

TRABAJO FIN DE GRADO  
ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

REPETIBILIDAD Y CONCORDANCIA DE LOS  
SISTEMAS IOL MASTER700, ANTERION Y  
PENTACAM HR

**Autora:**

Lucía Calleja Sainz

**Directores:**

Galadriel Giménez Calvo

Irene Altemir Gómez

2023

# RESUMEN

-Objetivo: evaluar la concordancia del sistema Anterion con los Gold Standard Actuales, IOL Master700 y Pentacam HR, al obtener los parámetros preoperatorios necesarios para calcular la lente intraocular (LIO) a implantar en la cirugía de cataratas. Además, se estudia la reproducibilidad y repetibilidad (Inter-operador e Intra-operador) de los tres aparatos, Anterion, IOL Master700 y Pentacam HR.

-Métodos: se midieron los siguientes parámetros biométricos: longitud axial (LA), profundidad de la cámara anterior (ACD), queratometría (K), aberración esférica corneal y aberración total de alto orden corneal (HOA), así como, el blanco-blanco (WTW), el diámetro pupilar (D pupilar), el grosor central de la córnea (CCT) y la cuerda mu (CW-Chord). Para evaluar la concordancia entre los dispositivos se utilizaron el coeficiente intraclase (ICC) y el análisis de Bland-Altman.

-Resultados: los aparatos IOL Master700 y Anterion tienen una correlación excelente en todos los parámetros biométricos excepto para WTW, D pupilar y CW-Chord<sup>(9)</sup> que, sin embargo, tienen una correlación moderada. En el caso de Pentacam HR y Anterion todos los parámetros tienen una correlación excelente-buena excepto HOA y la aberración esférica, que tienen una correlación Inter-aparato baja. En cuanto a los resultados Inter-operador, la correlación ha sido excelente-buena excepto CW-Chord en IOL Master700, el eje 2 posterior en Pentacam y el eje 2 en Anterion, que han obtenido una correlación moderada. Por último, los resultados Intra-operador: IOL Master700 ha demostrado una repetibilidad excelente-buena para todos los parámetros; para Pentacam también ha sido excelente-buena excepto para la aberración esférica para E2, que ha sido moderada; y Anterion excepto WTW y el eje 2 de la córnea que han tenido repetibilidad moderada, el resto también han sido excelente-buena.

-Conclusiones: Anterion ha demostrado buena correlación con IOL Master700 y Pentacam HR para la gran mayoría de los parámetros. Además, Anterion ha presentado una notable repetibilidad y reproducibilidad en sus mediciones para la mayoría de las variables evaluadas. También han obtenido estos resultados IOL Master700 y Pentacam HR.

Palabras clave: Anterion, IOL Master700, Pentacam HR, biometría, topografía, tomografía, OCT-SS.

# ABSTRACT

-Purpose: to evaluate the concordance of the Anterion system with the current Gold Standards, IOL Master700 and Pentacam HR, in obtaining the preoperative parameters necessary to calculate the intraocular lens (IOL) to be implanted in cataract surgery. In addition, the reproducibility and repeatability (Inter-operator and Intra-operator) of the three devices, Anterion, IOL Master700 and Pentacam HR, were studied.

-Methods: The following biometric parameters were measured: axial length (LA), anterior chamber depth (ACD), keratometry (K), corneal spherical aberration and total high order corneal aberration (HOA), as well as, white-to-white (WTW), pupillary diameter (D pupilar), corneal central thickness (CCT) and mu-chord (CW-Chord). Intraclass coefficient (ICC) and Bland-Altman analysis were used to assess agreement between devices.

-Results: IOL Master700 and Anterion devices have excellent correlation in all biometric parameters except for WTW, D pupilar and CW-Chord<sup>®</sup> which, however, have moderate correlation. In the case of Pentacam HR and Anterion all parameters have excellent-good correlation except HOA and spherical aberration, which have low Inter-device correlation. As for the Inter-operator results, the correlation has been excellent-good except CW-Chord in IOL Master700, posterior axis 2 in Pentacam and axis 2 in Anterion, which have obtained a moderate correlation. Finally, the Intra-operator results: IOL Master700 showed excellent-good repeatability for all parameters; for Pentacam it was also excellent-good except for spherical aberration for E2, which was moderate; and Anterion except WTW and corneal axis 2 which had moderate repeatability, the rest were also excellent-good.

-Conclusions: Anterion has demonstrated good correlation with IOL Master700 and Pentacam HR for most parameters. In addition, Anterion has shown remarkable repeatability and reproducibility in its measurements for most of the variables evaluated. IOL Master700 and Pentacam HR have also obtained these results.

Keywords: Anterion, IOL Master700, Pentacam HR, biometry, topography, tomography, OCT-SS.

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	CATARATA .....	2
1.2	TÉCNICA QUIRÚRGICA: FACOEMULSIFICACIÓN.....	5
1.3	PROTOCOLO PREOPERATORIO DE CIRUGÍA DE CATARATAS .....	6
2.	HIPÓTESIS.....	12
3.	OBJETIVOS.....	12
4.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	12
4.1	DISEÑO DEL ESTUDIO .....	12
4.2	PROTOCOLO EXPLORATORIO .....	13
4.3	ESTUDIO ESTADÍSTICO .....	15
5.	RESULTADOS .....	16
5.1	DEMOGRÁFICOS.....	16
5.2	VALORES DESCRIPTIVOS.....	16
5.3	ICC INTER-APARATO .....	17
5.4	ICC INTRA-OPERADOR .....	18
5.5	ICC INTER-OPERADOR .....	20
6.	DISCUSIÓN.....	21
7.	CONCLUSIONES.....	25

# ABREVIATURAS

ACD: profundidad de la cámara anterior (Anterior Chamber Depth)

AV: Agudeza Visual

CCT: grosor de la córnea central (Central Corneal Thickness)

CW-Chord: cuerda mu, distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje

CW-Chord( $\theta$ ): grados a los que está CW-Chord

D pupila: diámetro de la pupila

E1: Examinador 1

E2: Examinador 2

HOA: aberraciones de alto orden (High Order Aberrations)

K1: meridiano plano de la córnea (simK)

K2: meridiano curvo de la córnea simulado (simK)

LA: Longitud Axial

LIO: Lente Intraocular

LT: grosor del cristalino (Lens Thickness)

OCT: Tomografía de Coherencia Óptica

OCT-SS: Tomografía de Coherencia Óptica Swept-Source

OLCR: Reflectometría de baja coherencia óptica (Optical Low-Coherence Reflectometry)

PCI: Interferometría de coherencia parcial (Partial Coherence Interferometry)

PIO: Presión Intraocular

WTW: distancia blanco-blanco (White-To-White)

# 1. INTRODUCCIÓN

Según la OMS, actualmente en el mundo hay 2.200 millones de personas con deterioro visual. Al menos 1.000 millones se podrían haber evitado o aún no se ha puesto en tratamiento. De esos 1.000, 94 millones tienen deterioro visual producido por cataratas.<sup>1</sup>

La catarata es una patología ocular que afecta al cristalino y, en su mayoría, aparece en edades avanzadas. Esto representa un problema para nuestra sociedad, ya que la población está muy envejecida, es decir, al aumentar la población senil aumenta la prevalencia de catarata. Como solución a este problema solo hay un tratamiento posible, la cirugía.<sup>2</sup>

La cirugía de catarata es una de las cirugías más realizadas a nivel hospitalario. En los últimos 20 años se han realizado mejoras tanto en la técnica quirúrgica, como en la tecnología de los instrumentos, como en los medicamentos y en las lentes intraoculares (LIOs) que se implantan. Estas mejoras han hecho posible que nos encontremos ante menos complicaciones, mejores resultados visuales, más predecibles y, además, postoperatorios más cortos y mejor tolerados. Este gran progreso ha supuesto también un cambio de objetivos. Antes se buscaba simplemente deshacerse del cristalino opacificado, pero ha aumentado el nivel de exigencia en cuanto al defecto refractivo residual y ahora se busca la emetropización. El resultado refractivo postoperatorio va a depender, entre otras cosas, de las medidas preoperatorias a la cirugía, que incluyen longitud axial, queratometría, pupilometría e incluso aberraciones oculares en la implantación de lentes “premium”.<sup>3</sup>

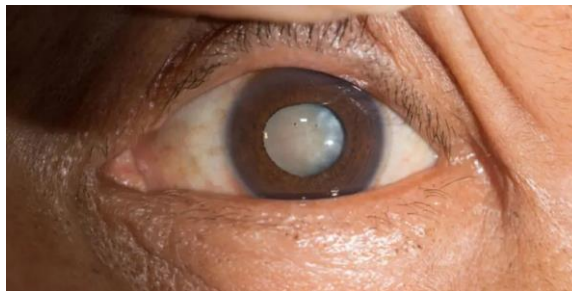
Actualmente, en el mercado hay diferentes instrumentos que se encargan de conseguir estas medidas preoperatorias: IOL Master700, Pentacam HR y Anterior. IOL Master700 es un biómetro óptico basado en la tecnología de Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) Swept Source (OCT-SS). Actualmente es el biómetro de referencia, el Gold Standard para calcular la potencia de la lente que se va a implantar en la cirugía de cataratas. Pentacam HR es un tomógrafo que utiliza la tecnología Scheimpflug. Es muy utilizado en la práctica clínica, ya que proporciona datos precisos de los parámetros corneales. Además, en los últimos años, han surgido nuevos instrumentos que permiten realizar medidas tanto de biometría ocular como de topografía corneal al mismo tiempo. Uno de los últimos equipos es Anterior, otro biómetro OCT-SS, pero que utiliza una longitud de onda mayor que IOL Master700, lo que proporciona imágenes con mayor resolución.

En este estudio se analiza la concordancia entre el nuevo dispositivo Anterior y los sistemas IOL Master700 y Pentacam HR, considerados Gold Standard. Por otro lado, también se estudia la repetibilidad y reproducibilidad de este nuevo dispositivo.

## 1.1 CATARATA

El cristalino es la lente natural del ojo. Su función es transmitir la luz y enfocarla en la retina, donde los fotorreceptores la detectarán y la transmitirán al cerebro a través de las vías visuales.<sup>4</sup>

La catarata es la opacificación del cristalino (Figura 1). Su origen puede ser diverso, aunque lo más frecuente es que aparezca en edades avanzadas, a partir de los 40 años aproximadamente. Las proteínas que forman el cristalino se desnaturalizan y más tarde se coagulan y producen zonas opacas en el cristalino.<sup>5,6</sup>



**Figura 1. Cómo se ve una catarata avanzada.**<sup>7</sup>

Como consecuencia pueden producir una disminución de la agudeza visual de forma progresiva, deslumbramientos, halos, disminución de la visión nocturna, saturación de los colores, diplopía monocular y alteración de la sensibilidad al contraste.<sup>6</sup>

Si las cataratas avanzan lo suficiente pueden afectar a la capacidad de realizar actividades de la vida diaria o a las relaciones sociales: puede disminuir la participación en actividades sociales o tareas diarias, pueden caer en depresión, es más probable que quieran ir a una residencia de ancianos, se caen más (más fracturas de cadera), hay más accidentes de tráfico e incluso aumenta la mortalidad. En definitiva, influyen a la calidad de vida de las personas.

### ETIOPATOGENIA

Las cataratas tienen un origen multifactorial, los factores más importantes en su aparición son:

- a) La edad: la mayoría de las cataratas son debidas a la edad. Son más frecuentes en mujeres. En la población mayor de 85 años hay un 100% de probabilidad de tener cataratas. La más frecuente es la catarata nuclear.
- b) Patologías: hay patologías que se han asociado con la aparición de cataratas. Algunas de estas patologías son: la diabetes mellitus, la artritis, la insuficiencia renal, la dermatitis atópica, entre otros.
- c) Medicamentos: según el tipo de fármaco se forman en distintas partes del cristalino:

- a. Cataratas nucleares: las pueden producir las fenotiacinas, clorpromacina y mióticos tópicos.
  - b. Cataratas corticales: las hormonas tiroideas y amioradona.
  - c. Cataratas subcapsulares posteriores: corticoides.
- d) Exposición solar: se deben a la luz ultravioleta. Suelen ser cataratas corticales. Por esta razón en lugares cercanos al ecuador desarrollan cataratas a una edad más temprana.
- e) Tóxicos: es el principal factor evitable. Se debe al tabaco (nucleares y subcapsulares posteriores) y al alcohol (subcapsulares posteriores).
- f) Traumatismos: perforantes (en los que se vea afectado el cristalino), postquirúrgicos o debido a radiaciones ionizantes (pacientes de radioterapia).
- g) Enfermedades oculares:
- a. Miopía magna: en estos pacientes las cataratas aparecen con más frecuencia y en edades un poco más tempranas.
  - b. Uveítis: las cataratas son una posible complicación de la uveítis, pero también pueden aparecer debido a su tratamiento (corticoides).
  - c. Síndrome pseudoexfoliativo: aumenta la probabilidad de la aparición de cataratas, glaucoma y atrofia iridiada.
- h) Genética: hay patologías hereditarias que favorecen la aparición de cataratas.<sup>6</sup>

## CLASIFICACIÓN

Podemos clasificar las cataratas de distintas maneras: por su edad de aparición, por su localización o por su estadio evolutivo.

