



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Influencia del diámetro pupilar en la medida
objetiva de la opacidad del cristalino
mediante densitometría Scheimpflug

Presentado por Miriam Bastante Chichón

Tutelado por: Dr. Miguel José Maldonado López

Alfredo Holgueras López

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a 1 de Junio, 2018

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

ÍNDICE

Resumen.....	3
Abreviaturas	5
1 Introducción:.....	6
1.1 Diámetro pupilar:	6
1.2 Opacidad del cristalino. Definición, etiología y clasificación:	6
1.3 Topografía-tomografía y cámara de Scheimpflug:.....	8
2 Justificación:.....	9
3 Hipótesis y objetivo:	9
3.1 Hipótesis:	9
3.2 Objetivo:.....	9
4 Pacientes, material y método	10
4.1 Pacientes:	10
4.2 Material y método:	10
4.3 Análisis estadístico:	11
5 Resultados	13
6 Discusión.....	17
6.1 Discusión de los métodos utilizados	17
6.2 Discusión de los resultados obtenidos.....	18
6.3 Limitaciones del estudio.....	19
7 Conclusiones.....	20
8 Bibliografía	21

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

Resumen

Objetivo: El objetivo principal de este estudio es investigar las diferencias existentes entre la densitometría cristalina medida con cámara de Scheimpflug en condiciones pupilares basales en un ambiente escotópico y bajo midriasis farmacológica.

Material y método: La densitometría del cristalino y pupilometría se evaluó en 30 pacientes mayores de 55 años que no presentaban patologías oculares. La agudeza visual logMAR se comprobó con el ETDRS, la pupilometría se tomó mediante dos métodos: subjetivo (Colvard) y objetivo (Galilei G4) sin dilatación pupilar y con el uso de colirio de Tropicamida para la dilatación pupilar. Se analizó la normalidad de la distribución de los datos y la intercambiabilidad entre densitometría antes y después de la dilatación aplicando un análisis Bland-Altman.

Resultados: La mediana y el rango intercuartílico con el uso de sustancias midriáticas fueron 26,75 y 14,5, los datos obtenidos sin sustancias midriáticas fueron 22,25 y 16,5, respectivamente. La diferencia entre ambas densitometrías presenta un p -valor $< 0,001$. Existe una correlación alta entre ambos métodos de medida de la densitometría, no obstante, los límites de concordancia resultaron demasiado amplios como para ser considerados clínicamente aceptables (18-(-10)), ni siquiera tras la suma de la mediana de la diferencia entre ambas medidas (22-3).

Conclusiones: La densitometría adquirida con sistema Scheimpflug difiere en condiciones basales y con dilatación pupilar, no resultando ambas medidas intercambiables. La densitometría sin midriasis farmacológica infraestima la obtenida bajo dilatación pupilar.

Palabras clave: Scheimpflug, densitometría, cristalino, pupila, cataratas.

Abstract

Research goal: The main goal of this study is to investigate the differences in crystalline densitometries measured with a Scheimpflug camera under basal pupil conditions in a scotopic environment and under pharmacologic mydriasis.

Materials and methodology: Crystalline densitometry and pupillometry were evaluated in 30 patients over 55 years old without ocular pathologies. The logMAR visual acuity was checked with ETDRS charts. Pupillometry was measured using two different methods: subjective (Colvard) and objective (Galilei G4) both without pupillary dilation and using tropicamide collyrium for pupil dilation. Bland-Altman test was used to analyze the normality of the data distribution as well as the interchangeability between densitometries before and after dilation.

Results: The median and interquartile range using mydriatics were 26.75 and 14.5, while the values obtained without its use were 22.25 and 16.5, respectively. The difference between both densitometries has a p -value below 0.001. There is a high correlation between both densitometry measuring

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

methods. Nevertheless, the width of the limits of agreement was not good enough to be considered as clinically acceptable (18-(-10)), not even after adding the median of the difference between both measurements (22-3).

Conclusion: Crystalline densitometry measured with a Scheimpflug camera is different in basal conditions and under pupillary dilation. Therefore, both measurements are not interchangeable. The densitometry without mydriasis pharmacological underestimates the obtained under pupillary dilation.

Key words: Scheimpflug, densitometry, Lens, pupil, cataracts.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

Abreviaturas

A: Absorbancia

AO: Ambos ojos

AV: Agudeza visual

AVcc: Agudeza visual con corrección

AVsc: Agudeza visual sin corrección

DS: Desviación estándar

ETDRS: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

H₀: Hipótesis nula

IBM: International Business Machine

IOBA: Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada

LOA: Limit of agreement

OD: Ojo derecho

OI: Ojo izquierdo

SNPS: Sistema Nervioso Parasimpático

SNS: Sistema Nervioso Simpático

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

T: Transmitancia

UV: Ultravioleta

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

1 Introducción:

1.1 Diámetro pupilar:

La pupila es una abertura central en el iris que actúa de diafragma en el ojo, regulando la luz que penetra en él, siendo uno de los elementos oculares de mejora de la calidad de imagen formada en la retina. El iris, dependiendo de la iluminación ambiente, se dilata y contrae, aumentando o reduciendo la entrada de luz al ojo respectivamente¹.

