



**Universidad CEU-Cardenal Herrera**

**Facultad de Salud**

**CONCORDANCIA E INTERCAMBIABILIDAD DE RESULTADOS DE  
DOS MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA LA ELECCIÓN DE LA  
POTENCIA REFRACTIVA DE LAS LENTES INTRAOCULARES EN  
CIRUGÍA DE CATARATAS**

**Tesis doctoral**

**Autora:**

**María José Martín-Serrano Canalejas**

**Dirección:**

**María Ángeles García Esparza**

**José María Tenías Burillo**

**Javier Lara Medina**

**Valencia 2014**



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
Anatomía y Fisiología del ojo humano.....	6
Catarata, epidemiología, diagnóstico y tratamiento.....	9
Biometría .....	19
Justificación de la tesis .....	33
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
Diseño y ámbito del estudio .....	38
Sujetos de estudio .....	40
Variables del estudio .....	41
Estrategia de análisis.....	46
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
Análisis descriptivo de los pacientes .....	49
Análisis de concordancia entre biómetros .....	55
Intercambiabilidad de resultados .....	57
Impacto del observador en las concordancias entre biómetros .....	60
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	
Protocolo biometría	
Protocolo Ker	
Consentimiento informado	
Hoja de recogida de datos	

## **ABREVIATURAS**

**AV:** Agudeza visual

**BCN-10 :** sistema decimal Barraquer para clasificación del grado de opacificación de la catarata

**BCVA:** Agudeza visual mejor corregida

**C:** catarata cortical

**D:** Dioptría

**DCA:** Profundidad de la cámara anterior

**EECC:** catarata extracapsular

**EEIC:** catarata intracapsular

**ELP:** Posición efectiva de la lente

**EPR:** Epitelio pigmentario

**ILT** Interferometría Láser

**KER.:** Keratometria.

**LA:** Longitud axial.

**LC:** lente de contacto

**LEQ:** lista de espera quirúrgica

**LIO:** Lente intraocular.

**LOCS III:** Lens Opacifications Classification System

**MAE:** Error absoluto medio

**MNE:** Diferencia entre el resultado refractivo postcirugía y equivalente esférico predicho

**N:** catarata nuclear

**NANDA 1:**

**NIC:** Nursing Interventions Classification (Clasificación de las Intervenciones Enfermeras)

**NOC:** Nursing Outcomes Classification (Clasificación de los Resultados Enfermeros) **OCT:**

Tomografía coherencia óptica

**P:** catarata subcapsular

**PCI:** Biometría por Interferometría parcial coherencia óptica

**PIO:** Presión intraocular

**SD:** Desviación estándar

**SNR:** proporción de Señal- Ruido (Signal to Noise Ratio o SNR)

**SRK-T:** fórmula biométrica Sanders- Retzlaff -Kraff

**US:** Biometría por Ultrasonido

# **INTRODUCCIÓN**

## **Anatomía y Fisiología del ojo humano**

El ojo humano es un sistema óptico formado por un dioptrio esférico y una lente, que reciben, respectivamente, el nombre de córnea y cristalino, capaces de formar una imagen de los objetos sobre la superficie interna del ojo, en una zona denominada retina, que es sensible a la luz. A grandes rasgos, podemos decir que el aparato visual se compone de globo ocular, vías ópticas y anexos.

### **Globo ocular**

El globo ocular se compone de tres capas y tres cámaras; las capas son la esclerocórnea, la úvea y la retina y las cámaras son la cámara anterior, la cámara posterior y la cámara vítrea.

La esclerocórnea es la capa más externa compuesta de esclerótica y córnea. La esclerótica es la parte fibrosa con función de protección y está recubierta por una mucosa transparente llamada conjuntiva; la córnea es la parte transparente de la capa externa, y su función es, lógicamente, óptica.

La úvea es la capa media, y tiene tres partes: la coroides situada en la parte posterior cuya función es tanto nutritiva como de pantalla pigmentaria (para evitar la dispersión de la luz hacia los tejidos orbitarios); el cuerpo ciliar, en la zona media, formado por los procesos ciliares (encargados de la secreción del humor acuoso que rellena la cámara anterior) y el músculo ciliar, encargado de variar la curvatura del cristalino para poder enfocar a distintas distancias. La tercera parte es el iris, situado en la zona anterior, cuya función es regular la cantidad de luz que entra en el interior del ojo modificando su tamaño dependiendo de la intensidad de luz.

La retina es la zona "sensible" del aparato visual y está constituida por dos zonas claramente diferenciadas: mácula y retina periférica. Su punto de máxima sensibilidad es una pequeña hendidura llamada fovea, donde se encuentra una mayor concentración de las células responsables de la sensibilidad de la retina: los conos. En su zona posterior hay una parte ciega, donde conecta el nervio óptico y se llama papila. La retina periférica está formada fundamentalmente por bastones, responsables de la visión en condiciones de baja luminosidad.

Las cámaras que forman parte del globo ocular son tres: la cámara anterior, la posterior y la cámara vítrea.

Por otra parte, dentro de las cámaras existentes en el globo ocular, la cámara anterior es la zona comprendida entre la córnea y el iris. Está rellena de humor acuoso líquido transparente producido por los procesos ciliares que es desaguado por el ángulo que forman iris y córnea.

La cámara posterior, también rellena de humor acuoso, es la zona comprendida entre el iris y el cristalino donde se encuentran los procesos ciliares.

La cámara vítrea, es la zona entre el cristalino y la retina, y está formada por un gel transparente y avascular denominado humor vítreo.

### **Vías ópticas**

Las vías ópticas constituyen la transmisión de los impulsos nerviosos desde la retina hasta la corteza cerebral a través del nervio óptico. Las células receptoras son los ya nombrados conos y bastones que transforman las imágenes recibidas en impulsos nerviosos que son trasladadas al cerebro a través del nervio óptico.

### **Anejos**

Los anejos del aparato visual son el sistema óculo-motor, compuesto por seis músculos externos que provocan la movilidad del globo ocular y el sistema de protección compuesto por órbita, párpados, conjuntiva, vías lagrimales y glándulas lagrimales.

### **Cristalino**

La verdadera lente del ojo que permite la nitidez focal sobre la retina, la constituye el cristalino. Es transparente, incoloro, biconvexo, flexible avascular y no posee inervación. Está situado en el segmento anterior del globo ocular, detrás del iris y el humor acuoso y delante del cuerpo vítreo. Debido a la ausencia de vasos sanguíneos en su interior, la nutrición del cristalino depende principalmente de intercambios con el humor acuoso. En el feto, la forma del cristalino es aproximadamente esférica y es más blando que en el estado adulto. En este periodo, su desarrollo es apoyado por la arteria hialoidea, una rama de la arteria oftálmica que atraviesa el humor vítreo, extendiéndose desde el

disco óptico hasta el cristalino. Esta arteria suele involucionar en el noveno mes de embarazo; los restos de la misma forman el canal de Cloquet.

El cristalino tiene un poder de acomodación variable expresada en dioptrías (aproximadamente +22 dioptrías) que depende de la tracción que ejerzan las fibras zonulares sobre su ecuador, siendo máxima en la infancia (1). A lo largo de la vida, las proteínas que lo integran, solubles en niños y jóvenes, se van transformando en insolubles en el adulto, lo cual le resta elasticidad y transparencia. En el ojo emétrope, a partir de los 40- 45 años, al disminuir de forma fisiológica la elasticidad, las fibras viejas se comprimen centralmente para formar un núcleo cristalino inelástico cada vez mayor. Esta opacidad del lente a partir de los 60 se denomina catarata. Si la opacidad es leve o afecta sólo una pequeña parte del cristalino, la visión puede ser afectarse levemente. Si la opacidad es mayor, la visión se reducirá notablemente requiriendo el paciente un tratamiento quirúrgico (1) .

### **Anatomía del cristalino**

En su estructura distinguimos:

1. *La cápsula o cristaloides*, fina membrana elástica y semipermeable que envuelve totalmente al cristalino. La cápsula anterior es la membrana basal del epitelio anterior del cristalino.

2. *El epitelio subcapsular*, formado por una sola capa de células cúbicas germinativas que originan fibras que se van sumando a las subyacentes formando estructuras concéntricas estratificadas durante toda la vida. Las fibras del interior van perdiendo los orgánulos intracelulares en lo que parece ser un proceso de apoptosis. Este hecho ayuda a reducir la absorción y a mejorar la transparencia del medio, a la que también puede contribuir la regularidad en la posición de las fibras (transversalmente, siguen una configuración hexagonal). Además, como consecuencia de este crecimiento también se produce un endurecimiento del cristalino. Ocupan su cara anterior y su ecuador (2).

3. *Las fibras del cristalino*, se superponen las unas a las otras formando dos suturas una anterior con forma de Y y otra posterior con la misma forma invertida. Las fibras del cristalino se organizan en haces celulares muy empaquetados formando un sincitio cuyos



citoplasmas están conectados mediante uniones “gap” formadas por la proteína del cristalino denominada MIP26 5(3)

4. *La zónula, o ligamento suspensorio*, se extiende desde los procesos ciliares al ecuador del cristalino manteniéndolo en su lugar y transmitiéndole las contracciones del músculo ciliar. Con la edad disminuyen en número y resistencia.

### **Función del cristalino**

En esencia, la transparencia del cristalino es una función de la alta ordenación de las células que lo conforman (las fibras) y de su matriz extracelular.

La función del cristalino es la de enfocar los rayos luminosos para que formen una buena imagen en la retina con independencia de la distancia a la que esté situado el objeto. Así, las cerca de 20 dioptrías del cristalino en el estado relajado, unidas a las 40 de la córnea, enfocan en la retina los rayos emitidos por objetos lejanos(1). Sin embargo, para objetos cercanos, la potencia del ojo relajado no refracta lo suficiente los rayos luminosos. En consecuencia, si no se produjese ningún cambio, la imagen del objeto se formaría por detrás de la retina, de modo similar a lo que sucede en la hipermetropía. Por tanto, durante la visión cercana el ojo necesita de una potencia adicional, que obtiene mediante la acomodación de la curvatura del cristalino. Al punto más cercano que el ojo puede enfocar con ayuda de la acomodación se le conoce como punto próximo. Para un adolescente, su valor es de unos 7 centímetros, pero aumenta con la edad debido a la presbicia (4). Al punto que está enfocado cuando el cristalino se encuentra sin acomodar se le denomina punto remoto. En sujetos jóvenes, el incremento de potencia que se necesita para llevar el foco del punto remoto al próximo es de unas 15 dioptrías. Es relevante señalar que en el diseño de diferentes instrumentos ópticos a emplear por el ser humano se trata de evitar que el ojo tenga que acomodar, a fin de no forzar en vano la vista del sujeto (4,5).

### **Catarata, epidemiología, diagnóstico y tratamiento**

La catarata o facomatosis es una enfermedad crónica asociada al proceso de envejecimiento; clínicamente, se define como la alteración de la transparencia del cristalino parcialmente o en su totalidad, de forma uni y/o bilateral, y, aunque pequeñas opacidades fuera del eje visual no influyen significativamente en la agudeza visual, (AV)

desde el punto de vista bioquímico, cualquier fuente de dispersión de la luz significativa puede considerarse una lesión cataratogénica.

Esta opacificación supone una cierta incapacidad funcional para la vida del paciente, siendo el tratamiento quirúrgico el único curativo, resultando una relación coste-efectividad alta (6).

Ciertos autores investigan sobre los tratamientos preventivos (7,8), no habiendo en la actualidad ninguna terapia preventiva que esté contrastada científicamente (9).

### **Tipos de catarata según su localización en el cristalino**

***Catarata Nuclear:*** es de progresión lenta, bilateral ocasionalmente asimétrica, afectando más la visión de lejos que la de cerca (miopización), con reducción de la sensibilidad al contraste y disminución de la visión fotópica.

***Catarata Cortical:*** debida a los cambios iónicos de la corteza del cristalino y la consecuente hidratación de sus fibras, formándose opacidades corticales. Su efecto en la AV está en función de su localización con respecto al eje visual, siendo característico su aspecto en forma de cuña, denominados rayos corticales.

***Catarata Subcapsular Posterior:*** se asocia con migración posterior de las células epiteliales hacia el área subcapsular posterior y se observa más frecuentemente en pacientes más jóvenes que los anteriores. Se localiza en la capa cortical posterior y es generalmente axial, produciendo deslumbramientos y disminución de AV (10).

Según el grado y tipo de opacidad cristaliniana, la toma de parámetros oculares se presenta dificultosa para determinados tipos de biómetros a la hora de calcular la LIO (lente intraocular) a implantar en la cirugía de cataratas, concretamente el biómetro IOLMáster.

Estudios previos muestran que cataratas con una opacidad nuclear severa eran más fácilmente medibles con el biómetro IOL Máster que con Ultrasonografía. Prinz y cols (11), muestran que el biómetro IOL Máster es prácticamente nada influenciado por la severidad de la catarata nuclear.

## Epidemiología y Etiología de la catarata

El aumento de la esperanza de vida ha provocado un aumento importante de la prevalencia de cataratas a nivel poblacional y se sabe que ésta es mayor en los grupos de mayor edad y en mujeres. A nivel mundial la catarata es una de las principales causas de ceguera reversible que afecta a la gran mayoría de la población adulta, siendo una enfermedad muy frecuente e incapacitante.

La etiología de las cataratas depende de muchos factores y numerosos agentes han sido vinculados con el desarrollo de las mismas además de la edad y algunos condicionantes genéticos (12).

La etiología de la catarata es muy diversa existiendo multitud de tipos en función de su localización en el cristalino (cápsula, córtex y núcleo). Además, aparecen combinaciones entre todas ellas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tipos de catarata según la edad, etiología y situación

Situación	Etiología	Edad
Cortical	Farmacológica	Congénita
Nuclear	Metabólica	Adquirida
Subcapsular	Iatrogénica	
Polar	Traumática	
	Senil	

La catarata más común es la *Catarata Senil*, habitualmente bilateral pudiendo ser asimétrica, viéndose afectada la AV y la sensibilidad al contraste en función de la opacificación del cristalino (13).

La causa exacta de la opacificación del cristalino se desconoce, no habiendo un solo factor desencadenante.

## Prevalencia e incidencia de la catarata

Los estudios poblacionales de prevalencia e incidencia de cataratas realizados hasta el momento se han llevado a cabo principalmente fuera de nuestro país. La prevalencia

de cataratas varía desde menos del 1% en poblaciones europeas y americanas hasta el 20-30% en estudios realizados en Australia y poblaciones como Framingham (USA) y Londres (UK) (14).

Otros estudios epidemiológicos sugieren que los diferentes subtipos de cataratas están asociados con diferentes factores de riesgo como es la cirugía, con estrategias para su prevención. Lewis muestra una clara predominancia de la catarata nuclear en pacientes sometidos a cirugía oftalmológica en los dos ojos (15,16). *Aunque diversos estudios reportan la prevalencia de catarata en diversas poblaciones (15), no se dispone de información relativa a la distribución del espectro de la opacidad del cristalino en nuestra población.*

El estudio de NHANES (Nacional Health And Nutricional Examination Survey), realizado en diversas comunidades norteamericanas para ambos sexos y todas las razas mostró un aumento progresivo de opacidades del cristalino con la edad(17).

Aproximadamente el 12.0% de los participantes de 45 a 54 años, el 27.0% de aquellos entre 55 y 64 años, y el 58.0% de los de 65 a 74 años tenían algún tipo de opacidad. De este último grupo el 28.5% tenía, además, disminución de la AV. En otro estudio (The Watermen Eye Study) para una comunidad de pescadores los datos de prevalencia son similares al anterior con un 1.8% de opacidades en pacientes de hasta 35 años y un aumento en el número de casos en función de la edad hasta el 59.0% para el grupo de 75 a 84 años.

En un estudio para una pequeña comunidad norteamericana (The Framingham Eye Study) se mostró una prevalencia de opacidades del 41.7% en edades de 55 a 64 años y un 91.1% para pacientes de 75 a 84 años. Los pacientes con disminución de AV fueron del 4.5 y 45.9% respectivamente para los mismos grupos de edades (18).

Otro estudio (The Beaver Dam Eye Study) analizó la prevalencia de las cataratas en una población de personas de 43 a 84 años, encontrando que el 17.3% presentaban una esclerosis nuclear de nivel 3 en una escala de 1 a 5. Se encontraron opacidades corticales en el 16.3% de los casos, mientras que las cataratas subcapsulares posteriores se hallaron en el 6.0% de ellos. Las mujeres estaban más afectadas que los hombres (19).

En España solamente hemos podido recuperar un estudio que analiza la prevalencia de cataratas en una población representativa. Concretamente en estudio realizado en Cuenca, la frecuencia de cataratas en mayores de 65 años fue del 69.2% en hombres y 65,5% en mujeres (20).

Panchapakesan et al. en 2003 afirman que las cataratas subcapsulares posteriores son más frecuentes que las corticales o nucleares en los pacientes más jóvenes y son las que presentan la mayor tasa de cirugía (21).

Sin embargo Lewis A. en 2004 en una población de edad avanzada, concluyen que las cataratas nucleares son más frecuentes (16).

Otros estudios han encontrado diferencias raciales en la prevalencia de distintos tipos de cataratas. En el Estudio de Evaluación de Salisbury, los estadounidenses de origen africano tenían una probabilidad cuatro veces mayor de tener opacidades corticales que los de ascendencia europea, y los de origen europeo eran más propensos a tener cataratas subcapsular posterior y nuclear (22).

Para Klein et al (23) la incidencia acumulada de la catarata nuclear fue de 29.7% (95% intervalo de confianza [IC], 28.0-31.4), cataratas corticales, el 22.9% (IC 95%: 21.3-24.5); cataratas subcapsulares posteriores, el 8.4% (IC del 95%, 7.4-9.4), y la cirugía de cataratas, el 17.7% (IC del 95%, 16.4-19.0). La incidencia aumentó con la edad y fue mayor para las mujeres. La relación entre la edad y la incidencia de cataratas, es del cuadrado para la nuclear, cúbico para las corticales y lineal para las subcapsulares posteriores.

#### Factores de riesgo

Los estudios epidemiológicos realizados, aun cuando son de tipo observacional y no pueden demostrar un efecto causal ni medir la exposición al factor de riesgo de manera normalizada, han identificado diversos factores de riesgo entre los que se encuentran: sexo, diabetes mellitus, bajos niveles de calcio sérico, hipertensión arterial, luz solar, corticoesteroides, nutrición y estatus socio-económico, estilo de vida (tabaco y alcohol), crisis de deshidratación/diarrea etc y, en muchos casos, la causa de las cataratas es desconocida (24).

Estudios genéticos realizados, parecen indicar que los factores hereditarios juegan un papel importante en el desarrollo de la catarata relacionada con la edad, pudiendo oscilar entre el 48-59% (25).

En la tabla 2 se resumen los factores de riesgo potenciales y el desarrollo de cataratas según diferentes estudios.

**Tabla 2.** Factores de riesgo potenciales en los distintos tipos de cataratas

<b>Cortical</b>	<b>Nuclear</b>	<b>Subcapsular posterior</b>	<b>Otros</b>
Diabetes	Diabetes	Corticosteroides inhalados y sistémicos	Diabetes
Hipertensión	Antecedentes	Obesidad	Corticoesteroides inhalados
Miopía (> 1 D)	Fumadores	Trauma ocular	Fumadores
Obesidad	Uso de estatinas	Retinosis pigmentaria	
Corticosteroides sistémicos	Luz ultravioleta B	Luz ultravioleta B	
Luz ultravioleta B			

*Fuente adaptada: D. Jesús Fernández Pastor. Guía práctica clínica de cataratas. (10) 2011*

En España se ha explorado el papel de la exposición solar sobre el riesgo de cataratas. En un estudio realizado en población mediterránea (Comunidad Valenciana) no se encontró una relación directa entre el tiempo de exposición fuera de casa (outdoors) en los periodos de máxima radiación solar (10 am a 4 pm) aunque sí se obtuvo una relación significativa con la catarata nuclear y en pacientes más jóvenes (26,27)

### *Prevención*

Algunos estudios muestran una vinculación de los fumadores con la esclerosis nuclear cristalina y un menor riesgo de cataratas en los no fumadores o exfumadores, lo que demuestra el beneficio de dejar de fumar(28).

La exposición a la radiación ultravioleta B, acumulada a lo largo de la vida, se asocia a la opacidad del cristalino (29), por lo que la protección con filtros solares es recomendable para nuestros pacientes. A largo plazo los usuarios de corticoides tienen un mayor riesgo de formación de cataratas(30). El uso de medicamentos alternativos (antiinflamatorios no esteroideos) puede estar recomendado en estos casos. Los pacientes

con DM presentan más riesgo de formación de cataratas y los cuidados preventivos pueden llegar a ser eficaces (31).

### **Diagnóstico y tratamiento de la catarata**

En la actualidad para evaluar las cataratas nos basamos en el déficit de AV que ésta genera combinado con la pérdida de transparencia del cristalino. Se utilizan varios sistemas de clasificación que agrupan los tipos de cataratas de acuerdo a su tamaño y localización. El sistema de clasificación más utilizado a nivel internacional es el Lens Opacifications Classification System (LOCS I, LOCS II y LOCS III) (32).

#### **Tratamiento no quirúrgico**

Aunque se ha avanzado en la identificación de los factores de riesgo de desarrollar catarata, no se ha descubierto todavía un tratamiento médico primario eficaz para el tratamiento de la misma (33).

Las cataratas incipientes pueden causar cambios de error refractivo, borrosidad, reducción de sensibilidad al contraste y problemas de deslumbramiento. El tratamiento inicial para esos pacientes sintomáticos es el cambio en la prescripción de gafas o LC, el uso de filtros o de gafas de sol y gorras.

En estos casos es muy valiosa la información sobre el control de la iluminación, ya que puede mejorar la incomodidad visual. El uso de gafas de sol, viseras, gorras o control de las fuentes de iluminación (por ejemplo, en la lectura), pueden ayudar a mejorar el confort visual.

#### **Indicaciones para cirugía**

Las indicaciones para la cirugía de cataratas son válidas cuando se ha reducido considerablemente la AV a un nivel en el que interfiere con la vida del paciente y sus actividades diarias (tales como conducción, impedir realizar bien el trabajo o tareas del hogar, los hobbies, ser una persona independiente,...)(34)y cuando la satisfacción de la función visual no puede obtenerse con gafas, LC u otras ayudas ópticas. El criterio de

cirugía está normalmente basado en los niveles de AV de Snellen, dividiéndose en dos grupos: aquellos con una AV de 20/40 o mejor y los que tienen 20/50 o peor(35–37).

Otras condiciones que hacen necesaria la cirugía son aquellas que están relacionadas o inducen patologías, tales como uveítis, glaucoma facolítico o existencia de enfermedades concomitantes como la retinopatía diabética, donde es preciso controlar y monitorizar la retina y los cambios de los medios ópticos impiden su seguimiento. Cuando una catarata está presente en el otro ojo, la cirugía no tiene por qué ser considerada como la mejor opción, siempre y cuando la mejora visual del primer ojo consiga una buena visión al paciente y sus quejas se resuelvan con corrección (ya sea con gafas o LC), permitiéndole volver a su estilo de vida y objetivos ocupacionales(38).

### ***Tratamiento quirúrgico***

#### Antecedentes de la cirugía

La cirugía de cataratas ha sido históricamente uno de los procedimientos que ha buscado con vehemencia la perfección. La importancia de la visión del ser humano en la vida cotidiana ha hecho que, desde la antigüedad, se haya planteado el objetivo de excelencia en la eliminación de la catarata y la restauración de la visión. Esto ha hecho que a través de los años, la cirugía de cataratas haya estado en constante evolución. Los primeros escritos provienen del Código de Hammurabi, los mesopotámicos, el antiguo testamento de la biblia y escritos hindúes (39).

*Constantino el Africano* puso el nombre de cataratas. Ya se conocía la técnica de *Couching* o reclinación de la catarata en el vítreo en el antiguo Egipto y en Mesopotamia y en la India la técnica de declinación por parte de un hindú llamado *Susreta* hacia el 1000 a.c.

La técnica cambió en 1750, cuando el francés *Jacque Daviel* describió la extracción extracapsular de la catarata; este acontecimiento supuso un cambio en la historia de la cirugía de catarata aunque no se conseguía la emetropía tras la cirugía por la afaquia intraocular(40).

Diversos intentos de colocación de lentes intraoculares se realizaron hasta comprobar la tolerancia ocular al plexiglás, material biocompatible y con propiedades



ópticas. El primer implante de LIO se realizó a finales del siglo XVIII, al utilizar vidrio para sustituir el cristalino y al ser éste tan pesado, se desplazó al fondo del ojo. Continuaron probando con diferentes materiales más ligeros y eran rechazados por el organismo (41).

Fue en 1949 cuando se implantó el primer lente intraocular (LIO) por un conocido oftalmólogo, sir *Harold Ridley*. Observó que fragmentos de materiales utilizados en la fabricación de la cúpula de aviones como el acrílico (perspex, pmma), al explotar se incrustaba en la córnea de los soldados sin producir rechazo. Cuando *Ridley* colocó el primer implante en forma de disco generó al paciente una miopía postoperatoria de -18 dioptrías. La técnica de *Ridley* no fue aceptada hasta los años sesenta por el alto número de complicaciones.

La cirugía de catarata consiste básicamente en la extracción del cristalino opaco y su sustitución por una lente intraocular de dimensiones y poder refractivo similares. Este procedimiento ha mostrado ser altamente coste-efectivo y se asocia a una mejora sustancial en la calidad de vida de los pacientes intervenidos. Además de ser una de las cirugías más demandadas, requiere de técnicas cada vez más sofisticadas para determinar la apropiada lente intraocular implantada, con el fin de optimizar al máximo los resultados refractivos en el paciente (42). Las indicaciones para la cirugía de cataratas son válidas cuando se ha reducido considerablemente la AV a un nivel en el que interfiere con la vida del paciente y sus actividades diarias (tales como conducción, impedir realizar bien el trabajo o tareas del hogar, los hobbies, ser una persona independiente,...) (34) y cuando la satisfacción de la función visual no puede obtenerse con gafas, LC u otras ayudas ópticas. El criterio de cirugía está normalmente basado en los niveles de AV de Snellen, dividiéndose en dos grupos: aquellos con una AV de 20/40 o mejor y los que tienen 20/50 o peor (35–37).

Otras condiciones que hacen necesaria la cirugía son aquellas que están relacionadas o inducen patologías, tales como uveítis, glaucoma facolítico o existencia de enfermedades concomitantes como la retinopatía diabética, donde es preciso controlar y monitorizar la retina y los cambios de los medios ópticos impiden su seguimiento. Cuando una catarata está presente en el otro ojo, la cirugía no tiene por qué ser considerada como la mejor opción, siempre y cuando la mejora visual del primer ojo consiga una buena

visión al paciente y sus quejas se resuelvan con corrección (ya sea con gafas o LC), permitiéndole volver a su estilo de vida y objetivos ocupacionales (38).

Las distintas técnicas empleadas son:

*Extracción extracapsular de la catarata por facoemulsificación (EECC PE).* Es la más empleada. Tras realizar una incisión y una capsulotomía anterior, se emulsifica el núcleo duro con una sonda ultrasónica, permitiendo al cirujano quitar el material del cristalino, utilizando un dispositivo de succión. Este procedimiento mantiene la profundidad normal de la cámara anterior. La herida es ampliada entonces para permitir la introducción de una LIO de cámara posterior en el saco capsular. Según la configuración de la herida, la incisión puede estar cerrada con una sola sutura o sin ella.

*Extracción extracapsular de la catarata (EECC) por expresión nuclear.* Después de una incisión inicial y capsulotomía anterior, el núcleo es extraído del saco capsular y eliminado en una pieza por la incisión. La corteza residual se quita por irrigación y aspiración. Este procedimiento precisa una incisión más grande, por lo general requiriendo varias suturas para cerrar la herida.

*Extracción intracapsular de la catarata (EICC).* Tras abrir con una incisión, se extraen el núcleo y corteza, junto a su cápsula, de una pieza. Como este procedimiento requiere una incisión muy grande y lleva un riesgo mayor de complicaciones vítreas y postquirúrgicas, rara vez se utiliza en la actualidad.

## **Biometría**

La biometría ocular previa a la cirugía de catarata, es la disciplina que se encarga de la medida de los parámetros físicos del globo ocular necesaria para el cálculo de la potencia del lente intraocular (LIO) a implantar en la cirugía de cataratas.

El cálculo del poder dióptrico de las lentes intraoculares es una parte esencial del examen preoperatorio en la cirugía de catarata y está determinado principalmente, por factores como el diámetro antero posterior del globo ocular o longitud axial en cualquier segmento del eje óptico, la queratometría o medida de la curvatura anterior corneal y la adecuada selección de la fórmula de cálculo dependiente del diámetro de la longitud axial y su relación con la constante de fabricación (43), es decir, las características de cada modelo de LIO, parámetros que incluye en una fórmula matemática para obtener su resultado. No todas las personas necesitan la misma potencia de la lente intraocular. Dependiendo del tamaño de su ojo y de las dioptrías del cristalino previas a la intervención, el biómetro calcula una lente intraocular con una potencia individualizada para cada ojo.

### **Parámetros oculares prequirúrgicos para el cálculo de la LIO**

#### **Longitud axial (LA)**

La longitud axial del ojo es la distancia entre el vértice anterior de la córnea y la retina sensorial. Representaría el diámetro antero posterior del ojo. Su medida es determinante para el cálculo de la graduación teórica del ojo previa a la cirugía de la catarata (44). De su exactitud dependerá la graduación residual después de la cirugía y en consecuencia la necesidad de usar o no gafas correctoras. Junto con la queratometría es el factor más importante para determinar el poder dióptrico de la LIO. Para medirla se emplea, de forma generalizada, la ultrasonografía y PCI ó ILT (Biometría por Interferometría parcial coherencia óptica) con láser de barrido. Un error en la medición de 1 mm (100 $\mu$ m) determina un error refractivo postoperatorio de unas 0.28 dioptrías (45).

### **Profundidad de la cámara anterior**

Es una estructura del ojo limitada por delante por la córnea y por detrás por el iris y el cristalino.

Su cálculo está basado en la longitud axial y en la posición postoperatoria de la LIO; un error de 0,1 mm en este cálculo produce un error refractivo de 0,1 dioptrías en el cálculo de la LIO, por lo que es uno de los factores que también influye para los cálculos de las lentes (47).

### **Queratometría**

Es la medición del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea central. La queratometría mide dos ejes o meridianos complementarios, el K1 y el K2 siendo la medida de ambos el K medio; los radios corneales se miden en milímetros. A partir de este valor en mm, junto con la LA, se calcula la potencia corneal total en dioptrías, mediante una fórmula matemática aplicando un índice de refracción.

Este es el segundo factor que más influye, después de la longitud axial, en el cálculo del poder dióptrico de la lente (46).

El parámetro más determinante es la LA; tanto es así que el 54% de error en resultados refractivos se atribuyen a la medida de la LA, 8% a la medida de la potencia corneal y el 38% restante, a la estimación de la medida de la cámara anterior (47).

### **Medida del blanco-blanco**

Esta medida se corresponde a la que tiene el ojo del paciente desde el limbo corneal temporal al limbo nasal siempre en dirección horizontal.