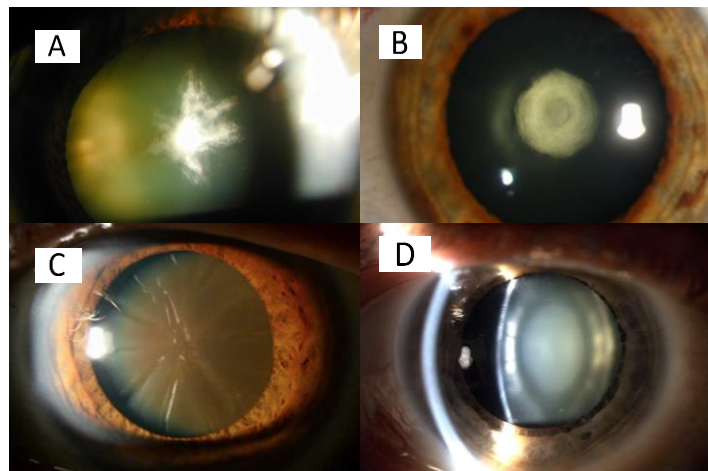
Según la edad de aparición se agrupan en: congénita, infantil, juvenil, presenil o senil (catarata asociada a la edad):

- Congénita: se manifiesta en el momento del nacimiento o en el primer año de vida. Suele ser hereditaria o secundaria a agresiones intrauterinas. Al producirse en las etapas tempranas del desarrollo visual produce una gran pérdida de visión y ambliopía. Por lo que el diagnóstico y tratamiento precoz son fundamentales para el pronóstico visual. Pueden ser bilaterales o unilaterales.<sup>8</sup>
- Infantil: se tratan de cataratas secundarias a infecciones (rubeola o el síndrome de Lowe, por ejemplo).
- Juvenil: debidas a lesiones oculares, uveítis o diabetes mellitus.
- Presenil: cataratas que aparecen antes de los 45 años.

- Senil: es la más frecuente de las cataratas. Afecta a las personas mayores de 50 años. Es bilateral y asimétrica. Se cree que la causa es una combinación de predisposición genética y de factores ambientales que dañan a las proteínas y células del cristalino.<sup>4,8</sup>

Según su localización se pueden clasificar en subcapsulares, corticales y nucleares (Figura 2):

- Subcapsulares: las más frecuentes son las posteriores. Producen mucho deslumbramiento.
  - Anterior: están por debajo de la cápsula del cristalino.
  - Posterior: se forman frente a la cápsula posterior.
- Corticales: se opacifica la periferia de la corteza.
- Nucleares: son las más frecuentes. Como su nombre indica, está en el núcleo del cristalino. Suele asociar una miopización, ya que se aumenta el índice de refracción del núcleo.



**Figura 2. Tipos de cataratas según su localización. A) Catarata subcapsular anterior; B) Catarata subcapsular posterior; C) Catarata cortical; D) Catarata nuclear<sup>9,10,11</sup>**

Según su estado evolutivo:

- Inmadura: hay opacidades dispersas y en zonas transparentes.
- Madura: aún no está perdida toda la transparencia el cristalino.
- Hipermadura: el cristalino está deshidratado, se forman arrugas en la cápsula anterior.
- Morganiana: cuando hay una catarata hipermadura, pero se licuan las fibras corticales del cristalino y el núcleo de luxa hacia abajo.<sup>12</sup>

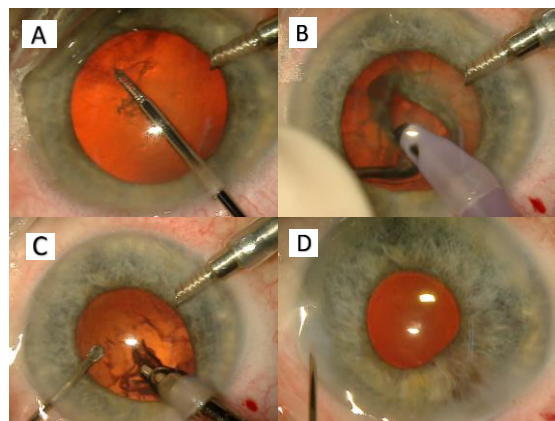
## 1.2 TÉCNICA QUIRÚRGICA: FACOEMULSIFICACIÓN

### CÓMO SE REALIZA

Se dilata la pupila y se instalan gotas de antibióticos y antiinflamatorios. También se echa una gota de povidona yodada al 5% para disminuir el riesgo de endoftalmitis.

Se utiliza anestesia tópica y se sujeta el ojo con un blefarostato para mantenerlo abierto. Se realiza una incisión principal de unos 2,4-2,7mm y una o dos secundarias para el material de apoyo.

Primero se llena la cámara anterior de viscoelástico. Su función será proporcionar soporte y proteger estructuras. Después, se procede a realizar con pinzas la capsulorrexia, una apertura circular continua de la cápsula anterior de unos 4-5mm. Luego, con el facoemulsificador se rompe la catarata por ultrasonidos y se aspira. Cuando ya no queda catarata se aspiran las fibras que quedan, se mete viscoelástico y se introduce la LIO (Figura 3). Existen diferentes tipos de lentes, la que se implanta con más frecuencia suele tener una óptica monofocal, es decir, nos da imagen nítida sólo a una distancia. La operación dura alrededor de 30 minutos.



**Figura 3. Facoemulsificación de catarata. A) Capsulorrexia; B) Rotura de la catarata (facoemulsificación); C) Aspiración de las fibras; D) LIO implantada<sup>13</sup>**

El post operatorio de esta cirugía es rápido. Al día siguiente se pueden realizar actividades cotidianas.

### COMPLICACIONES

Las complicaciones en esta cirugía son raras (menos del 1%).<sup>4</sup>

Intraoperatorias: son las que pueden ocurrir durante la cirugía. Algunas de ellas son las siguientes:

- Rotura de la cápsula posterior del cristalino: es la complicación intraoperatoria más frecuente. Puede asociar una caída del núcleo, pérdida de núcleo, desprendimiento de retina, edema macular y dificultad en la colocación de la LIO.

- Rotura zonular: en el examen preoperatorio es importante evaluar la presencia de zónulas débiles. También ocurren de forma más habitual en pacientes con síndrome pseudoexfoliativo, pacientes que hayan sufrido un traumatismo o en pacientes ancianos. Cuando ocurre se debe de buscar la presencia de vítreo en la cámara anterior.
- Hemorragia coroidea: es una complicación muy grave debido a que puede causar la pérdida de visión permanente. La hemorragia puede causar la expulsión de contenido fuera del ojo. Se puede producir por la compresión y descompresión de vasos frágiles.<sup>14,15</sup>

Postoperatorias: ocurren tras la cirugía. Algunas son:

- Opacificación de la cápsula posterior: es la complicación postoperatoria más frecuente. Se produce ya que, inevitablemente, células residuales del cristalino se quedan en el saco capsular. Algunos factores de riesgo son ser un paciente joven y la uveítis o la inflamación ocular.
- Aumento de la PIO: los ojos sometidos a cirugía presentan un aumento de PIO transitorio. Se puede agravar si el material viscoelástico no se aspira completamente.
- Descompensación corneal: tras la cirugía de cataratas se pierden células endoteliales, pero en algunos casos se puede llegar a descompensar la córnea. Esto es más frecuente en pacientes con distrofias endoteliales, longitudes axiales cortas o un tiempo de facoemulsificación elevado.
- Edema macular quístico: el líquido intrarretiniano se acumula entre las capas plexiforme externa y nuclear interna. Puede causar una reducción de la visión.
- Desprendimiento de retina: el riesgo de que ocurra aumenta tras la cirugía. Se puede deber a un desprendimiento de vítreo posterior asociado a la pérdida de volumen por la extracción de cristalino y la implantación de una LIO.
- Endoftalmitis: tiene consecuencias muy graves, es por ello por lo que el diagnóstico precoz es muy importante. Se puede presentar de forma aguda o crónica. Si es aguda causa dolor, enrojecimiento, hipopion, vitritis y presenta células inflamatorias en la cámara anterior. Si es crónica se presenta como una inflamación persistente.
- Sorpresa refractiva: suele ocurrir en longitudes axiales medidas de forma inexacta por los biómetros. Suele suceder también en pacientes con cirugía láser refractiva previa.<sup>14</sup>

### 1.3 PROTOCOLO PREOPERATORIO DE CIRUGÍA DE CATARATAS

Antes del procedimiento quirúrgico se realiza un examen preoperatorio en el que se incluyen las siguientes pruebas.

Lo primero se realiza una exploración básica que incluye: agudeza visual (AV), se comprueba la salud ocular tanto del polo anterior como del posterior y se mide la presión intraocular (PIO):

- AV: con una pantalla de optotipos calibrada a una distancia mayor de 4 metros se comprueba cuánto es capaz de distinguir el sistema visual de los pacientes.

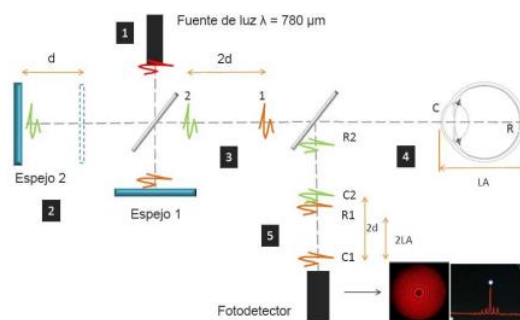
- Salud ocular: se observan en la lámpara de hendidura las siguientes estructuras: párpados, pestañas, puntos lagrimales, borde palpebral, conjuntiva, córnea, iris, ángulo camerular, humor acuoso y cristalino. Al instilar tropicamida al 5% (midriático ciclopéptico) se pueden examinar más detalladamente el humor vítreo, retina y disco óptico con una lente de 90D en la lámpara de hendidura. No obstante, también se pueden observar sin tropicamida, aunque es más complicado. También se puede valorar el fono de ojo mediante oftalmoscopia indirecta. Se necesita una lente de 20D. Así se comprueba que todas las estructuras se encuentran sanas.
- PIO: se mide la presión intraocular mediante la tonometría Goldmann. Se realiza esta prueba para valorar el estado del ojo, para asegurar que no tiene una PIO alta antes de realizar una operación.

Posteriormente se realizan las pruebas biométricas, que incluyen: autorrefractometría, biometría, topografía, OCT y microscopía endotelial.

1. **Autorrefractometría**: se lleva a cabo con un autorrefractómetro. Mide la refracción del ojo (objetivamente) y la curvatura corneal de los 3mm centrales de los meridianos principales del ojo. Realiza las medidas automáticamente, por lo que se debe de tomar como una medida referencial.
2. **Biometría**: realiza las medidas de las estructuras del ojo a lo largo de su eje axial. Estas medidas se utilizan para el cálculo de la potencia de la LIO a implantar. Existen dos tipos, ultrasónica y óptica.
  - a. Ultrasónica: fue considerado el biómetro Gold Standard durante varias décadas. Consiste en una técnica ecográfica que utiliza ultrasonidos. Hay un cristal incrustado en la sonda que oscila y produce una onda sonora de alta frecuencia. Estas ondas acústicas van atravesando los tejidos y cuando sufren fenómenos de reflexión o refracción al pasar de un medio de propagación a otro, producen un efecto de rebote o eco que puede ser registrado. La distancia entre los picos registrados proporciona medidas indirectas de los tejidos del globo ocular. La altura de los picos depende de la fuerza con la que rebota el eco. Mide hasta la membrana limitante interna.<sup>6,16</sup> Existen dos tipos:
    - Por inmersión: es más precisa que la de aplanamiento, ya que no presiona el globo ocular, pero es más difícil y lenta. Se necesita un anestésico tópico y vidrios de contacto que se apoyan en la esclera (concha).
    - De contacto/aplanamiento: es más rápida y sencilla. Hay que apoyar la sonda en la córnea, lo que la hace menos precisa. También es necesario el uso de anestésico.
  - b. Óptica: técnica de no contacto, rápida, cómoda para el paciente, fácil de realizar y fácil de reproducir. En 1999 se consideró como Gold Standard IOL Master500.