El diámetro pupilar se debe al balance entre las fibras del músculo esfínter de la pupila y de las fibras radiales del iris. La constricción de la pupila se debe a la acción de las fibras del sistema nervioso parasimpático (SNPS) que inervan el músculo esfínter de la pupila; mientras que la dilatación pupilar se debe a la acción de los músculos radiales del iris, inervados por las fibras del sistema nervioso simpático (SNS).^{1,2}

Algunos de los factores que influyen en el tamaño pupilar son:¹⁻⁶

- Diferencias interindividuales; cada individuo presenta un tamaño pupilar diferente, encontrándose dentro de la normalidad diámetros pupilares de 2 a 4 mm bajo condiciones fotópicas. Además, puede presentarse una diferencia entre los diámetros pupilares de un mismo individuo, lo que se conoce como anisocoria; es fisiológico si no supera 1 mm de diferencia y se mantiene constante en condiciones de luz y oscuridad. Esta condición está presente en un 20% de la población sana.

- La edad; siendo mayor en la niñez y disminuyendo progresivamente al aumentar la edad.

- El tamaño de la pupila no se ve afectado por el color del iris, sin embargo, sí afecta a la amplitud y velocidad de contracción pupilar, siendo menores, por ejemplo, en los iris de color azul respecto de los marrones.

- La armonía entre el SNS y el SNPS; si predomina el SNS origina midriasis, si el predominio es del SNPS, origina miosis.

- La cantidad de luz a la que se expone el sistema ocular; al aumentar la luminancia se produce una miosis acorde con la variación de luminosidad, del mismo modo que al disminuir la luminosidad se origina la midriasis pupilar.

- El tipo, calidad y cantidad de estímulos externos e internos (somatosensoriales, cocleares y vestibulares); se produce una pequeña dilatación pupilar cuanto mayor sea el esfuerzo mental que se realice, o en estímulos que presentan connotaciones emocionales.

- El uso de sustancias que influyan en el sistema nervioso autónomo (narcóticos, benzodiacepinas, barbitúricos...); por ejemplo, la atropina, escopolamina o tropicamida provocan el bloqueo de los receptores muscarínicos del iris, ocasionando el aumento de la latencia de respuesta y la reducción de la amplitud de contracción del iris; mientras que la clonidina provoca la reducción de la acción del sistema nervioso simpático, disminuyendo la dilatación pupilar y provocando miosis.

1.2 Opacidad del cristalino. Definición, etiología y clasificación:

El cristalino es una estructura biconvexa, avascular y sin terminaciones nerviosas que posee un poder refractivo de unas 18 dioptrías en estado de

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

reposo y que mediante los mecanismos de acomodación y junto con la córnea consigue enfocar la imagen clara en la retina. La acomodación es un mecanismo que presenta el cristalino debido a su consistencia elástica que permite la variación de su potencia mediante el cambio de la curvatura del eje anteroposterior por la acción del músculo ciliar. Para enfocar un objeto distante, el músculo ciliar se relaja y las fibras zonulares se tensan disminuyendo el eje anteroposterior; para enfocar un objeto cercano se produce el efecto opuesto, contrayéndose el músculo ciliar, lo que provoca que las fibras zonulares se relajen y se incremente el eje anteroposterior.^{7,8}

El cristalino a lo largo de la vida sufre cambios fisiológicos debido a procesos metabólicos que producen una alteración del mismo.^{7,9} Al producirse estos cambios, la densidad del cristalino se ve aumentada de forma generalizada o en ciertas zonas (núcleo, córtex, etc.), lo que produce una reducción de la luz que deja pasar el cristalino a su través (transmitancia).¹⁰ Al reducirse la transmitancia (T) aumenta la absorbancia (A), cantidad de luz absorbida por un objeto, ya que están correlacionadas mediante la siguiente fórmula: $A = \log 1/T = -\log T$.¹¹

Las opacidades del cristalino se pueden clasificar según su etiología: ⁷⁻⁹

- Las cataratas seniles se presentan en sujetos sanos mayores de 50 años debido al estrés oxidativo, agregación y precipitación de proteínas en las fibras cristalíneas y a los cambios producidos en las rutas metabólicas.

Este tipo de cataratas se pueden clasificar según el lugar donde predomina la opacidad:

- Nuclear; debida a una esclerosis central progresiva donde se observa un amarilleamiento centralizado que genera a una miopización.
- Cortical; opacificación de forma triangular con base en el ecuador del cristalino extendiéndose radialmente hacia el centro.
- Subcapsular posterior; se asocia a la opacificación de la corteza posterior ocasionando con rapidez la disminución de la agudeza visual (AV). Se asocia a personas diabéticas o tratadas con corticoides.
- Mixta; opacificaciones tanto en la corteza como en el núcleo.

Otra clasificación dentro de las cataratas seniles atendiendo al estadio de evolución y su influencia sobre la visión:

- Incipiente; ocasiona una ligera pérdida de la agudeza visual con corrección (AVcc) (0,8-1,0). Este proceso se denomina facoesclerosis.
- Desarrollada; una opacidad densa que afecta sustancialmente a la visión (AVcc 0,1-0,5).
- Madura; color blanquecino generalizado del cristalino ocasionando una visión muy reducida (AVcc < 0,1).
- Hipermadura; núcleo denso de color marrón debido a la progresión de la catarata madura, en estadios avanzados puede desarrollar un glaucoma facolítico y una uveítis facoanafiláctica.