## **Espesor del cristalino**

El espesor del cristalino es una medida que el biómetro óptico no es capaz de medir. La mayoría de los biómetros ultrasónicos sí que hacen esta medida expresada como “lens”. Realmente, la única fórmula que utiliza esta medida es la fórmula Holladay II.

## **ELP**

La posición efectiva de la lente (ELP) se define como la posición efectiva de la lente respecto a la córnea. Para describir la posición de la LIO en el ojo y no confundirlo con la ACD. Ésta es la única medida que de manera preoperatoria no podemos medir y la fórmula debe estimar un valor (48).

## **Constantes**

*Constante A.* Es un valor numérico que varía en dependencia del tipo de lente y casas comerciales. Se debe conocer antes de hacer el cálculo del poder dióptrico del LIO. Estudios realizados concluyeron que la constante A depende del tipo de lente y fabricante (49).

Las fórmulas biométricas dependen de la aplicación correcta de las constantes y cuando son optimizadas los resultados refractivos son significativos (50).

Las constantes recomendadas por los fabricantes se calculan tras analizar bases de datos y comparar resultados visuales postoperatorios con LIOs idénticas, siendo muy conveniente personalizar el valor de la constante a la práctica quirúrgica de cada cirujano neutralizando cualquier error sistemático que se pueda producir y mejorando la precisión refractiva de las fórmulas. Para la mayoría de los cirujanos, las mínimas diferencias en personalizar las LIO constantes, no son clínicamente significativas (51) recomiendan optimizar la LIO constante con el fin de reducir un error marginal de 0.1 o menos en una muestra entre 148 y 257 casos fáquicos con catarata no complicada (51).

## **SNR**

Proporción de Señal- Ruido (Signal to Noise Ratio o SNR). La relación señal-ruido (SNR) proporciona una comparación de la cantidad de señal con la cantidad de ruido de fondo de una señal en particular, de tal manera que una SNR mayor, indica un ruido de fondo menos perceptible en la biometría por interferometría. Se estima que un SNR menor o igual a 1.6 demuestra la incapacidad de la lectura de la LA y por encima de 2.0 es considerada como lectura segura (46,52).

## **Formulas biométricas**

A partir de la década de los 90, se producen grandes innovaciones con nuevas técnicas de medición de LA, diseños de lentes intraoculares, instrumental quirúrgico y diferentes fórmulas biométricas. En un principio, todas las lentes implantadas eran de un valor estándar pero pronto se vió que los pacientes miopes quedaban hipocorregidos y los hipermetropes hipercorregidos. Para evitar este problema, se empezaron a desarrollar fórmulas biométricas basadas en los valores de LA y queratometría (53), válidas para calcular el poder dióptrico de la LIO: fórmulas teóricas y empíricas o de regresión. (Las fórmulas teóricas consideran la geometría ocular sin tener en cuenta los parámetros clínicos del paciente y las empíricas, analizan la refracción con LA y queratometría. Nota a pie)

### **Fórmulas teóricas de 1ª generación y fórmula empírica SRK**

En 1967, *Fyodorov* fue el primero en publicar una fórmula teórica para calcular el poder de la lente que se debía implantar en el ojo, tomando en cuenta la longitud axial y la queratometría, mientras que consideran constante el índice de refracción corneal y la profundidad de la cámara anterior. En 1980, *Sanders, Retzlaff y Kraft (SRK)* crearon una fórmula empírica basada en el estudio retrospectivo o de regresión de los resultados de la refracción postoperatoria obtenida tras múltiples intervenciones quirúrgicas con implantes de LIO, sumándolo a la experiencia aportada por los cirujanos al relacionar el valor preoperatorio de la longitud axial y queratometría con el poder dióptrico del lente y el error refractivo postoperatorio. De esta manera, realiza el cálculo a través de estudios estadísticos de regresión lineal de las variables empleadas con el poder dióptrico de la LIO.

La *fórmula SRK* era la más sencilla de las fórmulas existentes en esa época, por lo que su uso se extendió rápidamente.

### **Fórmulas teóricas de 2ª generación y fórmula empírica SRK II**

Las fórmulas anteriores tenían algunos problemas ya que asumían que la posición efectiva de la lente (ELP) era igual en todos los ojos, independientemente de la longitud axial. Pero *Hoffer y Binkhorst* observaron que los ojos largos quedaban hipercorregidos y los ojos cortos hipocorregidos, de ahí deducen que el valor de la profundidad de la cámara anterior (ACD) se debía calcular en función de la longitud axial realizando estas mediciones (54) .

Los autores de la fórmula SRK observaron que funcionaba bien para valores estándar de longitud axial pero también detectaron que los ojos con longitud axial larga sufrían errores hipermetrópicos y los ojos con longitud axial corta quedaban con errores miópicos (40).

Para corregir las limitaciones de su fórmula en ojos con longitudes axiales extremas propusieron hacer variable el valor de A en función de la longitud axial aumentando 1, 2 o 3 dioptrías al valor de A para ojos cortos y para ojos largos se resta 0.5 dioptrías , transformando así la fórmula SRK en *SRK-II*, de esta forma deducen que la longitud axial, aunque tiene mayor variabilidad en ojos largos, influye más en el error dióptrico de la LIO en los ojos cortos, y por ello se modificó más el valor de A en dichos ojos. Hay diferencias entre las distintas lentes para la predicción de los resultados refractivos en la cirugía de catarata.

### **Fórmulas teóricas de 3ª generación**

Actualmente, estas fórmulas son utilizadas para calcular la potencia de las LIOs y tratar de predecir la posición efectiva de la lente en función de dos parámetros, la longitud axial y la queratometría. Las más conocidas son *SRK-T, Holladay, Hoffer y Olsen*. En 1988, Holladay considera que para poder predecir el valor de la profundidad de la cámara anterior (ACD) postoperatoria debe relacionarse con la longitud axial y con la altura de la cúpula corneal, la cual debe estar relacionada con el radio de curvatura corneal, con el diámetro corneal y con un factor dependiente del cirujano, que equivale a la distancia desde el plano iridiano al plano principal del LIO. Los mismos autores de

la fórmula SRK conscientes de que la posición efectiva de la lente es muy importante para disminuir el error dióptrico final, proponen una nueva teoría de su fórmula, obteniendo la SRK-T (55). Para obtener el valor de la profundidad de la cámara anterior suman la distancia existente entre la córnea y el plano del iris y la distancia desde el plano iridiano al plano principal de la LIO. La diferencia más importante entre las distintas fórmulas de tercera generación es el algoritmo de estimación de la posición efectiva de la LIO en el interior del ojo. En los ojos cortos, Hoffer-Q siempre calcula la LIO más potente y SRK-T la menos potente de la LIO en el interior del ojo.

### **Fórmulas teóricas de 4ª generación**

Las fórmulas de cuarta generación son las más recientes y emplean más de dos factores para predecir especialmente la posición efectiva de la lente. Las más conocidas son *Haigis* y *Shammas*, útiles en el cálculo de la LIO posterior a cirugía refractiva, y *Holladay-II*, indicada en ojos muy cortos y para la realización de dobles implantes. Para ciertos autores, la nueva fórmula SRK/T se comporta ligeramente mejor que la Holladay, SRKII, Binkhorst, y fórmulas Hoffer (55).

### **Sistemas biométricos**

#### **Fundamento básico del ultrasonido**

Los ultrasonidos son ondas acústicas que consisten en la oscilación de partículas en un medio y que por definición tienen una frecuencia superior a los 20000 ciclos (20kHz). Los usados en oftalmología se sitúan en un rango entre los 8 y los 10 MHz (8 a 10 millones de ciclos por segundo). Estas ondas, al atravesar tejidos, van por un lado progresando y por otro produciendo un rebote, un eco que se registra y da una imagen en pantalla denominada ecograma. Cada estructura ocular (cornea, cara anterior y posterior del cristalino y retina) produce un eco diferente. Aplicando las fórmulas fundamentales de la física se obtiene el espacio que ha recorrido el ultrasonido, y considera que la onda hace un recorrido de ida y vuelta.



Los ultrasonidos viajan a velocidades distintas según la densidad del tejido que atraviesan, siendo mayor cuando estos son más densos. Existen varias velocidades de transmisión en función de las diferentes estructuras, con sus propios índices de refracción, Para cámara anterior y fase acuosa del humor vítreo, la velocidad de propagación del sonido es de 1.532 m/s. Las 550 micras de la córnea tienen una velocidad de propagación de sonido de 1.641 m/s. El cristalino también tiene una velocidad de propagación del sonido de 1.641 m/s y 1.550 m/s para retina. Para una catarata moderada la velocidad del sonido es 1.628 m/s y en un ojo con una catarata madura, la velocidad del sonido es de 1.589 m/s. Por defecto, los ecógrafos habituales asignan una velocidad global media que varía en función de si el ojo es fáquico (1.550 m/s) o afáquico (1.532 m/s), dando la posibilidad de poder ajustar las diferentes velocidades para cada medio atravesado (52).

De forma habitual, el biómetro de ultrasonidos dispone de una sonda emisora de la energía ultrasónica que puede entrar en contacto con la córnea con el *método de aplanación o de contacto*, o a través de una interfase líquida sin contacto corneal con el *método de inmersión*.

### **Método de aplanación o contacto**

#### **Biómetro Ocuscan R\*R ultrasónico de contacto corneal**

El sistema **Ocuscan R\*R** consta de la unidad de ultrasonido que contiene un emisor/receptor de ondas ultrasónicas que traduce en ecoseñales, un convertidor de barrido, y un ordenador que controla los datos del paciente, los almacena y realiza los cálculos oportunos. Incluye un sistema operativo centrado en la sonda de A-scan/3D-scan de 12MHz que mide la longitud axial con una resolución longitudinal de alrededor de 150 a 200 micras y una precisión aproximada de 100 a 150 micras (47,56). *Fig. 5: Esquema de las distancias de medida en el método de ultrasonidos.*

El haz de ultrasonidos debe alinearse con el eje visual. Para ello, la sonda debe colocarse completamente perpendicular a la córnea, lo que requiere una óptima colaboración del paciente quien debe mirar un punto fijo para así poder hacer incidir los ecos en la mácula. Se recomienda hacer varias lecturas de cada ojo. En la técnica de aplanación, que precisa el contacto entre la sonda y la superficie corneal, debe instilarse un colirio anestésico previamente teniendo cuidado en no presionar la córnea, pues se

provoca un aplanamiento del globo ocular midiendo una longitud axial menor.

### **Modo de medida**

Se puede medir de forma automática o manual. En la forma manual, el examinador determina en qué momento debe ser medido un ecograma apretando el pedal para congelar la imagen. En la automática, el biómetro decide que una medida es buena en función de la intensidad de los ecos, y avisa con un sonido de que ha anotado la medida. La forma manual es recomendable en caso de mala fijación o si hay anomalías intraoculares que alteren los ecogramas. ANEXO

Limitaciones básicas en biometría de aplanación A-scan:

1. Compresión corneal variable.
2. Haz de sonido amplio, sin localización precisa.
3. Resolución limitada.
4. Suposiciones incorrectas con respecto a la velocidad del sonido.
5. Potencial para la distancia de medición incorrecta.

### **Técnica de interferometría óptica de coherencia parcial**

La interferometría de coherencia parcial (IOL-Máster®) es una variación de la tomografía de coherencia óptica (OCT) que se emplea para obtener imágenes del espesor de la retina con una gran precisión. Está basada en la proyección de dos haces de luz de alta coherencia sobre el globo ocular y la medición de la reflexión de los mismos sobre las diferentes estructuras oculares. Este doble haz permite eliminar la influencia de los movimientos longitudinales del ojo durante las mediciones, usando la córnea como superficie de referencia y es capaz de medir distancias intraoculares no sólo paralelas al eje visual, sino también a diferentes ángulos tomando de forma precisa la medición de la AL a valores de 0,3 a 10 micras. La biometría óptica por interferometría láser es un método relativamente novedoso de no contacto corneal introducido por Carl Zeiss Meditec (Jena, Germany) en 1990s, que puede reducir el riesgo de erosiones e infección corneal, no siendo necesaria la aplicación de anestésicos locales, disponiendo de alta resolución y precisión en las mediciones. Todas las mediciones son automáticas, de modo que el usuario sólo ha de ajustar el aparato al ojo del paciente y disparar la medición.

Por este motivo, con IOL-Máster® se puede aprender rápidamente la compleja biometría del ojo, debiéndose sin embargo prestar gran esmero y atención al detalle.

### **Biómetro óptico IOL-Máster® de interferometría láser de barrido**

El biómetro óptico emplea una fuente de luz con coherencia parcial y funciona como un interferómetro modificado de Michelson. El IOL-Máster® es un aparato biométrico combinado para el registro de datos del ojo humano necesarios para el cálculo de una lente intraocular a implantar. Con el equipo se determina en una sesión de forma directamente consecutiva la longitud axial del ojo, los radios de curvatura corneal de la córnea, la profundidad de la córnea, la profundidad de la cámara anterior y opcionalmente blanco a blanco. El IOL-Máster® (Carl Zeiss) basado en la técnica óptica de no contacto, es un tipo de interferometría basado en la incidencia de un equipo de luz parcial coherencia ocular que al interferir en la refracción de las diferentes fases tisulares discontinuas (con un rango de 780 nm), la superposición de los diferentes rayos luminosos son capturados por un fotoreceptor. Cuentan con una precisión alta (5  $\mu\text{m}$ ) y alta resolución (12 $\mu\text{m}$ ) (46,57).

Los valores para la longitud axial se calculan gracias a un algoritmo de cálculo interno asegurado estadísticamente, valores compatibles con las mediciones de inmersión y acústica de la longitud axial (44). De esta manera pueden usarse las fórmulas comunes conocidas para los cálculos de la LIO.

#### Características generales

- No existe la posibilidad de transmitir enfermedades de un enfermo a otro o producir lesiones corneales.
- Rápida medición, la longitud axial, el radio de la córnea y la profundidad de la cámara anterior del ojo del paciente *son medidas en un único instrumento* ahorrando tiempo.
- Elevada precisión, incluso en casos difíciles (estafiloma posterior, ametropía extrema, pseudofaquia, vitrectomía).

- El equipo detecta automáticamente el ojo derecho o el izquierdo mientras toma las medidas, por lo que *elimina el riesgo de confundir el ojo medido*.
- Aunque tiene algunos inconvenientes, a veces no es posible hacer la medida si los medios están muy opacificados, como hemorragias vítreas, leucomas corneales, cataratas subcapsulares posteriores y/o muy maduras.
- En este tipo de biometría no existe contacto con el ojo del paciente y la curva de aprendizaje es mucho menor que en la ultrasónica, se puede realizar sin anestesia y sin midriasis, evita las distorsiones y errores que pueden producir la depresión corneal de la biometría ultrasónica de contacto
- Es operador independiente

### Limitaciones

En determinados tipos de cataratas muy densas o cataratas subcapsulares y/o fijación pobre; en este caso, este tipo de biómetro no realiza la medición de la longitud axial adecuada y obliga a reemplazarlo por un biómetro ultrasónico.

### **Resumen de las pantallas de resultados de las mediciones de la longitud axial para todo tipo de biómetros**

Los resultados obtenidos después de las mediciones son representados en graficas llamadas “ecogramas”.

Son *ejemplos* de éstas las siguientes graficas (Figuras 1 a 4):

## Curva de señal válida

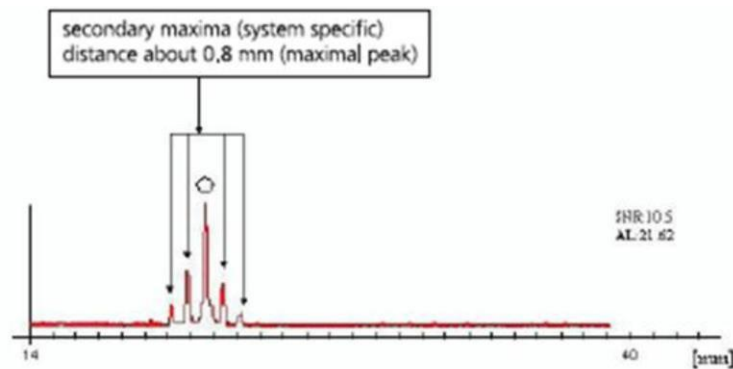


Fig. 1: *Ecograma válido*. Fuente: Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la LIO. IOBA Valladolid

Este tipo de grafica se caracteriza por (Figura 1):

- Señales muy buenas (relación señal-ruido > 10)
- El paciente bien posicionado
- Los medios oculares claros.
- Baja ametropía

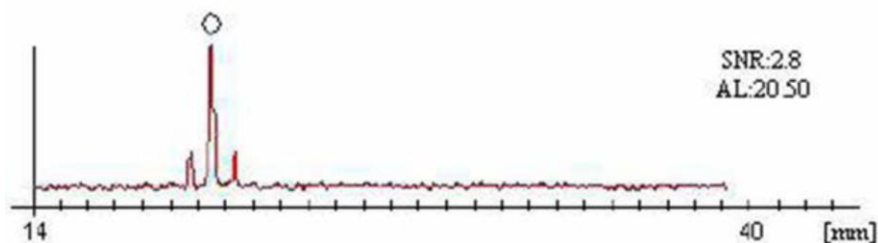


Fig. 2: *“Ecograma” con señal clara*. Fuente: Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la LIO. IOBA Valladolid

Señal clara (SNR > 2,0) (Figura 2)

- Picos secundarios visibles
- Los medios oculares son relativamente claros

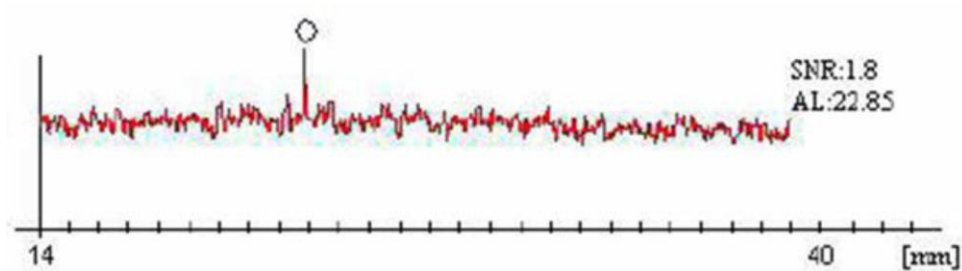


Fig. 3: "Ecograma" de señal baja En señal baja de SNR el rango es de 1.6 a 2.0. Fuente: Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la LIO. IOBA Valladolid

- Fuerte aumento de la señal de medición.
- Estas lecturas aparecen en la pantalla mediante un signo de exclamación y aparece el mensaje de SNR bajo.

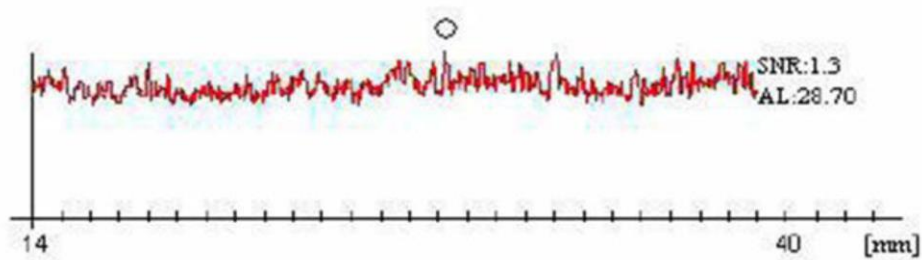


Fig 4 Ecograma de señal baja por debajo de 1.6. Fuente: Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la LIO. IOBA Valladolid

Señal baja (relación señal-ruido 1,6) (Figura 3, 4)

- Muestra mensaje de error
- La señal de medición no puede distinguirse claramente de los ruidos.

Las posibles razones:

1. El paciente no coopera
2. Ametropía fuerte
3. Opacidad densa a lo largo del eje visual
4. Cicatrices corneales
5. Los cambios patológicos en la retina

## **Diferencias fundamentales entre la biometría ultrasónica (US) y la óptica**

- El US uno emite ultrasonidos y el óptico emite un haz de luz infrarroja
- El biométero US utiliza una técnica de aplanación debido al contacto directo córnea-sonda, disminuyendo la ACD y por tanto la AL (58). El error puede minimizarse utilizando la técnica de inmersión, con diferencias poco o nada significativas en los resultados refractivos postoperatorios (59), pero es más molesta<sup>1</sup>.
- La luz empleada en la biometría óptica es reflejada por el EPR, mientras que los US son reflejados desde la limitante interna (dif. de 130 mm).Ruprecht and Gantenbein
- El IOL-Máster®no es operador dependiente con fácil manejo y el US sí lo es y además requiere un entrenamiento para su uso. Gantenbein and Ruprech. Kutschan 2004. Rajan et al.

## **Estudios sobre comparación de biómetros y papel del operador en la concordancia entre los mismos**

Alguno autores comparan según el coeficiente de correlación de Pearson y no por concordancias, dos biómetros, uno de contacto (Ocuscan R\*R) y de no contacto por IL (Lenstar) para la lectura de las medidas preoperatorias para facoemulsificación AL, ACD y Ker (según el refractómetro –Keratómetro Tonoref II) en 86 ojos de 46 pacientes realizadas por tres optometristas experimentados y obtienen una LA más larga para la medida sin contacto (23.21 mm vs. 23.05 mm. También la medida de la ACD sin contacto corneal es significativamente superior (3.33 mm vs. 3.03 mm). En su estudio analizan la fiabilidad de las medidas resultantes de las dos técnicas. No valoran el papel del observador. No hacen referencia alguna sobre distintas mediciones dentro del tiempo de espera quirúrgica.

Gantebein y Ruprecht (3) analizan 175 ojos consecutivos de 94 pacientes con cataratas comparando la LA medida por un biómetro de intrefeometria óptica y otro acústico.

---

<sup>1</sup> Numerosos autores han estudiado las diferencias en los resultados refractivos entre IOLMáster y US de inmersión con diversidad de opiniones (59).

Encuentran valores similares entre ambos dispositivos aunque ligeramente inferiores para el biómetro de contacto (diferencias de 0,12 mm). En nuestro estudio las diferencias, aunque no estadísticamente significativas, también muestran unos valores superiores para el IOL Master® (0,31 mm más en promedio). Desafortunadamente no calcularon la concordancia entre biómetros ni exploraron la posible presencia de errores sistemáticos. El papel de los operadores tampoco fue evaluado (2). No hacen referencia alguna sobre distintas mediciones dentro del tiempo de espera quirúrgica.

Por otro lado Tappeiner y cols (4) compararon la LA en 81 ojos entre dos biómetros (LS900, biómetro óptico de coherencia y Tomey AL-300, biómetro ultrasónico). Aunque analizan los datos con un estadístico que no mide concordancia sino correlación (coeficiente de Pearson), se observan diferencias poco importantes entre ambas metodologías, siempre con una mayor LA para el biómetro óptico. No exploran la presencia de errores sistemáticos y sí muestran los diagramas de Bland Altman en los que parece observarse un error sistemático proporcional (las diferencias parecen depender del valor de la LA).

Desafortunadamente no valoran el papel de los operadores en las mediciones. No hacen referencia alguna sobre distintas mediciones dentro del tiempo de espera quirúrgica.

Findl y cols (2), analizan en una amplia serie de pacientes (622 ojos) las mediciones realizadas entre un biómetro óptico (IOL Master®) y otro de contacto (Ocuscan®). Al igual que nuestro trabajo, la aplanación ultrasónica resultó en valores de LA ligeramente inferiores a los obtenidos por el método óptico (0,13 mm) al igual que para los valores de ACD, con una diferencia en la media numérica de 0.13 mm y 0.19 mm respectivamente. Según esto, las mediciones de LA cortas son explicadas por las mediciones de ACD también cortas. Esto les sugiere que los operadores menos experimentados aplanan la córnea en mayor medida que los operadores más experimentados y que las medidas muestran una variabilidad según el grado de aplanación y encuentran una menor SD y mayor precisión para los operadores más experimentados. Aunque no evalúan la concordancia interobservador sí que analizan la relación de la experiencia del operador (con una categorización similar a la de nuestro estudio) en las diferencias entre biómetros, siendo mayores en los operadores menos entrenados. No hacen referencia alguna sobre distintas mediciones dentro del tiempo de espera quirúrgica.



En resumen, los tres estudios exploran las diferencias entre ambas metodologías sin llegar a analizar el papel del operador ni del tiempo de espera hasta la intervención.

## **Justificación de la tesis**

Ante el creciente envejecimiento de la población y el alargamiento de la esperanza de vida ha aumentado la demanda en la cirugía de cataratas en nuestro hospital. Paralelamente, la demanda en la cirugía de catarata se ha visto también incrementada. Supone el 80% del volumen total de la cirugía oftálmica en nuestro hospital, realizándose en el año 2010, 1190 procedimientos quirúrgicos sobre cristalino fáquico, de los cuales el 98% se hicieron de forma ambulatoria en la Unidad de Cirugía sin Ingreso (UCSI).

La predicción refractiva se utiliza para tomar decisiones importantes en la cirugía de cataratas con facoemulsificación y conseguir la emetropía. Por ello, se exigen resultados refractivos cada vez más exactos y precisos siendo parte de la práctica diaria en nuestro centro la toma de medidas oculares preoperatorias.

En nuestro hospital, estas mediciones se llevan a cabo por diferentes operadores (normalmente personal de enfermería), en diferentes tiempos, más o menos cercanos al acto quirúrgico y con dos metodologías diferentes. Actualmente ambas metodologías conviven en muchos servicios de Oftalmología sin haber un consenso sobre cuál es la que debe de utilizarse preferentemente, en qué orden se deben de realizar las mediciones ni cuáles son las características de los pacientes que recomiendan el uso de un biómetro u otro.

Hemos realizado una búsqueda bibliográfica de estudios de comparación de determinaciones biométricas en pacientes con cataratas en las principales bases bibliográfica (PubMed y EMBASE) recuperando tres estudios que comparaban las dos técnicas biométricas (ultrasónica y óptica) en pacientes intervenidos de cataratas (2-4).

Sin embargo, ninguno de ellos analizó la concordancia e intercambiabilidad entre métodos mediante técnicas de análisis adecuadas (básicamente emplearon pruebas de diferencias de medias y test de correlación) y tampoco evaluaron la posible influencia del operador en la concordancia de las mediciones ni la estabilidad de las mismas a lo largo del tiempo de espera hasta la intervención.

Por todo lo expuesto, se pretende llevar a cabo un estudio en el que se evalúe la concordancia e intercambiabilidad de los resultados obtenidos por ambos métodos biométricos actualmente disponibles en nuestra consulta de Oftalmología, teniendo en cuenta la posible influencia del operador en las mediciones, prevalencia en la opalescencia del cristalino con ambos aparatos y repercusiones en las lecturas paramétricas y los posibles cambios que pueden producirse mientras el paciente permanece en la lista de espera quirúrgica.

Nos proponemos comparar la utilización de dos sistemas biométricos diferentes (IOL Master versus Ocuscan) necesarios para el cálculo de la potencia de la lente intraocular a implantar en el ojo en sustitución al cristalino en la cirugía de cataratas.

## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

## HIPÓTESIS

Esperamos encontrar una concordancia alta entre ambos sistemas de medición biométrica (con coeficiente de correlación intraclase superiores a 0,81: acuerdo muy alto según la escala de Landis y Koch). La concordancia entre biómetros será de menor magnitud para la medición de la cámara anterior que para la longitud axial.

La concordancia variará entre observadores, sobre todo en el método de contacto al ser a priori, el más operador-dependiente.

## OBJETIVOS

1. Estimar la concordancia en las mediciones biométricas realizadas con dos biómetros, con laser de barrido (IOL Master®) y con contacto ultrasónico (Ocuscan®) en pacientes fágicos pendientes de cirugía de cataras e implante de lente intraocular (Objetivo principal).
2. Detectar la posible presencia de errores sistemáticos, constantes y/o proporcionales, entre las mediciones de los dos biómetros.
3. Estimar el poder dióptrico de la lente a cambiar utilizando la longitud axial ocular y la curvatura corneal como variables de cálculo.
4. Evaluar la estabilidad de las mediciones obtenidas en la primera lectura y la realizada en el estudio preoperatorio.
5. Estimar la relación del operador (observador) sobre las mediciones obtenidas. Comparar las estimaciones realizadas en relación a la longitud axial (ojos miopes, emétopes e hipermétropes).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

## **Diseño del estudio**

Estudio observacional, prospectivo, descriptivo y transversal de concordancia de resultados entre dos técnicas biométricas de medición de la cámara anterior y de la longitud axial ocular para el cálculo de la lente intraocular a implantar en la cirugía de catarata mediante facoemulsificación, entre dos biómetros para el cálculo del lente intraocular y dos tiempos diferentes durante la espera quirúrgica previo a la cirugía.

El proyecto de investigación que comenzó en 2010, ha utilizado un sistema de enfoque de métodos múltiples de intervención y actividades de la Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC) y Resultados (NOC) del área de enfermería oftalmológica (Anexos Biometría y Keratometría), basándose en los diagnósticos aprobados en la Taxonomía II de Diagnósticos Enfermeros de la NANDA-1 que han requerido la práctica en la evidencia (60,61). Ha sido aceptado y becado parcialmente por la Comisión de Investigación, Docencia y Formación Continua del FISCAM (Anexo). Igualmente, ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital General la Mancha Centro. Todos los sujetos participantes en el estudio han firmado de manera voluntaria el consentimiento informado (Anexo).

## **Ámbito del estudio**

*Área de referencia.* El estudio se llevó a cabo en el Servicio de Oftalmología del Hospital la Mancha- Centro de Alcázar de San Juan, provincia de Ciudad Real.

El departamento lo forman 18 adjuntos, 9 enfermeras y una auxiliar de enfermería, con 6 camas periféricas asignadas y tres quirófanos especializados (dos en el Hospital de Alcázar de San Juan y uno en el Hospital de Tomelloso).

El Servicio da cobertura al Área Mancha Centro con 29 municipios con 216889 h (censo 2010; fuente Instituto Nacional de Estadística)

*Reclutamiento de pacientes.* Se realizó en un periodo de 18 meses de duración, Noviembre 2010- Mayo 2012 utilizando la Historia electrónica Mambrino XXI por orden de citación, formulario de Anamnesis, Exploración y Valoración de Oftalmología en la primera visita y entrada en LEQ. Seguidamente, los candidatos a la cirugía entraron en el protocolo de recogida de datos para inclusión en el estudio (Anexo). Se consideró un

único grupo de pacientes a los que se les realizó ambas metodologías ILT y US. Ver cuadro

*Recursos materiales.* El método estándar es la combinación de dos técnicas biométricas de medición de parámetros oculares en pacientes fáquicos en espera de cirugía de cataratas: biómetro de láser de barrido IOL-Máster® (Zeiss Meditec AG versión 5.2, Advanced Technology) de no contacto corneal e interferometría láser IL y biómetro Ocuscan® por ultrasonido de contacto US y aplanación de la córnea(ANEXO). Para la queratometría el método elegido fue el incorporado al láser de barrido IOL- Máster® (Anexo Biometría).



**Figura 5.** Sala exploración biométrica.(Hospital la Mancha Centro. Alcázar de San Juan)

*Salas de exploración biométrica:* El departamento dispone de una sala de enfermería con los biómetros donde se realizan en consulta la recogida de parámetros (Figura 5).