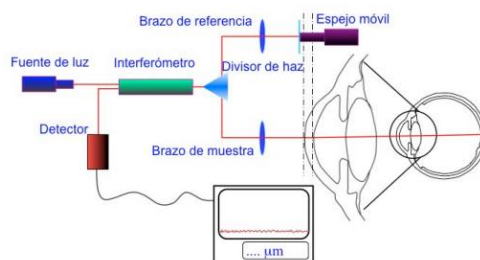
Tiene mayor resolución y precisión que la biometría ultrasónica. Actualmente hay tres tipos de biómetros ópticos dependiendo de qué tecnología usen:

-Interferometría de coherencia parcial (PCI): IOL Master500 se basa en esta tecnología. Emite un haz de luz infrarrojo de 780nm mediante un diodo laser. Mide la distancia desde el epitelio de la córnea hasta el epitelio pigmentario de retina. Es una variación de la OCT (una variación del interferómetro de Michelson): hay dos haces de luz coaxiales, pasan por un divisor de haz y se reflejan los haces hacia el ojo por dos espejos, uno móvil y otro fijo. Los haces atraviesan el ojo y producen reflejos cuando cambia el índice de refracción al pasar de una estructura a otra del ojo. Al salir del ojo los haces se dirigen mediante otro divisor a un fotorreceptor (Figura 4).<sup>6</sup>



**Figura 4. Funcionamiento de la interferometría de coherencia parcial<sup>6</sup>**

-Reflectometría óptica de baja coherencia (OLCR): se basa en esta tecnología el dispositivo Lenstar LS900. Utiliza un diodo de super luminiscente de 820nm que está acoplado a un reflectómetro (elemento de medición y fijación del paciente). Cuando se refleja el haz al pasar por las estructuras se forman reflexiones superpuestas interferométricamente en el brazo de referencia (Figura 5).<sup>6</sup>



**Figura 5. Funcionamiento de la reflectometría óptica de baja coherencia<sup>6</sup>**

-OCT-SS: esta tecnología se introdujo en la práctica clínica en 2012, 2014 en Europa.<sup>17</sup> La profundidad de exploración es de 44mm y la resolución tisular es de 22 μm. Usa un láser sintonizable. Los biómetros más modernos como Anterior e IOL Master700, utilizan esta tecnología. Comparado con un biómetro PCI, uno Swept Source permite escanear un área más profunda y obtener una imagen de mayor calidad. También

permite la visualización transversal a lo largo del eje visual y tiene buena penetración en presencia de catarata.

Actualmente, la biometría óptica ha desbancado a la biometría ultrasónica por ser más precisa, más rápida y cómoda para el paciente ya que no es necesario anestesia. Aunque cuando el medio es muy opaco (la catarata es muy densa) la luz del biómetro óptico no es capaz de penetrar se utiliza el biómetro ultrasónico.<sup>18</sup>

3. **Topografías:** hay algo de confusión entre los términos topografía y tomografía. Topografía corneal es el estudio de la forma de la superficie y tomografía corneal es la reconstrucción en tres dimensiones de las superficies anterior y posterior de la córnea (junto con la paquimetría).

a. Hay varias técnicas de topografía: disco de Plácido (con cono largo o corto) y diodo emisor de luz en color. También se ha comercializado hace poco es el topógrafo corneal de color LED (Light Emitting Diode).

-Los discos de Plácido normalmente adquieren datos de 22 discos blancos con una resolución angular de 2°. Pueden ser de cono corto o largo. Los de cono corto adquieren más puntos de información, por lo que podrían ser más precisos, pero tienen una distancia de trabajo más corta, lo que dificulta la medida en pacientes con órbitas profundas.

-El diodo emisor de luz se basa en la reconstrucción punto a punto de reflexiones especulares.

-El topógrafo corneal de color LED analiza la forma de la córnea basándose en la reconstrucción punto a punto de reflexiones especulares de 679 puntos de colores pseudoaleatorios.

Actualmente, los topógrafos también son utilizados para evaluar la película lagrimal de forma no invasiva y se han combinado con aberrometría.

b. En cuanto a las tomografías, existen las siguientes tecnologías: por hendidura, por cámaras Scheimpflug y por OCT y OCT-SS.

-En la tomografía por hendidura se proyectan 40 hendiduras de luz y el dispositivo calcula la curvatura de la córnea basándose en el cálculo del borde frontal de las hendiduras. Más tarde se combinó con un disco de Plácido.

-Tomografía con tecnología Scheimpflug: evalúa hasta la cara posterior del cristalino. Utiliza una cámara Scheimpflug giratoria y la fuente de luz monocromática LED azul de 475nm. Giran 180° juntas alrededor del eje óptico. Tarda 2 segundos en girar y obtener las mediciones. Adquiere 25 imágenes que contienen 500 puntos de medición de la superficie anterior y posterior de la

córnea. A partir de esos datos el software es capaz de crear mapas axiales y tangenciales.

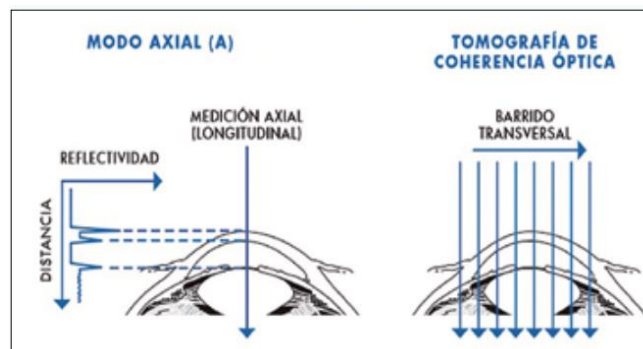
-También se puede ver la topografía con otros métodos, como con un OCT u OCT-SS.<sup>19,20</sup>

4. **OCT**: es una técnica de interferometría basada en el uso de la luz de baja coherencia. Obtiene imágenes en vivo del polo posterior e incluso del segmento anterior para poder analizar esas estructuras. Se suele hacer una OCT macular y de papila en el preoperatorio de cataratas. Permite confirmar que no hay patologías en el fondo de ojo.

Se basa en el interferómetro de Michelson. Se fundamenta en un principio semejante a la ecografía ultrasónica, pero en vez de ondas acústicas, un haz de luz.

Un haz de luz es emitido por un láser de diodo. Éste se divide en dos, uno llega a la retina y otro se refleja y va hacia el espejo de referencia. El que se dirige a la retina se va reflejando parcialmente según se encuentra estructuras dentro del tejido, entonces el haz que regresa al divisor de haz contiene “ecos”. El haz que incide en el espejo de referencia se refleja y vuelve al divisor. Se combinan de nuevo ambos haces en el divisor y el detector lo analiza.

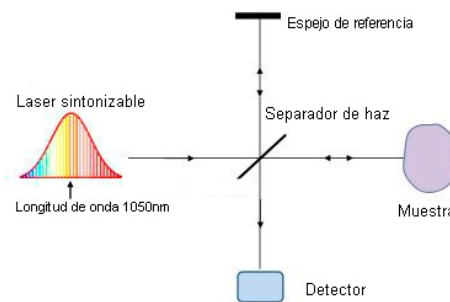
Como se sabe la distancia a la que se encuentra el espejo de referencia, se puede conocer la distancia a la que se encuentran las estructuras de la retina que han producido ecos que han coincidido con un reflejo del espejo de referencia y se pueden representar esas distancias se obtiene una imagen en sentido axial (A-scan). El registro de varios A-scans contiguos dan una imagen bidimensional de la retina, una tomografía (Figura 6).<sup>21</sup>



**Figura 6. A la izquierda se representa un escáner único en sentido axial, a la izquierda varios A-scans formando una tomografía.**<sup>21</sup>

Es una técnica rápida, no invasiva y una muy buena resolución. Requiere transparencia de medios. Hay tres tipos de OCT:

- a. Dominio temporal: es el método original. Es comparado con el ecógrafo ultrasónico. Se crea una imagen secuencial midiendo el tiempo de retardo del eco y la intensidad que se ha reflejado y dispersado.
- b. Dominio frecuencial: adquiere información sin exploración axial. Se evalúa el espectro de la interferencia entre la luz reflejada y el espejo estacionario. La longitud del brazo de referencia es fija y las interferencias se obtienen para distintas longitudes de onda a la vez. Al salir del interferómetro se recoge con un espectrómetro.<sup>21</sup>
- c. Swept Source: es parecida a dominio frecuencial, pero el haz de luz en vez de ser un diodo de luz es un láser sintonizable, por lo que no hace falta un espectrómetro ya que la luz sale dividida en su espectro (Figura 7). Esto permite que sea una técnica el doble de rápida que la de dominio espectral. Además, como la longitud de onda de esta OCT (de media 1050nm) es mayor que la de dominio espectral (840nm), permite penetrar más en los tejidos. Permite visualizar el epitelio pigmentario de la retina, todo el espesor de la coroides y estructuras bajo una hemorragia retiniana.<sup>17</sup>



**Figura 7. Funcionamiento simplificado de OCT-SS.**<sup>17</sup>

- 5. **Microscopía endotelial**: permite conocer el área y la densidad celular, el pleomorfismo y polimegatismo. Es importante realizar esta prueba ya que cuando se lleva a cabo una cirugía se pierden células, puesto que, si una persona inicialmente tiene un conteo reducido, tras la cirugía este número va a disminuir, y como consecuencia se puede perder la transparencia de la córnea.<sup>22</sup> Gracias al principio de la confocalidad el haz de luz láser ilumina la muestra a un plano focal limitado. Permite obtener imágenes nítidas de planos correspondientes a 0,5µm de grosor.<sup>23</sup>

## 2. HIPÓTESIS

Los valores biométricos medidos antes de la cirugía de catarata mediante el sistema Anterion son concordantes con los medidos con IOL Master700 y Pentacam HR.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo principal es evaluar la concordancia de las medidas preoperatorias de Anterion respecto al Gold Standard, entendiendo como Gold Standard IOLMaster 700 y Pentacam HR.

Como objetivos secundarios se van a evaluar la fiabilidad Intra-operador e Inter-operador. Con Intra-operador se verifica la consistencia de múltiples medidas realizadas en un mismo sujeto por un mismo examinador mediante el sistema Anterion. En cambio, la Inter-operador verifica la consistencia de medidas realizadas por dos examinadores con diferente grado de experiencia en un mismo sujeto mediante el sistema Anterion.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio ha sido realizado en el Hospital Nuestra Señora de Gracia en Zaragoza en la Unidad de Alta Resolución de Catarata (ARCCA). La toma de medidas se realizó entre octubre de 2022 y abril de 2023.

Se escogieron pacientes que iban a ser operados de cataratas. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y todos los procedimientos se han llevado a cabo siguiendo los principios de la Declaración de Helsinki.

Se seleccionó un ojo al azar del paciente a no ser que el otro ya estuviera operado, en cuyo caso se estudió el no operado.

Las medidas se realizaron entre dos optometristas, uno experimentado (Examinador 1) y otro en último año de carrera del grado de Óptica y Optometría (Examinador 2).

El examinador 1 (E1) realizó las medidas a 10 participantes con los 3 aparatos 3 veces. El examinador 2 (E2) siguió el mismo procedimiento con otros 10 pacientes. De esta forma se puede calcular la repetibilidad de las medidas.

A otros 10 participantes se les realizaron 2 veces las medidas, la primera vez un examinador y la segunda el otro.

Al resto (30 pacientes) se les realizó una medida con cada aparato, independientemente del examinador.