- Las cataratas durante el desarrollo visual están presentes desde el nacimiento y son una de las principales causas de ceguera en el mundo. Pueden deberse a factores hereditarios, metabólicos, secundarios a infecciones maternas, enfermedades inflamatorias, exposición a agentes tóxicos...

- Las cataratas secundarias a la administración de fármacos.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

- Las cataratas traumáticas se deben a una contusión, ocurriendo sobre todo en condiciones laborales. El 20-30% de los traumatismos ocasionan una catarata inmediatamente o de forma tardía.
- Las cataratas metabólicas asociadas a enfermedades como la diabetes mellitus, hipocalcemia o enfermedad de Wilson.
- Las cataratas secundarias a enfermedades oculares como la miopía patológica, glaucoma de ángulo cerrado, uveítis, pseudoexfoliación...
- Las cataratas secundarias a síndromes y enfermedades generales, siendo a veces las cataratas el primer síntoma de la enfermedad.

1.3 Topografía-tomografía y cámara de Scheimpflug:

La medición, visualización y control de las estructuras internas oculares, como el cristalino, se puede realizar mediante instrumentos especializados, como lo es el dispositivo Galilei G4, un topógrafo corneal híbrido, el cual consta de un sistema de reflexión y uno de proyección que permiten obtener unas medidas más precisas que las conseguidas con cada sistema por separado.

La tomografía se refiere a los sistemas que pueden generar una reconstrucción del segmento anterior en tres dimensiones mediante la realización de varios cortes ópticos. Una de las principales diferencias entre los tomógrafos es la presencia de una o dos cámaras de Scheimpflug, siendo más precisos los últimos ya que reducen los errores de descentrado¹².

La cámara de Scheimpflug es un sistema diagnóstico no invasivo que se encuentra incorporada en el tomógrafo, y que al rotar toma imágenes de cortes seccionales que conforman una imagen en tres dimensiones de la superficie corneal anterior, posterior, del iris y cristalino. Las imágenes obtenidas se basan en un sistema que envía un haz en forma de hendidura de luz azul, sobre la superficie corneal prescindiendo del ultravioleta (UV), el cual es recogido por una cámara y analizado por un sistema computerizado¹³.

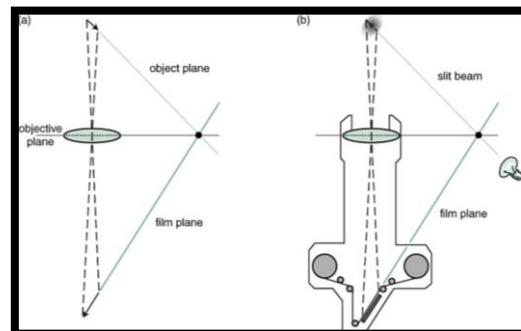


Figura 1 Principio de Scheimpflug: (a) condiciones geométricas del principio de Scheimpflug, (b) diseño óptico de la primera cámara de Scheimpflug. (Obtenida de *Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2009; 37(1):144-154)

El principio de Scheimpflug necesita de tres planos: película, sujeto y lente, que convergen a lo largo de una sola línea. El plano de la lente es una superficie plana que se dibuja a través del centro de la lente y permanece perpendicular al eje de la lente.

Inicialmente los topógrafos-tomógrafos fueron diseñados para la cirugía refractiva. Sin embargo en la actualidad tienen diversas funciones, ya que permiten la construcción de mapas de elevación anterior y posterior de la córnea, mapas paquimétricos, medición de la profundidad de la cámara anterior, aproximación del ángulo iridocorneal y medida de la densitometría del cristalino¹², la cual proporciona un análisis de la opacificación del cristalino o la pérdida de transparencia (catarata), basándose en la reflectometría, ya que mide la luz reflejada¹⁴.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

2 Justificación:

La catarata es una transformación natural del cristalino propia de la edad, por lo que afecta a la mayoría de la población. Uno de los métodos objetivos utilizados para la observación de la opacificación del cristalino es la densitometría Scheimpflug, en cuya toma de medidas es importante tener en cuenta el diámetro pupilar, que actúa como un diafragma para la luz emitida por el instrumental utilizado.

Es importante conocer qué diámetro pupilar resulta óptimo para la obtención de resultados fiables, cuantificables y comparables en la medida de la densitometría del cristalino. Además, dado que la midriasis farmacológica interfiere durante unas horas con el normal funcionamiento de la acomodación y la luz entrante en el dioptrio ocular, interesa conocer hasta qué punto las medidas obtenidas con la pupila en su estado basal y tras midriasis farmacológica resultan intercambiables. Si así fuera, se podría obviar la midriasis farmacológica en la exploración objetiva de la densitometría del cristalino, evitando el consecuente disturbio visual al paciente.

3 Hipótesis y objetivo:

3.1 Hipótesis:

La densitometría del cristalino medida con el dispositivo Galilei G4 se puede ver afectada por el tamaño pupilar debido a que de ello dependen los rayos de luz que penetran en el interior del ojo hacia el cristalino y, por tanto, los que saldrán a su través para la valoración de la opacidad observada.

Pensamos que un diámetro pupilar mayor en la toma de las medidas aumenta la cantidad de cristalino evaluable, lo que puede determinar un aumento de la medida obtenida de la densidad del cristalino.