*Recursos humanos.* La recogida de datos fue realizada por el equipo de enfermería de la unidad. Se asignaron las parejas de observadoras de forma aleatoria entre nueve enfermeras de la unidad, cuatro entrenadas en el manejo del biómetro Ocuscan® de contacto ( M.J., M.L., R.B., P.L.) y el resto (C.P.,F.L.,A.L.,T.S.J.,B.A.), con una menor experiencia (menor de 6 años). Todas las operadoras estaban capacitadas en el uso del láser de barrido por interferometría IOL-Máster®.

## **Sujetos del estudio**

*Tamaño muestral* (estimado con EPIDAT 3.1) para la estimación del objetivo principal (concordancia entre ambos métodos) asumimos un valor superior a 0,81 (concordancia muy alta según los criterios de Landis y Koch) con una precisión no inferior a 0,05 (mínimo para evitar el cambio en la escala de valoración). Con estos criterios se consiguió reclutar 552 pacientes. El periodo de reclutamiento para conseguir este tamaño muestral será de aproximadamente 12-15 meses.

Para evaluar y transmitir de forma reproducible información acerca del diagnóstico sobre el grado de madurez y densidad de las cataratas y decidir la extracción del cristalino mediante facoemulsificación sustituyéndolo por un lente intraocular, en nuestro hospital<sup>2</sup> el oftalmólogo dispone de una clasificación unificada, donde se incluyen los casos más avanzados de catarata (N1- N10) y por tanto, su relación directa con la dificultad operatoria.

Para clasificar el grado de opacidad, se identifican las características de la opalescencia del cristalino y color nuclear, y se hace la comparación con las fotografías a color. La opacidad y color nuclear se gradúan en una escala decimal de 0.1 a 6.9. La magnitud de la opacidad cortical y subcapsular posterior se gradúa en una escala decimal de 0.1 a 5.9.

Los pacientes fueron seleccionados de forma consecutiva y aleatoria entre aquellos candidatos a la cirugía de cataratas con LIO en la consulta de Oftalmología del Hospital General La Mancha Centro con los siguientes criterios de selección:

### *Criterios de inclusión*

- a. Pacientes fáquicos
- b. En lista de espera para cirugía de cataratas con reemplazamiento de lente intraocular (LIO)

### *Criterios de exclusión*

- c. Alergia al anestésico ocular
- d. Madurez de la catarata de grado alto y/o catarata subcapsular según la clasificación decimal BCN 10 del Instituto Universitario Barraquer.



- e. Patología oftalmológica de base que contraindique la medición (enfermedad retiniana por alto grado de diabetes, alteraciones corneales que impida la toma del KER u otras varias condiciones sistémicas).
- f. Fijación pobre por BICAV (agudeza visual mejor corregida) inferior a 0,1

## **Variables del estudio**

### 1. Variables relacionadas con el paciente y el motivo de intervención

- Edad (fecha de nacimiento)
- Sexo
- Ojo fáquico, derecho o/y izquierdo
- Enfermedades oculares y/o sistémicas
- Opalescencia del cristalino según clasificación decimal BCN 10 del Instituto

### Universitario Barraquer (Anexo)

- Medición exitosa o no de la biometría con interferometría

### 2. Variables relacionadas con el operador y la exploración

- Explorador (código anonimizado). Por parejas.
- Fecha de la exploración
- Fecha de la visita. Primera visita y/o segunda visita.
- Biómetro utilizado (IOL-Máster®/ Ocuscan®)
- Resultados de la biometría:
- Av prequirúrgica y ES
- Longitud axial con IOL-Máster® y Ocuscan®
- Cámara anterior con IOL-Máster® y Ocuscan®
- Queratometría corneal. K1, K2 y Km
- SNR con IOL-Máster®
- Precisión (SD) con IOL-Máster® y Ocuscan®
- Poder dióptrico de la LIO con IOL-Máster® y Ocuscan® estimada

### 3. Variables relacionadas con la intervención

- Fecha intervención
  - Tipo de lente elegida. SN60WN/ Tecnis
  - LIO estimada con IOL-Máster® y Ocuscan®
  - Refracción estimada con IOL-Máster® y Ocuscan®
  - LIO elegida
  - Refracción residual o real y ES a las cuatro- seis semanas de la intervención
  - AV postquirúrgica a las 4 semanas de la intervención

### 5. Fuentes de información

- Historia clínica electrónica Mambrino XXI. Se extrajo la información relacionada con el paciente y motivo de intervención, la intervención quirúrgica y el resultado postquirúrgico
  - Clasificación Barraquer (Anexo)
  - Descripción de los biómetros (manual)
  - Protocolo de medición (Anexos)

### 6. Recogida de datos

Valoración del paciente; BCVA, Auto, PIO,  
biomicroscopía, midriasis pupilar



Diagnóstico de catarata y entrada en lista de  
espera quirúrgica (LEQ)



Entrada al estudio enfermería  
Selección aleatoria de pareja de operadores

## VISITAS

<b>Primera Visita</b> (entrada LEQ)	<b>Segunda Visita</b> (4 – 6 m entrada LEQ)	<b>Tercera visita</b> ( 4- 6 sem tras cirugía)
<b>Recogida de parámetros</b> <i>Biometría IOL Máster®</i>	<b>Recogida de parámetros</b> <i>Biometría IOL Máster®</i>	<b>Recogida de parámetros</b>
Variables: Edad Sexo Patología (sistémica, oftálmica) Ojo fàquico AV Refracción LA Keratometría ACD LIO	Variables: LA Keratometría ACD SD LIO	Variables: AV postcirugía ES Fecha cirugía Tipo lente LIO elegida ES real
<i>Biometría Ocuscan®</i>	<i>Biometría Ocuscan®</i>	
LA Keratometría ACD SD LIO estimada	LA Keratometría ACD SD LIO estimada	

### 5.1. Primera visita (entrada lista de espera quirúrgica)

El paciente citado se sometió a un protocolo de diagnóstico que incluye agudeza visual de larga distancia con optotipo Snellen, refracción automatizada, tonometría y biomicroscopía con lámpara de hendidura por el médico oftalmólogo bajo midriasis pupilar (Tropicamida y Fenilefrina).

El paciente fáquico, diagnosticado de catarata y listo para la entrada en lista de espera quirúrgica, se le realizó la primera biometría en las siguientes condiciones:

En primer lugar se realizó la queratometría corneal con el biómetro IOL-Máster® que sirvió de referencia para guiar las mediciones de ambos biómetros.

Para las mediciones de LA y DCA biométricas, en primer lugar se utilizó el IOLMaster®, al ser el biómetro de no contacto con un objetivo de fijación externa en el infinito óptico. Al menos cinco mediciones fueron tomadas en cada ubicación por un solo operador por el IOLMaster®. La segunda medición en la primera visita se realizó con el US por aplanación con una media de ocho mediciones repetidas tras la aplicación de anestesia local con 0,4% de oxibuprocaina por instilación conjuntival. Este orden de mediciones se ha llevado a cabo para prevenir irregularidades en la superficie de la córnea causadas por la aplanación del US.

La dilatación pupilar previa al fondo de ojo y diagnóstico se produjo con 1% de Tropicamida, 10% de Fenilefrina (Minims; Chauvin Pharmaceuticals, Kingston- Upon-Thames, Surrey, United Kingdom)

Los aparatos se han calibrado diariamente previa a su utilización. Se valoró la posible influencia de la experiencia del observador en la concordancia obtenida comparando los CCI según el operador hubiera llevado más o menos tiempo de entrenamiento diferenciando entre observadores con más o menos de 6 años de experiencia. Una pareja de operadores realizaba un total de ocho lecturas por paciente, las cuatro primeras en el momento de introducirlos en lista de espera quirúrgica, y el resto, en un orden mantenido, se repetían en una segunda visita aplazada con una media de 4-6 meses coincidiendo con el momento de toma de medidas prequirúrgicas cercanas ya al momento de la cirugía. Se asignarán de forma aleatoria y por parejas cada uno de los operadores en un orden que se mantendrá en la segunda visita.

Las mediciones fueron registradas de forma enmascarada e independiente entre operadores sin el conocimiento de las mediciones de cada biómetro.

### **Segunda visita previa a la intervención (preoperatoria)**

En esta visita se volvieron a hacer las mediciones en las mismas condiciones que en la primera y manteniendo los mismos operadores.

El operador que realizó cada medición vino preestablecido mediante la asignación aleatoria previa (en hojas numeradas). Esta asignación se realizó teniendo en cuenta el

número de observadores (9) y el número de mediciones (4) por paciente: se generaron permutaciones con repetición de 6 elementos tomados de cuatro en cuatro. De esta forma fue posible evaluar la concordancia intraobservador, interobservador, interbiómetro y la repetibilidad (fiabilidad) para cada biómetro.

Todos los pacientes han dado su consentimiento informado por escrito (Anexo)

### **Cálculo de la lente intraocular**

Una vez que se han realizado un número suficiente de mediciones, la longitud axial es adquirida. Entonces son introducidos los datos del paciente en el biómetro. Estos son:

- Elección del ojo.
- Keratometria obtenida anteriormente por el keratómetro.
- Elección de la LIO y la fórmula biométrica.

Los equipos incluyen una lista de LIO disponibles, con los datos proporcionados por los fabricantes, modelo y tipos. Para seleccionar la LIO, se debe elegir el nombre del fabricante y las constantes.

La fórmula utilizada en ambos métodos de Sanders- Retzlaff -Kraff (SRK/T) que fue la primera fórmula de regresión diseñada para este cálculo. Esta fórmula no incluye la profundidad de la cámara anterior, por lo que es menos exacta en ojos con extremas longitudes axiales. La constante A fue elegida de forma individual en cada fórmula SRK-T de cada biómetro y por cada cirujano y en todos los casos quirúrgicos se hizo implante de lente acrílica en cámara posterior.

### **Visita post- operatoria**

La última refracción obtenida a los 4- 6 semanas de la intervención fue convertida a su correspondiente equivalente esférico y comparada con la predicción preoperatoria hecha por el biómetro US e IOLMáster .

## Estrategia de análisis

Las variables resumieron según su naturaleza cuantitativa o cualitativa con los estadísticos descriptivos:

□ Variables cuantitativas: medidas de tendencia central (media o mediana según la distribución gaussiana o no de la variable) y de dispersión (desviación estándar e intervalo intercuartílico, acompañando a la media y mediana respectivamente).

□ Variables cualitativas: frecuencias absolutas y relativas, expresadas como porcentajes.

Se estimó la concordancia entre ambos biómetros utilizando el coeficiente de correlación intraclase y el coeficiente Linn.

Se consideró la media del error numérico (MNE) definido como la diferencia entre la refracción postoperatoria a las 4 ó 5 semanas y su correspondiente equivalente esférico en los diferentes subgrupos de ojos miopes, hipermétropes y miopes. La media del error absoluto fue definida como el valor absoluto de MNE.

Se evaluó la presencia de posibles errores sistemáticos (proporcionales y/o constantes) utilizando métodos gráficos (Bland y Altman) y estadísticos (regresión no paramétrica de Passing y Bablok). Consideramos que existe un error sistemático constante si la ordenada en el origen es diferente del valor nulo (0) y un error sistemático proporcional si la pendiente es significativamente diferentes a uno.

*Análisis de subgrupos.* Estas mediciones se compararan en subgrupos en base a la longitud axial (LA) del ojo:

- Subgrupo de ojos miopes (LA > 25 mm)
- Subgrupo de ojos emétropes (LA entre 22 y 25 mm)
- Subgrupo de ojos hipermétropes (LA < 22 mm)
- Subgrupo de opalescencia N,O,C5
- Subgrupo de opalescencia P. SNR
- Subgrupo de operadores de experiencia alta
- Subgrupo de operadores de experiencia

Se valoró la posible influencia de la experiencia del observador en la concordancia obtenida comparando los CCI según el operador hubiera llevado más o menos tiempo de entrenamiento diferenciando entre observadores con más o menos de 6 años de experiencia. La concordancia entre biómetros, operadores y fecha de la medición se estimó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), que mide el acuerdo en la mediciones en una escala de 0 (ausencia total de concordancia) a 1 (coincidencia en las mediciones). La interpretación del CCI se realizó siguiendo los criterios de Landis y Koch (62) que consideran una concordancia adecuada cuando el CCI fue superior a 0,81.

Se resumieron las diferentes variables mediante estadísticos descriptivos, con medidas de tendencia central y de dispersión (media y desviación estándar) para las variables cuantitativas, frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) para las cualitativas.

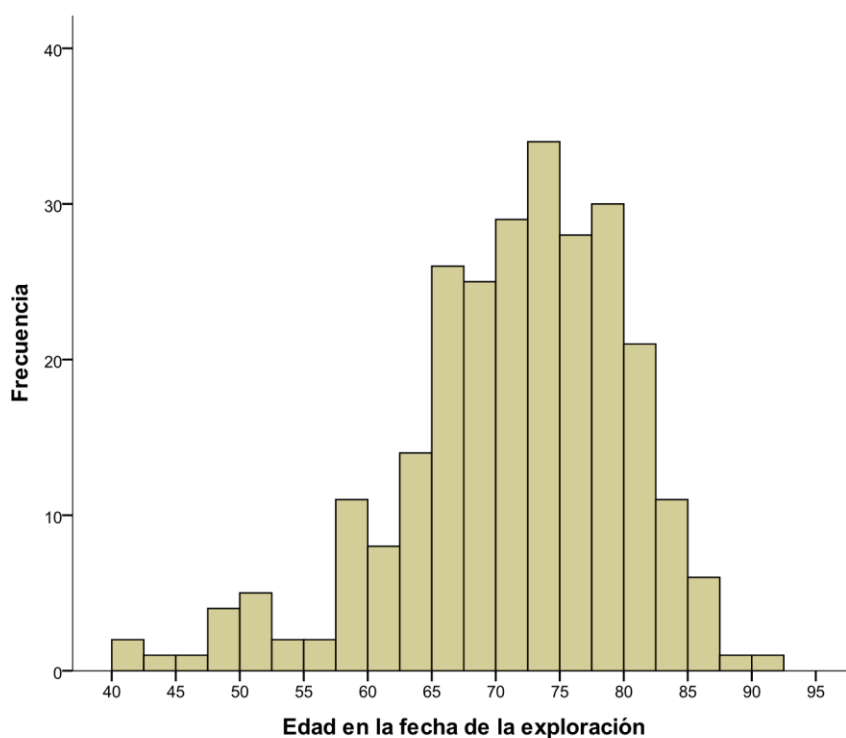
Los cálculos se realizarán con el programa estadístico STATA 11.0 y MedCalc (regresión de Passing y Bablok).

## **RESULTADOS**



## Análisis descriptivo de los pacientes

Se reclutaron 262 pacientes, 120 hombres (45,8%) y 142 mujeres (54,2%), con una edad media de 71,4 años (DE 9,0; rango de 41 a 92 años). El histograma de edades muestra una clara acumulación de casos entre los 70 y 80 años (Figura 6).



**Figura 6.** Histograma de edades de los pacientes incluidos en el estudio (n=262).

## Patologías asociadas

Entre las patologías sistémicas asociadas las más prevalentes fueron la diabetes y la hipertensión arterial. Además de la catarata, las patologías oculares acompañantes más predominantes fueron el glaucoma y el pterigium (Tabla 3)

**Tabla 3.** Patologías oculares y sistémicas asociadas más prevalentes

Patología	N (%)
Pterigium	2 (0,8%)
Diabetes	53 (20,2%)
Hipertensión arterial	25 (9,5%)
Glaucoma	16 (6,1%)

El tipo de catarata más frecuente fue la nuclear con las del 88% de los casos (Tabla 4)

**Tabla 4.** Tipo de catarata

Tipo de catarata	N (%)
Cortical	131 (53%)
Nuclear	219 (88,3%)
Subcapsular	12 (5%)

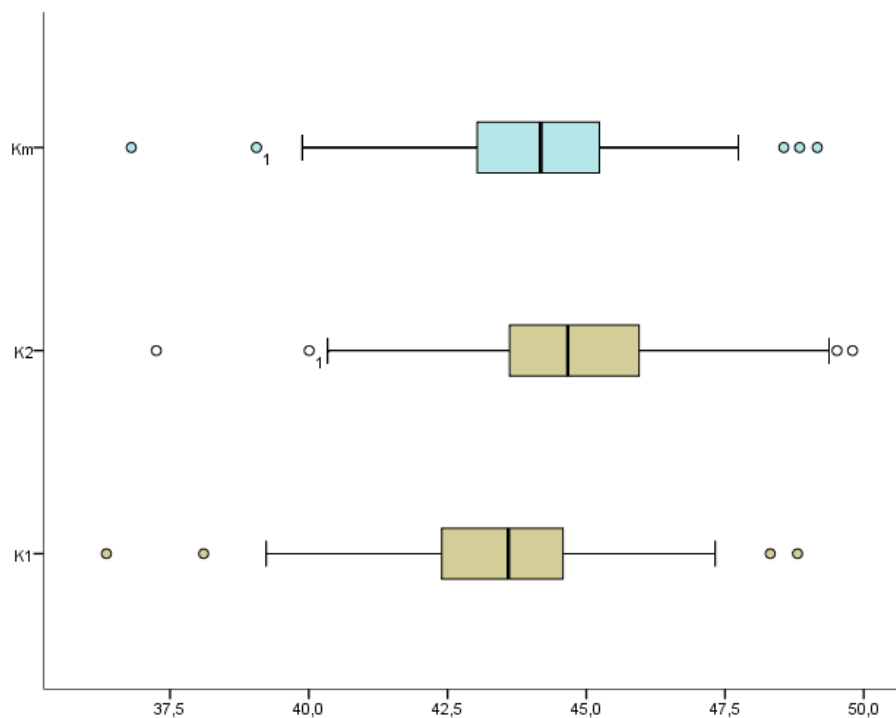
## Determinaciones biométricas

### *Queratometrías*

Las mediciones queratométricas fueron las esperadas para este tipo de pacientes y se muestran en la tabla 5 y figura 7.

**Tabla 5.** Descriptivos de las mediciones queratométricas (n=262)

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>Km</b>
Media	43,5	44,7	44,1
Mediana	43,5	44,6	44,1
Desv. típ.	1,7	1,8	1,7
Mínimo	36,	37,2	36,8
Máximo	48,8	49,8	49,1
Percentil 25	42,3	43,6	43,0
Percentil 75	44,6	45,9	45,2



**Figura 7.** Diagramas de cajas de las mediciones queratométricas (n=262)

## Mediciones biométricas

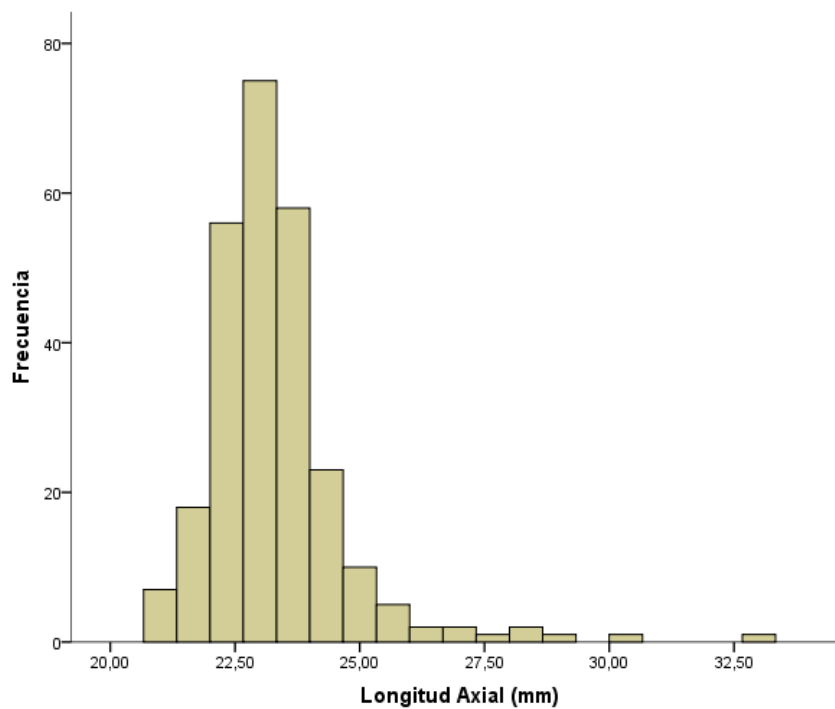
La mayoría de pacientes tenían ojos emétopes (longitud axial entre 22 y 25 mm):

Tabla 6 ; Figuras 8 y 9:

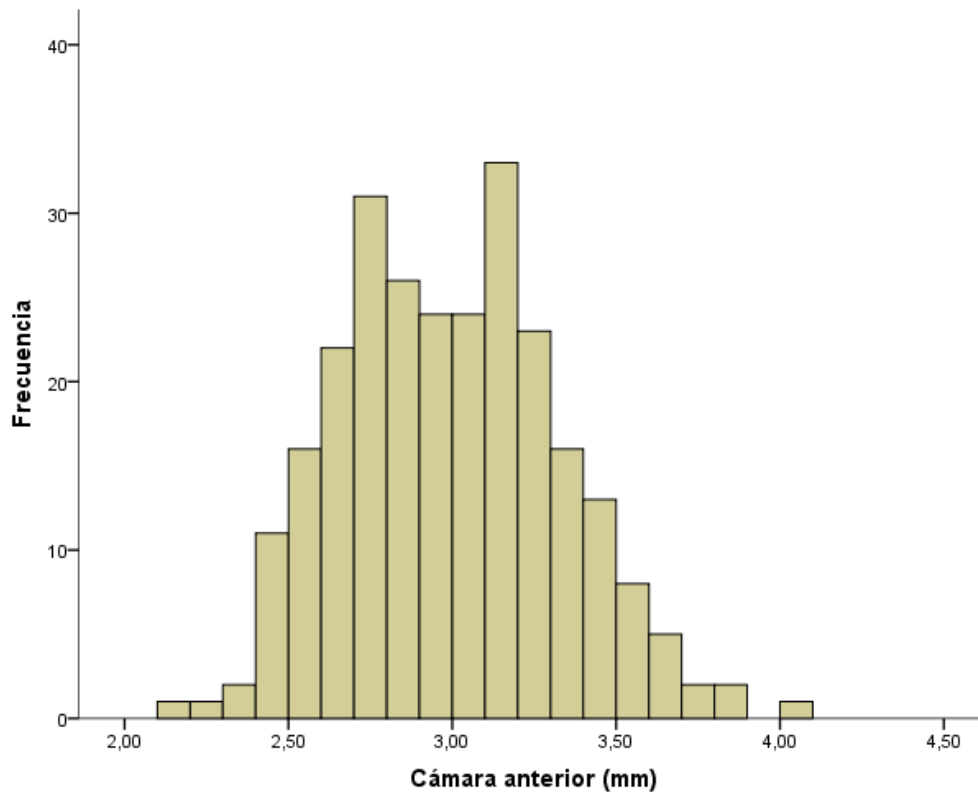
**Tabla 6.** Descriptivos de las mediciones biométricas (n=262)

		<b>SNR</b>	<b>LAxial</b>	<b>SD</b>
Media		211,8	23,3	22,2
Mediana		214,5	23,1	22,1
Desv. típ.		105,4	1,4	1,9
Mínimo		6,35	20,7	17,2
Máximo		542,7	33,1	46,2
Percentiles	25	134,7	22,5	21,5
	50	214,5	23,1	22,1
	75	284,2	23,8	22,7

*SNR: relación señal/Ruido; LAxial: longitud axial (mm); AC: cámara anterior(mm)*



**Figura 8.** Histograma de las mediciones de la longitud axial (n=262)



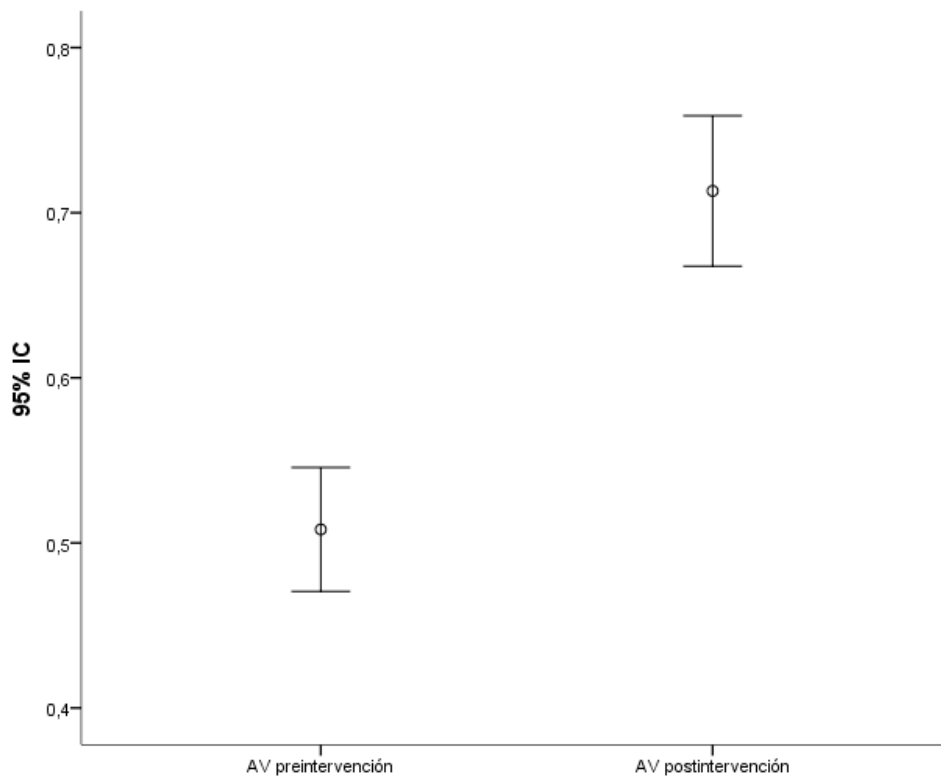
**Figura 9.** Histograma de las mediciones de la cámara anterior (n=262)

### Agudeza visual

La agudeza visual preoperatoria estaba comprometida por la patología de base y mejoró ostensiblemente tras la intervención (Tabla 7, Figura 10)

**Tabla 7.** Agudezas visuales pre y postoperatorias (n=262)

		<b>AV preoperatoria</b>	<b>AV postoperatoria</b>
Media		0,50	0,71
Mediana		0,50	0,70
Desv. típ.		0,20	0,26
Mínimo		0,10	0,16
Máximo		1,00	1,00
Percentiles	25	0,40	0,50
	50	0,50	0,70
	75	0,65	1,00



**Figura 10.** Las diferencias en la agudeza visual fueron relevantes y significativas (Diferencia AV pre-post: 0,21 IC95% 0,16 a 0,25;  $p < 0,001$ )

Finalmente, también se midieron otros parámetros relacionados con el componente esférico, la lente intraocular (LIO) estimada y elegida así como al refracción final esperada y estimada (Tabla 8).

**Tabla 8.** Parámetros oculares relacionados con el componente esférico, la lente intraocular, y la refracción esperada y final (n=262)

	<b>Media</b>	<b>Desv típica</b>	<b>Perc 25</b>	<b>Mediana</b>	<b>Perc 75</b>
Esfera (pre-intervención)	0,1	3,4	-1,4	0,3	2,0
C (pre-intervención)	-1,7	1,3	-2,0	-1,4	-0,9
C (post-intervención)	-1,3	0,8	-1,5	-1,1	-0,8
Grados (pre-intervención)	84,3	32,5	71,3	82,2	93,0
Grados(post-intervención)	92,4	39,0	74,0	89,0	109,0
SE-pre	-0,7	4,7	-2,5	-0,4	1,3
LIO estimada	21,0	4,3	20,0	21,6	23,1
LIO elegida	20,8	5,9	20,0	22,0	23,3
Refracción esperada	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Refracción final	-0,3	0,3	-0,4	-0,3	-0,2
MAE	-0,3	0,3	-0,4	-0,3	-0,1
Eq. Esférico	-0,2	1,1	-0,8	-0,3	0,3

*MAE = refracción final menos refracción esperada*

### **Análisis de concordancia entre biómetros**

La concordancia entre los dos biómetros se estudio sobre tres parámetros biométricos oculares considerados esenciales: la longitud axial, la cámara anterior y la LIO estimada.

Las concordancias globales entre biómetros fueron aceptables para los tres parámetros, aunque algo peores para la medición de la cámara anterior (Tabla 9).

Las lecturas y concordancias entre los dos biómetros fueron estables entre visitas y por sexos. Por otro lado, un mayor edad del paciente, la presencia de una patología ocular asociada, una catarata de tipo subscapular y un ojo corto (<22 mm) se asociaron a una concordancia menor (Tabla 9).