Los criterios de inclusión para este estudio fueron:

- Tener catarata en lista de espera para operar
- Paciente colaborativo

Y los criterios de exclusión:

- Pacientes con cualquier patología ocular (glaucoma, retinopatías...)
- Cirugía ocular previa (cualquier cirugía ya sea refractiva, de glaucoma, de retina o de córnea)
- Imposibilidad de realizar las medidas

## 4.2 PROTOCOLO EXPLORATORIO

Se realizó un examen visual completo del preoperatorio de cataratas el cual incluyó: una exploración básica (AV, salud ocular tanto del polo anterior como posterior y medida de la PIO), autorrefractometría, biometría, topografía, OCT y microscopía endotelial.

Después, se realizaron las medidas biométricas con los siguientes instrumentos:

1. **IOL Master700** (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) (Figura 8): es el biómetro Gold Standard. Está basado en la tecnología OCT-SS que utiliza una longitud de onda de 1050nm. Tiene una alta resolución axial y lateral, ya que realiza 2.000 exámenes por segundo. Además, ofrece una imagen OCT en un corte longitudinal completo del ojo. Es un biómetro con queratometría telecéntrica (independiente de la distancia).<sup>24</sup>

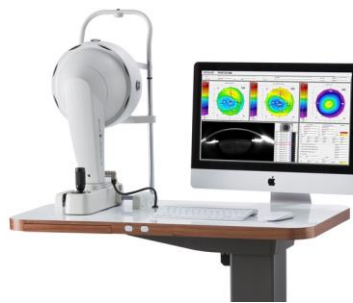
La fuente de luz de es un láser sintonizable (su longitud de onda de operación puede alterarse de manera controlada). Dos haces coaxiales entran en el ojo y se reflejan en las interfaces de la córnea y la retina. Al salir del ojo la diferencia en la frecuencia es detectada por un fotorreceptor y proporciona una imagen OCT que muestra los detalles anatómicos del ojo en un corte longitudinal a través de todo el ojo.<sup>25,26</sup>



Figura 8. Imagen de IOL Master700.<sup>27</sup>

2. **Pentacam HR** (Oculus Inc., Wetzlar, Germany) (Figura 9): es uno de los tomógrafos más utilizados en la práctica clínica, es el Gold Standard. Emplea una cámara Scheimpflug que rota 360° para obtener un mapa de elevación de las superficies anterior y posterior de la córnea. Mide 138.000 puntos en 2 segundos. La fuente de luz es LED azul libre de UV con una longitud de onda de 475nm. Obtiene 25 imágenes y una gran cantidad de datos, entre ellos datos tomográficos, topográficos y paquimétricos. Además, proporciona una reconstrucción tridimensional del segmento anterior desde la cara anterior de la córnea hasta la cara posterior del cristalino.<sup>28</sup>

Se realizó en condiciones mesópicas, por esto se realizó en una habitación diferente al resto de pruebas, necesita diferentes condiciones de iluminación.



**Figura 9: imagen de Pentacam HR.**<sup>29</sup>

3. **Anterion** (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) (Figura 10): es un biómetro óptico basado en OCT-SS con tecnología de trazado de rayos que utiliza una longitud de onda de 1300nm, mayor que la del IOL Master700. Por esta razón proporciona imágenes de alta resolución. Se realizan 65 escaneos en 1 segundo, 65 B-scan radiales compuestos de 256 A-scan, lo resulta en una cantidad total de 16.640 A-scan en una zona de 8 mm. Usa un eye-tracker centrado en el vertex corneal durante las medidas.<sup>30</sup>

Se realizó la modalidad de examen "Cataract" en condiciones de luz ambiente, al igual que el IOL Master700.



**Figura 10. Imagen de Anterion.**<sup>31</sup>

Los parámetros de cada instrumento a comparar se muestran la Tabla 1.

**Tabla 1: Parámetros escogidos de cada instrumento para el estudio**

	IOL MASTER700	PENTACAM HR	ANTERION
LA	•		•
K1		•	•
K2		•	•
Eje 2		•	•
ACD	•		•
LT	•		•
CCT		•	•
WTW	•		•
D pupila	•		•
CW-CHORD	•		•
CW-CHORD (°)	•		•
K1 posterior		•	•
K2 posterior		•	•
Eje 2 posterior		•	•
HOA (4mm)		•	•
ABERRACIÓN ESFÉRICA (4mm)		•	•

LA: longitud axial; K1: meridiano plano de la córnea (simK); K2: meridiano curvo de la córnea (simK); ACD: profundidad de la cámara anterior; LT: grosor del cristalino; CCT: grosor de la córnea central; WTW: distancia blanco-blanco; D pupila: diámetro de la pupila; CW-CHORD: distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje; CW-CHORD (°): grados a los que está CW-CHORD; K1 posterior: meridiano plano de la cara posterior de la córnea; K2 posterior: meridiano curvo de la cara posterior de la córnea; HOA: aberraciones de alto orden.

Como aclaración, K1, K2 y eje 2 se refieren a la queratometría total calculada teniendo en cuenta sólo la cara anterior de la córnea (queratometría simulada, SimK). K1 posterior, K2 posterior y eje 2 posterior se refiere a la queratometría de la cara posterior de la córnea.

### 4.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó en RStudio (v. 2022.07.0). Se calculó el Índice de Correlación Intraclase utilizando el *paquete irr*. Las gráficas de Bland-Altman, que se encuentran en Anexo I, se realizaron utilizando el *paquete dplyr*, ploteando la diferencia entre las medidas frente al valor medio de las medidas.

El Índice de Correlación de Interclase (ICC) mide el grado de acuerdo o consistencia entre medidas cuya varianza puede ser atribuida, por ejemplo:

- Entre examinadores (Inter-operador): variaciones cuando varios examinadores miden a la misma población.
- Entre instrumentos (Intra-operador): variaciones cuando se mide a la misma población, pero con instrumentos diferentes.

Los valores del ICC van a oscilar entre 0 y 1, donde 0 indica la falta de concordancia y 1 la concordancia absoluta. Se estableció que valores de ICC menores de 0,4 representaban baja fiabilidad, valores entre 0,4 y 0,75 representaban una fiabilidad regular-moderada, valores entre 0,75 y 0,9 buena y mayor de 0,9 excelente.<sup>32</sup>

## 5. RESULTADOS

Se analizaron 60 ojos pertenecientes a 60 pacientes. La edad media de los pacientes fue de  $73,37 \pm 7,76$  años.

### 5.1 DEMOGRÁFICOS

Todos los participantes tenían entre 55 y 91 años. La mayoría se encuentran en el grupo entre los 70 y los 80 años (51,67%). Las mujeres representan en 56,67% de los participantes y se midió el ojo de derecho en un 55% (Tabla 2).

**Tabla 2: datos demográficos de la muestra**

		No.	%
SEXO	Mujeres	34	56,67
	Hombres	26	43,33
	Total	60	
OJO	Derecho	33	55
	Izquierdo	27	45
EDAD	<60	5	8,33
	61-70	14	23,33
	70-80	31	51,67
	>81	10	16,67

### 5.2 VALORES DESCRIPTIVOS

A continuación, se presentan la media y la desviación estándar de los parámetros biométricos en la Tabla 3.

**Tabla 3. Media y desviación estándar de los parámetros**

	IOL Master700	Pentacam HR	Anterion
LA (mm)	23,43±1,23	--	23,35±1,19
K1 (D)	--	43,31±1,53	43,55±1,54
K2 (D)	--	44,34±1,53	44,55±1,50
Eje 2 (°)	--	88,52±51,27	83,33±54,56
ACD (mm)	2,99±0,38	--	3,11±0,48
LT (mm)	4,60±0,42	--	4,73±0,44
CCT (mm)	--	451±200,02	540±29,20
WTW (mm)	11,9±0,40	--	11,6±0,42
D pupila	3,71±0,75	--	3,78±1,09
CW-Chord (mm)	0,338±0,23	--	0,324±0,18
CW-Chord (°)	213±97,08	--	202±99,36
K1 posterior (D)	--	-6,22±0,25	-6,14±0,29
K2 posterior (D)	--	-6,50±0,27	-6,35±0,26
Eje 2 posterior (°)	--	89,3±22,74	94,98±37,18
HOA (μm)	--	0,309±0,30	0,163±0,06
Aberración esférica(μm)	--	0,088±0,04	0,067±0,03

LA: longitud axial; K1: meridiano plano de la córnea (simK); K2: meridiano curvo de la córnea (simK); ACD: profundidad de la cámara anterior; LT: grosor del cristalino; CCT: grosor de la córnea central; WTW: distancia blanco-blanco; D pupila: diámetro de la pupila; CW-CHORD: distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje; CW-CHORD (°): grados a los que está CW-CHORD; K1 posterior: meridiano plano de la cara posterior de la córnea; K2 posterior: meridiano curvo de la cara posterior de la córnea; HOA: aberraciones de alto orden.

### 5.3 ICC INTER-APARATO

ICC Inter-aparato es el objetivo principal. Indica la concordancia entre dos o más medidas obtenidas con diferentes instrumentos de medida. En este caso cada examinador realizó las medidas con los tres aparatos. Los resultados se observan en la Tabla 4 y Figura 8.

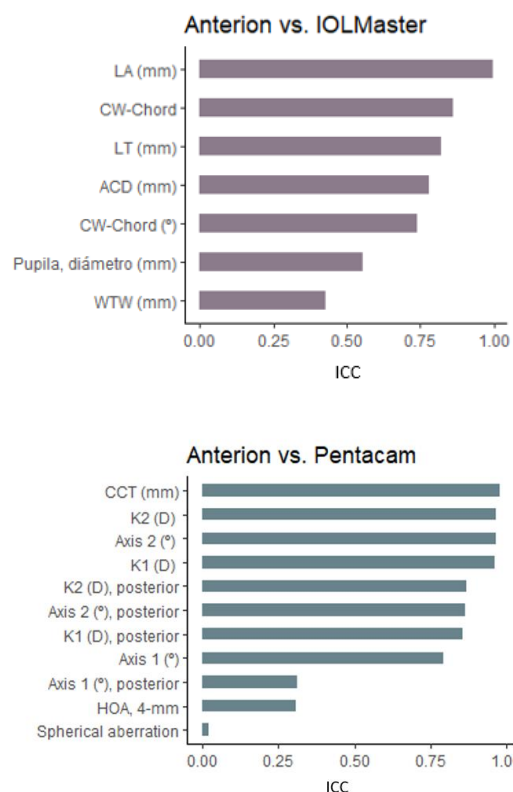
**Tabla 4. Índice de correlación Intraclase del Anterion frente al Gold Standard (IOL Master700 y Pentacam HR)**

**Gold Standard: IOL Master700**

	ICC	Intervalo confianza 95%
LA (mm)	0,998	0,996 – 0,999
ACD (mm)	0,782	0,642 – 0,871
LT (mm)	0,819	0,699 – 0,895
WTW (mm)	0,430	0,174 – 0,633
D pupila (mm)	0,554	0,325 – 0,722
CW-Chord (mm)	0,862	0,767 – 0,919
CW-Chord (°)	0,738	0,580 – 0,843

**Gold Standard: Pentacam HR**

	ICC	Intervalo confianza 95%
K1(D)	0,959	0,930 – 0,977
K2 (D)	0,963	0,936 – 0,979
Eje 2 (°)	0,963	0,936 – 0,979
CCT (mm)	0,976	0,959 – 0,986
K1 posterior (D)	0,857	0,762 – 0,916
K2 posterior (D)	0,869	0,781 – 0,923
Eje 2 posterior (°)	0,866	0,777 – 0,922
HOA (µm)	0,307	0,024 – 0,546
Aberración esférica (µm)	0,021	-0,261 – 0,299



**Figura 11. ICC en orden decreciente**

LA: longitud axial; K1: meridiano plano de la córnea (simK); K2: meridiano curvo de la córnea (simK); ACD: profundidad de la cámara anterior; LT: grosor del cristalino; CCT: grosor de la córnea central; WTW: distancia blanco-blanco; D pupila: diámetro de la pupila; CW-CHORD: distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje; CW-CHORD (°): grados a los que está CW-CHORD; K1 posterior: meridiano plano de la cara posterior de la córnea; K2 posterior: meridiano curvo de la cara posterior de la córnea; HOA: aberraciones de alto orden.