3.2 Objetivo:

El objetivo principal de este estudio es determinar si existe alguna diferencia al realizar la densitometría del cristalino por medio de cámara de Scheimpflug con sustancias midriáticas que aumentan el diámetro pupilar, y sin ellas.

Además, los objetivos secundarios son:

- Analizar la existencia de correlación entre el diámetro pupilar y la medida de la densitometría, en condiciones basales y en condiciones de dilatación pupilar.
- Evaluar la correlación entre la edad y la densitometría en ambas condiciones.
- Estudiar la correlación entre la AV binocular y la densitometría en ambas condiciones.
- Examinar la correlación entre el método subjetivo de medida del diámetro pupilar, el pupilómetro Colvard, y el objetivo, el dispositivo Galilei G4.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

4 Pacientes, material y método

El presente trabajo fue llevado a cabo según los principios recogidos en la Declaración de Helsinki. Fue presentado y aprobado por el Comité de Investigación del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) y por el Comité de Ética e Investigación Clínica del que depende la Universidad de Valladolid.

4.1 Pacientes:

Como criterio de inclusión se estableció que los pacientes debían ser mayores de 55 años. Los criterios de exclusión fueron que los pacientes estuvieran siguiendo algún tratamiento ocular que reduzca su función visual, que tuvieran alguna enfermedad ocular conocida que reduzca su visión a excepción de la opacidad del cristalino, que estuvieran intervenidos quirúrgicamente en alguno de los dos ojos y/o que presenten alguna condición incompatible con el uso de midriáticos.

Los participantes debían acudir a las pruebas con su corrección habitual para lejos para la toma de agudeza visual y, tras la instilación del midriático, se les recomendaba no realizar tareas que necesitaran una buena agudeza visual, como puede ser conducir, ya que debido al aumento del diámetro pupilar aumenta el deslumbramiento y el desenfoque tanto en visión lejana como cercana.

4.2 Material y método:

A cada participante en el estudio se le realizaron la siguiente serie de pruebas y medidas, diseñadas para cumplir con el objetivo de este estudio.

- Historia clínica: Una vez comprobada que la edad del paciente superaba los 55 años, se preguntó por patologías y cirugías oculares, además de indagar sobre la administración de medicación que pueda afectar a su visión con el fin de descartar aquellos que cumplan alguno de los criterios de exclusión.

- Medida de la agudeza visual con corrección (AVcc): Se utilizó un panel de optotipos Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), adaptado para la realización de las medidas a cuatro metros de distancia del paciente. Las medidas se realizaron con el gabinete a oscuras, cuya única iluminación era la del panel retroiluminado de optotipos. Se utilizó un ocluser para tapar uno de los ojos mientras se tomaba la AVcc primero del ojo derecho (OD), posteriormente del ojo izquierdo (OI) y finalmente la AV binocular. Se dieron instrucciones a cada paciente de que debía decir las letras de la fila señalada de izquierda a derecha de forma pausada y constante. Se anotó la AV del paciente en escala logMAR.



Figura 2 ETDRS sistema de medida de la AV

- Refracción objetiva mediante autorrefractómetro: Se realizaron tres medidas de cada ojo, obteniendo en cada una de ellas la refracción y la queratometría del paciente.



Figura 3 Autorrefractómetro

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

- **Medición del diámetro pupilar basal:** Para la realización de esta prueba se utilizó el pupilómetro de Colvard. En el gabinete, totalmente a oscuras debido a que esta prueba se realiza en condiciones escotópicas, se pide al paciente que mire al punto de fijación que incluye el Colvard para la medición correcta del diámetro pupilar utilizando la escala milimétrica que posee el dispositivo en su interior, superponiendo un extremo de la horizontal de la pupila con el 0 de la escala milimétrica y el otro extremo pupilar horizontal con el valor correspondiente.



Figura 4 Colvard instrumento de medida del diámetro pupilar.

- **Densitometría del cristalino con el Galilei:** Se pide al paciente que se sienta, coloque la cabeza en la mentonera y la frente bien apoyada, se ajusta la posición del aparato a la estatura del paciente. Una vez el paciente se encuentra acomodado, se pide que fije la mirada en el punto rojo central y parpadee con normalidad hasta que se toma la imagen, debiendo permanecer ese tiempo sin parpadear. Primero se realiza la medida del OD posteriormente el del OI.



Figura 5 Galilei G4 sistema basado en una doble cámara de Scheimpflug, en un disco de plácido y en una cámara frontal.

- **Instilación del agente midriático:** Se pide al paciente que mire hacia arriba mientras se sujeta el párpado inferior y se instila una gota de Tropicamida Colicursi®. Posteriormente se pide al paciente que espere 20 minutos para que haga efecto el fármaco.

- **Medición del diámetro pupilar tras la instilación del agente midriático:** Se realizan los mismos pasos que para la medición del diámetro pupilar basal. Se usa el Colvard en condiciones escotópicas, superponiendo la escala milimétrica sobre un extremo pupilar en el valor 0 y el otro extremo pupilar con el valor correspondiente en la dimensión horizontal.

- **Densitometría del cristalino con el Galilei tras la instilación de Tropicamida:** Del mismo modo que se ha realizado la medida anterior con el Galilei.