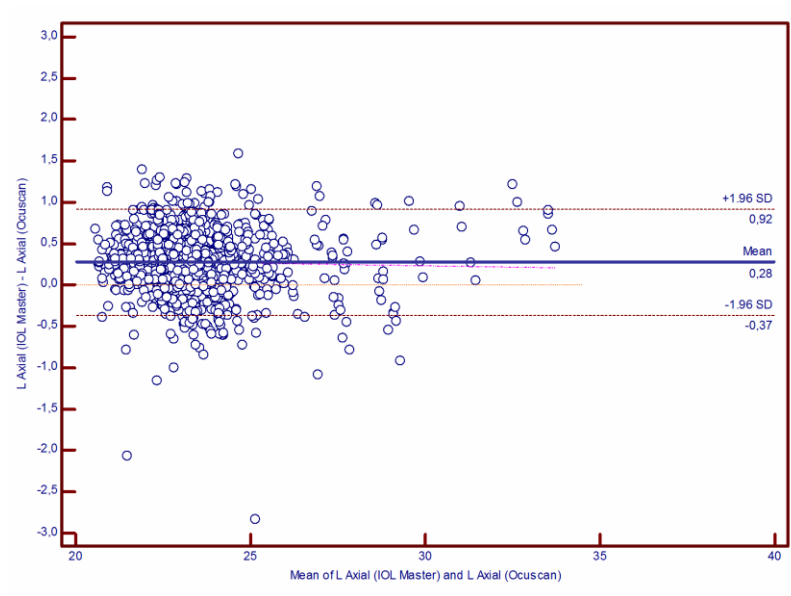
**Tabla 9.** Índices de concordancia entre biómetros en las mediciones de la longitud axial y cámara anterior

	Longitud axial	n	Cámara anterior	n	LIO estimada	n
Global	0,9580 (0,9540 a 0,9617)	1765	0,8176 (0,7930 a 0,8396)	782	0,9606 (0,9568 a 0,9640)	1765
Visita						
Primera	0,9526 (0,9463 a 0,9582)	937	0,8262 (0,7731 a 0,8678)	177	0,9618 (0,9567 a 0,9663)	937
Segunda	0,9642 (0,9591 a 0,9687)	828	0,8151 (0,7866 a 0,8402)	605	0,9593 (0,9535 a 0,9644)	828
Sexo				347	0,9477 (0,9403 a 0,9542)	832
Hombre	0,9349 (0,9258 a 0,9429)	834	0,8237 (0,7867 a 0,8548)	435	0,9662 (0,9617 a 0,9702)	933
Mujer	0,9688 (0,9646 a 0,9725)	931	0,8069 (0,7714 a 0,8373)			
Edad						
< 60 años	0,9869 (0,9826 a 0,9902)	186	0,8603 (0,7840 a 0,9110)	69	0,9892 (0,9857 a 0,9919)	188
60 – 70 años	0,9435 (0,9326 a 0,9527)	463	0,7671 (0,7006 a 0,8204)	185	0,9571 (0,9487 a 0,9642)	460
>70 – 80 años	0,9243 (0,9140 a 0,9335)	862	0,8111 (0,7743 a 0,8424)	192	0,9170 (0,9057 a 0,9270)	863
> 80 años	0,8690 (0,8354 a 0,8962)	254	0,8027 (0,7339 a 0,8552)	136	0,9514 (0,9382 a 0,9618)	254
Patología ocular						
No	0,9589 (0,9549 a 0,9626)	1652	0,8137 (0,7879 a 0,8366)	745	0,9615 (0,9577 a 0,9650)	1652
Sí	0,9219 (0,8887 a 0,9454)	113	0,8518 (0,7325 a 0,9206)	37	0,9161 (0,8806 a 0,9414)	113
Tipo de catarata						
Cortical	0,9546 (0,9481 a 0,9603)	820	0,8535 (0,8242 a 0,8783)	393	0,9623 (0,9569 a 0,9670)	820
Nuclear	0,9601 (0,9557 a 0,9640)	1373	0,8266 (0,7999 a 0,8501)	616	0,9607 (0,9564 a 0,9646)	1373
Subcapsular	0,9014 (0,8442 a 0,9384)	66	0,7865 (0,6014 a 0,8919)	30	0,8846 (0,8198 a 0,9271)	68
Ojo						
Emétrope (22-25mm)	0,8718 (0,8595 a 0,8830)	1604	0,8163 (0,7905 a 0,8393)	722	0,8857 (0,8747 a 0,8959)	1601
Corto (< 22mm)	-0,2269 (-0,5149 a 0,1087)	35	0,7467 (0,4498 a 0,8963)	18	0,8202 (0,6746 a 0,9047)	35
Largo (>25mm)	0,9692 (0,9565 a 0,9782)	126	0,8116 (0,6771 a 0,8939)	42	0,9825 (0,9753 a 0,9876)	127

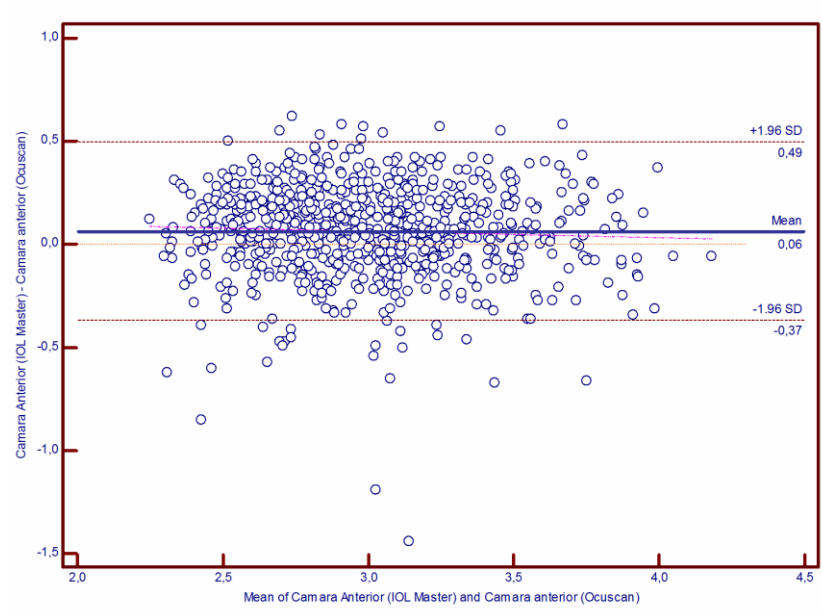


## Intercambiabilidad de resultados

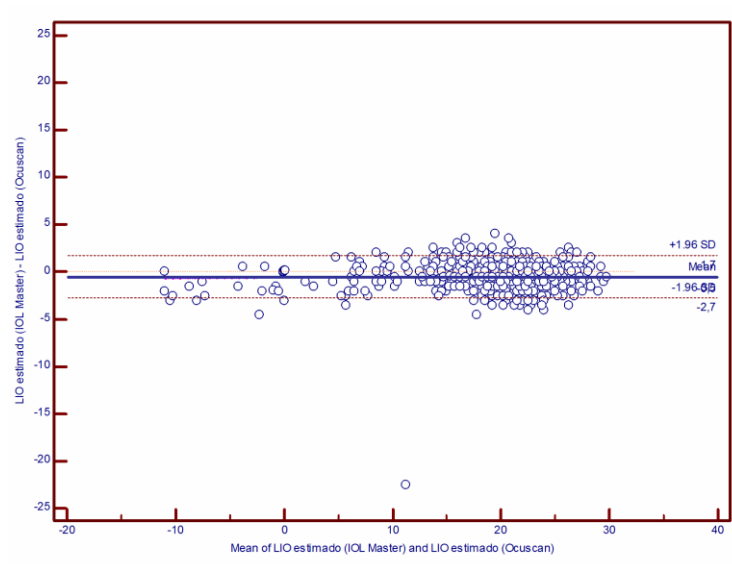
Los resultados de los tres parámetros fueron intercambiables, tal y como muestran los diagramas de Bland-Altman (Figuras 11 a 13)



**Figura 11.** Diagrama de Bland-Altman de las mediciones de la longitud axial entre biómetros (IOL Máster y Ocuscan)



**Figura 12.** Diagrama de Bland-Altman de las mediciones de la cámara anterior entre biómetros (IOL Master y Ocuscan).



**Figura 13.** Diagrama de Bland-Altman de las LIO estimada entre biómetros (IOL Master y Ocuscan).

Los modelos no paramétricos de Passing y Bablok muestran que los errores sistemáticos entre ambos biómetros son menores, salvo en la longitud axial que se observa un discreto error sistemático proporcional (Tabla 10).

**Tabla 10.** Modelos no paramétricos de Passing y Bablok para la detección de errores sistemáticos entre las mediciones de los biómetros IOL Master® y Ocuscan®

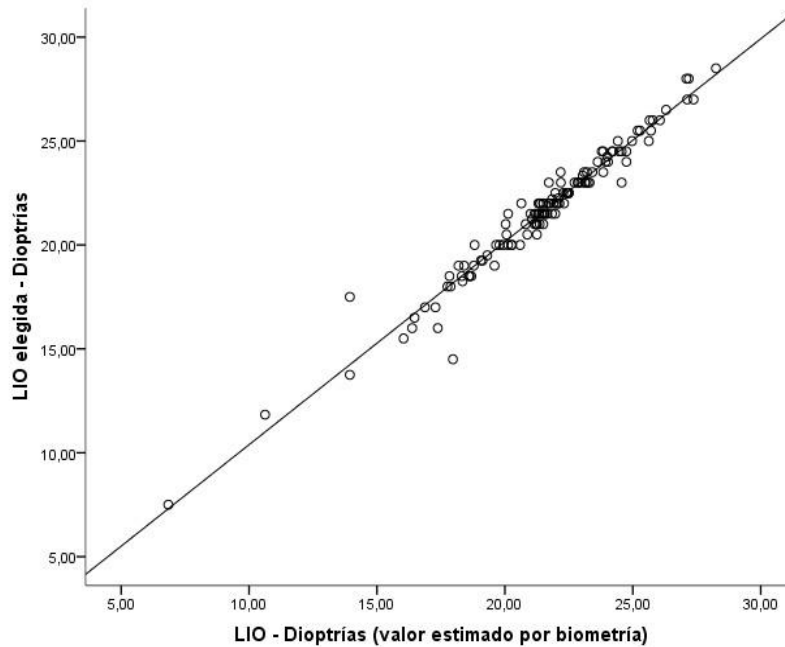
	<b>Longitud axial</b>	<b>Cámara anterior</b>	<b>LIO estimada</b>
<b>Pendiente</b>	1,021 (1,008 a 1,034)	0,962 (0,922 a 1,000)	1,000 (1,000 a 1,000)
<b>Constante</b>	-0,778 (-0,651 a 0,651)	0,185 (0,080 a 0,304)	-0,500 (-0,500 a -0,500)

Y=IOL Master; X=Ocuscan

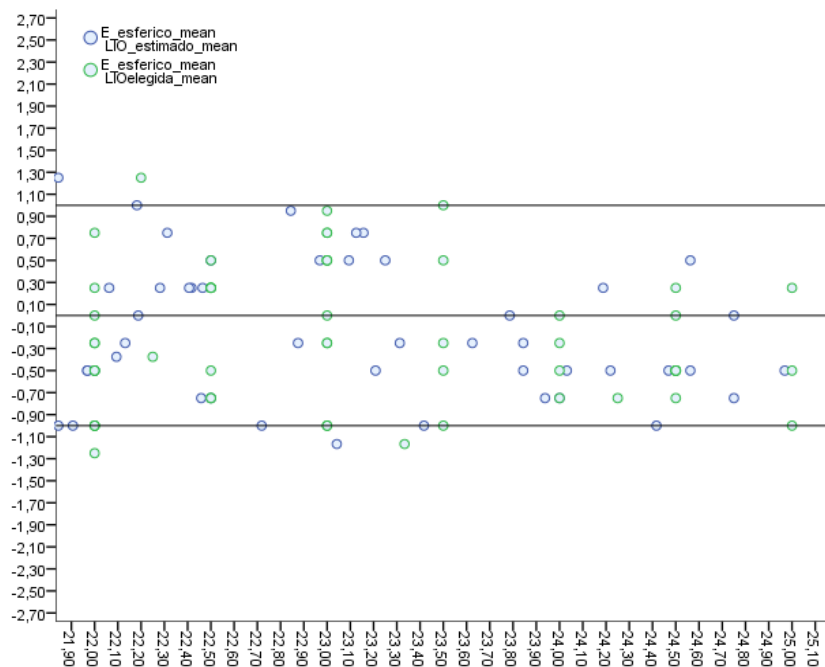
La LIO estimada por biometría sirve al oftalmólogo para decidir la potencia de la LIO que debe utilizar en la intervención. La concordancia entre la LIO elegida y estimada por biometría es alta: CCI: 0,989 (IC95% 0,984 a 0,992). (Figura 14)

En promedio, la LIO estimada es de 21,59 dioptrías (DE 3,1) y la elegida por el oftalmólogo de 21,62 (DE3 ,1): diferencia 0,12 IC95% 0,1 a 0,23; p=0,039).

El equivalente esférico mostró un patrón similar (Figura 15).



**Figura 14.** Diagrama de dispersión de las dioptrías de la LIO estimada por biometría (abscisas) y la elegida para la intervención (ordenadas).



**Figura 15.** Diagrama de dispersión de los valores de LIO estimada y elegida (eje de abscisas) y el equivalente esférico (eje de ordenadas) en ojos emétopes (21 a 25 mm de longitud axial).

## Impacto del observador en las concordancias entre biómetros

Para prácticamente todos los observadores se observó una una alta concordancia entre biómetros, independientemente de si el operador tenía una mayor o menor experiencia (Tabla 11, Figura 16). La única excepción (observador 9) no es valorable por el bajo número de mediciones realizadas.

Se observa una discreta curva de aprendizaje, sobre todo para la cámara anterior (Tabla 12) aunque no podemos descartar posible problemas técnicos ocurridos en Abril de 2011 (problemas con una sonda) en su interpretación (Tabla 13).

**Tabla 11.** Relación de la concordancia entre IOL Master® y Ocuscan® en las mediciones biométricas en relación al observador

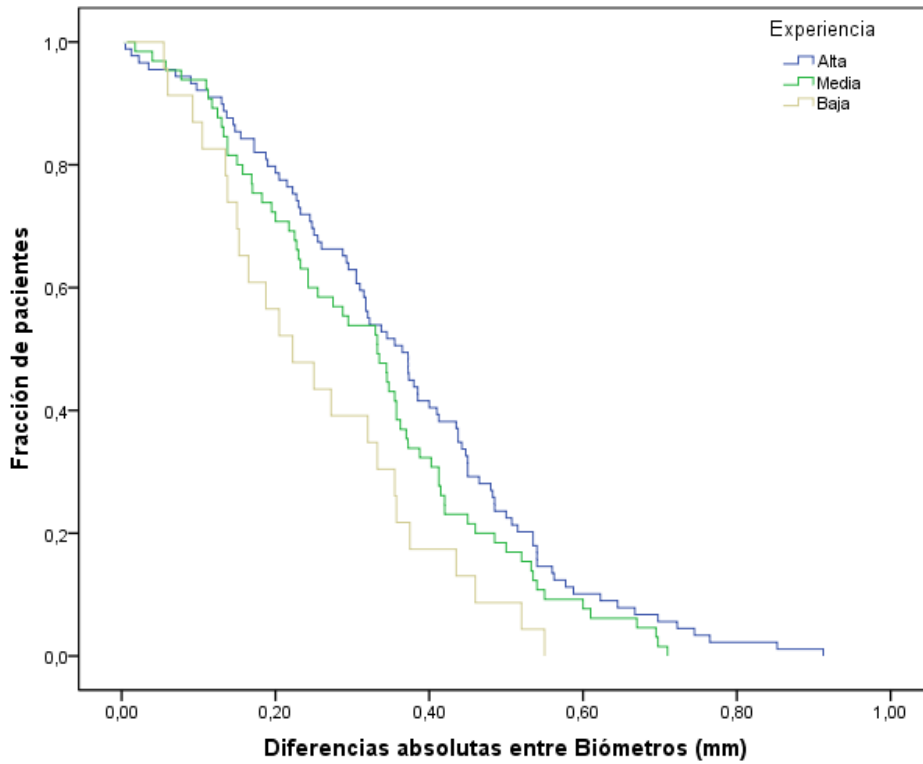
<b>Observador (experiencia)</b>	<b>Longitud axial</b>	<b>n</b>	<b>Cám. anterior</b>	<b>n</b>	<b>LIO estimada</b>	<b>n</b>
1 (alta)	0,9304 0,9137 a 0,9440	306	0,7764 0,6930 a 0,8393	117	0,9396 0,9249 a 0,9514	305
2 (baja)	0,9525 0,9362 a 0,9648	167	0,7695 0,6465 a 0,8537	63	0,9500 0,9327 a 0,9629	166
3 (baja)	0,9749 0,9471 a 0,9883	28	0,8491 0,5734 a 0,9535	12	0,9837 0,9655 a 0,9924	28
4 (alta)	0,9724 0,9656 a 0,9778	313	0,8105 0,7394 a 0,8637	121	0,9838 0,9798 a 0,9870	312
5 (alta)	0,9449 0,9312 a 0,9560	292	0,7441 0,6598 a 0,8100	139	0,9597 0,9496 a 0,9679	292
6 (baja)	0,9381 0,9142 a 0,9555	135	0,8929 0,8429 a 0,9276	93	0,7309 0,6420 a 0,8004	136
7 (alta)	0,9493 0,9349 a 0,9607	231	0,8815 0,8280 a 0,9191	97	0,9633 0,9528 a 0,9716	231
8 (alta)	0,9792 0,9739 a 0,9835	291	0,8559 0,8040 a 0,8948	138	0,9831 0,9788 a 0,9865	293
9 (baja)	0,1167 -0,9364 a 0,9980	2	0,08871 -0,9398 a 0,9979	2	-0,7895 -0,9939 a 0,9790	2

**Tabla 12 .** Relación de la concordancia entre IOL Master® y Ocuscan® en las mediciones biométricas en relación al número de sesiones de exploración realizadas a lo largo del estudio

<b>Nº exploraciones</b>	<b>Longitud axial</b>	<b>n</b>	<b>Cám. anterior</b>	<b>n</b>	<b>LIO estimada</b>	<b>n</b>
1 a 25	0,9437	199	0,5086	12	0,9532	199
	0,9263 a 0,9571		-0,03931 a 0,8265		0,9386 a 0,9644	
26 a 50	0,9447	174	0,9624	12	0,9109	176
	0,9261 a 0,9587		0,8803 a 0,9889		0,8819 a 0,9330	
51 a 75	0,9195	174	0,7937	26	0,9506	171
	0,8930 a 0,9397		0,5954 a 0,9015		0,9338 a 0,9632	
76 a 100	0,9748	175	0,8750	27	0,9805	175
	0,9662 a 0,9812		0,7471 a 0,9408		0,9739 a 0,9855	
101 a 125	0,9530	174	0,8416	47	0,9709	174
	0,9371 a 0,9649		0,7334 a 0,9084		0,9610 a 0,9784	
126 a 150	0,9448	160	0,8518	49	0,7590	160
	0,9253 a 0,9593		0,7523 a 0,9134		0,6848 a 0,8176	
>150	0,9647	709	0,8132	609	0,9764	710
	0,9592 a 0,9695		0,7845 a 0,8385		0,9727 a 0,9796	

**Tabla 13.** Relación de la concordancia entre IOL Master® y Ocuscan® en las mediciones biométricas en relación a la fecha de realización de la exploración

<b>Nº exploraciones</b>	<b>Longitud axial</b>	<b>n</b>	<b>Cám. anterior</b>	<b>n</b>	<b>LIO estimada</b>	<b>n</b>
Antes Abril 2011	0,9546	646	0,6198	5	0,9617	646
	0,9472 a 0,9610		-0,2685 a 0,9511		0,9554 a 0,9671	
Después Abril 2011	0,9610	1119	0,8192	777	0,9595	1119
	0,9563 a 0,9653		0,7946 a 0,8410		0,9546 a 0,9639	



**Figura 16.** Diagrama de acuerdo-supervivencia de las mediciones de longitud axial entre biómetros según la experiencia de los observadores: En relación al predominio, igualdad o inferioridad en el número de observadores con 6 años o más de experiencia.



## DISCUSIÓN

La evaluación preoperatoria sirve tanto para evaluar la idoneidad del paciente como para predecir el plan quirúrgico. La importancia de una refracción y una toma de parámetros oculares precisa no pueden ser subestimada cuando se considera la opción de una cirugía refractiva de cualquier tipo. El éxito de la cirugía se valora según la refracción final del paciente postcirugía.

En este estudio el personal de enfermería mostramos, en general, cómo en nuestra práctica diaria, la utilización de dos tecnologías diferentes para la lectura de las mediciones de LA, ACD y KER preoperatorias realizada por diferentes operadores-enfermeras y la comparación de la medición en diferentes tiempos, presenta una alta concordancia; también, mostramos la diferencia en la potencia predictora de la lente y en los resultados refractivos de la cirugía de catarata con facoemulsificación e implante de lente acrílica intraocular, en este caso, la cirugía es realizada por distintos cirujanos oftalmólogos de forma independiente al tipo de biómetro con el que se realizaron las mediciones.

Nuestros resultados muestran que la reproductibilidad de las medidas de la LA en pacientes fáquicos sin ningún proceso quirúrgico previo y con una diferencia entre K1 y K2 de 1,5 mm en Dioptrías máximo, usando el US por aplanación son prácticamente intercambiables para los operadores experimentados con un periodo de manejo en US igual o mayor de 6 años. Con respecto a las lecturas de ACD, el grado de concordancia es sensiblemente inferior al de las LA con US durante su evaluación por cada uno de los operadores, tanto experimentados como no experimentados y se ha desarrollado claramente una curva de aprendizaje con una mejora notable a partir de un determinado número de lecturas realizadas y tras un cambio de sonda en dicho biómetro.

Además, la concordancia de resultados tras la repetición de las lecturas LA, ACD y KER en 6 meses a partir del momento de inclusión en la lista de espera para la cirugía es alta.

Nuestros resultados concuerdan en gran medida con los de otros estudios que han enfrentado las mediciones biométrica ocular, básicamente los parámetros LA y ACD, con un biómetro de ITL óptico y un biómetro US por aplanación aunque hay diferencias que es necesario remarcar y comentar.

Después de una exhaustiva búsqueda bibliográfica hemos recuperado 16 artículos en los que se valora la concordancia entre modelos semejantes a los nuestros, biómetro IOLMaster por ITL y US por aplanación (46,58,63–68) y hemos tenido en cuenta estudios de comparación de medias entre IL y ultrasonido usando la técnica de inmersión en sus distintas modalidades técnicas (57,69–71). Sin embargo, ninguno de ellos analizó la concordancia e intercambiabilidad entre métodos mediante técnicas de análisis adecuadas (básicamente emplearon pruebas de diferencias de medias y test de correlación). Tampoco evaluaron la posible influencia del operador en la concordancia de las mediciones ni la estabilidad de las mismas a lo largo del tiempo de espera hasta la intervención.

En nuestro trabajo hemos incluido pacientes fáquicos pendientes de intervención quirúrgica de catarata por facoemulsificación en un único grupo de intervención tanto para el ITL como US, ya que es el tipo de enfermo sobre el que se toman las decisiones quirúrgicas basadas en las mediciones biométricas preoperatorias. El promedio de edad es alto (71 años) con un ligero predominio de mujeres, con la diabetes y la hipertensión arterial como principales patologías de base sistémica. La catarata nuclear fue la mayoritaria y afectó a 4 de cada 5 pacientes, en detrimento de la catarata cortical y subcapsular.

En otros trabajos, la tipología de pacientes fue similar, con un predominio mayor de mujeres y una edad media en un rango compatible con la de nuestros pacientes. Llama la atención la ausencia de datos tan básicos en algunos de los estudios revisados (46,58,64–67,72–74).

### ***Dispositivos (biómetros usados)***

En esta discusión nos centramos en los trabajos que analizan la concordancia entre biómetros comparables a los utilizados en nuestro estudio: biómetro de coherencia parcial por interferometría láser frente a biómetros de ultrasonido por contacto. Estos dos

biómetros son los más utilizados en los servicios de Oftalmología, aunque se pueden encontrar otras tecnologías como los biómetros de ultrasonido por inmersión (50,57,69,70,75) y otras variantes de biómetros ópticos (66,76–78).

La tecnología de contacto, frente a la de inmersión, puede introducir una mayor variabilidad en las mediciones ya que requiere por un lado una experiencia del operador adecuada y una mayor colaboración por parte del paciente. Además la medición se realiza en un tiempo menor en los biómetros de contacto respecto a los de inmersión. Todas estas diferencias hacen que no podamos comparar directamente nuestros resultados con los de otros estudios si no han utilizado la misma metodología de medición.

### ***Mediciones biométricas realizadas***

Ha sido un único grupo de pacientes fáquicos en los que se les ha realizado dos tipos de mediciones biométricas de LA y DCA según un orden preestablecido, en primer lugar por ILT con Keratometría siguiendo el manual del IOL Máster® y a continuación US de contacto utilizando la misma medida de los parámetros corneales para el cálculo de la potencia del lente con ambos biómetros, con el fin de evitar alteraciones corneales tras el contacto y consiguiente fallo en las lecturas paramétricas. También hemos encontrado estudios en los que han trabajado con varios pacientes repartidos en grupos por biómetros, (47,65,68) y en la mayoría la medición de la KER se ha realizado utilizando otros queratómetros independientes a los biómetros (43,47,63,65).

En lo que concierne al cálculo de la potencia de la lente intraocular (LIO) a implantar, la biometría incluye dos exploraciones fundamentales, como son la queratometría corneal y la medición de la longitud axial del globo ocular mediante ecografía unidimensional, parámetros que incluye en una fórmula matemática para obtener su resultado que en este caso está preestablecida la fórmula de segunda generación SRK/T. Elder en su estudio de predicción en los resultados refractivos tras la cirugía de catarata por facoemulsificación, parte de la evidencia de que la comparación de la fórmula SRK/T con SRK/II, Hoffer, BinKhorst y Holladay no es significativamente mejor (79)<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>En esta fórmula la adaptación a los diferentes tipos de implante se hace por la constante A específica del implante. Esta constante A integra una aproximación de la profundidad postoperatoria de la cámara anterior.

Tras haber analizado los principales parámetros biométricos previos a la intervención de cataratas, LA, ACD y el cálculo estimado de la potencia de la LIO, hemos conseguido una visión integral de todo el proceso de medición hasta ver los resultados refractivos pasadas 4 o 6 semanas tras la intervención y a la vez, hemos podido comprobar las diferencias entre biómetros para cada indicador en los mismos pacientes, teniendo en cuenta el papel de los operadores y su experiencia y en el tiempo de espera hasta el momento de la cirugía.

En otros estudios, el número de parámetros analizados es más limitado. La mayoría analizan de forma exclusiva la longitud axial y/o la profundidad de la cámara anterior pero no muestran ni la diferencia en la potencia del lente estimada ni en el resultado refractivo final (46,47,67,72–74,80).

Srivannaboon y Tanehsakdi (43) en sus resultados se obtuvo una diferencia en la potencia del LIO significativa mayor por ILT comparado con el US de 0.63 D y Amany Wissa 2012 hace referencia a la media del cálculo de la LIO prequirúrgica considerándola como dato demográfico.

Otros autores muestran la diferencia en los resultados refractivos tras la cirugía, basándose únicamente en la MAE (Media del valor absoluto de MNE) y MNE (nota a pié: Diferencia entre el resultado refractivo postcirugía y equivalente esférico predictorio) como variables independientes postcirugía (58,64,81). Bath et al (58) muestran la correlación entre las 2 tecnologías en ojos en los que la predicción refractiva difiere en 1 D o más del equivalente esférico final o residual. El ITL fue más preciso en 0.17D en el equivalente esférico final que el US. El IOLM requiere ligeramente más corrección hipermetrónica en la refracción final que el US. Por otro lado, Raymond et al (64) al igual que Ueda et al (82) concluye demostrando que el cálculo de la potencia del IOL basada en la medición de la LA con ILT no aporta ninguna ventaja clínica con respecto a las mediciones hechas con US al obtener resultados refractivos postcirugía similares. Nuestro estudio tampoco muestra diferencias significativas a favor de ninguno de los biómetros en el cálculo de la potencia de la LIO estimada y ES (refracción estimada traducido en equivalente esférico). Tampoco encontramos diferencias relevantes ni significativas entre biómetros en la refracción residual, respecto a la esperada.

### *Operadores, exploración de la experiencia / curva de aprendizaje.*

Uno de los principales objetivos de nuestro estudio ha sido evaluar el impacto que ha podido tener el operador y su experiencia en los resultados finales de la biometría. Los operadores se han repartido por parejas de forma enmascarada y aleatoria en las mediciones realizadas y todos pertenecen al equipo de enfermería de este hospital. No hemos encontrado estudios similares en los que el personal fuesen enfermeras.

Llama la atención el poco interés que muestran la mayoría de los trabajos en este aspecto. Casi ninguno describe o identifica el tipo de profesional encargado de hacer las mediciones, sin información de la experiencia de los mismos ni la influencia que ésta ha podido tener en los resultados de la concordancia. En nuestro estudio se valora el papel del operador determinante en la elección del lente adecuado para su implante en la cirugía por facoemulsificación y tras la misma en la obtención de la refracción óptima.

Hemos constado una heterogeneidad en las mediciones entre operadores, sobre todo en la determinación de la profundidad de la cámara anterior. Entre otras razones, creemos que se puede deber a una diferencia en el grado de aplanamiento realizado durante la medición, de manera que algunos de los operadores experimentados aplanan la córnea en mayor medida que los menos experimentados.

Nuestros datos muestran que aunque hay diferencias entre los biómetros (mayor LA en el biómetro óptico) éstas no son significativas ni se corresponden con errores sistemáticos apreciables por lo que podemos considerar ambas tecnologías como intercambiables.

Diferentes estudios muestran diferencias entre métodos biométricos tanto ópticos por ITL como por US por inmersión con Sonomed y/o aplanación por contacto corneal, y en realidad, son escasos los que valoran la experiencia del observador. Únicamente hemos encontrado tres que hacen referencia a la experiencia del operador con una diferencia significativa a favor de los operadores menos experimentados (47,80,83). Este factor es argüido también por otros autores. La principal razón de esta diferencia es la indentación de la córnea por el contacto directo de la sonda del ultrasonido con la córnea. Hay estudios que confirman esta aplanación entre 140 y 360 micras (47).

Durante la etapa de recogida de datos se ha venido desarrollando una curva de aprendizaje en la práctica de los operadores en cuanto al biómetro US en las lecturas de

DCA, mostrando una importante mejora en la experiencia interobservador y alta estabilidad en el manejo a partir de un determinado número de lecturas. Concretamente, las lecturas de DCA previas han mostrado baja concordancia a diferencia del resto obtenidas a lo largo del proceso al igual que Kriechbaum (discusión), mientras que las lecturas de LA realizadas con US no han manifestado ningún tipo de alteración en los resultados obtenidos. Tampoco han mostrado alteración las lecturas conseguidas con ITL. Esto nos confirma que el US por aplanación es investigador dependiente a diferencia del ITL con el que las medidas son independientes al operador. Otra causa de error que puede aparecer al hacer las mediciones con US, es que las hace fuera del eje visual. Una correcta alineación del equipo (perpendicular a las 4 interfases del eje visual) es importante para una menor desviación de la correcta dirección y, por tanto, una buena lectura de DCA (73).

### ***Subgrupos según valores LA***

Algunos autores encuentran diferencias entre biómetros de mayor magnitud para los ojos no emétopes, cortos y largos (46). En nuestro trabajo, no observamos una concordancia mayor entre los dos biómetros en los ojos emétopes. Incluso para algunas mediciones como la longitud axial y la LIO estimada las mayores concordancias se observaron en ojos largos, de más de 25 mm. Algo que se enfrenta a la práctica habitual de no tener en cuenta las mediciones en los ojos miopes (largos) realizadas con el biómetro óptico.

### ***Análisis de la concordancia e intercambiabilidad***

El análisis de concordancia e intercambiabilidad se ha realizado con un diseño y un análisis de datos específicos que ha tenido que planificarse de antemano, previamente a la recogida de datos. En nuestro trabajo, hemos utilizado un sistema de asignación de los operadores basado en el azar y hemos recogido información exhaustiva sobre el tipo de operador, su experiencia y el número acumulado de exploraciones. Por otro lado, el análisis de datos se ha realizado con técnicas estadísticas específicas como la estimación del coeficiente de correlación intraclass, los diagramas de Bland Altman y la exploración de posibles sesgos sistemáticos con métodos de regresión que asumen errores de medición como el método de Passing y Bablok.

Ningún trabajo publicado ha realizado un análisis de concordancia e intercambiabilidad utilizando una metodología específica como la de nuestro estudio.

En el apartado de concordancia, solamente 6 trabajos la valoran (47,58,63,67,68,72); todos utilizan métodos gráficos y solamente Wissa (68) cuantifica el grado de concordancia e intercambiabilidad de los resultados entre biómetros óptico y ultrasónico con un indicador específico como el coeficiente de correlación intraclase sin tener en cuenta los errores de medición de ambos dispositivos.

De los 16 estudios recuperados solamente uno analiza la intercambiabilidad de los resultados de ambos biómetros (68) aunque mediante un método de regresión.

Otros tests utilizados en el análisis de los datos son abiertamente incorrectos para medir la concordancia (t de Student , ANOVA, correlación de Pearson) y solamente pueden dar una idea de las distancias entre las mediciones pero no de su concordancia global.