Entre Anterion e IOL Master700 tiene una correlación excelente LA; buena correlación ACD, LT y CW-Chord; y correlación regular-moderada WTW, el diámetro pupilar y CW-Chord (°).

En cuanto a la correlación entre Anterion y Pentacam HR: K1, K2, Eje 2 y CCT tienen una correlación excelente; K1 posterior, K2 posterior y eje 2 posterior tienen una correlación buena; y por último HOA y la aberración esférica tienen una baja correlación.

## 5.4 ICC INTRA-OPERADOR

Evalúa la correlación entre las medidas de cada aparato.<sup>33</sup> Para un mismo sujeto un examinador realiza varias medidas. En este caso cada examinador realizó tres medidas al mismo sujeto con los tres aparatos. El índice se ve representado en la Tabla 5.

**Tabla 5: Índice de correlación intraclass Intra-operador con cada uno de los instrumentos. A) Para E1; B) Para E2.**

A

E1	IOLMaster 700		Anterion		Pentacam HR	
	ICC	IC 95%	ICC	IC 95%	ICC	IC 95%
LA (mm)	1	1 - 1	1	1 - 1	-	-
ACD (mm)	1	0,999 - 1	1	1 - 1	1	0,999 - 1
CCT (mm)	0,996	0,989 - 0,999	0,999	0,999 - 1	0,995	0,986 - 0,999
K1 (D)	0,994	0,983 - 0,998	0,992	0,979 - 0,998	0,995	0,986 - 0,999
K2 (D)	0,987	0,965 - 0,997	0,992	0,976 - 0,998	0,996	0,988 - 0,999
K1 posterior (D)	-	-	0,999	0,997 - 1	0,980	0,945 - 0,995
Eje 2 (°)	-	-	0,964	0,901 - 0,990	0,972	0,923 - 0,992
WTW (mm)	0,984	0,955 - 0,996	0,997	0,993 - 0,999	0,988	0,963 - 0,997
CW-Chord (mm)	0,971	0,920 - 0,992	0,955	0,880 - 0,988	0,965	0,906 - 0,990
D Pupila (mm)	0,959	0,888 - 0,988	0,975	0,930 - 0,993	0,933	0,825 - 0,981
HOA (µm)	-	-	0,954	0,851 - 0,991	0,910	0,759 - 0,977
Aberración esférica (µm)	-	-	0,790	0,484 - 0,948	0,883	0,696 - 0,969

B

E2	IOLMaster 700		Anterion		Pentacam HR	
	ICC	IC 95%	ICC	IC 95%	ICC	IC 95%
LA (mm)	0,998	0,995 - 0,999	1	1-1	-	-
ACD (mm)	0,999	0,998 - 1	1	0,999 - 1	0,998	0,993 - 0,999
K1 (D)	0,992	0,977 - 0,998	0,991	0,973 - 0,998	0,992	0,977 - 0,998
K2 (D)	0,994	0,983 - 0,998	0,992	0,977 - 0,998	0,995	0,985 - 0,999
K1 posterior (D)	-	-	0,998	0,995 - 1	0,957	0,884 - 0,988
Eje 2 (°)	-	-	0,523	0,124 - 0,844	0,980	0,945 - 0,995
WTW (mm)	0,877	0,682 - 0,967	0,739	0,418 - 0,926	0,997	0,990 - 0,999
CCT (mm)	0,992	0,977 - 0,998	0,996	0,988 - 0,999	0,994	0,984 - 0,998
CW-Chord	0,968	0,907 - 0,992	0,935	0,821 - 0,983	0,982	0,950 - 0,995
D Pupila (mm)	0,823	0,570 - 0,952	0,947	0,851 - 0,986	0,964	0,903 - 0,990
HOA (µm)	-	-	0,896	0,709 - 0,976	0,901	0,750 - 0,972
Aberración esférica (µm)	-	-	0,872	0,654 - 0,970	0,740	0,440 - 0,919

LA: longitud axial; K1: meridiano plano de la córnea (simK); K2: meridiano curvo de la córnea (simK); ACD: profundidad de la cámara anterior; LT: grosor del cristalino; CCT: grosor de la córnea central; WTW: distancia blanco-blanco; D pupila: diámetro de la pupila; CW-CHORD: distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje; CW-CHORD (°): grados a los que está CW-CHORD; K1 posterior: meridiano plano de la cara posterior de la córnea; K2 posterior: meridiano curvo de la cara posterior de la córnea; HOA: aberraciones de alto orden.

Las medidas en **IOL Master700** han demostrado una correlación excelente en todas sus variables para **E1**: LA, ACD, CCT, K1, K2, WTW, CW-Chord y D pupila. Para **E2** WTW y el D pupila tienen buena correlación, pero el resto de las variables también tienen una correlación excelente: LA, ACD, CCT, K1, K2 y CW-Chord.

El ICC en el **Pentacam** para el **E1** fue excelente para todos los parámetros excepto para la aberración esférica, que tuvo un ICC bueno. En cuanto a **E2**, todos tuvieron una correlación excelente excepto la aberración esférica, que tuvo una correlación moderada.

En el caso del **Anterion** para **E1**, excepto la aberración esférica que tiene una correlación buena, el resto tienen una excelente. Para el **E2** tienen correlación buena HOA y aberración esférica y una correlación moderada el eje 2 y WTW. El resto tienen una correlación excelente.

## 5.5 ICC INTER-OPERADOR

Es la medida de fiabilidad entre dos evaluadores que realizan medidas a la misma muestra. Este índice de correlación es importante ya que demuestra que la escala es resistente a cambios de evaluadores. La Tabla 6 muestra el ICC de ambos examinadores en cada instrumento.

**Tabla 6: ICC Inter-operador para cada equipo**

### *IOLMaster*

	ICC	Intervalo de confianza 95%
LA (mm)	1	1 < ICC < 1
ACD (mm)	1	0,998 < ICC < 1
LT (mm)	1	1 < ICC < 1
WTW (mm)	0,970	0,881 < ICC < 0,993
D pupila (mm)	0,883	0,594 < ICC < 0,972
CW-Chord (mm)	0,503	-0,152 < ICC < 0,859
CW-Chord (°)	0,988	0,953 < ICC < 0,997

### *Pentacam*

	ICC	Intervalo de confianza 95%
K1 (D)	0,990	0,963 < ICC < 0,997
K2 (D)	0,994	0,978 < ICC < 0,999
Eje 2 (°)	0,994	0,977 < ICC < 0,998
CCT (mm)	0,997	0,987 < ICC < 0,999
K1 posterior (D)	0,965	0,875 < ICC < 0,991
K2 posterior (D)	0,976	0,912 < ICC < 0,994
Eje 2 posterior (°)	0,628	0,074 < ICC < 0,891
HOA (µm)	0,934	0,77 < ICC < 0,983
Aberración esférica (µm)	0,757	0,313 < ICC < 0,932

### *Anterion*

	ICC	Intervalo de confianza 95%
	1	1 < ICC < 1
	1	0,999 < ICC < 1
	1	1 < ICC < 1
	0,964	0,872 < ICC < 0,991
	0,906	0,686 < ICC < 0,975
	0,990	0,962 < ICC < 0,997
	0,993	0,975 < ICC < 0,998

### *Anterion*

	ICC	Intervalo de confianza 95%
	0,978	0,918 < ICC < 0,994
	0,983	0,938 < ICC < 0,996
	0,656	0,114 < ICC < 0,899
	1	0,999 < ICC < 1
	0,993	0,973 < ICC < 0,998
	0,999	0,997 < ICC < 1
	0,997	0,990 < ICC < 0,999
	0,864	-0,078 < ICC < 0,996
	0,951	0,429 < ICC < 0,999

LA: longitud axial; K1: meridiano plano de la córnea (simK); K2: meridiano curvo de la córnea (simK); ACD: profundidad de la cámara anterior; LT: grosor del cristalino; CCT: grosor de la córnea central; WTW: distancia blanco-blanco; D pupila: diámetro de la pupila; CW-CHORD: distancia entre el eje visual y la primera imagen de Purkinje; CW-CHORD (°): grados a los que está CW-CHORD; K1 posterior: meridiano plano de la cara posterior de la córnea; K2 posterior: meridiano curvo de la cara posterior de la córnea; HOA: aberraciones de alto orden.

**IOL Master700** muestra excelente correlación en la toma de medidas de LA, ACD, LT, WTW y CW-Chord. Tiene buena correlación D pupila y moderada CW-Chord.

En cuanto a **Pentacam HR**, tienen excelente correlación K1, K2, eje 2, CCT, K1 posterior, K2 posterior y HOA. Por otro lado, la aberración esférica tiene una correlación buena y eje 2 posterior correlación moderada.

**Anterion** tiene excelente correlación en casi todos los parámetros: LA, ACD, LT, WTW, D pupila, CW-Chord, CW-Chord( $\theta$ ), K1, K2, CCT, K1 posterior, K2 posterior, eje 2 posterior y aberración esférica. HOA tiene correlación buena y eje 2 moderada.

## 6. DISCUSIÓN

La cirugía de catarata ha sufrido un gran avance tecnológico tanto en la técnica quirúrgica, como en los instrumentos de medida y fórmulas de cálculo utilizadas para obtener los parámetros de las LIOs. Esto ha permitido que las cirugías se puedan realizar de forma rápida, segura y precisa. Los pacientes que se someten a estas cirugías son exigentes, esperan un resultado visual que les proporcione la independencia de gafas, sin sorpresas refractivas. Mediante la obtención de medidas precisas de los parámetros biométricos en el preoperatorio de catarata se consigue calcular de la forma más exacta posible la LIO, y por lo tanto un resultado refractivo final deseado. Estos parámetros se consiguen con los biómetros.

El primer biómetro óptico considerado Gold Standard fue IOL Master500 (en el año 1999)<sup>31</sup>, pero la tecnología ha evolucionado y en la actualidad, el biómetro de referencia es IOL Master700. Hay comercializados otros biómetros con muy buena concordancia con IOL Master700, como podría ser Lenstar LS 900.<sup>32</sup>

En cuanto a la queratometría, Pentacam HR como tomógrafo, ha permitido que el cálculo de ésta sea más fiable. Calcula tanto los radios anteriores como posteriores de la córnea. Por eso en este estudio hemos querido comparar Anterion con Pentacam HR.

En nuestro trabajo se ha realizado una comparativa entre la correlación de las variables biométricas que se obtienen en el preoperatorio de cataratas con tres dispositivos: IOL Master700, Pentacam HR y Anterion.

En la comparativa entre IOL Master700 y Anterion la mayoría de los parámetros (LA, ACD, LT, CW-Chord) tienen una correlación excelente o buena entre los instrumentos, a excepción de los valores de WTW, D pupilar y CW-Chord( $\theta$ ), que tienen una correlación moderada.

En general, se podría decir que IOL Master700 y Anterion tienen una buena correlación y así lo concluyen también otros estudios. Panda et al. (2022) evaluaron la compatibilidad de las medidas biométricas y de los resultados refractivos entre Anterion e IOL Master700, y llegaron a la conclusión de que la correlación entre K1, K2, CCT, LT, AL y WTW es excelente.<sup>36</sup> WTW es una variable con una correlación diferente a la encontrada en nuestro estudio. Oh et al. (2021) tienen por objetivo evaluar la concordancia entre tres dispositivos: Casia 2, Anterion e IOL Master700. Las conclusiones a las que llegan Panda et al. (2022) son que la queratometría total, CCT, LT, AL y ACD presentan una correlación excelente, mientras que para eje 2 la correlación es moderada.<sup>37</sup> El objetivo de Fişuş et al. (2021) es comparar la concordancia entre dos biómetros ópticos OCT-SS (Anterion e IOL Master700) en pacientes con catarata. Sus hallazgos demostraron que la queratometría, CCT y LA presentan buena correlación, pero para

ACD y LT hay pequeñas discrepancias.<sup>38</sup> En nuestro estudio, esas últimas variables presentaban buena correlación. Panthier et al. (2022) tenían como objetivo demostrar la repetibilidad, el nivel de concordancia y la correlación de 2 biómetros OCT-SS (Anterion e IOL Master700). Estudian la LA, la queratometría media, CCT, ACD, LT y WTW y todos los valores muestran buena correlación excepto WTW y valores queratométricos altos.<sup>39</sup> Concuerd a en que WTW es de los parámetros con menor correlación tanto en este estudio como en el nuestro. Los propósitos para Pfaeffli et al. (2022) consistían en evaluar la concordancia de las mediciones realizadas por 2 biómetros OCT-SS y evaluar el error de predicción (EP) en el cálculo de la potencia de la lente intraocular con 7 fórmulas. Para ello evaluaron LA, la queratometría, ACD, LT y WTW. Tuvieron buena concordancia la mayoría de los parámetros excepto ACD y LT, ya que los valores de Anterion resultaron mayores que con IOL Master700.<sup>40</sup> Ambos parámetros en nuestro estudio presentan buena correlación. Las gráficas Bland-Altman, presentadas en Anexo I, muestran que entre las medidas hay un par de valores muy extremos en casi todas las gráficas, valores atípicos ('outlier' en inglés). Además, el parámetro que presenta más diferencia y podría ser clínicamente significativa es CW-Chord (°).