4.3 Análisis estadístico:

Se procedió al análisis estadístico de los resultados del estudio mediante el programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) de la empresa International Business Machine (IBM) versión para Windows.

Se realizaron dos tipos de análisis:

- **Análisis descriptivo de las variables:** uso de gafas, edad (tomando la fecha de nacimiento), sexo, AV del ojo derecho (OD), ojo izquierdo (OI) y binocular, equivalente esférico de cada ojo mediante el autorrefractómetro, queratometría OD y OI, Ø pupilar basal escotópico y Ø pupilar dilatado en mm, y densitometría basal y tras la dilatación.

Dentro de este análisis se obtuvo inicialmente la media, desviación estándar y valores máximo y mínimo de las variables.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

- Análisis inferencial.

Se empleó el test Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de la distribución de los datos, planteando como hipótesis nula que la muestra proviene de una población normalmente distribuida.

Se utiliza el test t-Student para dos muestras pareadas para buscar posibles diferencias entre los resultados obtenidos de la densitometría con diferentes diámetros pupilares sin el uso de Tropicamida y con el uso de Tropicamida evaluando la hipótesis de igualdad de medias. En el caso en el que no se pueda asumir la normalidad se utiliza la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, alternativa no paramétrica de la t-Student.

Para las correlaciones entre las distintas variables asumiendo la hipótesis de normalidad, se usa el coeficiente de correlación de Pearson. Si no se puede asumir esta hipótesis se usa el coeficiente de correlación de Spearman. Considerando una correlación baja 0 - 0,25, correlación media 0,25 - 0,5, correlación moderada 0,5 - 0,75 y correlación alta 0,75 - 1.

El nivel de significación estadística aceptado fue del 5% ($p < 0,05$).

Se utilizó un análisis gráfico de Bland-Altman para la evaluación de las variables de densitometría. Este análisis relaciona la diferencia y el promedio de la densidad del cristalino tratando de evitar los sesgos buscando la independencia de las diferencias entre los métodos y el tamaño de las mediciones.

Se incorporó un gráfico Bland-Altman con la corrección de los LOAs por un método no paramétrico utilizando la mediana y los percentiles del 5% y 95%; además de un gráfico Bland-Altman empleando la mediana en la diferencia de las medias para la corrección del error sistemático y valorar así nuevamente los LOAs.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

5 Resultados

Se analizaron 30 pacientes de los cuales un 73,33% eran hombres frente a un 26,67% de mujeres, con edades comprendidas entre los 55 y los 73 años, siendo la media de edad de 60,50 años.

La media muestral del examen de AV monocular resultó 0,04 logMAR, lo que es equivalente en escala decimal a 0,91. En el examen de AV binocular la media muestral resultó -0,06 logMAR, lo que es equivalente en escala decimal a 1,15.

La evaluación del tamaño pupilar en condiciones escotópicas basales con el Galilei presentó una media de 2,52 mm y en presencia de la instilación del midriático Tropicamida Colicursi® se obtuvo una media de 6,58 mm.

La evaluación del tamaño pupilar en condiciones escotópicas basales con el Colvard presentó una media de 4,62 mm y en presencia de la instilación del midriático Tropicamida Colicursi® presentó una media de 6,77 mm.

En cuanto al grado de opacidad medio del cristalino mediante densitometría sin el uso de Tropicamida fue 26,73 y la DE fue de 10,60. El valor medio del grado de opacidad del cristalino mediante densitometría tras el uso de Tropicamida fue de 31,02 y la DE fue de 12,82. La diferencia entre ambas densitometrías es estadísticamente significativa p-valor < 0,001.

	N	Media	Med	DE	Mín	Máx	IC 95%		H ₀ : normalidad	
							Inf	Sup	SW	p-valor
Edad	30	60,50	59	4,76	55	73	57,60	62,03	0,846	0,001
Media EE AO	30	-0,32	0,56	2,52	-7,25	5,25	-0,78	0,82	0,946	0,131
K Media AO	30	43,52	43,63	1,58	40,25	46,31	42,75	44,28	0,977	0,738
AV mono	30	0,04	0,02	0,13	-0,14	0,46	-0,03	0,06	0,883	0,003
AV bino	30	-0,06	-0,07	0,10	-0,24	0,12	-0,11	-0,03	0,970	0,530
ØBasal Galilei	30	2,52	2,66	0,44	1,53	3,49	2,37	2,77	0,952	0,338
ØBasal Colvard	30	4,63	4,88	0,82	3,00	6,25	4,26	4,92	0,928	0,109
ØDilatado Galilei	30	6,58	6,71	0,87	4,71	8,62	6,20	6,97	0,964	0,576
ØDilatado Colvard	22	6,77	7,00	0,81	4,75	8,00	6,41	7,13	0,927	0,106
Densitometría sin dilatar	30	26,73	22,25	10,60	16,00	58,00	21,73	29,23	0,878	0,011
Densitometría dilatada	30	31,02	26,75	12,82	16,50	77,50	24,08	2,70	0,903	0,034
Diferencia densitometrías	30	-	3	7,26	-9,5	30	1,57	6,99	0,83	<0,001

Tabla 1 Análisis descriptivo de las variables del estudio y prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Los valores en negrita son aquellos que no presentan normalidad, porque el p-valor $\leq \alpha$ (0,05) rechazándose H₀. Med=Mediana; DE=Desviación Estándar; Mín=Mínimo; Máx=Máximo; IC=Intervalo de confianza; SW=Shapiro-Wilk

Primero se realizó el test Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de la muestra, planteándose como hipótesis nula (H₀) que la muestra proviene de

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

una población normalmente distribuida. Como se puede observar en la tabla 1, existen variables cuya significancia es menor que α (0,05) por lo que se rechaza H_0 , concluyendo que la densitometría basal, con dilatación y la diferencia de las densitometrías no provienen de una población normalmente distribuida.