### ***Limitaciones y puntos fuertes de nuestro estudio***

Este estudio presenta limitaciones que debemos resaltar. Por un lado se trata de un estudio observacional enmarcado en la evidencia de la práctica clínica diaria por lo que en algunos momentos de su desarrollo se han producido eventos no deseados: cambio de sonda de US, revisión en el protocolo de medida de ACD según US y dificultades para seguir el protocolo de trabajo de los observadores (no siempre las parejas de observadores han sido la previstas, aunque los cambios han sido mínimos en períodos vacacionales).

Como puntos fuertes del estudio destacaríamos que los resultados se basan en un protocolo evaluado positivamente por expertos externos, la asignación de los observadores fue aleatoria, así como la realización de un análisis de concordancia mediante pruebas estadísticas adecuados.

Aunque el tiempo de espera previo a la cirugía fue alargándose por un retraso en la misma, no hubo alteración alguna en la concordancia de las lecturas paramétricas LA, ACD y KER a lo largo del tiempo.

También, los puntos de medida de los dos métodos son diferentes. El biómetro óptico mide desde la córnea hasta el epitelio pigmentario mientras que el US mide desde la córnea hasta la interfase vítreo-retiniana.



Los criterios de indicación quirúrgica según el sistema decimal de Barraquer nos ha permitido conocer la prevalencia en el grado de opacidad y opalescencia del cristalino. La mayoría de los ojos evaluados en esta serie tuvo grados de opacidad nuclear entre 3 y 4, cortical entre 2 y 5, lo cual indica que los pacientes son intervenidos quirúrgicamente cuando la opacidad alcanza la mitad del rango evaluado. Urrutia Breton. En el caso de opacidad subcapsular posterior, el grado más frecuente fue el 5, lo cual podría deberse a la limitación visual que condiciona, haciendo imposible la medición de los parámetros con el método de medida por ITL con SNR por debajo de 1.6 y, por tanto, quedando estos casos excluidos del estudio.

### ***Implicaciones de los resultados para la práctica clínica***

En este estudio demostramos la concordancia e intercambiabilidad de dos biómetros en las mediciones anatómicas oculares necesarias para poder realizar un intervención de catartas. En la práctica, uno de los dos biómetros estudiado, el IOI Máster necesita personal menos entrenado y menos tiempo en realizar las lecturas paramétricas (43) y en calcular la potencia del lente intraocular.

Por otro lado, el biómetro US de contacto, sigue siendo considerado un instrumento imprescindible en la práctica de la biometría ocular para suplir los límites que presentan en la realización de las lecturas los biómetros ópticos al encontrar medios opacos.

En nuestro departamento, en contraste con toda la bibliografía leída hasta ahora, no es el optometrista, ni el médico-oftalmólogo o en su defecto el mismo en período de formación, ni cualquier otro técnico, sino que es el personal de enfermería no especializado en el campo de oftalmología el protagonista de la realización de la biometría ocular. Hasta ahora no ha sido necesario periodo de formación aunque si nos vemos obligados a realizar protocolos de actuación. Sin embargo, los operadores parecen asociarse a diferencias mayores que obligarían a poner en marcha un protocolo que tuviera en cuenta la experiencia a la hora de decidir cómo y quién realiza las mediciones. Por otro lado, la diferencia entre las mediciones realizadas en diferentes momentos durante el tiempo de espera previo a la cirugía, muestran una alta concordancia y una

intercambiabilidad de las mediciones por lo que permite una cierta flexibilidad en la programación de las consultas para realizar las lecturas.

### ***Propuestas para investigaciones futuras***

En nuestro departamento de biometrías, el personal de enfermería tiene previsto realizar nuevos estudios de comparación de biómetros y Keratómetros al incluir un nuevo dispositivo de medición por IL y cálculo de la potencia de la lente ( IOLM + Pentacan) para cirugía de catarata con implante de lente intraocular tórica (corrección de astigmatismos superiores a 1.5D) y bifocal (corrección en la visión lejana y cercana).

En el ámbito oftalmológico, la indicación óptica de extraer el cristalino puede corresponder a diferentes grados de opacidad que en nuestro medio aún no han sido evaluados.

Los estudios de intervención más accesibles en nuestro hospital deberán enfocarse a los grados de opacidad cortical y nuclear 3 y 4 (84).

## **CONCLUSIONES**

1. De forma general, las dos técnicas de medición biométrica son intercambiables, con una alta concordancia en la medición de la longitud axial y en menor medida en la profundidad de la cámara anterior.
2. La concordancia entre biómetros se ve más comprometida en los pacientes de mayor edad, con cataratas subcapsulares.
3. Se ha producido una curva de aprendizaje a lo largo del proceso de recogida de datos para todos los operadores, tanto para operadores experimentados como no experimentados, lo cual implica la necesidad de un tiempo más o menos largo de entrenamiento para un uso correcto del biómetro US de contacto que consideramos operador- dependiente.
4. No podemos prescindir del biómetro US teniendo en cuenta las limitaciones propias del ITL a la hora de realizar mediciones en ojos con cataratas muy maduras y/o subcapsulares, lo cual las dos metodologías nos proporcionan un uso alternativo.
5. El tiempo de espera para la cirugía no ha mostrado cambios en la lectura de los parámetros oculares prequirúrgicos por parte de los dos biómetros a pesar de la evolución de la madurez del cristalino, que llegado un punto, limita y por tanto impide la medición con ITL.
- 6 . El personal de enfermería puede participar de forma activa en las mediciones biométricas de los pacientes con cataratas y tras un entrenamiento adecuado compartir con el oftalmólogo el manejo diagnóstico y terapéutico de estos pacientes

## REFERENCIAS

- 1 Smith G. The eye. In: Smith G, editor. *eye Vis. Opt. instruments*. Cambridge: Cambridge University Press; 1997. p. 291–316.
- 2 Kaufman P, Alm A. *Adler fisiología del ojo: aplicación clínica. Décima*. Madrid: Elsevier España; 2004 p. 906.
- 3 Forrester J. *The Eye: Basic Sciences in Practice*. W.B. Saunders; 2002. p. 447.
- 4 Hecht E. *Optics (4th Edition)*. 4th ed. Essex: Pearson Education Limited; 2014. p. 680.
- 5 Helmholtz H von. *Treatise on Physiological Optics, Volume I (Dover Phoenix Editions)*. Dover Publications; 2005. p. 512.
- 6 Association AO. *Care of the adult patient with cataract*. Association AO, editor. St. Louis: American Optometric Association; 1999. p. 80.
- 7 Babizhayev MA, Deyev AI, Yermakova VN, Brikman I V, Bours J. Lipid peroxidation and cataracts: N-acetylcarnosine as a therapeutic tool to manage age-related cataracts in human and in canine eyes. *Drugs R D*. 2004; 5(3):125–39.
- 8 Babizhayev MA. New concept in nutrition for the maintenance of the aging eye redox regulation and therapeutic treatment of cataract disease; synergism of natural antioxidant imidazole-containing amino acid-based compounds, chaperone, and glutathione boosting agents: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Am J Ther*. 2010; 17(4): 373–89.
- 9 Martínez-Lapiscina EH, Martínez-González MA, Guillén Grima F, Olmo Jiménez N, Zarranz-Ventura J, Moreno-Montañés J. Consumo de ácidos grasos e incidencia de cataratas: estudio de la cohorte Seguimiento Universidad de Navarra. *Med Clin (Barc)*. 2010; 134(5): 194–201.
- 10 Fernández Pastor J, López Navarro A, León López MM. *Guía de práctica clínica optométrica de cataratas*. 2011. p. 25.
- 11 Prinz A, Neumayer T, Buehl W, Kiss B, Sacu S, Drexler W, et al. Influence of severity of nuclear cataract on optical biometry. *J. Cataract Refract. Surg*. 2006; 32(7): 1161–5.
12. Hammond CJ, Duncan DD, Snieder H, de Lange M, West SK, Spector TD, et al. The heritability of age-related cortical cataract: the twin eye study. *Invest. Ophthalmol Vis Sci*. 2001; 42(3): 601–5.

13. Stifter E, Sacu S, Thaler A, Weghaupt H. Contrast acuity in cataracts of different morphology and association to self-reported visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006; 47(12): 5412–22.
14. Acosta R, Hoffmeister L, Román R, Comas M, Castilla M, Castells X. Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2006; 81(9): 509–16.
15. Urrutia Breton I, Lima Gómez V. Opacidad del cristalino de acuerdo al sistema LOCS III en una muestra hospitalaria mexicana. *Rev Hosp Jua Mex.* 2010; 77(1): 43–9.
16. Lewis a, Congdon N, Munoz B, Bowie H, Lai H, Chen P, et al. Cataract surgery and subtype in a defined, older population: the SEECAT Project. *Br J Ophthalmol.* 2004; 88(12): 1512–7.
17. Leske MC, Sperduto RD. The epidemiology of senile cataracts: a review. *Am J Epidemiol.* 1983; 118(2): 152–65.
18. Kahn HA, Leibowitz HM, Ganley JP, Kini MM, Colton T, Nickerson RS, et al. The Framingham Eye Study. I. Outline and major prevalence findings. *Am J Epidemiol.* 1977; 106(1): 17–32.
19. Klein BE, Klein R, Linton KL. Prevalence of age-related lens opacities in a population. The Beaver Dam Eye Study. *Ophthalmology.* 1992; 99(4): 546–52.
20. Navarro Esteban JJ, Gutiérrez Leiva J a, Valero Caracena N, Buendía Bermejo J, Calle Purón ME, Martínez Vizcaíno VJ. Prevalence and risk factors of lens opacities in the elderly in Cuenca, Spain. *Eur J Ophthalmol.* 2007; 17(1): 29–37.
21. Panchapakesan J, Mitchell P, Tumuluri K, Rochtchina E, Foran S, Cumming RG. Five year incidence of cataract surgery: the Blue Mountains Eye Study. *Br J Ophthalmol.* 2003; 87(2): 168–72.
22. West SK, Muñoz B, Schein OD, Duncan DD, Rubin GS. Racial differences in lens opacities: the Salisbury Eye Evaluation (SEE) project. *Am J Epidemiol.* 1998; 148(11): 1033–9.
23. Klein BEK, Klein R, Lee KE, Gangnon RE. Incidence of age-related cataract over a 15-year interval the Beaver Dam Eye Study. *Ophthalmology.* 2008; 115(3): 477–82.
24. Congdon N, Taylor H. Chapter 8: Age related cataract. Arnold Publishers; 2003 Available from: <http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v1/v1c073.html>
25. Hammond CJ, Snieder H, Spector TD, Gilbert CE. Genetic and environmental factors in age-related nuclear cataracts in monozygotic and dizygotic twins. *N Engl J Med.* 2000; 342(24): 1786–90.

26. Pastor-Valero M, Fletcher AE, de Stavola BL, Chaqués-Alepúz V. Years of sunlight exposure and cataract: a case-control study in a Mediterranean population. *BMC Ophthalmol.* 2007;7:18.
27. Ophthalmology AA of. *Cataract in the Adult Eye, Preferred Practice Pattern.* San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2006. p. 90.
28. Kelly SP, Thornton J, Edwards R, Sahu A, Harrison R. Smoking and cataract: review of causal association. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(12): 2395–404.
29. Neale RE, Purdie JL, Hirst LW, Green AC. Sun exposure as a risk factor for nuclear cataract. *Epidemiology.* 2003; 14(6): 707–12.
30. Jick SS, Vasilakis-Scaramozza C, Maier WC. The risk of cataract among users of inhaled steroids. *Epidemiology.* 2001; 12(2): 229–34.
31. Leske MC, Wu SY, Hennis A, Connell AM, Hyman L, Schachat A. Diabetes, hypertension, and central obesity as cataract risk factors in a black population. The Barbados Eye Study. *Ophthalmology.* 1999; 106(1): 35–41.
32. Sparrow JM. Methods of clinical cataract grading: two systems compared. *Arch. Ophthalmol.* 1990; 108(9): 1209–10.
33. Santos Bueso E. Catarata en el paciente adulto. Guía de práctica clínica actualizada. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2010; 85(1): 45–6.
34. Agency for Healthcare & Research and Quality (AHRQ). Management of functional impairment due to cataract in adults. Cataract Management Guideline Panel. *Ophthalmology.* 1993; 100(8 Suppl):1S–350S.
35. Ma Quintana J, Escobar A, Bilbao A. Explicit criteria for prioritization of cataract surgery. *BMC Health Serv Res.* 2006; 6: 24.
36. Schein OD. The measurement of patient-reported outcomes of refractive surgery: the refractive status and vision profile. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2000; 98: 439–69.
37. Castells X, Alonso J, Ribó C, Nara D, Teixidó A, Castilla M. Factors associated with second eye cataract surgery. *Br J Ophthalmol.* 2000; 84(1): 9–12.
38. Castells X, Comas M, Alonso J, Espallargues M, Martínez V, García-Arumí J, et al. In a randomized controlled trial, cataract surgery in both eyes increased benefits compared to surgery in one eye only. *J Clin Epidemiol.* 2006; 59(2): 201–7.
39. Alió J, Rodríguez-Prats J. Buscando la excelencia en la cirugía de la catarata. Barcelona: Editorial Gloss; 2006. p. 399.

40. Hernández Silva JR, Padilla González CM, Ramos López M, Ríos Cazo R, Río Torres M. Personalización de las fórmulas de cálculo de lente intraocular. Rev. Cuba Oftalmol. Editorial Ciencias Médicas; 2004;17(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21762004000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762004000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
41. Armesto A. La catarata a través de los siglos. 2002.
42. De Juan V, Martín R, Pérez I, Herreras JM. Influencia de la longitud axial en el resultado refractivo tras cirugía de catarata. Arch Soc Esp Oftalmol. 2010; 85(4): 144–8.
43. Srivannaboon S, Tanehsakdi M. Performance of conventional biometry vs. integrated laser interferometry with keratometry device in intraocular lens measurement. J Med Assoc Thai. 2007; 90(11): 2392–6.
44. Wissa AR, Wahba SS, Roshdy MM. Agreement and relationship between ultrasonic and partial coherence interferometry measurements of axial length and anterior chamber depth. Clin Ophthalmol Auckl NZ. 2012; 6: 193–8.
45. Olsen T. Intraocular lens power calculation errors in long eyes. J Cataract Refract Surg. 2012; 38(4): 733–4.
46. Tehrani M, Krummenauer F, Kumar R, Dick HB. Comparison of biometric measurements using partial coherence interferometry and applanation ultrasound. J Cataract Ref Surg. 2003; 29(4): 747–52.
47. Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, Kiss B, Polak K, Nepp J, et al. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. J Cataract Ref Surg. 2003; 29(10): 1950–5.
48. Garzon N, Muñoz Mendoza M, Poyales Galán F. Cálculo de la potencia de lentes intraoculares. Gac Óptica. 2008; 425: 22–5.
49. Orts Vila P, Devesa Torregrosa P, Tañá Rivero P. Interferometría de coherencia parcial. Estudio comparativo entre la interferometría de coherencia parcial y la biometría ultrasónica para el cálculo de la lente intraocular. Microcirugía Ocul. 2001;1(1):1.
50. Nemeth G, Nagy A, Berta A, Modis L. Comparison of intraocular lens power prediction using immersion ultrasound and optical biometry with and without formula optimization. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2012; 250(9): 1321–5.
51. Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Intraocular lens formula constant optimization and partial coherence interferometry biometry: Refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery. J Cataract Refract. Surg. 2011; 37(1): 50–62.

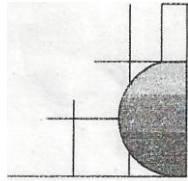


52. Olsen T, Thorwest M. Calibration of axial length measurements with the Zeiss IOL Master. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31(7): 1345–50
53. Donoso R, Mura JJ, López M, Papic A. Buscando La emetropía en cirugía de catarata con la fórmula más indicada para cada ojo según su longitud axial. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2003; 78(9): 477–80.
54. Stopyra W. The accuracy of IOL power calculation formulas for eyes of axial length exceeding 24.5 mm. *Klin Oczna.* 2013; 115(2): 93–5.
55. Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg.* 1990; 16(3): 333–40.
56. Sanders D, Retzlaff J, Kraff M, Kratz R, Gills J, Levine R, et al. Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1981; 7(4): 337–40.
57. Kiss B, Findl O, Menapace R, Wirtitsch M, Petternel V, Drexler W, et al. Refractive outcome of cataract surgery using partial coherence interferometry and ultrasound biometry: clinical feasibility study of a commercial prototype II. *J Cataract Ref Surg.* 2002; 28(2): 230–4.
58. Bhatt AB, Scheffler AC, Feuer WJ, Yoo SH, Murray TG. Comparison of predictions made by the intraocular lens master and ultrasound biometry. *Arch Ophthalmol.* 2008; 126(7): 929–33.
59. Narváez J, Zimmerman G, Stulting RD, Chang DH. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32(12): 2050–3.
60. Heather H, Heath C, Meyer G, Scroggins L, Vasallo B. *NANDA-1 Diagnósticos Enfermeros: Definiciones y Clasificación.* Elsevier; 2008.
61. Bulechek GM. *Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC).* Elsevier Health Sciences; 2009. p. 976.
62. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33(1):159–74.
63. Gantenbein CPA, Ruprecht KW. Comparison between optical and acoustical biometry. *J Fr Ophtalmol.* 2004; 27(10): 1121–7.
64. Raymond S, Favilla I, Santamaria L. Comparing ultrasound biometry with partial coherence interferometry for intraocular lens power calculations: a randomized study. *Invest. Ophthalmol Vis Sci.* 2009; 50(6): 2547–52.
65. Roy A, Das S, Sahu SK, Rath S. Ultrasound biometry vs. IOL Master. *Ophthalmology.* 2012; 119(9): 1937. e1–2.

66. Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Nantasri P, Chongchareon M, Chonpimai P. Agreement of IOL power and axial length obtained by IOLMaster 500 vs IOLMaster 500 with Sonolink connection. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013; 251(4): 1145–9.
67. Tappeiner C, Rohrer K, Frueh BE, Waelti R, Goldblum D. Clinical comparison of biometry using the non-contact optical low coherence reflectometer (Lenstar LS 900) and contact ultrasound biometer (Tomey AL-3000) in cataract eyes. *Br J Ophthalmol*. 2010; 94(5): 666–7.
68. Wissa AR, Wahba SS, Roshdy MM. Agreement and relationship between ultrasonic and partial coherence interferometry measurements of axial length and anterior chamber depth. *Clin Ophthalmol*. 2012; 6: 193–8.
69. Carrera Sanchez JC, Barojas Weber E. Comparación de eficacia y límites entre el IOLMaster y el Ultrasonido de inmersión , en el cálculo del lente intraocular en pacientes con catarata. *Rev Mex Oftalmol*. 2009; 83(6): 360–5.
70. Fontes BM, Fontes BM, Castro E. Intraocular lens power calculation by measuring axial length with partial optical coherence and ultrasonic biometry. *Arq Bras Oftalmol*. 2011; 74(3): 166–70.
71. Németh J, Fekete O, Pesztenlehrer N. Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *J. Cataract Refract Surg*. 2003; 29(1): 85–8.
72. Lara, Francisco, Fernandez-Sánchez, Vicente, López Gil, Norberto, Cerviño, Alejandro, Montés- Micó R. Comparison of partial coherence interferometry and ultrasound for anterior segment biometry. *J Cataract Ref Surg*. 2009;35:324–9.
73. Kriechbaum K, Findl O, Kiss B, Sacu S, Petternel V, Drexler W. Comparison of anterior chamber depth measurement methods in phakic and pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2003; 29(1): 89–94.
74. Reddy AR, Pande M V, Finn P, El-Gogary H. Comparative estimation of anterior chamber depth by ultrasonography, Orbscan II, and IOLMaster. *J Cataract Ref Surg*. 2004; 30(6): 1268–71.
75. Lenhart PD, Hutchinson AK, Lynn MJ, Lambert SR. Partial coherence interferometry versus immersion ultrasonography for axial length measurement in children. *J Cataract Refract Surg*. 2010; 36(12): 2100-2104.
76. Rohrer K, Frueh BE, Wälti R, Clemetson IA, Tappeiner C, Goldblum D. Comparison and evaluation of ocular biometry using a new noncontact optical low-coherence reflectometer. *Ophthalmology*. 2009; 116(11): 2087–92.
77. Mylonas G, Sacu S, Buehl W, Ritter M, Georgopoulos M, Schmidt-Erfurth U. Performance of three biometry devices in patients with different grades of age-related cataract. *Acta Ophthalmol*. 2011; 89(3): e237–41.

78. Kołodziejczyk W, Gałecki T, Łazicka-Gałecka M, Szaflik J. Comparison of the biometric measurements obtained using noncontact optical biometers LenStar LS 900 and IOL Master V.5. *Klin Oczna*. 2011; 113(1-3):47–51.
  79. Elder MJ. Predicting the refractive outcome after cataract surgery: the comparison of different IOLs and SRK-II v SRK-T. *Br J Ophthalmol*. 2002; 86(6): 620–2.
  80. El Chehab H, Giraud J-M, Le Corre A, Chave N, Durand F, Kuter S, et al. Comparison between Lenstar LS 900 non-contact biometry and OcuScan RXP contact biometry for task delegation. *J Fr Ophtalmol*. 2011; 74(3): 175–80.
  81. Reddy AR, Das S, Sahu SK, Rath S. Ultrasound biometry vs. IOL Master. *Ophthalmology*. 2012; 119(9): 1937.e1–2.
  82. Ueda T, Taketani F, Ota T, Hara Y. Impact of nuclear cataract density on postoperative refractive outcome: IOL Master versus ultrasound. *Ophthalmologica*. 2007; 221(6): 384–7.
  83. Bjelos Roncevic, Mirjana, Busic, Mladen, Cima, Ivan, Kuzmanovic Elabjer, Biljana, Bosnar, Damir, Miletic D. Intraobserver and interobserver repeatability of ocular components measurement in cataract eyes using a new optical low coherence reflectometer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011; 249: 83–7.
  84. Patricia I, Breton U, Gómez VL. Opacidad del cristalino de acuerdo LOCS al sistema LOCS III en una muestra hospitalaria mexicana. *Rev Hosp Jua Mex*. 2010; 77(1): 43–9.
-

**ANEXOS**



# Fiscam

Fundación para la Investigación Sanitaria en Castilla-La Mancha

Att. Sra. Dña. Ma José Martín-Serrano Can lejí  
Consulta de Oftalmología  
Hospital La Mancha Centro  
Avda. Constitución, 3  
13600 Alcázar de San Juan  
Ciudad Real

608--

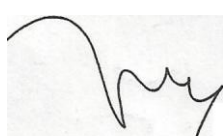
Toledo, a 8 de Noviembre de 2010

Estimada Sra. Martín-Serrano:

En relación con la solicitud de ayuda presentada a la *IV Convocatoria de Frla 4J"r-FT\_4M para la creación de grupos noveles de investigación en Ciencias de la Salud de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha*, para la realización del proyecto de investigación: "Concordancia e intercambiabilidad de resultados de dos métodos de medición para la elección de la potencia refractiva de las lentes intraoculares en cirugía de cataratas" en el cual figura Vd. como Investigador Principal (IP), tengo el placer de comunicarle que le ha sido concedida una ayuda por una cuantía de 2.400 euros distribuidas en las siguientes anualidades: 1ª anualidad 900 euros y 2ª anualidad: 1.500 euros.

Según lo indicado, le solicito que nos remita en un plazo de 20 días naturales, a contar desde la fecha de esta notificación, el *Documento de aceptación de la ayuda*, con su conformidad y por correo certificado.

Atentamente,

  
Blanca Parr Vázquez  
Directora

## PRIMERA VISITA

### Datos del paciente

Apellidos:	N°HC
Nombre:	F.Nacimiento: / /
Patologías asociadas:	

Fecha de la exploración: : / /

Observador →	OCUSCAN		IOL Master	
	O DCHO	O IZQUIERDO	O DCHO	O IZQUIERDO
	L Axial			
SD				
AC				
LIO real				
L Axial (2)				
SD (2)				
AC (2)				
LIO real (2)				
LIO elegida				
Lente				
Ref. final esp				
Ref final post				
E. Esférico				

## SEGUNDA VISITA

### Datos del paciente

Apellidos:	N°HC
Nombre:	F.Nacimiento: / /
Patologías asociadas:	

Fecha de la exploración: : / /

<b>Observador →</b>	<b>OCUSCAN</b>		<b>IOL Master</b>	
	O DCHO	O IZQUIERDO	O DCHO	O IZQUIERDO
	L Axial			
SD				
AC				
LIO real				
L Axial (2)				
SD (2)				
AC (2)				
LIO real (2)				
LIO elegida				
Lente				
Ref. final esp				
Ref final post				
E. Esférico				

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

Apreciado/a Sr/a

Ha sido Usted invitado a participar en un estudio de investigación que lleva por título

“CONCORDANCIA E INTERCAMBIABILIDAD DE RESULTADOS DE DOS MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA LA ELECCIÓN DE LA POTENCIA REFRACTIVA DE LAS LENTES INTRAOCULARES EN CIRUGÍA DE CATARATAS”.

Este estudio será llevado a cabo en el Hospital General Mancha Centro de Alcázar de San Juan por el investigador/a.....

Antes de confirmar su participación en este estudio de investigación es importante que entienda en qué consiste. Por favor, lea detenidamente este documento y haga todas las preguntas que le puedan surgir.

### Objetivo del estudio

El principal objetivo de este estudio es valorar la coincidencia en las mediciones oculares realizadas con dos dispositivos que utilizan tecnologías de medida diferentes: Uno basado en ultrasonidos (Ocuscan®) y otro en tecnología láser (IOL Master®). Estas mediciones se realizan de forma rutinaria para poder decidir el tipo de lente que es necesario utilizar en la intervención de cataratas a la que se va a someter.

### Participación voluntaria

Usted es completamente libre de elegir participar o no en el estudio. Su decisión no influirá en su atención médica.

### Procedimientos del estudio

El personal investigador valorará si es usted un candidato adecuado para el estudio, esta valoración se basa en factores clínicos.

Si accede a participar, se le someterá a una serie de mediciones repetidas con los dos dispositivos a estudio: la primera, el día de la inclusión en lista de espera y la segunda, el día de la realización del preoperatorio. Por ello, no será necesario que realice ningún desplazamiento al hospital adicional a los estipulados rutinariamente para el control de su proceso de cataratas

### Riesgos e inconvenientes

Su participación no conllevará la realización de exploraciones complementarias ni analíticas no habituales para su tratamiento y control.

La prueba va a consistir en la lectura - con ó sin contacto con la superficie corneal del ojo, así como con y sin aplicación de colirio anestésico - de unas medidas del globo ocular, necesarias para el cálculo de la potencia refractiva de la lente intraocular que va a sustituir al cristalino en la cirugía de cataratas. La lectura de estos parámetros se realizará dos veces:



En muy escaso porcentaje (0,01%) las reacciones adversas pueden ser severas, precisando tratamiento de urgencia, como son úlceras corneales por contacto y dolor.

### **Confidencialidad**

Si usted accede a colaborar en este estudio, debe saber que serán utilizados algunos datos sobre su salud los cuales serán incorporados a una base de datos informatizada sin su nombre.

Sus datos serán objeto de un tratamiento disociado, vinculándose a un código, de modo que la información que se obtenga no pueda asociarse a persona identificada o identificable. Todos sus datos se mantendrán estrictamente confidenciales y sólo el equipo investigador conocerá su identidad. Ningún dato personal que permita su identificación será accesible a ninguna persona que no forme parte del equipo investigador, ni podrán ser divulgados por ningún medio, conservando en todo momento la confidencialidad médico-paciente (Ley Orgánica de Protección de Datos 15/1999).

### **Preguntas/ Información**

Si desea hacer alguna pregunta o aclarar algún tema relacionado con el estudio, no dude en ponerse en contacto con:

Dr. ....Teléfono:.....  
El equipo investigador le agradece su inestimable colaboración.

Personal investigador que informa: he informado a este paciente del propósito y naturaleza de esta exploración, de sus alternativas, riesgos y de los resultados que se esperan.

Firma del personal investigador:

“CONCORDANCIA E INTERCAMBIABILIDAD DE RESULTADOS DE DOS  
MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA LA ELECCIÓN DE LA POTENCIA REFRACTIVA  
DE LAS LENTES INTRAOCULARES EN CIRUGÍA DE CATARATAS”

Yo,.....

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con los médicos responsables del estudio.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1.º Cuando quiera.
- 2.º Sin tener que dar explicaciones.
- 3.º Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Alcázar de San Juan, a        de        de 20

Firma

## REVOCACIÓN

Don/Doña..... de ..... años de edad.

*(Nombre y dos apellidos del paciente)*

con domicilio en ..... y D.N.I. nº .....

Don/Doña ..... de ..... años de edad.

*(Nombre y dos apellidos)*

con domicilio en ..... y D.N.I. nº.....

en calidad de ..... de

.....

*(Representante legal, familiar o allegado)*

*(Nombre y dos apellidos del paciente)*

REVOCO el consentimiento prestado en fecha ....., y no deseo proseguir el tratamiento, que doy con esta fecha por finalizado.

Fdo: El/la Médico  
familiar o allegado

Fdo: El Paciente

Fdo: El representante legal,

En ....., a ..... de ..... 20.....



# Biometría

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
M <sup>a</sup> Jose Martin-Serrano Canalejas M <sup>a</sup> Teresa San Jose Herrero M <sup>a</sup> Purificacion Labrador Castellanos Ana M <sup>a</sup> Lopez Ropero M <sup>a</sup> Luz Villa Saez Felicidad Lozano Ballesteros M <sup>a</sup> Rosario Blanco Carrasco					
FECHA:	11 - Febrero - 2014	FECHA:	Pendiente	FECHA:	Pendiente

MODIFICACIONES DEL DOCUMENTO					
Fecha	COMENTARIO	PÁGINA		PUNTO MODIFICADO	PASA A EDICIÓN
		DESDE	HASTA		
	Edición Inicial				

## INDICE

	Páginas
<b>TITULO: A .....</b>	<b>2</b>
AUTORES: .....	2
1.INTRODUCCIÓN:.....	2
2.DEFINICIONES: .....	2
3.OBJETIVOS: .....	8
4.ALCANCE:.....	8
5.PROCESO:.....	9
5.1 RECURSOS MATERIALES: ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
5.2 RECURSOS HUMANOS: ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
5.3 PROCEDIMIENTO:..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6. PLANIFICACIÓN DE CUIDADOS SEGÚN TAXONOMIA NANDA/NIC/NOC .....	13
7. RESPONSABILIDADES .....	16
8. VIGENCIA Y FECHA DE REVISIÓN .....	16
9. CONEXIONES DOCUMENTALES.....	16
10. DOCUMENTOS OPERATIVOS .....	16
11. ANEXOS.....	16
12. BIBLIOGRAFÍA .....	18

## TITULO: DETECCIÓN DE FACTORES DE RIESGO

AUTORES:

### 1.INTRODUCCIÓN:

El cristalino es uno de los componentes esenciales del aparato dióptrico ocular. Su propósito principal, es enfocar objetos a diferente distancia ( acomodación ), pudiendo llegar a 20 dioptrías.