En cuanto a la correlación entre Anterion y Pentacam HR en nuestro estudio, ha sido excelente o buena en todos los parámetros (K1, K2, eje 2, CCT, K1 posterior, K2 posterior, eje 2 posterior) excepto en HOA y aberración esférica para 4 mm de pupila, que ha sido muy baja.

En el estudio de Pérez-Bartolomé et al. (2022), donde buscan la correlación de las aberraciones corneales entre Anterion y Pentacam HR, llegan a la conclusión de que HOA presentan una correlación moderada y el resto de las aberraciones baja.<sup>41</sup> Nuestro estudio coincide con sus conclusiones, HOA y la aberración esférica tienen baja correlación. Gim et al. (2021) quieren demostrar la correlación de la queratometría anterior y posterior, astigmatismo y HOA entre Pentacam HR y Anterion. Concluyen que la queratometría anterior, posterior y total y HOA presentan valores estadísticamente significativos.<sup>42</sup> Visto que estos valores aberrométricos han sido encontrados como los menos concordantes en varios estudios nos lleva a pensar que estas variables aberrométricas habría que tomarlas con cautela. En este caso, las gráficas Bland-Altman que presentan las diferencias más clínicamente significativas son la queratometría posterior (K1 posterior y K2 posterior) y las aberraciones (HOA y aberración esférica).

Los resultados Intra-operador han sido buenos, los tres aparatos han mostrado buena repetibilidad. Hemos podido observar con nuestros resultados la influencia de la experiencia en la toma de las medidas y se puede concluir que, aunque sea un instrumento objetivo, la realización de la prueba de una manera u otra puede afectar al resultado obtenido según lo experimentado que sea el examinador. Para E1, excepto la aberración esférica tanto en Anterion como en Pentacam muestran un ICC bueno, el resto de los parámetros tienen un ICC excelente. En general para E1 hay buena repetibilidad. Para E2 todos los parámetros muestran excelente o buena correlación excepto eje 2 y WTW de Anterion y la aberración esférica de Pentacam. El eje 2 de Anterion del E2 puede deber su bajo ICC (0,523) a que hubo un paciente en el que entre las 3 medidas que se realizaron, una tenía una diferencia entre las otras dos de 30°.

Muchos estudios respaldan la repetibilidad (capacidad de un instrumento para producir resultados consistentes) de Anterion, entre ellos Shetty et al. (2021), Pardeshi et al. (2020), Schiano-Lomoriello et al. (2021) y Panthier et al. (2022). Coinciden en que tiene una repetibilidad excelente. Concretamente Shetty et al. (2021) tiene como objetivo comparar la repetibilidad de la biometría ocular medida con LENSTAR LS 900, IOLMaster 700 y Anterion y

su impacto en la potencia predicha de la lente intraocular (LIO). Tanto Anterion como IOL Master700 muestran una repetibilidad excelente, aunque el valor con menos ICC de IOL Master700 fue WTW con un ICC de 0,903, el resto de las medidas superan el ICC de 0,99. Para Anterion todos los parámetros tienen un valor superior de ICC de 0,98.<sup>43</sup> Pardeshi et al. (2020) se enfoca en demostrar la repetibilidad y concordancia de CASIA SS-1000 y Anterion. Las variables que estudian son D pupilar, ACD, vault del cristalino, anchura de la cámara anterior, distancia de apertura del ángulo, área del espacio del iris trabecular y ángulo del espólón esclera. Indican a través del estudio que D pupilar y ACD tienen un ICC de 0,990.<sup>44</sup> Y Schiano-Lomoriello et al. (2021) se enfoca en evaluar la repetibilidad de Anterion, además de compararlo con otros dos dispositivos, MS-39 e IOL Master500. Todos los parámetros en cuanto a repetibilidad también superan el ICC de 0,98 (queratometría simulada y posterior, LA, LT, ACD y CCT) excepto el astigmatismo, con ICC de 0,963, aunque este parámetro no se compara en nuestro estudio.<sup>45</sup> Panthier et al. (2022), como he dicho antes, también estudia la repetibilidad, y Anterion ha demostrado que tiene una buena correlación Intra-operador.<sup>39</sup>

IOL Master700 destaca por su repetibilidad. Algunos estudios que lo confirmen son Shajari et al. (2017) o Srivannaboon et al. (2015). Shajari et al. (2017) estudió la repetibilidad de la queratometría, LA y ACD y concordancia de Pentacam AXL e IOL Master700 con IOL Master500. Los resultados muestran buena repetibilidad de la queratometría, LA y ACD.<sup>46</sup> La queratometría, LA, ACD, LT, CCT y WTW tienen una repetibilidad alta acorde con Srivannaboon et al. (2015). WTW presenta ICC de 0,963, pero el resto de las variables no bajan del valor de 0,998. Este último estudio se centra en estudiar la repetibilidad y reproducibilidad de IOL Master700 y compararlo con IOL Master500.<sup>47</sup>

De Luis et al. (2018) estudia la fiabilidad y repetibilidad de los parámetros obtenidos con Pentacam HR para motorizar la progresión de queratoconos. Los parámetros que evalúa son queratometría, astigmatismo, la mejor esfera de referencia de la cara anterior y posterior de la córnea, HOA y la aberración esférica, entre otros. Explica que en Pentacam HR la queratometría y HOA y la aberración esférica para 6mm (en nuestro estudio es de 4mm) tienen una repetibilidad excelente.<sup>48</sup> Meyer et al. (2017) tienen el propósito de observar la repetibilidad y concordancia de la queratometría simulada, CCT y el punto de menor grosor de la córnea con Galilei, Orbscan II, y Pentacam HR en ojos con queratocono. Pentacam HR fue el instrumento con más repetibilidad en la queratometría simulada comparado con Orbscan II y Galilei, con una repetibilidad excelente. CCT también obtuvo una repetibilidad excelente.<sup>49</sup> Por último, McAlinden et al. (2011) tenían como objetivo evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de la queratometría, ACD y D pupilar, entre otros, con Pentacam HR. Concluyeron que K1, K2 tanto anterior como posterior, ACD y D pupila mostraron buena repetibilidad, pero el eje anterior y posterior de la córnea demostraron baja repetibilidad.<sup>50</sup>

Los resultados Inter-operador, que nos dan información sobre la reproducibilidad de la prueba al hacer las medidas un examinador y después otro, para IOL Master700 han sido excelentes o buenos (LA, ACD, LT, WTW, D pupila y CW-Chord<sup>(9)</sup>) excepto para CW-Chord, que ha tenido una correlación moderada entre los examinadores. Para Pentacam la correlación entre los examinadores ha sido excelente excepto para la aberración esférica, que ha sido buena, y para el eje 2 posterior, moderada. Para Anterion han tenido una reproducibilidad excelente todos los parámetros excepto HOA que ha sido buena y eje 2 moderada.

IOL Master700 según Srivannaboon et al. (2015) para la queratometría, LA, ACD, LT, CCT y WTW tienen una reproducibilidad excelente. El menor valor y por tanto la peor reproducibilidad lo obtienen en WTW con un ICC de 0,962, el resto de ICC superan 0,990.<sup>47</sup>

Anterior muestra buena reproducibilidad, conforme con Schiano-Lomoriello et al. (2021). La queratometría simulada y posterior, CCT, ACD, LT y LA muestran una reproducibilidad excelente. Todos los parámetros superan un valor de ICC mayor de 0,970.<sup>45</sup>

Para Pentacam HR McAlinden et al. (2011) concluye que la reproducibilidad es buena, pero en comparación a la repetibilidad es peor. Además, la reproducibilidad es peor en pacientes con catarata.<sup>50</sup>

No ha sido incluido en nuestro estudio el ICC de eje 1 tanto simulado como posterior de la córnea, ya que, es el ortogonal a eje 2 y están relacionados. Por otro lado, el eje 1 al ver que era el eje más horizontal, el mismo ángulo podía resultar en valores cercanos a 0° o 180° debido al sistema Tabbo. En este sentido, la correlación resultaba en valores muy bajos. Hubiera sido buena idea separar el eje de queratometría por horizontal y vertical para estudiar mejor la correlación.

Como conclusión IOLMaster700 junto con Pentacam HR forman un combo perfecto en el preoperatorio de catarata ya que se obtienen valores muy fiables y precisos tanto en biometría como en queratometría. Sin embargo, los nuevos dispositivos que incluyen tanto biometría como topografía en el mismo dispositivo, como es Anterior, han demostrado una precisión similar. Por lo tanto, el hecho de poder realizar en un mismo aparato las dos pruebas le da un valor extra. Ahora bien, habría que valorar el gasto económico y el tiempo de realización de las medidas para ver si puede reemplazar a los Gold Standard. Por otro lado, parece que las medidas aberrométricas no son tan concordantes. Lo confirman también las gráficas Bland-Altman Pentacam HR vs Anterior, ya que han demostrado diferencias que pueden ser clínicamente significativas en cuanto a la aberración esférica y HOA. Convendría realizar varias mediciones con cada aparato e incluso con un tercero para obtener el valor más exacto.

Este estudio presenta importantes fortalezas. En primer lugar, se ha abordado la variabilidad de las medidas según el examinador, garantizando así la fiabilidad de los resultados. Además, se ha evaluado la reproducibilidad de cada instrumento utilizado, lo que corrobora la validez de los datos obtenidos. En cuanto al diseño, se realizó una selección aleatoria de un ojo por paciente, lo cual contribuye a minimizar posibles sesgos. Sin embargo, es importante considerar que la exclusión de pacientes con cirugía ocular previa podría generar un sesgo de población general, aunque esta perspectiva requiere una reflexión más detallada.

Este estudio también tiene varias limitaciones. En primer lugar, todos los pacientes tienen cataratas, y éstas pueden afectar a los resultados. Tampoco se hicieron las pruebas de forma aleatoria, aunque como son instrumentos de no contacto se asume que no afecta a las medidas oculares. La severidad de la catarata no se clasificó, y Akman et al. (2016) demostró que los dispositivos OCT-SS eran más eficaces para calcular las variables biométricas en cataratas subcapsulares posteriores y nucleares.<sup>51</sup> Además, no se tuvo en cuenta el resultado refractivo tras la cirugía de catarata, por lo que no pudimos determinar los errores de predicción refractiva.

Sería interesante llevar a cabo un estudio que tome en consideración el resultado refractivo final postoperatorio. Dicho análisis permitiría profundizar en los efectos y resultados obtenidos tras el procedimiento quirúrgico y así obtener conclusiones más precisas sobre la precisión de los aparatos biométricos utilizados en el preoperatorio de catarata.

## 7. CONCLUSIONES

1. IOL Master700 y Anterion han demostrado buena concordancia en casi todos los parámetros.
2. Anterion y Pentacam también han demostrados buena concordancia, excepto HOA y la aberración esférica, que tienen muy baja correlación.
3. La repetibilidad de cada aparato ha sido muy buena en general.
4. Las mediadas realizadas por un examinador menos experimentado han resultado tener menor concordancia en algunos parámetros como HOA y la aberración esférica en el Pentacam.

### ANEXO I: GRÁFICAS BLAND-ALTMAN

Los gráficos de Bland-Altman para el análisis de concordancia entre los dispositivos se presentan en las Figuras 12, 13; (Figura 12, IOL Master700 VS Anterion; Figura 13, Pentacam HR VS Anterion). Estos evalúan la concordancia entre todo el rango de mediciones entre los aparatos, ayudan a identificar valores atípicos. Una concordancia perfecta mostrará una diferencia entre los aparatos de 0.