Al determinar que la muestra no proviene de una población normalmente distribuida, se realizó el test de rangos con signo de Wilcoxon para la diferencia entre la densitometría medida en las diferentes condiciones, considerando como hipótesis nula que la diferencia entre ambas variables es 0. Como se muestra en la tabla 2, las variables diámetro pupilar bajo dilatación pupilar tomadas con los dos sistemas no difirió de manera significativa. En las variables que comparan el diámetro basal con diferentes métodos y las que comparan la densitometría basal con la dilatada, el p-valor resultó $< 0,05$, existiendo una diferencia sistemática significativa entre ambos métodos.

	N	Media	Med	DE	Mín	Máx	IC 95%		H ₀ : igualdad de medias	
							Inf	Sup	Wilcoxon	p-valor
Ø Basal Galilei	30	2,52	2,66	0,44	1,53	3,49	2,37	2,77	-4,782 ^a	<0,001
Ø Basal Colvard	30	4,63	4,88	0,82	3,00	6,25	4,26	4,92		
Ø Dilatado Galilei	30	6,58	6,71	0,87	4,71	8,62	6,20	6,97	-1,737 ^a	0,082
Ø Dilatado Colvard	22	6,77	7,00	0,81	4,75	8,00	6,41	7,13		
Densitometría sin dilatar	30	26,73	22,25	10,60	16,00	58,00	21,73	29,23	-3,486 ^a	<0,001
Densitometría dilatada	30	31,02	26,75	12,82	16,50	77,50	24,08	32,70		

Tabla 2 Análisis con test de rangos con signo de Wilcoxon. Se observa una diferencia estadísticamente significativa en las parejas de valores cuyo p-valor $< 0,05$. Las casillas en verde indican que se acepta H_0 , siendo la diferencia de las medias entre el diámetro de la pupila dilatada del Colvard y del Galilei cercana a 0. Los valores "a" indican que se han basado en rangos positivos y los valores "b" indican que se han basado en rangos negativos.

Se realiza un diagrama de cajas para representar de forma gráfica el rango intercuartílico y la mediana. Los valores que se representan como puntos son valores atípicos que se encuentran muy alejados del resto de los datos. Como se observa en la gráfica 1, la mediana de la densitometría sin dilatar es inferior la densitometría dilatada y se encuentra desplazada hacia valores más pequeños, mientras que en la dilatada la mediana se encuentra en valores más centrales.

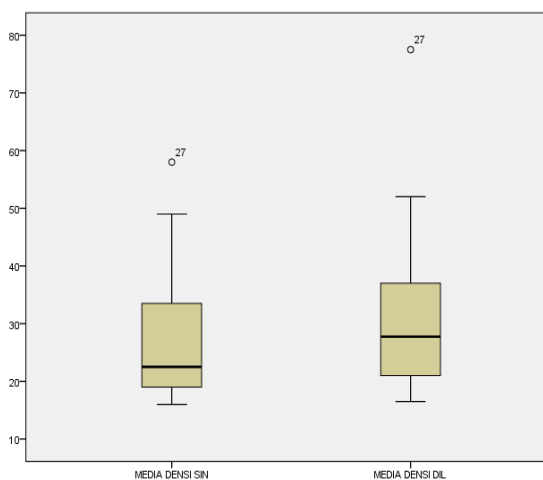


Gráfico 1 Diagrama de cajas de la media de la densitometría y la media dilatada.

Posteriormente, se utilizó el test de correlación rho de Spearman para evaluar la existencia de correlación entre las diferentes variables a estudiar,

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

concluyendo, como se muestra en la tabla 3, que existe una correlación directa media entre la edad y la AV bino; AV bino y densitometría dilatada; y diámetro basal Galilei y diámetro dilatado Galilei. Hay una correlación directa moderada entre la edad y la AV mono; edad y densitometría sin dilatar; edad y densitometría dilatada; diámetro basal Galilei y diámetro basal Colvard; diámetro dilatado Galilei y diámetro basal Colvard; y densitometría sin dilatar y densitometría dilatada. Podemos encontrar una correlación directa alta entre AV bino y AV mono; y diámetro dilatado Galilei y diámetro dilatado Colvard.