En la actualidad, tanto las técnicas quirúrgicas oculares como el cálculo del lente intraocular (LIO) a implantar en sustitución al cristalino en la cirugía de catarata están en continua evolución, en busca de la perfección de los detalles referentes a la optimización de los resultados refractivos; por esta razón, es importante la medición precisa de las estructuras oculares como son la longitud axial, la profundidad de la cámara anterior, la queratometría y la elección de la fórmula biométrica adecuada en busca de la exactitud en los resultados refractivos finales.

La LIO ideal no existe, sería aquella que restablezca las propiedades ópticas y acomodativas del cristalino. Para calcular su potencia se utilizan unos aparatos denominados biómetros, capaces de medir los parámetros físicos del ojo. El implante de la lente intraocular (LIO) por facoemulsificación en la cirugía de catarata depende de las consideraciones teóricas acerca de la misma, de la preferencia y experiencia de cada cirujano y de una correcta lectura de los parámetros oculares prequirúrgicos, parte de la práctica diaria del personal de enfermería, buscando la excelencia en su más exacta elección.

### 2.DEFINICIONES:

#### 2.1. Definición

La biometría, es la disciplina que se encarga de la medición de los parámetros físicos del globo ocular imprescindibles para el cálculo correcto de la potencia del lente intraocular ( IOL ) que se va a implantar en lugar del cristalino en la cirugía de catarata.

El cálculo del poder dióptrico de los lentes intraoculares (LIO) es una parte esencial del examen preoperatorio en la cirugía de catarata y está determinado principalmente, por parámetros como el diámetro anteroposterior del globo ocular o longitud axial en cualquier segmento del eje óptico, la profundidad de la cámara anterior y la queratometría o medida de la curvatura anterior corneal entre otros, y por último, la adecuada selección de la fórmula de cálculo dependiente del diámetro de la longitud axial y su relación con la constante de fabricación, es decir las características de cada modelo de LIO a implantar.

Es una técnica rápida, no invasiva, ni dolorosa, que puede realizarse por diferentes dispositivos llamados biómetros.

## **2.2. Tipos de Biometros**

### **2.2.1. Método de aplanación o contacto (Ocuscan US)**

La técnica de aplanación Ocuscan US o de contacto es la más usual, por ser más sencilla y rápida, pero no es el procedimiento más exacto a la hora de determinar la AL. En el método de aplanación, al entrar en contacto la sonda con la superficie de la córnea, produce una discreta compresión de la misma, lo que conduce a que las medidas que se obtienen tengan pequeñas variaciones en función de dicha compresión. Estas, han de ser mínimas, la compresión puede oscilar entre los 0.20 y los 0.35 mm. Fig 1 y 2



Fig 1: Biómetro de contacto Ocuscan US



Fig2: Instilación colirio anestésico en fondo de saco conjuntival





Fig3: Biómetros óptico a la izquierda de la imagen y biómetro de contacto a la derecha

### 2.2.2. Método de inmersión

En la técnica de inmersión se coloca al paciente en decúbito supino, se le aplica anestésico se coloca un cilindro de plástico que se rellena con fluido hasta un medio o dos tercios de altura. El fluido puede ser metilcelulosa en la base y el resto suero salino o lagrimas artificiales. Se sumerge la sonda en el cilindro hasta casi 1 cm de la córnea, se indica al paciente que fije la mirada en la sonda para realizar las mediciones.<sup>4</sup> La técnica de inmersión requiere de anestesia para que la copa no moleste. Fig 4



Fig 4: Biómetro IUS- Scan de inmersión

En nuestro departamento no contamos con este tipo de biómetro.

### 1.1. Técnica de interferometría óptica con láser de barrido

La interferometría de coherencia parcial con láser de barrido con el biómetro IOL Master es una variación de la tomografía de coherencia óptica (OCT) que se emplea para obtener imágenes del espesor de la retina con una gran precisión. Está basada en la proyección de dos haces de luz de alta coherencia sobre el globo ocular y la medición de la reflexión de los mismos sobre las diferentes estructuras oculares. Este doble haz permite eliminar la influencia de los movimientos longitudinales del ojo durante las mediciones, usando la córnea como superficie de referencia, es capaz de medir distancias intraoculares no sólo paralelas al eje visual sino también a diferentes ángulos tomando de forma precisa la medición de la AL a valores de 0,3 a 10 micras. El IOL master comenzó a utilizarse en los años 90. Fig 5

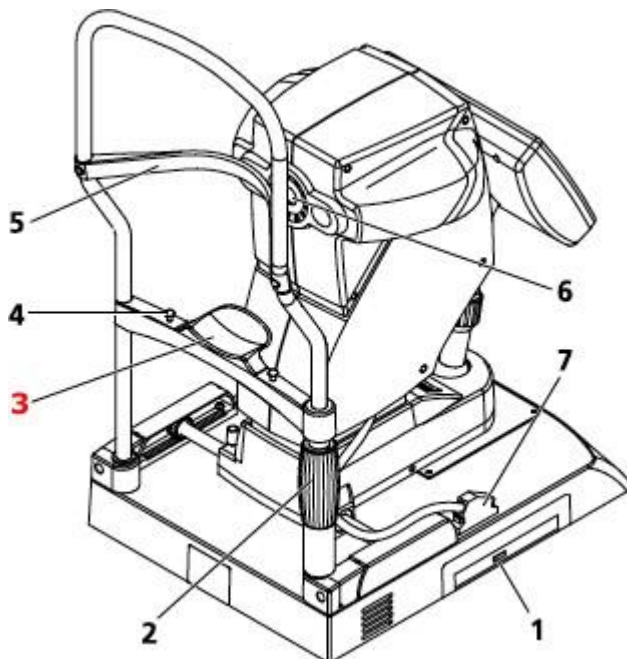


Fig. 5: Biómetro IOL Master. Elementos:

1. Unidad de CD-RW y DVD
2. Palanca de posicionamiento
3. Mentonera

4. Tornillo soporte de la mentonera
5. Apoyo frontal
6. Apertura del semiconductor del láser de diodo
7. Dispositivo conector de control

En este tipo de biometría óptica no existe contacto corneal y la curva de aprendizaje en cuanto al manejo del operador es mucho menor que en la ultrasónica, se puede realizar sin anestesia y sin midriasis, evita las distorsiones y errores que pueden producir la depresión corneal de la biometría ultrasónica de contacto.

No existe la posibilidad de *transmitir enfermedades* de un enfermo a otro o producir lesiones corneales.

Se caracteriza por:

- Rápida medición, la longitud axial, el radio de la córnea y la profundidad de la cámara anterior del ojo del paciente *son medidas en un único instrumento* ahorrando tiempo.
- *Elevada precisión*, incluso en casos difíciles (estafiloma posterior, ametropía extrema, pseudofaquia, vitrectomía).
- No hay que variar la velocidad del haz de luz, *siendo válido en pacientes pseudofáquicos*. Aunque hay que tener cuidado en la medida, porque el reflejo de LIO puede provocar una medida errónea.
- El equipo detecta automáticamente el ojo derecho o el izquierdo mientras toma las medidas, por lo que *elimina el riesgo de confundir el ojo medido*.

Aunque tiene algunos inconveniente, a veces no es posible hacer la medida si los medios están muy opacificado, como (hemorragias, vítreas, leucomas corneales, cataratas subscapulares posteriores).

### **3. Diferencias entre biometría ultrasónica (US) y óptica**

Las diferencias fundamentales entre la biometría ultrasónica (US) y la óptica son que uno emite ultrasonidos y el otro un haz de luz.

- La biometría óptica estima AL mayores que la biometría ultrasónica.

- El bioméetro US utiliza una técnica de aplanación debido al contacto directo córnea-sonda, disminuyendo la ACD y por tanto la AXL. El error puede minimizarse utilizando la técnica de inmersión, pero es más molesta.
- La luz empleada en la biometría óptica es reflejada por el epitelio pigmentario (EPR), mientras que los US son reflejados desde la membrana limitante interna (dif. de 130 mm).

### 3.OBJETIVOS:

#### OBJETIVO GENERAL:

Nuestro objetivo fundamental en el cálculo de la LIO a implantar en la cirugía de catarata es ser lo más precisos posible en la lectura de los parámetros oculares biométricos LA, ACD y queratometría fundamentalmente, para obtener unos resultados refractivos postquirúrgicos óptimos.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- .- Determinar los requerimientos de la técnica de la biometría
- .- Explicar los equipos utilizados.
- .- Definir de forma correcta, la realización y los errores más frecuentes.
- .- Explicar las diferencias entre los 2 métodos de medición.

### 4.ALCANCE:

Dirigido a los profesionales de enfermería que presten servicio en la consulta de oftalmología.

Son susceptibles de esta técnica :

- .- Pacientes con catarata , pendientes de intervención.

.- Pacientes a los que es necesario conocer la longitud axial ocular (LA), profundidad de la cámara anterior (DCA), y/o Keratometría corneal en caso de biómetros ópticos u cualquier otro parámetro ocular susceptible de medición anteriormente mencionados.

## 5.PROCESO:

### 5.1. RECURSOS MATERIALES :

a) .- Biometría de contacto – ULTRASÓNICA -

- .- Una silla para el paciente.
- .- Anestésico tópico.
- .- Gasas y suero fisiológico 0,9%

.- Biómetro OCUSCAN- : Pedal

Transductor

Sonda

b) .- Biometría de no contacto – INTERFEROMETRÍA LÁSER DE BARRIDO-

- .- Biómetro IOL MASTER
- .- Gasas y suero fisiológico 0,9%

### 5.2. RECURSO HUMANOS:

- .- Enfermera : Llevará a cabo la técnica.
- .- Facultativo : Supervisará la prueba en el preoperatorio.

### 5.3.PROCEDIMIENTOS:

#### 5.3.1. Ocuscan - Método de aplanación o contacto –

No es el método más exacto a la hora de determinar la longitud axial, puesto que la sonda, al estar en contacto con la córnea, produce una discreta compresión de la misma, por la cual, las medidas pueden sufrir variaciones (cuanta mayor sea la presión que se hace, la medida de la longitud axial, será menor).

- 1) .- Calibrado del equipo.
- 2) .- Cálculo de la queratometría ( protocolo ).
- 3) .- Limpieza del transductor.
- 4) .- El paciente se sentará en una silla, cómodo.
- 5) .- Se le aplicará anestesia tópica.
- 6) .- Explicar al paciente que debe mantener el ojo fijo en línea recta (ayudarle explicándole que mire a un punto fijo al frente).
- 7).- Pisar el pedal. En el momento en el que tocamos levemente la córnea con el transductor, soltamos el pedal.
- 8) .-Colocar el transductor en contacto directo (leve) con la córnea, dirigiendo el haz de ultrasonidos, perpendicularmente sobre el centro de la córnea hasta conseguir un mínimo de 10 lecturas con una SD menor de 0.10mm

Se recomienda repetir las lecturas de cada ojo hasta conseguir su resultado óptimo de DCA y DS.

#### **5.3.1.1. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA CON EL OCUSCAN –**

- 1.- Deben aparecer 4 picos correspondientes a Fig. 6 :
  - .- Córnea.
  - .- Superficie anterior del cristalino.
  - .- Superficie posterior del cristalino.
  - .- La retina.

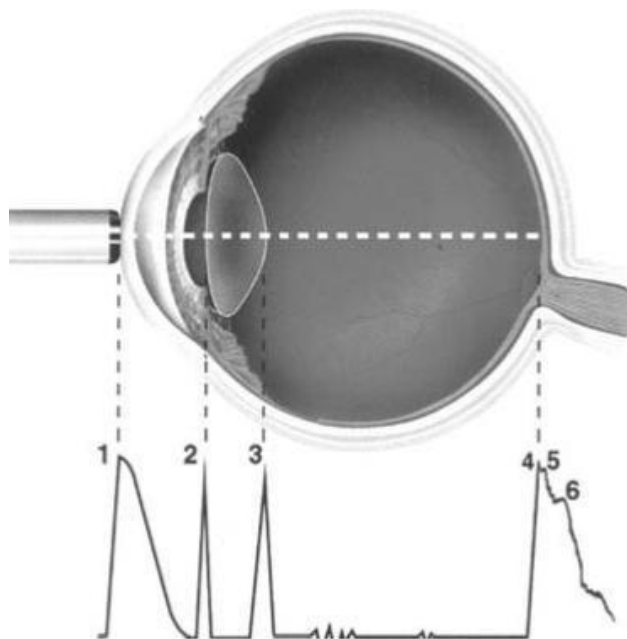


Fig.6: Estructuras oculares con su correspondiente vibración de la onda acústica

- 2.- Capturar varias mediciones de longitud axial, eliminando aquellas más dispares.
- 3.- Variaciones en la medición de la amplitud de cámara ( ACD ) :
  - .- A mayor compresión corneal, menor ACD.
  - .- A menor compresión corneal, medición de ACD más precisa.
- 4.- Mantener una buena alineación perpendicular, para una correcta lectura de longitud axial (LA).
- 5.- En cataratas muy densas, hay que aumentar la ganancia (sensibilidad), para permitir la lectura.
- 6.- El paciente no debe tener patologías como conjuntivitis, queratitis o úlcera corneal.
- 7.- No debe haber utilizado lentes de contacto, durante los días indicados por el facultativo, normalmente durante los 4 días previos.
- 8.- No se deben haber realizado previamente exámenes oftalmológicos que puedan afectar a las medidas (ej. Láser).
- 9.- Adecuada densificación, (puesto que requiere contacto corneal), para prevenir transmisión de infecciones.

10. – Con la técnica de aplanación al precisar el contacto entre la sonda y la superficie corneal, se debe instilar anestesia teniendo cuidado en no presionar la córnea, pues se provoca un aplanamiento del globo ocular midiendo una longitud axial menor.<sup>4</sup>
11. - El haz de ultrasonidos debe alinearse con el eje visual. Para ello, la sonda debe colocarse completamente perpendicular a la córnea, lo que requiere una óptima colaboración del paciente quien debe mirar un punto fijo para así poder hacer incidir los ecos en la mácula. Se recomienda hacer varias lecturas de cada ojo.
12. - Evitar el exceso de colirios o lágrimas para no interferir en la medida de las tomas de la longitud axial.
13. - El paciente debe mirar al haz de luz procedente de la sonda.
- 14 - Efectuar una buena desinfección de la sonda del biómetro una vez finalizada la prueba.
15. - En ojos cortos ó hipermétropes, tanto la medida correcta de la longitud axial como en utilizar la fórmula adecuada (Holladay II) pueden ser determinantes en el resultado refractivo.

### **5.3.2. IOL MASTER – No contacto corneal**

La biometría óptica es menos invasiva para el paciente, no siendo necesaria anestesia, y pudiendo ser realizada en miosis.

- 1).- Sentar al paciente y colocar la barbilla en la mentonera, de modo que los ojos queden alineados.
- 2).- El paciente, debe mirar al punto de fijación, hasta que los 6 puntos de luz (llamados spots periféricos) aparezcan enfocados y centrados en la pupila/iris. De esta manera, las mediciones de la longitud axial se harán en el centro de la mácula, resultando así la longitud axial de refracción correcta.  
Si el paciente tiene dificultades para ver la luz de fijación con el ojo estudiado, puede fijar un objeto alejado en frente.
- 3).- Se tomarán hasta 10 medidas de longitud axial, de valores menos dispares.



- 4).- Se calculará la queratometría ( protocolo ).
- 5).- Se calcula la lente intraocular (según fórmula biométrica y constante predeterminada)
- 6).- Impresión y guardar en la H.C.

### **5.3.3. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA CON EL IOL MASTER**

- 1.- No hay posibilidad de transmitir enfermedades, ni de producir lesiones corneales.
- 2.- Rápida medición de la LA, DCA, y Keratometría en una única medición.
- 3.- En cataratas muy densas, el haz de luz no puede medir la LA, en cuyo caso se utilizará el OCUSCAN.
- 4.- Elevada precisión.

### **5.3.4. Complicaciones**

Aparición de úlcera corneal por repetición en las lecturas hasta obtener el resultado óptimo.

## **6. PLANIFICACIÓN DE CUIDADOS SEGÚN TAXONOMIA NANDA/NIC/NOC**

Existen Intervenciones propias de Enfermería Oftalmológica (NIC). ANEXO I

La relación existente entre NANDA, NIC, NOC es la siguiente:

<b>Diagnósticos NANDA</b>	<b>Resultados NOC</b>	<b>Intervenciones NIC</b>
Ansiedad	Afrontamiento de problemas	Apoyo emocional Guía de anticipación Dar esperanza
	Autocontrol de la ansiedad	Técnica de relajación Disminución de la ansiedad Enseñanza prequirúrgica
Aislamiento social	Bienestar personal	Aumentar el afrontamiento
	Aumentar el afrontamiento	Mejorar la comunicación:De
	Afrontamiento de problemas	ficit visual.

		Potenciar la autoestima
		Humor
		Apoyo emocional
	Clima social de la familia	Estimulación de la integridad familiar.
		Fomentar la implicación familiar
		Modificación habilidades sociales
	Soporte social	Aumentar los sistemas de apoyo
		Fomentar la implicación familiar
	Severidad de la soledad	Potenciación de la sociabilización
		Contacto
		Escucha activa
Afrontamiento defensivo	Adaptación a la discapacidad física.	Potenciación imagen corporal
		Entrenamiento de la asertividad
Afrontamiento familiar	Afrontamiento de problemas	
	Autoestima	
	Facilitar la autorresponsabilidad	
	Normalización de la familia	Apoyo al cuidador principal
	Posible resistencia al cuidado familiar	Manejo ambiental: Preparación del hogar
Aflicción crónica	Autocontrol de la depresión	Ayuda en la modificación de sí mismo
	Modificación psicosocial:	
	cambio de vida	Reestructuración cognitiva
Riesgo de baja autoestima situacional		
Desatención unilateral	Autocuidados: AVD	
	Movimientos coordinados	
Conomientos sanitarios: disposición para mejorar	Conducta sanitaria	Potenciación de la disposición de aprendizaje
Deambulación, deterioro	Ambular	
	Ejercicios	

Confusión aguda	Autocontrol pensamiento distorsionado Orientación cognitiva	Manejo ideas ilusorias Estimulación cognoscitiva Orientación de la realidad
Riesgo de compromiso de la dignidad humana	Percepción de invasión de la intimidad Etiqueta estigmatizadora Percepción de humillación	
Riesgo de Síndrome de estrés del traslado	Asesoría previa al traslado	Experiencia imprevista
Desesperanza	Fomentar la resistencia	Potenciación conciencia de si mismo
Rol parental, deterioro	Afrontamiento problemas familia  Ambiente seguro del hogar	Fomentar normalización familiar Terapia familiar Identificación de riesgos Fomentar seguridad en vehículo Manejo ambiental: seguridad
Desesperanza	Clima social de la familia Autocontrol de la depresión Control del humor	Estimulación integridad familiar Ayuda modificación de sí mismo Presencia Terapia de entretenimiento
Imagen corporal, trastorno	Imagen corporal	Potenciación imagen corporal Reestructuración cognitiva
Caídas, riesgo de	Modificación psicosocial: Caídas Conducta de prevención de caídas  Equilibrio Movimiento coordinado:	Asesoramiento Identificación de riesgos Vigilancia: seguridad Manejo ambiental: seguridad Cambio de posición Terapia de ejercicios: equilibrio Ayuda al autocuidado Fomento del ejercicio

## 7. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad de las supervisoras dar a conocer los procedimientos a los profesionales a su cargo, y de garantizar que estos los apliquen a la población a la que van dirigidos.

El supervisor se responsabilizará de la realización sistemática de sesiones clínicas de unidad, para tratar la aplicación de los protocolos en la unidad o servicio.

## 8. VIGENCIA Y FECHA DE REVISIÓN

El protocolo será revisado y actualizado si procede en 2014.

## 9. CONEXIONES DOCUMENTALES

- NANDA-1 Diagnósticos Enfermeros: Definiciones y Clasificación 2007- 2008.  
Elsevier
- Interrelaciones NANDA, NOC y NIC. Marion Jhonson, Gloria Bulechek
- Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC). Gloria Bulechek, Howard K.  
Butcher
- Manuales Queratómetros
- Manual procedimientos de Enfermería
- Procedimiento Keratometría

## 10. DOCUMENTOS OPERATIVOS

- DOCUMENTO OPERATIVO N° 1

## 11. ANEXOS

Intervenciones de Enfermería por especialidad de Enfermería Oftalmológica: Ver Anexo I:

ANEXO I: Intervenciones Enfermería (NIC) Oftalmológica

- Administración de medicación
- Administración de medicación intramuscular IM
- Administración de medicación IV
- Administración de medicación oftálmica
- Administración de medicación oral
- Apoyo emocional
- Asistencia quirúrgica
- Ayuda con los autocuidados: AIVD
- Consulta
- Control de infecciones
- Control de infecciones: intraoperatorio
- Coordinación preoperatoria
- Cuidados de las lentillas de contacto
- Cuidado de los ojos
- Cuidados de una prótesis
- Cuidados del sitio de incisión
- Enseñanza: Habilidad psicomotora
- Enseñanza: individual
- Enseñanza: medicamentos prescritos
- Enseñanza: prequirúrgica
- Enseñanza: procedimiento/ tratamiento
- Enseñanza: proceso de enfermedad
- Escucha activa
- Fomentar la implicación familiar
- Manejo de la hipoglucemia
- Manejo de la sedación
- Mejorar la comunicación: déficit visual
- Monitorización de los signos vitales
- Planificación del alta
- Precauciones con el láser
- Preparación quirúrgica

- Prevención de caídas
- Punción intravenosa (IV)
- Seguimiento telefónico
- Terapia intravenosa (IV)
- Vigilancia

## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta R, Hoffmeister L, Román R, Comas M, Castilla M, Castells X. Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata. Arch Soc Esp Oftalmol. 2006; 81: 509- 516.
2. Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, Kiss B, Polak K, Nepp J, Schild G, Rainer G, Maca S, Petternel V, Lackner B, Drexler W. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. J Cararact Refract Surg 2003; 29:1950-1955.
3. Gantenbein CP, Ruprecht KW. Comparaison entre biometrie optique et acoustique de l'oeil. J Fr Ophtalmol. 2004; 27(10): 1121-7.
4. Tappeiner C, Rohrer K, Frueh BE, Waelti R, Goldblum D. Clinical comparison of biometry using the non-contact optical low coherence reflectometer (Lenstar LS 900) and contact ultrasound biometer (Tomey AL-3000) in cataract eyes. Br J Ophthalmol. 2010; 94(5): 666-7.
5. Sanders D, Retzlaff J, Kraff M, Kratz R, Gills J, Levine R, Colvard M, Weisel J, Loyd T. Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas. J Am Intraocul Implant Soc. 1981; 7(4):

337-40.

6. Martín-Serrano Canalejas MJ, Tenías JM. Concordancia en las mediciones realizadas por tres queratómetros en pacientes fáquicos. *Enferm Clin.* 2012; 22(1):41-5.
7. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33:159-174.
8. T. Heather Herdman, PhD, Crystal Heath, MSN, GERALYN MEYER, PhD, LEANN SCROGGINS, MN, BÁRBARA VASALLO, EdD. *NANDA-1 Diagnósticos Enfermeros: Definiciones y Clasificación.* Elsevier. 2007- 2008.
9. Marion Jhonson, Gloria Bulechek. *Interrelaciones NANDA, NOC y NIC.* Elsevier. 2007
10. Gloria Bulechek, Howard K. Butcher, Joanne McClosKey Dochterman. *Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC).* Elsevier 2009



# Keratometría

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
1ª Edición 2000 Mª José Martín-Canalejas Serrano Mª Luz Villa Sáez Mª Paz García Alberca Mª Felisa Carabaño 2ª Edición 2013 Mª José Martín-Canalejas Serrano Felicidad Lozano Ballesteros Rosario Blanco Carrasco Mª Luz Villa Sáez Ana Mª López Ropero Mª Purificación Labrador Castellanos Mª Teresa San José Herrero					
FECHA:	10- Febrero- 2014	FECHA:	Pendiente		Pendiente

MODIFICACIONES DEL DOCUMENTO					
Fecha	COMENTARIO	PÁGINA		PUNTO MODIFICADO	PASA A EDICIÓN
		DESDE	HASTA		
2000	Edición Inicial				



## INDICE

	Páginas
<b>TITULO: A .....</b>	<b>2</b>
AUTORES: .....	2
1.INTRODUCCIÓN:.....	2
2.DEFINICIONES: .....	3
3.OBJETIVOS: .....	3
4.ALCANCE:.....	4
5.PROCESO:.....	4
5.1 RECURSOS MATERIALES: ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
5.2 RECURSOS HUMANOS: ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
5.3 PROCEDIMIENTO:..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6. PLANIFICACIÓN DE CUIDADOS SEGÚN TAXONOMIA NANDA/NIC/NOC .....	12
7. RESPONSABILIDADES .....	16
8. VIGENCIA Y FECHA DE REVISIÓN .....	16
9. CONEXIONES DOCUMENTALES.....	16
10. DOCUMENTOS OPERATIVOS ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
11. ANEXOS.....	16
12. BIBLIOGRAFÍA.....	18

## TITULO: DETECCIÓN DE FACTORES DE RIESGO

### AUTORES:

M<sup>a</sup> José Martín–Canalejas Serrano

Rosario Blanco Carrasco

Felicidad Lozano Ballesteros

M<sup>a</sup> Luz Villa Sáez

M<sup>a</sup> Purificación Labrador Castellanos

Ana M<sup>a</sup> López Ropero

M<sup>a</sup> Teresa San José Herrero

### 1.INTRODUCCIÓN:

La queratometría se fundamenta en el estudio de la imagen de un objeto de tamaño conocido reflejado en la parte central de la superficie anterior de la córnea. El cálculo del valor queratométrico se realiza a partir de la medición del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea en dos de sus meridianos, K1, K2 y Kmedia (Km). La medida de los radios corneales se mide en mm con un instrumento llamado queratómetro. Para calcular la potencia corneal en Dioptrías, que es la suma de la potencia de las superficies anterior y posterior, se emplea un valor inferior al tener en cuenta que la superficie corneal posterior tiene aproximadamente 1.2 mm menos de radio de curvatura. Cualquier situación que modifique esta relación inducirá un error en el cálculo de la potencia total corneal.

Es el método más empleado en la determinación de la refracción corneal junto con la medida de la longitud axial (LA) del ojo, técnica llamada biometría, pues constituyen los dos parámetros fundamentales para el cálculo de la potencia de la lente intraocular (LIO) implantada en la cirugía de cataratas, mediante unas fórmulas matemáticas biométricas y aplicando un índice de refracción.

Otras indicaciones para la realización de una queratometría son la cirugía refractiva y la implantación de lentes multifocales o tóricas intraoculares, donde es necesario tratar de obtener un resultado lo más cercano posible a la emetropía, no sólo esférica (grado de miopía e hipermetropía), sino también astigmática.

Actualmente, en los departamentos de oftalmología coexisten diferentes métodos y técnicas para la realización de una queratometría. En algunos casos, el queratómetro es un dispositivo de medición aislado; bien se incorpora a otros instrumentos de medición como autorrefractómetros y/o biómetros o bien, es una de las distintas aplicaciones de las que disponen algunos aparatos de última generación como topógrafos corneales, que calculan además la paquimetría, toma de imágenes de la cámara anterior, medición de la superficie anterior y posterior de la córnea y queratometría. Concretamente en nuestro servicio disponemos de tres keratómetros automáticos, incorporados a los autorrefractómetros automáticos correspondientes, Topcon KR-900, Topcon KR-8800 y Topcon KR-, uno automático INDO, otro incorporado al biómetro IOLMáster, un Keratómetro manual Javal y el topógrafo PENTACAN.

## 2.DEFINICIONES:

**QUERATOMETRÍA:** (procede de *queratos* que es “cuerno”, córnea) Técnica en la que se determina la medición de los parámetros corneales a partir de la medición del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea en dos de sus meridianos, K1, K2 y Kmedia (Km) en milímetros.(1) (2).

**QUERATÓMETRO:** Es un aparato que proyecta la luz en forma de cañón al ojo del paciente para medir los parámetros corneales. El queratómetro determina el astigmatismo corneal de un paciente, es decir, el grado de borrosidad en un eje determinado de visión.(1)

### TIPOS DE QUERATÓMETROS

### TIPOS DE QUERATÓMETROS QUE DISPONEMOS EN EL SERVICIO DE OFTALMOLOGÍA

## 3.OBJETIVOS:

### OBJETIVO PRINCIPAL:

- Realización de una correcta medición de los parámetros corneales del paciente.

## OBJETIVOS GENERALES:

- Identificar a los pacientes susceptibles del uso de esta técnica.
- Identificar las causas que posibiliten un error en la medición.
- Corregir factores de riesgo causantes de errores en la medición.
- Proporcionar confort/seguridad al paciente.

## 4.ALCANCE:

Aplicable a todos los pacientes que acuden a la consulta de oftalmología del Hospital la Mancha Centro y que precisen la determinación de sus parámetros corneales, bien para diagnosticar una patología corneal, bien para la posterior realización de una biometría.

Existen las limitaciones en la lectura en pacientes con patología corneal de base como leucomas o cicatrices corneales que impiden la realización de la queratometría.

## 5.PROCESO:

### 5.1. Recursos materiales

- Queratómetro: Disponemos de diversos aparatos, en la consulta, que pueden darnos la medición de los parámetros corneales:
  - Autorrefractómetros Topcon
  - Queratómetro manual KM-500 INDO
  - IOL-Master ZEISS
  - Pentacam HR OCULUS
  - Keratómetro Javal
- Silla
- Gasas
- Lágrimas artificiales

## 5.2. Recursos humanos

- Enfermeras.
- Médicos.

## 5.3 Procedimiento

Los pasos a seguir para medir la Keratometría corneal independientemente del Keratómetro:

1. Apoyamos la barbilla del paciente en la mentonera. Hay que asegurar que la persona no se mueve y permanezca con ambos ojos bien abiertos.
2. Se localiza la córnea de uno de los dos ojos y se enfocan sobre su superficie las imágenes de las miras.
3. Comprobamos la película lagrimal del ojo. Se pide al paciente que parpadee; si es escasa, usamos lágrimas artificiales y repetimos las mediciones hasta que los resultados estén dentro de las tolerancias en la lectura.
4. Anotamos el resultado de las lecturas en papel en caso de los Keratómetros manuales o bien, recogemos el papel impreso por los automáticos.

### 5.3.1. Keratómetro Automático KM- 500 INDO

En los automáticos, el observador se limita a centrar la mira sobre la córnea, siendo el aparato el que efectúa la medición.

En este caso, la mira que se proyecta por el cañón es una circunferencia de color rojo que al fijarla sobre la superficie de la córnea de cada uno de los dos ojos, obtiene de forma automática la medida de los radios en sus dos meridianos, K1, K2 y Km. Fig 1



Fig 1: Keratómetro automático Indo

**5.3.2. Keratómetro Automático incorporado al Biómetro IOL-Master ZEISS:** En la actualidad, es el más utilizado en nuestro servicio.