La línea continua representa la diferencia media entre las dos mediciones. Las discontinuas muestran el intervalo de confianza del 95% y los puntos muestran las medias realizadas. Las líneas discontinuas representan los límites que consideramos como aceptables para considerar una buena correlación.

Cuanto mayor sea ese grado de dispersión en estas gráficas, peor será el acuerdo entre los dos aparatos.

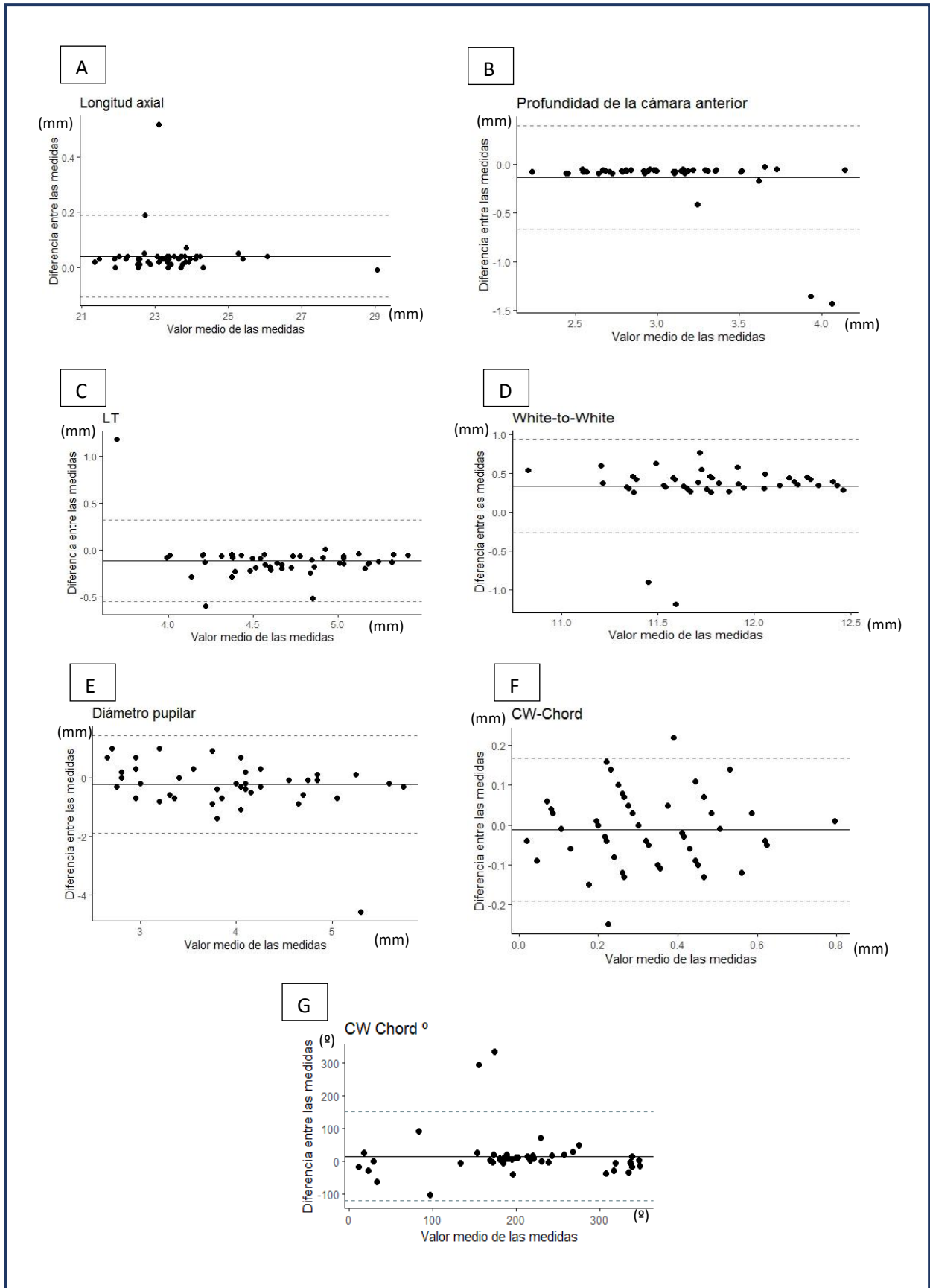


Figura 12. Gráficos Bland-Altman IOL Master700 VS Anterior. A) LA; B) ACD; C) LT D) WTW; E) D pupilar; F) CW-Chord; G) CW-Chord (°)

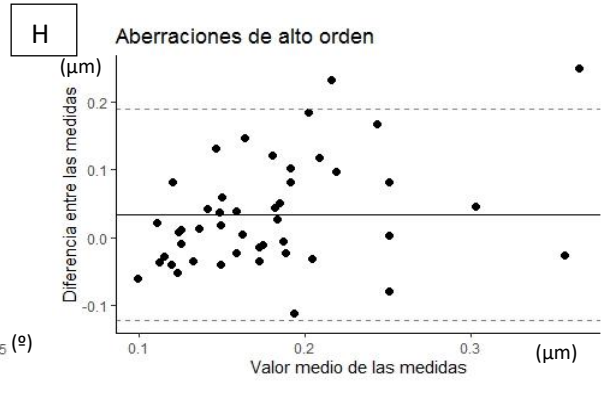
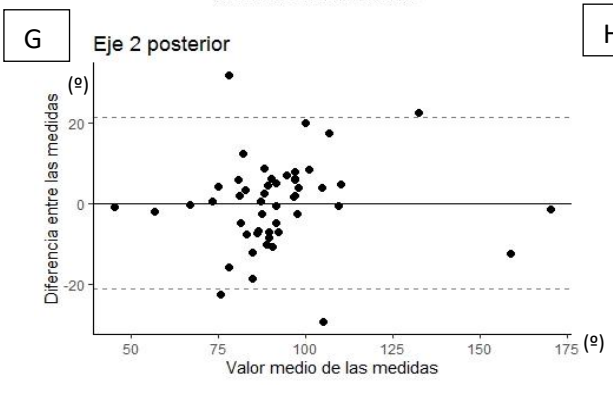
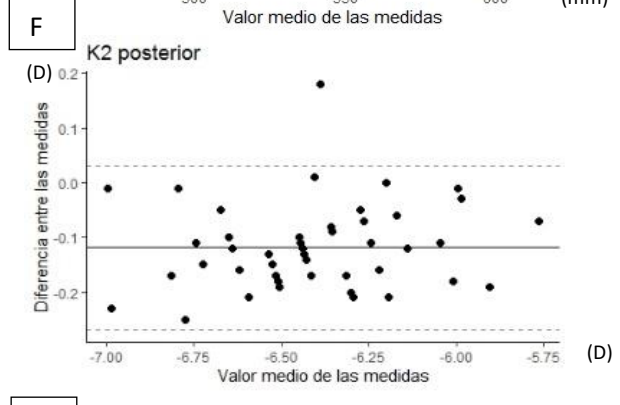
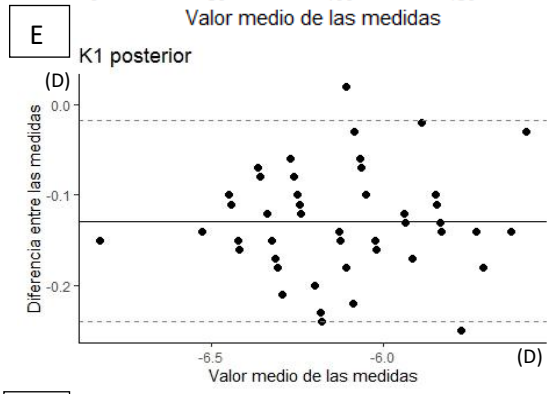
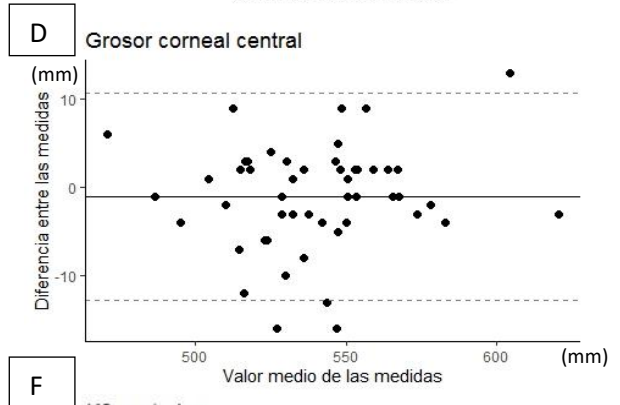
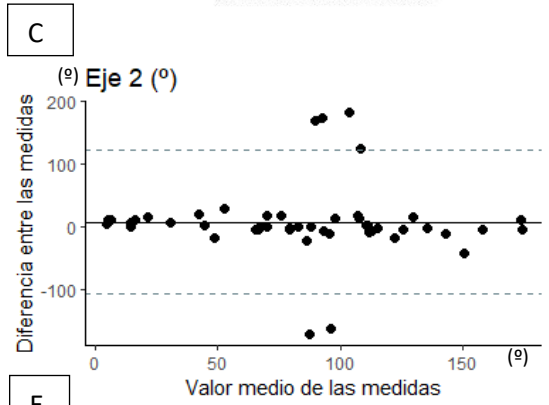
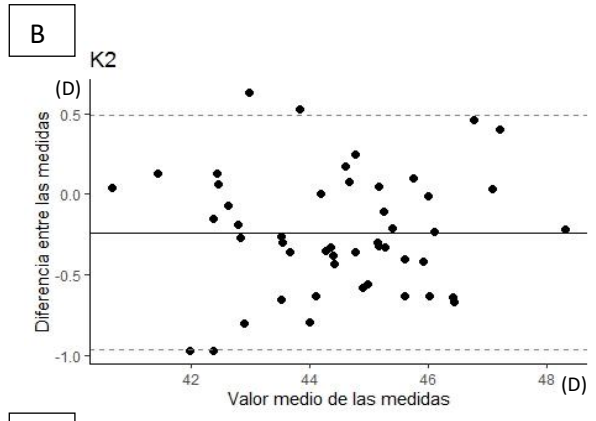
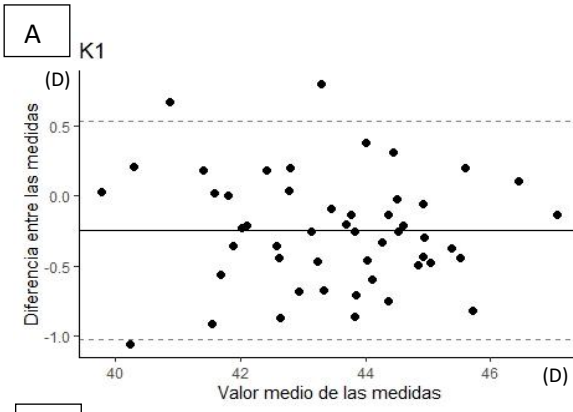


Figura 13. Gráficos Bland-Altman Pentacam HR VS Anterion. A) K1; B) K2; C) Eje 2; D) CCT; E) K1 posterior; F) K2 posterior; G) Eje 2 posterior; H) HOA; I) Aberración esférica.