Variables		N	rho	H ₀ : rho = 0
				p-valor
Edad	AV mono	30	0,531	0,003
	AV bino	30	0,488	0,006
	Ø Basal Galilei	30	0,068	0,721
	Ø Basal Colvard	30	0,097	0,612
	Ø Dilatado Galilei	30	-0,198	0,294
	Ø Dilatado Colvard	22	-0,284	0,199
	Densitometría sin dilatar	30	0,613	<0,001
Densitometría dilatada	30	0,687	<0,001	
AV bino	AV mono	30	0,828	<0,001
	Ø Basal Galilei	30	0,163	0,391
	Ø Basal Colvard	30	-0,175	0,354
	Ø Dilatado Galilei	30	-0,124	0,514
	Ø Dilatado Colvard	22	-0,529	0,795
	Densitometría sin dilatar	30	0,229	0,224
	Densitometría dilatada	30	0,363	0,049
Ø Basal Galilei	Ø Basal Colvard	30	0,617	<0,001
	Ø Dilatado Galilei	30	0,448	0,013
	Ø Dilatado Colvard	22	0,345	0,116
	Densitometría sin dilatar	30	0,212	0,260
	Densitometría dilatada	30	-0,134	0,479
Ø Dilatado Galilei	Ø Basal Colvard	30	0,623	<0,001
	Ø Dilatado Colvard	22	0,844	<0,001
	Densitometría sin dilatar	30	-0,037	-0,292
	Densitometría dilatada	30	0,847	0,118
Densitometría sin dilatar	Ø Basal Colvard	30	0,121	0,525
	Densitometría dilatada	30	0,711	<0,001
Densitometría dilatada	Ø Dilatado Colvard	22	-0,171	0,446

Tabla 3 Correlación rho de Spearman. Se observan en verde las variables que presentan un p-valor < 0,05 siendo relaciones estadísticamente significativas.

Finalmente, se representaron de manera gráfica las variables mediante un análisis Bland-Altman con el fin de evaluar la diferencia entre la realización de la densitometría sin dilatación y con el uso de un midriático. En el gráfico 2 se muestra una diferencia media entre ambos métodos superior a 0, indicando que se obtiene una mayor densitometría al evaluar un paciente con dilatación pupilar respecto de la evaluación sin dilatación. Para comprobar si existe algún sesgo proporcional se analizó la correlación entre la diferencia y la media de las medidas. Como se puede observar en la tabla 5, no existe una asociación entre ambas debido a que el p-valor > 0,05 obteniendo datos no estadísticamente significativos.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

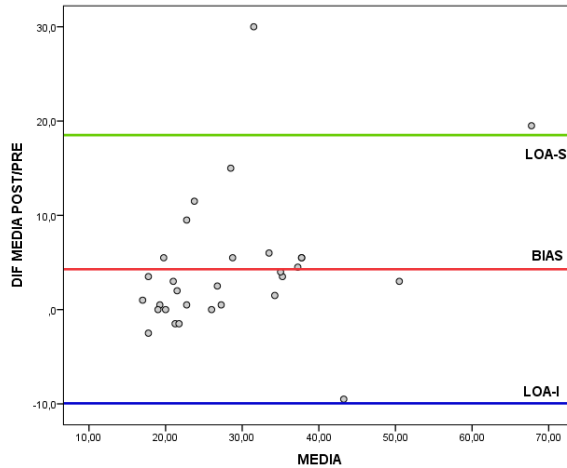


Gráfico 2 Gráfico Bland-Altman. La línea roja representa la diferencia media entre ambos métodos; la amplitud de los límites de concordancia engloba el 95% de los datos marcados por los límites de acuerdo superior (línea verde) e inferior (línea azul).

Para la variable “diferencia de densitometría”, al no presentar una distribución normal, se realiza una estimación de los LOAs utilizando un método no paramétrico. El gráfico 3 representa un análisis Bland-Altman estimando el sesgo medio como la mediana de las diferencias y los LOAs como los percentiles 5% y 95% respectivamente. Se puede observar que el límite de acuerdo superior es más amplio mientras que el inferior se ha reducido. Los LOAs indican que existe una gran amplitud de los valores analizados, por lo tanto, las diferencias no son clínicamente aceptables como para considerar ambos métodos equivalentes.

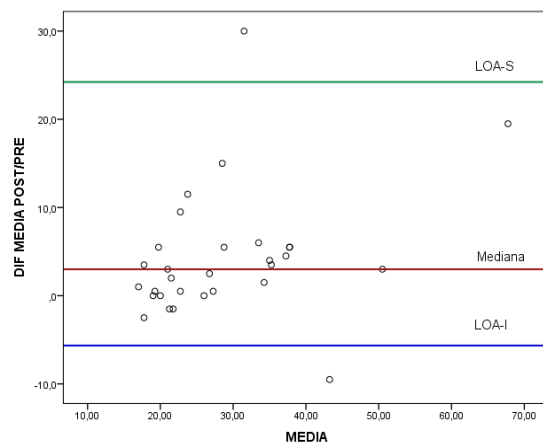


Gráfico 3 Gráfico Bland-Altman considerando la línea central (roja) la mediana y los LOAs definidos por los percentiles 5% y 95% respectivamente (líneas verde y azul) estimándose debido a que no se trata de una distribución normal.

En el gráfico 4, se realiza un análisis Bland-Altman corrigiendo el error sistemático entre ambos métodos de medición. Para ello se considera por un lado el valor de la densitometría con dilatación y, por otro lado, la densitometría sin dilatación sumando la mediana. Posteriormente se representa la diferencia del resultado obtenido y la densitometría sin dilatación frente a la media de los valores, obteniendo unos LOAs con una variabilidad relativamente grande, no obstante, se encuentra reducida entre un 36,67% y un 32,14% respecto de las gráficas anteriores en las que no se encuentra corregido el error sistemático.