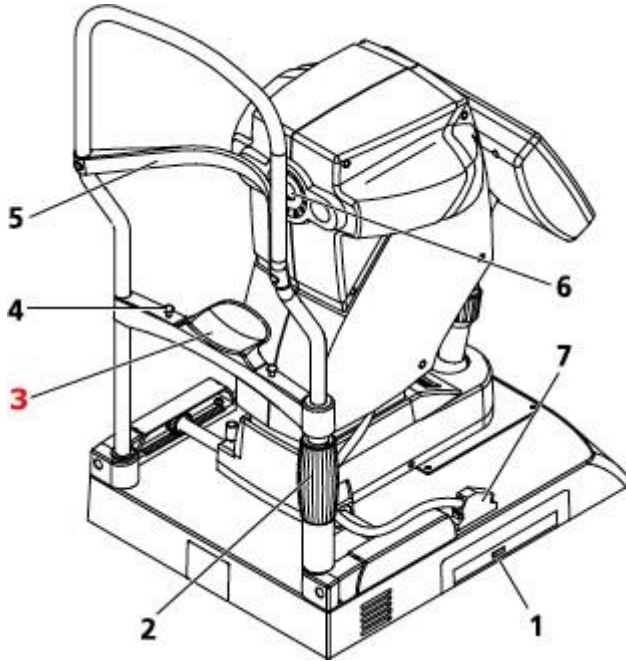


Fig. 1: Biómetro- Queratómetro IOL Master. Elementos:

1. Unidad de CD-RW y DVD
2. Palanca de posicionamiento
3. Mentonera
4. Tornillo soporte de la mentonera
5. Apoyo frontal
6. Apertura del semiconductor del láser de diodo
7. Dispositivo conector de control



Fig 3: Biómetro- Queratómetro IOL Master

#### Toma de las medidas

Se tomarán tres medidas pulsando el mando tres veces consecutivas una vez que tengamos centradas las miras sobre la córnea; el final de las mediciones se indica mediante una señal acústica corta. Después de esto, los radios de la córnea o de K (dependiendo de la configuración del programa) de las dos secciones principales se mostrarán, junto con la respectiva orientación axial y la diferencia astigmática. En el caso de una córnea esférica, sólo se mostrarán el radio de la córnea o la K, pero sin orientación axial o diferencia astigmática.

El tamaño y forma de los puntos de medición son verificadas por el equipo. Si un punto de medición no se identifica correctamente, aparecerá un punto destellante de color azul Fig 4. En la impresión el punto no identificado se representa por una x. Estas lecturas no deben ser utilizadas y se debe realizar una nueva medición como medida de precaución.

Las mediciones queratométricas pueden repetirse tantas veces como se desee, sin embargo, en la pantalla solo se visualizan las tres últimas medidas realizadas.

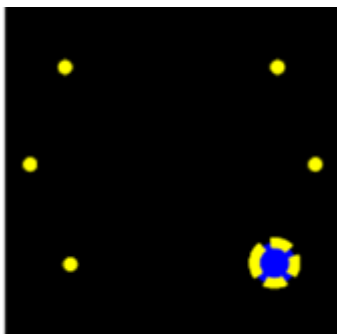


Fig.4: Ejemplo de un punto sin visualizar.

Si en las tres últimas lecturas del valor medio del equivalente esférico difiere en más de 0,5 dioptrías, o si la tolerancia del radio medio es mayor de 0,08-0,1 (dependiendo del n), aparecerá una alerta en la pantalla.

Los errores de medición debe ser eliminados, ya que las lecturas obtenidas no serán aceptadas para la medición de ACD, cálculo de la LIO y la base de datos para la optimización de las constantes.

#### **Errores de medición del Keratómetro:**

Dependiendo de la reflectividad de la córnea, la imagen del punto de fijación puede ser apenas visible. Esto es irrelevante para el cálculo de la curvatura de la córnea, si la posición del punto de fijación no se evalúa Fig 5.

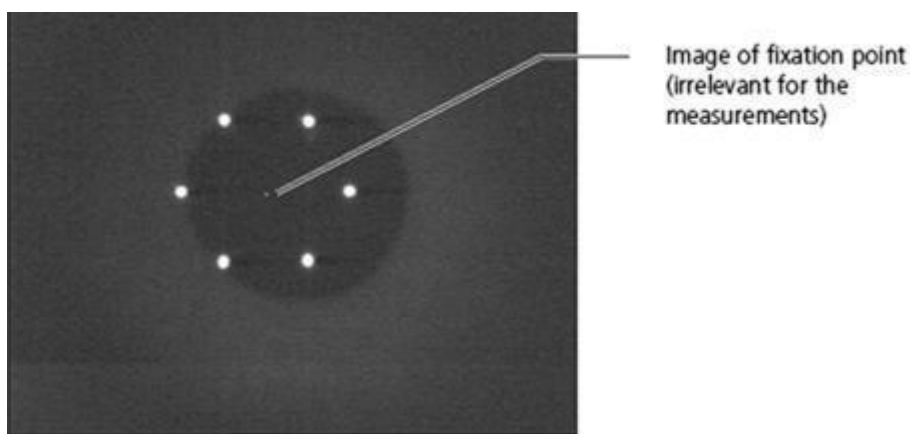


Fig.5 : Punto de fijación imperceptible.

En la medición de los ojos pseudofáquicos, puede ocurrir que las imágenes producidas en el lado frontal de la lente intraocular sean visibles junto a las reflexiones de la córnea. Estas reflexiones de la lente intraocular son más débiles y fuera de foco Fig 6.



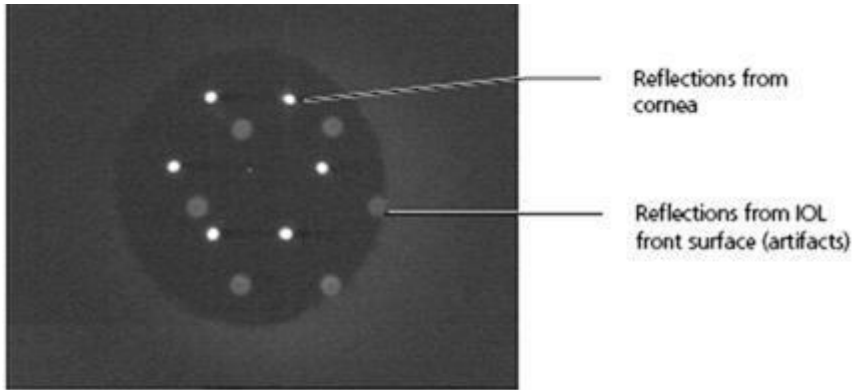


Fig.6: Puntos reflectado

Si la película lagrimal se interrumpe bruscamente, la reflectividad de la córnea se reduce en gran medida. En este caso, los puntos la luz se dispersan con más fuerza. Si hay una marca en la medición, se prevé que en esa región la imagen se reflejara irregularmente o con reflexiones múltiples. Entonces la medición de la curvatura corneal no será posible y el mensaje de error aparecerá en pantalla Fig 7.

Se le coloca una gota de lágrimas artificiales en cada ojo, el paciente debe parpadear varias veces y se toman las mediciones rápidamente.

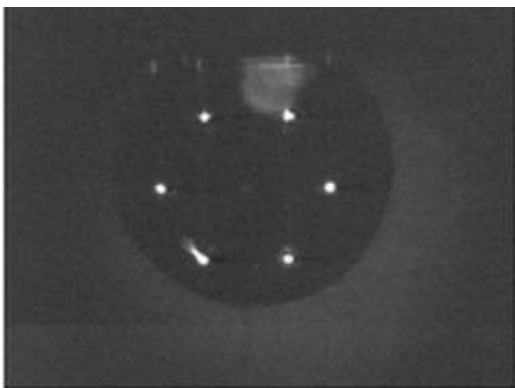


Fig.7 : Puntos de luz dispersos.

Las cicatrices y las irregularidades locales en la superficie de la córnea perjudican la calidad de la de medición. Dependiendo de la extensión y la ubicación de estas irregularidades, el error de la medición puede surgir en este caso, las mediciones queratométricas no se puede tomar con el IOLMaster. Fig 8.



*Fig.8 : Cornea con irregularidades o cicatrices.*

### **5.3.3. Keratómetro Manual Javal**

En el queratómetro Javal las miras son móviles y el duplicador está fijo. En los manuales, el observador debe enfocar y centrar las miras modificando su posición para obtener la medida calculando sus dos meridianos, K1 y K2.

La mira A tiene forma de escalera mientras que la mira B tendrá forma de rectángulo.

Cada escalón de A corresponde a 1 Dp.

Modo de medida

1. Enfocamos las miras
2. Anotaremos el primer radio corneal, la potencia y el eje en esa posición en la que las imágenes han quedado alineadas fijándonos en la escala del queratómetro
3. Después se gira el mando 90° y se realiza la operación anterior, anotando el segundo radio de curvatura de la córnea. Para ello, es necesario que queden pegadas las dos miras en su superficie lateral coincidiendo a la misma altura la línea divisoria longitudinal. Fig 9

Al girar pueden presentarse tres situaciones:

1. Si las miras se montan se trata de un astigmatismo directo
2. Si las miras se separan se trata de un astigmatismo inverso
3. Si las miras permanecen juntas estamos ante una córnea esférica



Fig 9: Keratómetro Javal

### 5.3.3.1. Principales causas de error:

- *Realizar previamente la biometría por aplanación*, lo que podría modificar la curvatura corneal.
  - Mala calibración del aparato
  - Falta de fijación del paciente
  - Fluctuación de la acomodación
- *Cambios en la curvatura corneal* secundarios a la intervención quirúrgica. Existen numerosos estudios acerca de este hecho que demuestran los cambios en la curvatura corneal pre y postoperatoria, especialmente en las técnicas refractivas.
- *Errores cometidos por la escala de conversión* de los queratómetros. A partir de la medida del radio de curvatura anterior, transforman este valor en dioptrías, mediante un índice de refracción que varía según el modelo de queratómetro. **Shammas**
- *El uso de lentes de contacto* tanto rígidas como blandas, esto puede hacer que el paciente presente un incremento de hasta 0.79 mm en la medida de la curvatura corneal que se traducirá en una disminución de 0.98 dioptrías en el cálculo del poder dióptrico de la lente intraocular. **Shammas**
- *La distorsión de miras queratométricas*, que se puede producir por: forma corneal anómala, mala calidad de la película lagrimal, alteraciones epiteliales, mala fijación del paciente, parpadeo frecuente, etc.

La topografía computarizada mide muchos más puntos corneales, por lo que las medidas son más precisas, eliminando parte del factor humano como posible causa de error en la medición.

### 5.3.4. Topógrafo PENTACAM HR OCULUS

La topografía corneal es un examen computerizado mediante el cual se obtiene un mapa de la superficie corneal para detectar irregularidades, áreas de encurvamiento o de aplanamiento corneal e identificar los ejes donde estas alteraciones se presentan. Debe realizarse sobre una córnea en reposo sin haber utilizado lentes de contacto durante algún tiempo, normalmente entre 4 a 15 días. Uso exclusivo por el facultativo.

### 5.3.5. Complicaciones

No obtener una medida queratométrica correcta; ésto es muy importante , pues 1 dioptría de error queratométrico se traduce en 1 dioptría de error refractivo postoperatorio.

## 6. PLANIFICACIÓN DE CUIDADOS SEGÚN TAXONOMIA NANDA/NIC/NOC

Intervenciones de Enfermería por especialidad de Enfermería Oftalmológica: Ver Anexo I

<b>Diagnósticos NANDA</b>	<b>Resultados NOC</b>	<b>Intervenciones NIC</b>
Ansiedad	Afrontamiento de problemas	Apoyo emocional
		Guía de anticipación
	Autocontrol de la ansiedad	Dar esperanza
		Técnica de relajación
Aislamiento social	Bienestar personal	Disminución de la ansiedad
		Enseñanza prequirúrgica
		Aumentar el afrontamiento

Aumentar el afrontamiento		Mejorar la comunicación:De
Afrontamiento de problemas		ficit visual.
		Potenciar la autoestima
		Humor
		Apoyo emocional
Clima social de la familia		Estimulación de la integridad
		familiar.
		Fomentar la implicación familiar
		Modificación habilidades sociales
Soporte social		Aumentar los sistemas de apoyo
		Fomentar la implicación familiar
Severidad de la soledad		Potenciación de la sociabilización
		Contacto
		Escucha activa
Afrontamiento defensivo	Adaptación a la discapacidad	Potenciación imagen corporal
	física.	Entrenamiento de la asertividad
Afrontamiento familiar	Afrontamiento de problemas	
	Autoestima	
	Facilitar la autorresponsabilidad	
	Normalización de la familia	Apoyo al cuidador principal
	Posible resistencia al cuidado	
	familiar	Manejo ambiental: Preparación del

		hogar
Aflicción crónica	Autocontrol de la depresión	Ayuda en la modificación de sí mismo
	Modificación psicosocial:	
	cambio de vida	Reestructuración cognitiva
Riesgo de baja autoestima		
situacional		
Desatención unilateral	Autocuidados: AVD	
	Movimientos coordinados	
Conomientos sanitarios:	Conducta sanitaria	Potenciación de la disposición
disposición para mejorar		de aprendizaje
Deambulación, deterioro	Ambular	
	Ejercicios	
Confusión aguda	Autocontrol pensamiento	
	distorsionado	Manejo ideas ilusorias
	Orientación cognitiva	Estimulación cognoscitiva
		Orientación de la realidad
Riesgo de compromiso de la	Percepción de invasión	
dignidad humana	de la intimidad	
	Etiqueta estigmatizadora	
	Percepción de humillación	
Riesgo de Síndrome de estrés	Asesoría previa al traslado	Experiencia imprevista
del traslado		

Desesperanza	Fomentar la resistencia	Potenciación conciencia de si mismo
Rol parental, deterioro	Afrontamiento problemas familia	Fomentar normalización familiar Terapia familiar
	Ambiente seguro del hogar	Identificación de riesgos Fomentar seguridad en vehículo Manejo ambiental: seguridad
	Clima social de la familia	Estimulación integridad familiar
Desesperanza	Autocontrol de la depresión	Ayuda modificación de sí mismo
	Control del humor	Presencia Terapia de entretenimiento
Imagen corporal, trastorno	Imagen corporal	Potenciación imagen corporal Reestructuración cognitiva
	Modificación psicosocial: c vida	Asesoramiento
Caídas, riesgo de	Caídas	Identificación de riesgos
	Conducta de prevención de caídas	Vigilancia: seguridad Manejo ambiental: seguridad Cambio de posición: silla de ruedas
	Equilibrio	Terapia de ejercicios: equilibrio
	Movimiento coordinado:	Ayuda al autocuidado Fomento del ejercicio

## 7. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad de las supervisoras dar a conocer los procedimientos a los profesionales a su cargo, y de garantizar que estos los apliquen a la población a la que van dirigidos.

El supervisor se responsabilizará de la realización sistemática de sesiones clínicas de unidad, para tratar la aplicación de los protocolos en la unidad o servicio.

## 8. VIGENCIA Y FECHA DE REVISIÓN

El protocolo será revisado y actualizado si procede en 20.. o antes si procede.

## 9. CONEXIONES DOCUMENTALES

- NANDA-1 Diagnósticos Enfermeros: Definiciones y Clasificación 2007- 2008.  
Elsevier
- Interrelaciones NANDA, NOC y NIC. Marion Jhonson, Gloria Bulechek
- Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC). Gloria Bulechek, Howard K.  
Butcher
- Manuales Queratómetros
- Manual procedimientos de Enfermería

## 10. ANEXOS

Intervenciones de Enfermería por especialidad de Enfermería Oftalmológica: Ver Anexo I:

ANEXO I: Intervenciones Enfermería (NIC) Oftalmológica

- Administración de medicación
- Administración de medicación intramuscular IM



- Administración de medicación IV
- Administración de medicación oftálmica
- Administración de medicación oral
- Apoyo emocional
- Asistencia quirúrgica
- Ayuda con los autocuidados: AIVD
- Consulta
- Control de infecciones
- Control de infecciones: intraoperatorio
- Coordinación preoperatoria
- Cuidados de las lentillas de contacto
- Cuidado de los ojos
- Cuidados de una prótesis
- Cuidados del sitio de incisión
- Enseñanza: Habilidad psicomotora
- Enseñanza: individual
- Enseñanza: medicamentos prescritos
- Enseñanza: prequirúrgica
- Enseñanza: procedimiento/ tratamiento
- Enseñanza: proceso de enfermedad
- Escucha activa
- Fomentar la implicación familiar
- Manejo de la hipoglucemia
- Manejo de la sedación
- Mejorar la comunicación: déficit visual
- Monitorización de los signos vitales
- Planificación del alta
- Precauciones con el láser
- Preparación quirúrgica
- Prevención de caídas
- Punción intravenosa (IV)
- Seguimiento telefónico

- Terapia intravenosa (IV)
- Vigilancia

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Wegener A, Laser-Junga H. Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug´s principle: options and limitation\_a review. Clin Exp Ophthalmol 2009;37:144-154.
2. Stone J. Keratometry and specialist optical instrumentation. En: Ruben M, Guillon M, ed. Contact lens practice. London: Chapman and Hall medical, 1994, 1 st ed.
3. Holladay JT. Standarizing constants for ultrasonic biometry, keratometry and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23<.1356-1370
4. H. John Shammas, MD, Steven Chan. Precision of biometry, Keratometry, and refractive measurements with a partial coherence interferometry- Keratometry device. J Cataract Refract Surg; 36:1474-1478.2010
5. Richard J. Symes, BSc, MRCOphth, Paul G. Ursell, MD, FRCOphth. Automated Keratometry in routine cataract surgery: Comparison of Scheimpflug and conventional values.J Cataract Refract Surg 2011; 37:295-301. 2011 ASCRS and ESCRS
6. Richard J. Symes, BSc, MRCOphth, Miranda J. Say, Paul G. Ursell, MD, FRCOphth. Scheimplug Keratometry versus conventional automated Keratometry in routine cataract surgery. J Cataract Refract Surg; 36: 1107-1114
7. Manual de refracción Colegio de ópticos de Chile.

8. T. Heather Herdman, PhD, Crystal Heath, MSN, Geralyn Meyer, PhD, Leann Scroggins, MN, Bárbara Vasallo, EdD. NANDA-1 Diagnósticos Enfermeros: Definiciones y Clasificación. Elsevier. 2007- 2008.
9. Marion Jhonson, Gloria Bulechek. Interrelaciones NANDA, NOC y NIC. Elsevier. 2007
10. Gloria Bulechek, Howard K. Butcher, Joanne McClosKey Dochterman. Clasificación de Intervenciones de Enfermería (NIC). Elsevier 2009

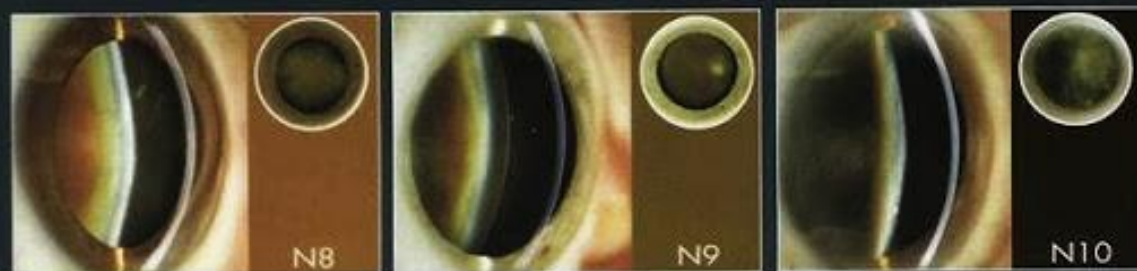


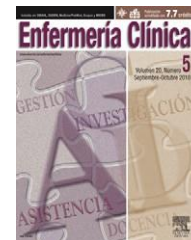
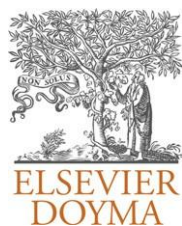
# BCN·10



## CLASIFICACIÓN DECIMAL DE LAS CATARATAS

Desarrollada por los Dres. Rafael I. Barraquer, Felipe T. Tsiplakos, Marco Álvarez Fischer y Alejandro Álvarez López





## ORIGINAL BREVE

# Concordancia en las mediciones realizadas por tres queratómetros en pacientes fáquicos

María José Martín-Serrano Canalejas<sup>a,\*</sup> y José María Tenías<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Oftalmología, Hospital General La Mancha Centro, Alcázar de San Juan, España

<sup>b</sup> Unidad de Apoyo a la Investigación, Hospital General La Mancha Centro, Alcazar de San Juan, España

Recibido el 1 de abril de 2011; aceptado el 12 de julio de 2011

Disponible en Internet el 15 de setiembre de 2011

### PALABRAS CLAVE

Topografía  
corneal/métodos;  
Astigmatismo;  
Reproducibilidad de  
resultados;  
Catarata

### Resumen

**Objetivo:** Estimar la concordancia en las mediciones obtenidas de tres queratómetros en pacientes fáquicos sin cirugía de cristalino previa y en un grupo de controles sanos, estimando su relación con las variables edad, sexo y patología de catarata.

**Método:** Estudio descriptivo de concordancia de resultados entre tres técnicas de queratometría corneal en una muestra de 56 pacientes reclutados de forma consecutiva en una consulta de Oftalmología. Se añadió un grupo control de 17 profesionales del Servicio de Oftalmología. Se utilizaron tres queratómetros: automático INDO KM-500, el incorporado al biómetro de láser de barrido IOL-Master y el incorporado al autorrefractómetro KR-8800. La concordancia se estimó según el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y la presencia de errores sistemáticos mediante gráficos de Bland-Altman y con la regresión no paramétrica de Passing y Bablok.

**Resultados:** Se seleccionaron 24 hombres y 49 mujeres con una edad media de 48,2 años (DE 18,5; rango de 13 a 86 años). Las concordancia fueron muy altas en todas las mediciones realizadas, con CCI que variaron desde un mínimo de 0,86 (IC95% 0,70 a 0,95) en mayores de 65 años hasta un máximo de 0,98 (0,96 a 0,99), en los más jóvenes (menores de 40 años). No se detectaron errores sistemáticos, constantes ni proporcionales entre los tres queratómetros.

**Conclusiones:** Las queratometrías son coincidentes entre los tres métodos aunque en pacientes mayores de 65 años la concordancia es menor, lo cual puede comprometer los estudios biométricos en pacientes que vayan a ser intervenidos de cataratas.

© 2011 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### KEYWORDS

Corneal Topography;  
Astigmatism;  
Reproducibility of  
Results;  
Cataract

### Agreement of three keratometers in phakic patients

#### Abstract

**Objective:** To estimate the agreement between the results obtained from three keratometers in phakic patients without previous crystalline surgery and a healthy control group, taking into account its relationship with variables such as, age, gender and pathology of cataracts.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mariajosemartinserrano@gmail.com (M.J. Martín-Serrano Canalejas).

**Method:** Descriptive study of the agreement of results between three corneal keratometry techniques in a sample of 56 patients enrolled consecutively in a Department of Ophthalmology. A group of 29 professionals of the Department was included as controls. Three keratometers were used: An Auto INDO KM-500, one incorporated into the laser scanning biometer IOL-Master and another in the autorefractor KR-8800. Agreement was estimated by intraclass correlation coefficient (ICC) and the presence of systematic errors was tested by Bland-Altman method and non-parametric regression (Passing and Bablok).

**Results:** We selected 24 men, 49 women with a mean age of 48.2 years (SD 18.5, range 13 to 86 years). The agreement was very high in all measurements, with ICC ranging from a low of 0.86 (95% CI: 0.70 - 0.95) over 65 years to a maximum of 0.98 (95% CI: 0.96 - 0.99) in the youngest (under 40 years). No systematic, constant and proportional errors were detected among the three keratometers.

**Conclusions:** The keratometry was consistent between the three methods, although the correlation is lower in patients over 65 years, which may compromise the biometric studies in patients who undergo surgery for cataracts.

© 2011 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Qué se conoce

El aumento de la esperanza de vida ha incrementado la demanda en la cirugía de cataratas. La queratometría es una técnica previa que ayuda a decidir la potencia de la lente intraocular a implantar. Hasta el momento no se han publicado estudios que comparen las técnicas de medición queratométricas disponibles en la consultas de Oftalmología.

## Qué aporta

Este estudio compara las mediciones de tres queratómetros y comprueba si es homogénea en relación al sexo, edad y presencia de catarata.

## Introducción

La queratometría se fundamenta en el estudio de la imagen de un objeto de tamaño conocido, reflejado en la parte central de la superficie anterior de la córnea. Es el método más empleado en la determinación de la refracción corneal y junto con la medida de la longitud axial (LA) del ojo, técnica llamada biometría, constituyen los dos parámetros fundamentales para el cálculo de la potencia de la lente intraocular (LIO) implantada en la cirugía de cataratas, mediante unas fórmulas matemáticas biométricas.

Para la determinación de los parámetros corneales, utilizamos un instrumento llamado queratómetro. El cálculo del valor queratométrico se realiza a partir de la medición del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea en dos de sus meridianos K1 y K2 (el menos curvo y más curvo, respectivamente) y Kmedia (Km)<sup>1</sup>.

Actualmente coexisten diferentes técnicas para la realización de una queratometría. En algunos casos, el queratómetro es un dispositivo de medición aislado; bien se incorpora a otros instrumentos de medición como autorrefractómetros y/o biómetros, o bien, es una de las distintas aplicaciones de las que disponen algunos aparatos de última generación como topógrafos corneales, que calculan además de paquimetría, toma de imágenes de la cámara anterior, medición de la superficie anterior y posterior de la córnea y queratometría<sup>1-3</sup>.

La queratometría es una técnica que se realiza de forma rutinaria por el personal de enfermería de los servicios de Oftalmología y a pesar de su extendido uso, no hemos identificado ningún estudio que compare las mediciones obtenidas por estas tres diferentes tecnologías. Solamente dos grupos de investigación han realizado recientemente comparaciones entre dos de los dispositivos en uso<sup>4-6</sup>, concretamente entre uno de los citados en este estudio, IOL-Master, y el Pentacam.

Por tanto, nuestro objetivo es estimar la concordancia de los resultados obtenidos por tres dispositivos automáticos que miden la queratometría o grado de astigmatismo corneal que están introducidos en la práctica clínica de enfermería de nuestra consulta, así como evaluar las diferencias en las medidas en ojos sin cirugía de catarata previa y en relación a la edad y el sexo, frente a un grupo control.

## Método

Estudio observacional, descriptivo, transversal de concordancia de resultados entre tres técnicas de medición de la curvatura corneal, con cada uno de los tres autoqueratómetros de los que disponemos en la unidad: automático INDO KM 500, el incorporado al biómetro de láser de barrido IOL-Master (Zeiss Meditec AG versión 5.2, Advanced Technology) y el incorporado al autorrefractómetro KR-8800.

Hemos seleccionado una muestra consecutiva de pacientes, según estaban citados en la consulta de Oftalmología



del Hospital la Mancha Centro en un periodo de tres meses, junio- septiembre de 2010. Se seleccionó adicionalmente un grupo control, con el objetivo de comprobar la concordancia en ausencia de alteraciones en las estructuras intraoculares, formado por personal del Servicio de Oftalmología. Se recogieron variables como la edad, sexo, y queratometría media (Km). Las mediciones se compararon en relación a la edad categorizada en tres grupos relacionados con un posible empeoramiento en la opacidad cristalina (menores de 40 años, de 41 a 65 años y mayores de 65 años), el sexo y el tipo de patología ocular. Todos los pacientes incluidos fueron fágicos (pacientes con cristalino, sin cirugía previa de catarata) y fueron clasificados según tuvieran o no una patología del cristalino.

Excluimos los pacientes miopes e hipermétropes con una LA superior a 25 mm o por debajo de 21 mm respectivamente, con astigmatismo superior a  $\pm 1,5$  D y con cirugías refractivas previas, tanto corneales como cristalinas.

El tamaño muestral necesario se estimó esperando una alta concordancia entre los tres dispositivos (concordancia superior a 0,81) y un error de estimación no superior a 0,20. En estas condiciones sería suficiente reclutar 34 pacientes.

La recogida de datos fue realizada por el equipo de enfermería de la unidad. Los aparatos se calibraban diariamente previa a su utilización.

Un solo profesional realizó a cada paciente tres medidas queratométricas con cada uno de los tres queratómetros:

El biómetro IOL- Master (Zeiss Meditec AG) incorpora un autoqueratómetro automático que estima las medidas Ks de la superficie anterior de la córnea tomando una lectura basada en la proyección de seis puntos de luz. El autoqueratómetro INDO KM-500 (INDO) actúa en modo manual y realiza una sola lectura. El autorefractómetro- autoqueratómetro KR-8800 (Topcom) permite obtener tres medidas y su correspondiente media<sup>2,3</sup>.

**Estrategia de análisis.** La concordancia entre queratómetros se estimó con el índice de correlación intraclass (CCI). Los resultados se interpretaron según los criterios de Landis y Koch<sup>7</sup>, que consideran una concordancia adecuada cuando el CCI es superior a 0,81.

La posible presencia de errores sistemáticos, constantes y/o proporcionales se exploró gráficamente con diagramas de Bland y Altman<sup>8</sup> y se estimaron mediante regresión no paramétrica de Passing y Bablok<sup>9</sup>.

Todos los cálculos se realizaron con el programa MedCalc.

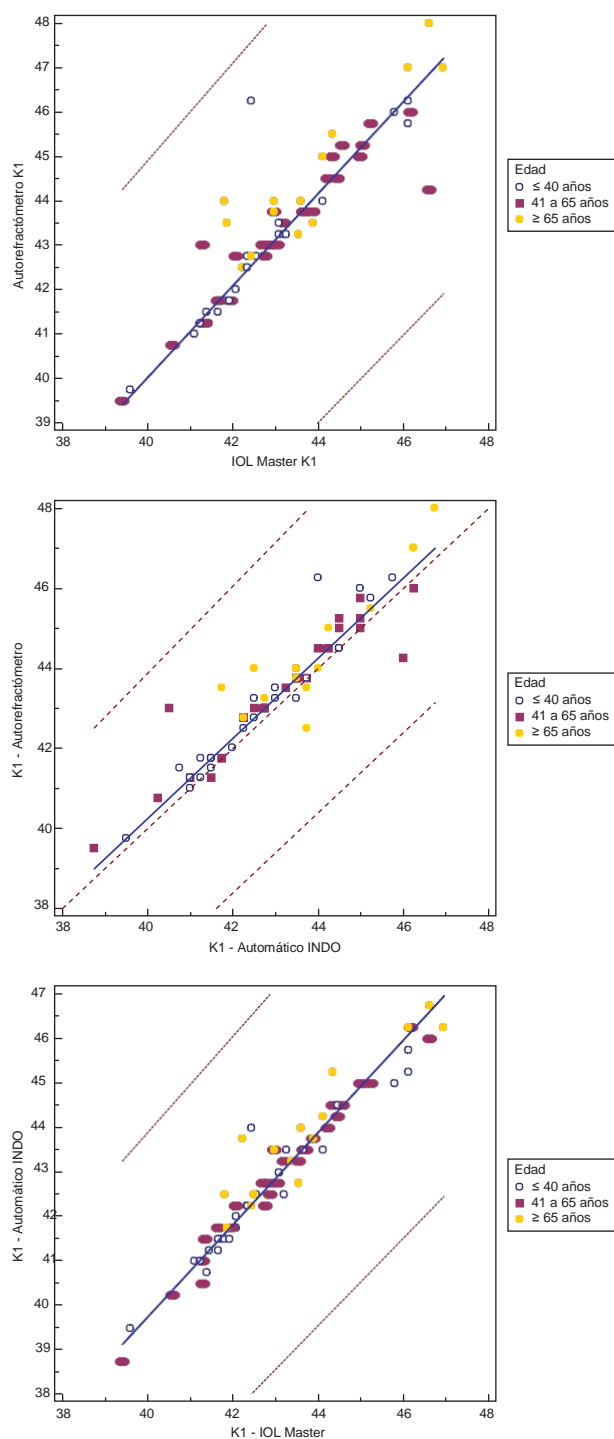
## Resultados

Se seleccionaron 73 pacientes, 24 hombres (32,9%) y 49 mujeres (67,1%) con una edad media de 48,2 años (DE 18,5; rango de 13 a 86 años) a los que se les realizó 144 mediciones con los tres queratómetros.