## ANEXO II: BIBLOGRAFÍA

1. *Ceguera y discapacidad visual*. (n.d.). Retrieved May 12, 2023, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
2. Acosta, R., Hoffmeister, L., Román, R., Comas, M., Castilla, M., & Castells, X.. (2006). Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 81(9), 509-516. Recuperado en 13 de junio de 2023, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-66912006000900005&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912006000900005&lng=es&tlng=es).
3. Mura, J.J. (n.d.). *Cirugía actual de la catarata*. Retrieved June 13, 2023, from <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864010706155>
4. Shiels, A., & Hejtmancik, J. F. (2013). Genetics of human cataract. *Clinical Genetics*, 84(2), 120. <https://doi.org/10.1111/CGE.12182>
5. Millán, M. S., & Millán, M. S. (2021). El reto de reemplazar el cristalino. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(177), 1022–1038. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.1522>
6. Castro, F.J. (2016). *Análisis de factores biométricos relacionados con el cálculo de la potencia de LIOs monofocales en cirugía de catarata, medidos mediante reflectometría de baja coherencia óptica*. Retrieved June 13, 2023 from <https://zaguan.unizar.es/record/48617?ln=es>
7. *¿Qué son las cataratas? - American Academy of Ophthalmology*. (2022). Retrieved June 22, 2023, from <https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/que-son-las-ataratas>
8. Şekeroğlu, H. T., & Utine, G. E. (2021). Congenital Cataract and Its Genetics: The Era of Next-Generation Sequencing. *Turkish Journal of Ophthalmology*, 51(2), 107. <https://doi.org/10.4274/TJO.GALENOS.2020.08377>
9. *Catarata - Classificação - Durval Carvalho*. (2022). Retrieved June 22, 2023, from <https://durvalcarvalho.com.br/atarata-classificacao/>
10. *A propósito de la catarata polar posterior - FacoElche.com*. (2018). Retrieved June 22, 2023, from <https://www.facoelche.com/a-proposito-de-la-atarata-polar-posterior/>
11. *Cataratas Centro de Oftalmología Bonafonte en Barcelona*. (n.d.). Retrieved June 22, 2023, from <https://centrodeoftalmologiabonafonte.com/patologias/ataratas/>
12. Vidal Méruła, R., & Chaves Fernandes, L. (2005). Catarata infantil: importância do diagnóstico e tratamento precoces. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 68(3), 299–305. <https://doi.org/10.1590/S0004-27492005000300005>
13. *Cirugía de catarata: facoemulsificación sin viscoelástico. Centro de Oftalmología Bonafonte*. - YouTube. (n.d.). Retrieved June 8, 2023, from [https://www.youtube.com/watch?v=cF20ITkRCEc&ab\\_channel=SergioBonafonte](https://www.youtube.com/watch?v=cF20ITkRCEc&ab_channel=SergioBonafonte)

14. Ibañez-Hernández, M. Á., González-de la Rosa, A., & Navarro-Partida, J. (2012). Hemorragia expulsiva, Reporte de un caso y revisión de la literatura. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 86(2), 136–140. Retrieved June 8, 2023 from <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-oftalmologia-321-articulo-hemorragia-expulsiva-reporte-un-caso-X0187451912454623>
15. Chan, E., Omar, F., Mahroo, A. R., Bchir, M. B., Spalton, D. J., Frct, F., Ophthalmology, F., & Thomas, S. (2009). Complications of cataract surgery. *Clin Exp Optom*, 93(6), 379–389. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2010.00516.x>
16. Sahin, Afsun<sup>a,b</sup>; Hamrah, Pedram<sup>a</sup>. Clinically relevant biometry. *Current Opinion in Ophthalmology* 23(1):p 47-53, January 2012. | DOI: 10.1097/ICU.0b013e32834cd63e
17. Kishi, S. (2016). Impact of swept source optical coherence tomography on ophthalmology. *Taiwan Journal of Ophthalmology*, 6(2), 58–68. <https://doi.org/10.1016/J.TJO.2015.09.002>
18. Lee, H. K., & Kim, M. K. (2018). Comparison of a new swept-source optical biometer with a partial coherence interferometry. *BMC Ophthalmology*, 18(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0936-6>
19. Kanclerz, P., Khoramnia, R., & Wang, X. (2021). Current Developments in Corneal Topography and Tomography. *Diagnostics*, 11(8), 1466. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081466>
20. Lackner, B., Schmidinger, G., Pieh, S., Funovics, M. A., & Skorpik, C. (2005). Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with pentacam, orbican, and ultrasound. *Optometry and Vision Science*, 82(10), 892–899. <https://doi.org/10.1097/01.OPX.0000180817.46312.0A>
21. Sánchez, J: M., (Febrero 2015). - Ediciones - Consejo General de Colegios de Ópticos-Optometristas. Retrieved March 6, 2023, from <https://www.cgcoo.es/ediciones/febrero-2015-2>
22. Guadalupe, R. et al. (2014). *Densidad y morfología de células del endotelio corneal en adultos jóvenes del norte de México*. Retrieved March 6, 2023, from <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-oftalmologia-321-pdf-S0187451914000328>
23. López-Macay, A., Fernández-Torres, J., Zepeda, A., & Nacional, U. (2016). *Investigación en Discapacidad Principios y aplicaciones de la microscopia láser confocal en la investigación biomédica Principles and applications of laser confocal*
24. Shi, Q., Wang, G. Y., Cheng, Y. H., & Pei, C. (2021). Comparison of IOL-Master 700 and IOL-Master 500 biometers in ocular biological parameters of adolescents. *International Journal of Ophthalmology*, 14(7), 1013–1017. <https://doi.org/10.18240/IJO.2021.07.08>
25. Lender, R., Mirsky, D., Greenberger, R., Lee, B.-Y., Kashtan, C., Naffar, I., Shine, S., & Ben-Eli, H. (2022). *Agreement of Ocular Parameters and Calculated Intraocular Lens between Three Biometric Devices and a Corneal Topographer*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1644515/v1>

26. Rajabi, S., Asharlous, A., Riazi, A., Khabazkhoob, M., & Moalej, A. (2022). Differences and Limits of Agreement among Pentacam, Corvis-ST, and IOL-Master 700 Optical Biometric Devices regarding Central Corneal Thickness Measurements. *Journal of current ophthalmology*, 34(1), 44–49.
27. *Oftalmoscopio OCT - IOLMaster 700 - ZEISS Medical Technology - biómetro óptico / de mesa*. (n.d.). Retrieved June 24, 2023, from <https://www.medicalexpo.es/prod/zeiss-medical-technology/product-67959-670544.html>
28. Ghiasian, L., Abdolalizadeh, P., Hadavandkhani, A., Eshaghi, A., Hadi, Y., & Nadjafi-Semnani, F. (2022). Comparing Pentacam HR Screening Indices in Different Normal Corneal Thicknesses among Refractive Surgery Candidates. *Journal of current ophthalmology*, 34(2), 200–207. [https://doi.org/10.4103/joco.joco\\_249\\_21](https://doi.org/10.4103/joco.joco_249_21)
29. *Pentacam HR*. (n.d.). Retrieved June 24, 2023, from <https://udoc.com.do/index.php/servicios/pruebas/23-pentacam-hr>
30. Herber, R., Lenk, J., Pillunat, L. E., & Raiskup, F. (2022). Comparison of corneal tomography using a novel swept-source optical coherence tomographer and rotating Scheimpflug system in normal and keratoconus eyes: repeatability and agreement analysis. *Eye and Vision*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S40662-022-00290-6/FIGURES/4>
31. *ANTERION – Oftaltec*. (n.d.). Retrieved June 24, 2023, from <https://www.oftaltec.pt/produtos-e-equipamentos/equipamentos/diagnostico/anterion/nova-plataforma-he-catarata-e-refractiva/>
32. Prieto, L., Lamarca, R., Casado, A. (n. d.) *La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase*. Retrieved May 7, 2023, from <https://www.mvclinic.es/wp-content/uploads/Prieto-Coeficiente-correlaci%C3%B3n-intraclase.pdf>
33. Martínez Pérez, J. A., & Pérez Martin, P. S. (2023). Coeficiente de correlación intraclase. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 49(3), 101907. <https://doi.org/10.1016/J.SEMERG.2022.101907>
34. Huang, J., Chen, H., Li, Y., Chen, Z., Gao, R., Yu, J., Zhao, Y., Lu, W., McAlinden, C., & Wang, Q. (2019). Comprehensive comparison of axial length measurement with three swept-source OCT-based biometers and partial coherence interferometry. *Journal*
35. Bullimore, M. A., Le, D., Leche, G., Stanley, P., Yoo, P., & Otani, T. (2016). Evaluation of the IOLMaster 700. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 57(12), 912–912.
36. Panda A, Nanda A, Sahoo K. (2022) *Comparison of ocular biometry and refractive outcome between ANTERION and IOL Master 700*. Indian J Ophthalmol. 2022 May;70(5):1594-1598. doi: 10.4103/ijo.IJO\_2433\_21.
37. Oh, R., Oh, J. Y., Choi, H. J., Kim, M. K., & Yoon, C. H. (2021). *Comparison of ocular biometric measurements in patients with cataract using three swept-source optical coherence tomography devices*. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-01826-5>

38. Fişuş AD, Hirnschall ND, Findl O. (2021). *Comparison of 2 swept-source optical coherence tomographybased biometry devices*. J Cataract Refract Surg. 2021 Jan 1;47(1):87-92. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000373
39. Panthier C, Rouger H, Gozlan Y, Moran S, Gatinel D. (2022). *Comparative analysis of 2 biometers using swept-source optical coherence tomography technology*. J Cataract Refract Surg. 2021 May 21. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000704
40. Pfaeffli, Oliver A. MD; Weber, Adrian MD; Hoffer, Kenneth J. MD; Savini, Giacomo MD; Baenninger, Philipp B. MD; Thiel, Michael A. MD, PhD; Taroni, Leonardo MD; Müller, Luzia MD. (2022). *Agreement of intraocular lens power calculation between 2 SS-OCT–based biometers*. Journal of Cataract & Refractive Surgery 48(5):p 535-541, May 2022. | DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000788
41. Pérez–Bartolomé, F., Feu-Basilio, S., Rocha-de Lossada, C., Blanco-Dominguez, I., Torras-Sanvicens, J., & Peraza-Nieves, J. (2022). *Agreement between anterior segment swept source-OCT and Scheimpflug imaging corneal aberration measurements in healthy eyes*. [://doi.org/10.1177/11206721221076952](https://doi.org/10.1177/11206721221076952)
42. Gim Y, Jun RM, Han KE. (2021). *Agreement between Scheimpflug Camera and the Swept-source Optical Coherence Tomography Measurements in Keratometry and Higher-order Aberrations*. Korean J Ophthalmol. 2021 Oct;35(5):337-348. doi: 10.3341/kjo.2021.0076
43. Shetty N, Kaweri L, Koshy A, Shetty R, Nuijts R, Roy AS. (2021). *Repeatability of biometry measured by IOLMaster 700, Lenstar LS 900 and Anterior, and its impact on predicted intraocular lens power*. J Cataract Refract Surg. 2020 Nov 23. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000494
44. Pardeshi, Anmol A.; Song, Abe E.; Lazkani, Naim; Xie, Xiaobin; Huang, Alex; Xu, Benjamin Y. (2020). *Intradevice Repeatability and Interdevice Agreement of Ocular Biometric Measurements: A Comparison of Two Swept-Source Anterior Segment OCT Devices*. Translational Vision Science & Technology, 9(9), 14–. doi:10.1167/tvst.9.9.14
45. Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ, Abicca I, Savini G. (2021). *Repeatability of automated measurements by a new anterior segment optical coherence tomographer and biometer and agreement with standard devices*. Sci Rep. 2021 Jan 13;11(1):983. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79674-4>
46. Shajari, M., Cremonese, C., Petermann, K., Singh, P., Müller, M., & Kohner, T. (2017). *Comparison of Axial Length, Corneal Curvature, and Anterior Chamber Depth Measurements of 2 Recently Introduced Devices to a Known Biometer*. American journal of ophthalmology, 178, 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.02.027>
47. Srivannaboon, Sabong; Chirapapaisan, Chareenun; Chonpimai, Pratuangsri; Loket, Siriwan (2015). *Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomography–based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography–based optical biometer*. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 41(10), 2224–2232. doi:10.1016/j.jcrs.2015.03.019
48. de Luis Eguileor, Beatriz; Escudero Argaluz, Julene; Pijoán Zubizarreta, Jose Ignacio; Santamaria Carro, Alaitz; Etxebarria Ecenarro, Jaime (2017). *Evaluation of the Reliability and Repeatability of Scheimpflug System Measurement in Keratoconus*. Cornea, (), 1–. doi:10.1097/ICO.0000000000001373

49. Meyer, Jay J.; Gokul, Akilesh; Vellara, Hans R.; Prime, Zak; McGhee, Charles N.J. (2017). *Repeatability and Agreement of Orbscan II, Pentacam HR, and Galilei Tomography Systems in Corneas With Keratoconus*. *American Journal of Ophthalmology*, 175(), 122–128. doi:10.1016/j.ajo.2016.12.003
50. McAlinden, Colm; Khadka, Jyoti; Pesudovs, Konrad (2011). A Comprehensive Evaluation of the Precision (Repeatability and Reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 52(10), 7731–. doi:10.1167/iovs.10-7093
51. Akman A, Asena L, Gungor SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br. J. Ophthalmol.* 2016;100:1201–1205. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307779.