphology measurements obtained with a new Scheimpflug photography-based system', *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 38(6), pp. 971–977.

O'Donoghue, L. *et al.* (2013) 'Profile of anisometropia and aniso-astigmatism in children: Prevalence and association with age, ocular biometric measures, and refractive status', *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 54(1), pp. 602–608.

Orucoglu, F., Akman, M. and Onal, S. (2015) 'Analysis of age, refractive error and gender related changes of the cornea and the anterior segment of the eye with Scheimpflug imaging', *Contact Lens and Anterior Eye*, 38(5), pp. 345–350.

Ostadimoghaddam, H. *et al.* (2012) 'The prevalence of anisometropia in population base study', *Strabismus*, 20(4), pp. 152–157.

Palamar, M. *et al.* (2016) 'Evaluation of the anatomic and refractive differences in hyperopic anisometropia', *International Ophthalmology*, 36(6), pp. 881–886.

Pärssinen, O. *et al.* (2016) 'Anisometropia of ocular refractive and biometric measures among 66- to 79-year-old female twins', *Acta Ophthalmologica*, 94(8), pp. 768–774.

Piñero, D. P. (2015) 'Technologies for anatomical and geometric characterization of the corneal structure and anterior segment: A review', *Seminars in Ophthalmology*, 30(3), pp. 161–170.



Piñero, D. P., Plaza, A. B. and Alió, J. L. (2008) 'Anterior segment biometry with 2 imaging technologies: Very-high-frequency ultrasound scanning versus optical coherence tomography', *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 34(1), pp. 95–102.

Radhakrishnan, S. *et al.* (2001) 'Real-time optical coherence tomography of the anterior segment at 1310 nm', *Archives of Ophthalmology*, 119(8), pp. 1179–1185.

Remington, L. A. (2005) *Clinical Anatomy of the Visual System, Clinical Anatomy of the Visual System*. St. Louis: Elsevier.

Savini, G. *et al.* (2011) 'Repeatability of automatic measurements performed by a dual Scheimpflug analyzer in unoperated and post-refractive surgery eyes', *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 37(2), pp. 302–309.

Singh, N., Rohatgi, J. and Kumar, V. (2017) 'A Prospective Study of Anterior Segment Ocular Parameters in Anisometropia', *Korean Journal of Ophthalmology*, 31(2), p. 165.

Tekin, K. *et al.* (2017) 'Effect of myopic anisometropia on anterior and posterior ocular segment parameters', *International Ophthalmology*, 37(2), pp. 377–384.

Villa, C. and Santodomingo, J. (2010) 'La córnea. Parte I. Estructura, función y anatomía microscópica', *Gaceta Óptica: Órgano Oficial del Colegio Nacional de Ópticos-Optometristas de España*, 454, pp. 14–18.

Villa, C. and Santodomingo, J. (2011) 'La córnea. Parte II. Córnea central frente a córnea periférica', *Gaceta Óptica: Órgano Oficial del Colegio Nacional de Ópticos-Optometristas de España*, 455, pp. 14–18.

Vincent, S. J. *et al.* (2014) 'Myopic anisometropia: Ocular characteristics and aetiological considerations', *Clinical and Experimental Optometry*, pp. 291–307.

Wang, B. Z. and Taranath, D. (2012) 'A comparison between the amblyopic eye and normal fellow eye ocular architecture in children with hyperopic anisometropic amblyopia', *Journal of AAPOS*, 16(5), pp. 428–430.



Wegener, A. and Laser-junga, H. (2009) 'Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug's principle: Options and limitations - A review', *Clinical and Experimental Ophthalmology*, pp. 144–154.

Wu, H. M. *et al.* (2008) 'Anisometropia in an adult population in rural Myanmar: The Meiktila Eye Study', *Ophthalmic Epidemiology*, 15(3), pp. 162–166.

Yuksel, N., Yuksel, E. and Ozer, M. D. (2014) 'Evaluation of anterior segment parameters using the Pentacam in hyperopic anisometropic amblyopic and normal eyes', *Journal of AAPOS*, 18(3), pp. 248–250.

Zeng, J. *et al.* (2015) 'Correlation of axial length and corneal curvature with diopter in eyes of adults with anisometropia', *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 8(8), pp. 13639–13643.