La patología predominante fue la opacidad cristalina (27 casos), sobre todo en mayores de 65 años aunque también hubo casos de glaucoma.

La concordancia global entre los tres queratómetros fue muy alta, con un CCI de 0,96 (IC95% 0,93 – 0,98) en K1 y 0,97 (IC95% 0,93 – 0,98) en K2.

Por edad, sexo y patología, la concordancia entre los tres métodos se mantuvo alta (siempre por encima de 0,81), aunque algo mayor en hombres que en mujeres y más



**Figura 1** Diagramas de dispersión de las lecturas K1 efectuada en los tres queratómetros en relación al grupo de edad de los pacientes.

baja en mayores de 65 años y en pacientes con cataratas (tabla 1).

Por dispositivos, el autorrefractómetro KR-8800 tiende a dar valores mayores que los otros dos (fig. 1) tanto en el ojo izquierdo como en el derecho.

No se apreciaron errores sistemáticos entre los tres métodos aunque en los mayores de 65 años se observaron más discordancias entre los tres (fig. 1).

**Tabla 1** Concordancia de resultados de tres técnicas de medición queratométrica

Ojo	Grupo, n (%)	K	IOL-Master	INDO KM 500	Autorrefractómetro KR-8800	CCI (IC 95%)	
Derecho	Global, n = 73	K1	43,18 ± 1,68	43,01 ± 1,68	43,36 ± 1,71	0,96 (0,93-0,98)	
		K2	44,03 ± 1,80	44,07 ± 1,75	43,74 ± 1,79	0,97 (0,93-0,98)	
	Sexo	Hombres, 24 (%)	K1	42,86 ± 1,80	42,70 ± 1,79	43,08 ± 1,83	0,97 (0,92-0,99)
			K2	43,69 ± 1,85	43,77 ± 1,77	43,49 ± 1,82	0,97 (0,94-0,99)
	Mujeres, 49 (%)	K1	43,33 ± 1,62	43,17 ± 1,61	43,51 ± 1,64	0,96 (0,92-0,98)	
		K2	44,20 ± 1,76	44,22 ± 1,73	43,87 ± 1,78	0,96 (0,91-0,98)	
	Edad	< 40 años, 29 (37,7%)	K1	42,76 ± 1,58	42,51 ± 1,51	43,07 ± 1,94	0,97 (0,91-0,99)
			K2	43,60 ± 1,74	43,69 ± 1,73	43,44 ± 1,81	0,98 (0,95-0,99)
		41 – 65 años, 32 (41,6%)	K1	43,20 ± 1,65	42,97 ± 1,74	43,29 ± 1,74	0,98 (0,94-0,99)
			K2	43,95 ± 1,80	43,98 ± 1,76	43,79 ± 1,79	0,98 (0,96-0,99)
		> 65 años, 16 (20,8%)	K1	43,90 ± 1,53	44,05 ± 1,74	44,46 ± 1,38	0,91 (0,77-0,97)
			K2	44,89 ± 1,73	44,96 ± 1,54	44,25 ± 1,76	0,91 (0,64-0,97)
	Patología	Controles, 17	K1	41,97 ± 1,28	41,84 ± 1,23	42,02 ± 1,31	0,98 (0,95-0,99)
			K2	42,79 ± 1,42	42,81 ± 1,34	42,58 ± 1,36	0,98 (0,93-0,99)
	Pacientes sin cataratas, 29	K1	43,41 ± 1,66	43,13 ± 1,69	43,55 ± 1,58	0,96 (0,88-0,99)	
		K2	44,40 ± 1,74	44,45 ± 1,75	44,18 ± 1,88	0,98 (0,95-0,99)	
	Pacientes con cataratas, 27	K1	43,69 ± 1,60	43,66 ± 1,57	44,03 ± 1,63	0,95 (0,87-0,98)	
		K2	44,41 ± 1,77	44,47 ± 1,64	44,01 ± 1,89	0,94 (0,84-0,97)	
	Izquierdo	Global, n = 73	K1	43,17 ± 1,62	43,07 ± 1,63	43,46 ± 1,73	0,93 (0,88-0,95)
			K2	44,19 ± 1,76	44,18 ± 1,70	43,80 ± 1,70	0,93 (0,88-0,96)
Sexo		Hombres, 24 (%)	K1	42,99 ± 1,76	42,84 ± 1,78	43,27 ± 1,78	0,95 (0,88-0,98)
			K2	44,00 ± 1,80	43,91 ± 1,71	43,63 ± 1,82	0,96 (0,90-0,98)
Mujeres, 49 (%)		K1	42,99 ± 1,76	43,22 ± 1,66	43,55 ± 1,72	0,91 (0,86-0,95)	
		K2	44,30 ± 1,81	44,29 ± 1,75	43,89 ± 1,66	0,92 (0,86-0,96)	
Edad		< 40 años, 29 (37,7%)	K1	42,84 ± 1,57	42,65 ± 1,53	43,00 ± 1,69	0,93 (0,86-0,97)
			K2	43,89 ± 1,77	43,92 ± 1,66	43,64 ± 1,65	0,94 (0,90-0,97)
		41 – 65 años, 32 (41,6%)	K1	43,23 ± 1,70	43,06 ± 1,78	43,36 ± 1,60	0,94 (0,89-0,97)
			K2	44,14 ± 1,92	44,08 ± 1,90	43,81 ± 1,81	0,95 (0,91-0,98)
		> 65 años, 16 (20,8%)	K1	43,82 ± 1,68	44,04 ± 1,57	44,55 ± 1,71	0,87 (0,66-0,96)
			K2	44,95 ± 1,53	44,95 ± 1,53	44,11 ± 1,68	0,86 (0,52-0,96)
Patología		Controles, 17	K1	42,13 ± 1,15	41,92 ± 1,21	42,23 ± 1,22	0,96 (0,87-0,99)
			K2	43,00 ± 1,22	42,97 ± 1,23	42,91 ± 1,23	0,98 (0,96-0,99)
Pacientes sin cataratas, 29		K1	43,43 ± 1,71	43,27 ± 1,67	43,59 ± 1,66	0,90 (0,82-0,95)	
		K2	44,62 ± 1,92	44,59 ± 1,75	44,15 ± 1,83	0,92 (0,83-0,96)	
Pacientes con cataratas, 27		K1	43,62 ± 1,64	43,67 ± 1,68	44,11 ± 1,66	0,92 (0,81-0,97)	
		K2	44,50 ± 1,68	44,43 ± 1,69	43,99 ± 1,66	0,92 (0,80-0,96)	

CCI: coeficiente de correlación intraclase.

Resultados expresados en dioptrías como media (desviación estándar).



No detectamos por regresión de Passing y Bablok la presencia de errores sistemáticos, proporcionales ni constantes.

## Discusión

En este estudio mostramos cómo la utilización de tres tecnologías diferentes para el mismo fin presentan una alta concordancia en sus resultados aunque las diferencias fueron mayores en los pacientes de más edad.

No hemos encontrado estudios comparativos que enfrenten estas tres tecnologías queratométricas en los mismos individuos aunque se han realizado trabajos con mediciones aisladas con algunos de ellos. Así, Shammas y Chan realizaron medidas repetidas de queratometría con el IOL-Master en pacientes candidatos a cirugía de cataratas. Las mediciones se realizaron separadas por seis meses, antes y después de la intervención. La precisión y concordancia de las mediciones fue muy alta (CCI 0,999)<sup>4</sup>.

El grupo de Symes et al. compararon la queratometría convencional con IOL-Master con la obtenida por un topógrafo corneal (Pentacam) sobre 29 ojos de pacientes candidatos a cirugía de catarata. La comparación de ambas técnicas mostró una alta correlación ( $r = 0,946$ ) aunque no realizaron ningún análisis de concordancia. Este grupo recientemente ha llevado a cabo un estudio sobre 63 ojos comparando las mismas técnicas obteniendo de nuevo una alta correlación, en apariencia sin presencia de errores sistemáticos<sup>5,6</sup>.

La evaluación preoperatoria sirve tanto para evaluar la candidatura del paciente como el plan quirúrgico. La importancia de una refracción y una toma de parámetros oculares precisa no pueden ser subestimadas cuando se considera la opción de una cirugía refractiva de cualquier tipo. El éxito de la cirugía se valora según la refracción final del paciente poscirugía.

Al cambiar el índice de refracción como ocurre en el caso de algunas cataratas, el número de superficies dentro del ojo que representan astigmatismo aumenta y de los tres aparatos enumerados, solo el autorrefractómetro y autoqueratómetro Topcom-8800 son capaces de leer estos cambios astigmáticos, pudiendo estar afectada tanto la córnea, como el cristalino por ambas caras y la superficie retiniana, modificándose de esta manera la refracción total del ojo. Sin embargo, los otros dos queratómetros, únicamente leen el astigmatismo corneal y no el total. Por tanto, uno de los resultados más relevantes de este estudio es la menor concordancia en el grupo de mayor edad, candidatos a la cirugía de catarata con implante de lente intraocular, en los que al parecer, se han producido más cambios astigmáticos, y que únicamente es capaz de leerlos el autoqueratómetro Topcom-8800 que es el que más va a necesitar este tipo de mediciones.

Este trabajo presenta algunas limitaciones como un tamaño muestral relativamente pequeño, suficiente para realizar estimaciones precisas de las concordancias pero no para comparaciones por subgrupos.

También existe una posible variabilidad interobservador en la realización de las mediciones aunque creemos que su impacto ha sido menor al ser un proceso totalmente automatizado.

En resumen, podríamos concluir diciendo que en la práctica diaria clínicamente son intercambiables los tres autoqueratómetros estudiados, aunque para medir parámetros corneales previos a la cirugía de catarata, no utilizaríamos el KR-8800 al leer la refracción ocular total, estando ésta normalmente alterada en el caso de catarata por alterarse el grado de curvatura del cristalino.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Wegener A, Laser-Junga H. Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug's principle: options and limitation\_a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009;37:144-54.
2. Stone J. Keratometry and specialist optical instrumentation. En: Ruben M, Guillon M, editores. *Contact lens practice*. 1st ed. London: Chapman and Hall medical; 1994.
3. Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry and intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23:1356-70.
4. Shammas HJ, Chan S. Precision of biometry, Keratometry, and refractive measurements with a partial coherence interferometry- Keratometry device. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:1474-8.
5. Symes RJ, Ursell PG. Automated Keratometry in routine cataract surgery: Comparison of Scheimpflug and conventional values. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:295-301, 2011 ASCRS and ESCRS.
6. Richard J. Symes, Miranda J. Say, Paul G. Ursell. Scheimpflug Keratometry versus conventional automated Keratometry in routine cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2010; 36: 1107-14.
7. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33:159-74.
8. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10. Disponible en: <http://www-users.york.ac.uk>. [Acceso 23 Oct 2010].
9. Passing H, Bablok. A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods. Application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry, Part I. *J Clin Chem Clin Biochem*. 1983;21:709-20.

---

**Original article**

---

# Concordance and interchangeability of biometric measurements of ocular axial length in patients awaiting cataract surgery

María José Martín-Serrano<sup>1</sup>, Carmen Roman-Ortiz<sup>2</sup>, M<sup>a</sup> Luz Villa-Sáez<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Purificación Labrador-Castellanos<sup>1</sup>, Rosario Blanco-Carrasco<sup>1</sup>, Felicidad Lozano-Ballesteros<sup>1</sup>, Carmen Pedraza-Martín<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Teresa San José-Herrero<sup>1</sup>, Ana M<sup>a</sup> López-Ropero<sup>1</sup>, José María Tenías<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Ophthalmology, La Mancha Centro General Hospital, Ciudad Real - Spain

<sup>2</sup> Research Support Unit, La Mancha Centro General Hospital, Ciudad Real - Spain

---

**Purpose:** To estimate in patients awaiting cataract surgery the concordance and interchangeability of axial eye length measurements performed with the aid of various biometric methods (optical or ultrasonic) by different operators (nurses) at different times during the period prior to surgery.

**Methods:** We selected 182 consecutive eyes from 91 patients. Ocular axial length was measured with the aid of 2 methods (IOLMaster<sup>®</sup> and Ocuscan<sup>®</sup>) by 9 randomly allocated technicians at 2 different times during the waiting period. The concordance between measurements was evaluated by means of the intraclass correlation coefficient (ICC); the interchangeability of the results was assessed with Bland Altman plots and Passing and Bablok regression.

**Results:** The measurements were consistent between biometric methods (ICC 0.975, 95% confidence interval [CI] 0.968 to 0.980) and measurement dates (ICC 0.996, 95% CI 0.995 to 0.997). Interobserver agreement was more heterogeneous (ICC range 0.844 to 0.998). No systematic errors were observed among the various biometric methods and measurement dates.

**Conclusions:** Because measurement of axial length in phakic patients may be technician-dependent, the technician's experience should be noted in the protocols of ophthalmology services.

**Keywords:** Axial length, Biometry/methods, Cataract extraction, Eye, Reproducibility of results

Accepted: April 27, 2013

## INTRODUCTION

Ocular biometric measurement, a standard procedure prior to cataract surgery (1), refers to the measurement of the physical parameters of the eyeball and is included in the nursing protocols of our clinics. With regard to the calculation of the power of the intraocular lens (IOL) to be implanted, biometric measurements include 2 basic explorations: corneal keratometry and the measurement of the

axial length of the eyeball with the aid of one-dimensional ultrasound. Both parameters are included in a mathematical formula in order to obtain the results.

This is of the utmost importance as the main factor for a good refractive outcome in cataract surgery is accurate calculation of the power of the IOL. Thus, as mentioned above, biometric measurements are routinely taken of intraocular distances, including the axial length (AL), the keratometric index, and the size of the ocular anterior chamber

(AC). The most important parameter is the AL, defined as the distance between the anterior surface of the cornea and the sensory retina; indeed, 54% of refractive outcome error is attributable to flawed AL measurements as compared to 8% attributable to corneal power. The remaining 38% is due to inaccurate estimates of the size of the ocular AC (2). At La Mancha Centro General Hospital, the IOL is calculated with the aid of coherence interferometry and contact ultrasound. The measurements are taken by various members of the nursing staff at different times more or less close to the time of surgery. Optical biometric measurements taken with the aid of partial coherence interferometry (IOL Master®) constitute a simple, fast, and noninvasive method. Its limitations include its inability to pass through very opaque media (corneal leukoma, dense or white cataracts, and vitreous hemorrhage) along with its failure to function in patients with retinal disease (defects in the retinal pigment epithelium). In such cases, applanation ultrasound (Ocuscan®) is indicated. Unlike interferometry, which measures the AL along the visual axis, this contact technique measures the AL through the anatomical axis. Because one possible source of error in the measurement of AL is the flattening of the area anterior to the cornea, applanation ultrasound is preferred in cases where this is most likely to occur.

Currently, both methods coexist in many ophthalmology departments, although partial coherence interferometry is accepted as the gold standard of ocular biometric measurements.

Recent studies have analyzed the concordance between the 2 techniques in measuring AL (3-5). In general, these studies have evaluated the agreement between readings made by highly experienced technicians under conditions that are far from routine clinical practice. Moreover, the data analysis has neglected to assess the possible interchangeability of results with methods that take errors in measurement into account.

Ideally, the assessment of concordance and interchangeability between the 2 techniques should be made under conditions similar to those found in normal clinical practice. Estimations of concordance should also assess the role of technician experience and the stability of measurements throughout the period prior to surgery, 2 factors that have rarely been studied up to now.

Our study is designed to assess the concordance and interchangeability of the results obtained with the aid of both biometric measurement methods, taking into account the possible influence of technician experience as well as the

possible changes that may occur during the waiting period prior to surgery.

## MATERIALS AND METHODS

### *Design*

This was an observational, descriptive, transversal study analyzing the concordance of results of 2 techniques for measuring ocular AL.

Axial lengths were estimated with one scanning laser biometer: the IOLMaster® (Zeiss Meditec AG version 5.2, Advanced Technology), which does not involve corneal contact, and the Ocuscan® R x P Measuring System (Alcon Laboratories, Inc.), which entails corneal applanation. The formula used in both methods was that of Sanders-Retzlaff-Kraff (SRK/T) and does not include the anterior chamber depth. The method chosen for keratometric measurements was that stipulated for the IOL Master® scanning laser (6). All cases with a standard deviation equal to or less than 0.09 were admitted in the study.

### *Patient selection*

We selected a consecutive sample of patients (n = 91 patients, 182 eyes) who had been diagnosed with cataracts and were scheduled to undergo cataract surgery during the 12-month period between November 2012 and November 2011.

### *Inclusion and exclusion criteria*

Patients with allergies to ocular anesthesia were excluded, as were patients with cataracts that were white, severely opaque, or too mature to be classified according to the Lens Opacities Classification System III opacity classification scale. Patients with underlying ophthalmic pathologies precluding accurate measurement were likewise excluded. All patients gave written informed consent, which was reviewed and approved in advance by the Clinical Research Ethics Committee.

The first biometric measurement performed on each patient was carried out with the IOLMaster®, as it constitutes a noncontact method. The second measurement was performed with the Ocuscan® after administration of local anesthesia via conjunctival instillation.

### Variables and measurements

The parameters studied were AL (dependent variable), technician experience, the type of biometer used, and the waiting time to surgery (independent variables).

To assess interobserver agreement, technicians were randomly paired from among 9 members of the nursing staff. Their level of experience was categorized according to the number of years each technician had been performing this type of measurement. The experience of each pair was classified as low, medium, or high depending on the number of technicians in the pair with over 6 years of experience. Each pair of technicians carried out a total of 8 measurements per patient, the first 4 at the time of inclusion on the waiting list for surgery (first appointment) and the second 4 during another appointment scheduled closer to the time of surgery.

### Data analysis

The concordance of results from the different biometric techniques, technicians, and measurement dates was estimated with the intraclass correlation coefficient (ICC), which measures agreement on a scale of 0 (total absence of agreement) to 1 (total agreement). The ICC results were interpreted following the criteria of Landis and Koch (7), who consider a score higher than 0.81 to be an adequate level of concordance. Agreement was assessed relative to the technician's experience and the appointment during which the measurements were made.

The presence of systematic, constant, and/or proportional errors was explored graphically with the aid of a Bland-Altman plot (8); errors were estimated by means of Passing and Bablok nonparametric regression (9).

All calculations were performed with an SPSS 18.0 statistical package (SPSS Inc.) and MedCalc.

## RESULTS

A total of 91 patients were selected, 46 men (50.5%) and 45 women (49.5%), with an average age of 71.5 years (SD 9.2 years; range 42-92 years). On all patients, measurements were made with the aid of both techniques in both eyes at each appointment. Three patients were excluded due to ectasia and 2 because of pterygium, as these

**table i** - MEASUREMENTS OF AXIAL LENGTH BY BIOMETRIC METHODS, APPOINTMENT, AND TECHNICIAN EXPERIENCE

Variables	axial length, mm
Biometric method	
IOL Master®	23.48 ± 1.73
Ocuscan®	23.14 ± 1.67
Appointment	
First	23.33 ± 1.71
Second	23.31 ± 1.67
Technician pair <sup>a</sup>	
High level of experience	23.45 ± 1.95
Medium level of experience	23.23 ± 1.33
Low level of experience	22.91 ± 1.68

Results expressed as mean ± SD.

<sup>a</sup>Categorized as having a higher, similar, or lower number of technicians with ≥6 years of experience on the team.

**table ii** - CONCORDANCE OF AXIAL LENGTH MEASUREMENTS BY BIOMETRIC METHOD, TECHNICIAN, AND APPOINTMENT

Sources of variation	concordance, icc (95%ci)
Biometric method	0.975 (0.968-0.980)
Appointment	0.996 (0.995-0.997)
Technician	
Weighted average	0.992 (0.989-0.995)
Pair with lower agreement	0.844 (0.393-0.968)
Pair with higher agreement	0.998 (0.995-0.999)

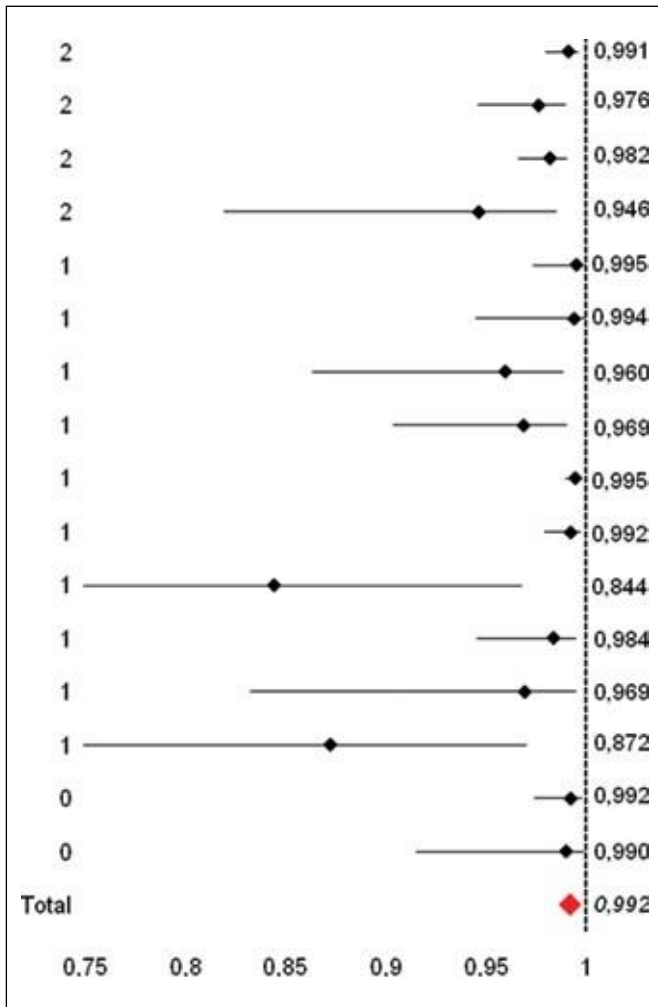
CI = confidence interval; ICC = intraclass correlation coefficient.

conditions rule out the use of an IOL Master® scanning laser.

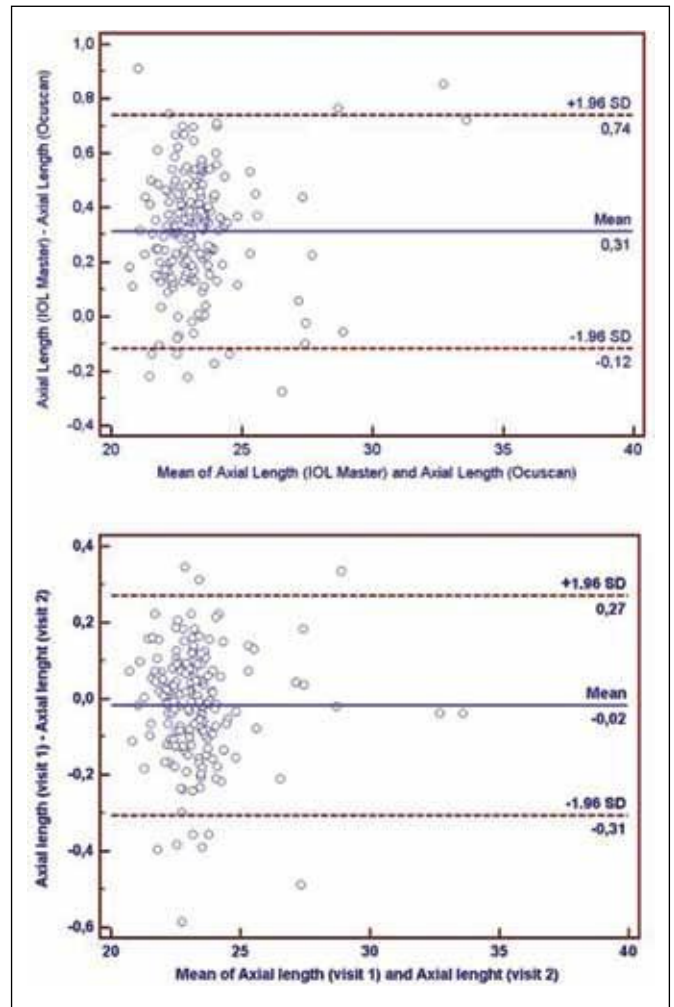
Table I shows the AL values by biometric measurement method, appointments, and technicians (classified by degree of experience).

Agreement was high (ICC>0.80) between biometric measurement methods, appointments, and technicians (Tab. II). However, a certain amount of difference was observed depending on which pair of technicians performed the measurements (Fig. 1).

No systematic, proportional, or constant errors were noted between biometric measurement methods and appointments (Tab. III and Fig. 2).



**Fig. 1 -** Agreement between technicians in measuring axial length. Values represent intraclass correlation coefficients between each pair of technicians. The left axis represents the number of technicians with over 6 years of experience in each pair.



**Fig. 2 -** Bland and Altman diagrams of ocular axial length measurements made with the IOL Master® and Ocuscan® (above) biometric methods and between appointments in the ophthalmology clinic (below).

**Table iii - INTERCHANGEABILITY OF AXIAL LENGTH MEASUREMENTS BY BIOMETRIC METHOD AND APPOINTMENT<sup>a</sup>**

Sources of variation	Y	X	constant	Slope
Biometric methods	IOL Master®	Ocuscan®	-0.0572 (-0.717 to 1.017)	1.017 (0.0987 to 1.045)
Appointment	1	2	0.183 (-0.202 to 0.604)	0.992 (0.974 to 1.009)

<sup>a</sup>Estimates made with Passing and Bablok regression methods.

## DISCUSSION

This study shows how 2 different technologies used for the same purpose can exhibit a high level of concordance in their results. In our case, notable differences were only found between measurements taken by less experienced technicians.

Axial length measurements taken with the aid of the 2 methods and at the various times specified here are thus interchangeable, while those taken by less experienced technicians as opposed to their more experienced counterparts are not.

To date, only 3 studies have been published comparing the difference between methods similar to those studied here (ultrasound and optical) and various technicians (2-4).

Gantenbein and Ruprecht (3) analyzed 175 consecutive eyes in 94 cataract patients and compared the ALs measured with optical interferometry with those measured with the aid of acoustic biometrics. The results were similar for both procedures, although the values were slightly lower for the contact method (difference = 0.12 mm). Although the differences observed in our study were not statistically significant, the IOL Master® showed slightly higher values (0.31 mm higher on average). Unfortunately, Gantenbein and Ruprecht did not calculate the concordance between biometric methods, nor did they explore the possibility of systematic errors. The role of the technician was likewise not examined (2).

Tappeiner et al (4) compared the AL measured in 81 eyes with the aid of 2 different biometric methods (the LS900 optical coherence biometer and the Tomey AL-300 ultrasound biometer). Although the data were analyzed with a statistical method that measures correlation rather than concordance (Pearson coefficient), minor differences in the results of both methods were observed, with the optical method consistently giving a greater AL. Although these authors did not assess the presence of systematic errors, they do provide the Bland-Altman diagrams in which a proportional systematic error can be observed (the differences seem to depend on the value of the AL). This study did not examine the role of the technician in measurement differences.

Findl et al (2), using a large series of patients (622 eyes), compared the measurements taken with the aid of an optical biometric method (IOL Master®) with those taken with a contact method (Ocuscan®). As in our study, applanation ultrasound resulted in slightly lower AL values than those obtained with the optical method (0.13 mm). Although this study did not assess the interobserver agreement, it analyzed the relationship between the experience of the technicians (using a classification system similar to ours) and the differences between biometric methods. Greater differences were observed for technicians with less experience. This study makes no reference to differences in measurements with regard to the time frame in which they were taken.

In summary, all 3 studies explored the differences between the 2 methodologies without discussing the role of the technician or the time frame in which the measurements

were performed with regard to surgery. Our data show that although there are differences between biometric measurement methods (with a slightly higher AL for optical methods), these are neither significant nor do they correspond to appreciable systematic errors; both methods can thus be used interchangeably. Likewise, with measurements taken at different times during the period prior to surgery, optical biometry faults showed a high concordance and interchangeability, thus allowing a certain amount of flexibility in the scheduling of doctor's appointments to take measurements.

However, the level of experience a given technician has seems to be associated with greater differences. This requires implementing a protocol that takes into account a technician's experience when deciding who performs the measurements and how.

This study has several notable limitations. On the one hand, this is an observational study conducted within the framework of clinical practice and as such, unforeseeable, unwanted events (e.g., the rupture of a probe) could not be ruled out. There were also some difficulties in following a standard protocol; thus, the technicians were not always paired up as planned, although changes were kept to a minimum.

The results of this study point to several improvements that can be implemented in nursing station protocols for the management of biometric measurements taken in patients awaiting cataract surgery. The interchangeable use of 2 different techniques is now justified, as is retaining flexibility in the scheduling of appointments (relative to the time of surgery) to perform the measurements. However, when planning work schedules of who performs the measurements, the experience of the technicians should be taken into account.

**Financial Support:** This project was partially funded by the Foundation for Health Research in Castile-La Mancha (FISCAM): project number AN-2010/34.

**conflict of interest Statement:** None of the authors has conflict of interest with this submission.

Address for correspondence:  
José María Tenías Burillo  
Research Support Unit  
Hospital General La Mancha Centro  
Avenida de la Constitución, 3  
13600 Alcázar de San Juan  
Spain  
jmtenias@sescam.jccm.es

## REFERENCES

1. Acosta R, Hoffmeister L, Román R, Comas M, Castilla M, Castells X. Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2006;81: 509-16.
2. Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, et al. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1950-5.
3. Gantenbein CP, Ruprecht KW. Comparaison entre biométrie optique et acoustique de l'oeil. *J Fr Ophtalmol* 2004; 27:1121-7.
4. Tappeiner C, Rohrer K, Frueh BE, Waelti R, Goldblum D. Clinical comparison of biometry using the non-contact optical low coherence reflectometer (Lenstar LS 900) and contact ultrasound biometer (Tomey AL-3000) in cataract eyes. *Br J Ophthalmol* 2010;94:666-7.
5. Sanders D, Retzlaff J, Kraff M, et al. Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas. *J Am Intraocul Implant Soc* 1981;7: 337-40.
6. Martín-Serrano Canalejas MJ, Tenías JM. Concordancia en las mediciones realizadas por tres queratómetros en pacientes fáquicos. *Enferm Clin* 2012;22:41-5.
7. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33: 159-74.
8. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
9. Passing H, Bablok. A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods: application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry, part I. *J Clin Chem Clin Biochem* 1983;21:709-20.