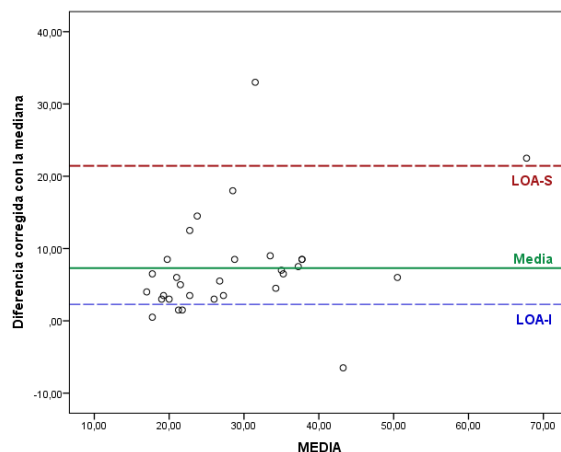


Gráfico 4 Gráfico Bland-Altman corrigiendo el error sistemático. Se considera que el valor de la densitometría con dilatación equivale a la densitometría sin dilatación sumando la mediana, y sobre este valor se realiza la diferencia con el método sin dilatar.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

6 Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una diferencia estadísticamente significativa entre la realización de la densitometría con dilatación frente a la medida sin dilatación, siendo superior la densitometría obtenida tras la dilatación. Sin embargo, no existe una asociación estadísticamente significativa entre el diámetro pupilar y la densitometría obtenida.

6.1 Discusión de los métodos utilizados

La toma de AV se realizó con los optotipos de escala logarítmica ETDRS, ya que suponen mayor precisión y veracidad de los resultados con una buena correlación inter e intraobservador como se comprobó en el estudio de Páez Castro et al¹⁵, aunque el estudio citado se centra en las diferencias entre diferentes test de AV en sujetos entre 5-15 años lo que puede suponer diferencias con este estudio centrado en sujetos mayores de 55 años. La anotación se realiza en escala logMAR, en la que se asigna un valor de 0,02 unidades logarítmicas a cada optotipo, siendo la más precisa para la medición de la AV respecto a otras escalas como la de Snellen o decimal, extendiendo su uso en la investigación¹⁶.

El diámetro pupilar fue tomado mediante dos métodos diferentes, observando las diferencias que implican los métodos subjetivos respecto los objetivos. De forma subjetiva, se realizaron las medidas mediante el Colvard, un instrumento muy fiable en la medida de pupilas en condiciones escotópicas^{6,17}. La medición del diámetro pupilar de forma objetiva se realizó mediante el Galilei G4, cuya ventaja es que no existe una valoración subjetiva por parte del observador eliminando el error debido a la medida, sin embargo, sobre la imagen tomada superpone un círculo de diámetro equivalente, lo que puede suponer un error si la imagen no es muy clara¹⁸.

La elección del midriático utilizado, la Tropicamida, se debe a que presenta una acción ciclopléjica y midriática de instauración rápida unos 20-30 minutos tras su administración y una duración corta de unas 6 horas. Los efectos secundarios de menor intensidad que en otras sustancias de acción similar como el ciclopentolato o la atropina¹⁹.

El método para caracterizar el grado de opacidad del cristalino es un método objetivo, Galilei G4, que se considera uno de los métodos más sensibles para el estudio del cristalino in vivo¹³. Según reconoce Kar et al²⁰ en su estudio, el uso del Pentacam, un aparato basado en el principio de Scheimpflug semejante al Galilei G4, es un método sencillo, rápido y repetible de evaluación de la densitometría del cristalino. Sin embargo, puede que no se refleje la densidad real de la región posterior del cristalino en sujetos mayores de 51 años. Esto se debe a que la exploración con la cámara de Scheimpflug se realiza con luz azul de 475 nanómetros, como se observa en el estudio de Sasaki et al²¹, en que se analizan los cambios de densitometría con tres filtros de color, demostrando que de los cambios en la mitad anterior del cristalino se obtiene una mejor imagen con luz azul, mientras que en la mitad posterior del cristalino mejora con la luz roja. El Galilei combina la luz azul de 470 nanómetros usada

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

por la cámara de Scheimpflug y la de 750 nanómetros (cercana al infrarrojo) para la iluminación de Plácido, aunando ambas imágenes.

Existen otros métodos para la evaluación de la densidad del cristalino, siendo el más conocido el lens opacification classification system III (LOCS III)²²; no obstante, estos sistemas se basan en medidas clínicas subjetivas que se encuentran influenciadas por la experiencia del evaluador.

En el estudio de Kirkwood et al²³ se evalúa la repetibilidad y validez de la densitometría media con Scheimpflug mediante el sistema Pentacam, tomando dos medidas de la densitometría; una objetiva con cámara de Scheimpflug y una subjetiva usando el LOCS III, además usan únicamente la información de densitometría en pupilas dilatadas. Comparan la evaluación del punto máximo de la densitometría y la densitometría media, siendo más fiable la medida en su totalidad. En nuestro estudio utilizamos el punto de máxima densitometría para obtener resultados más precisos en cuanto a la diferenciación según el diámetro pupilar. Sin embargo, los valores de repetibilidad intraobservador eran altos en la densitometría con Scheimpflug, concluyendo en este estudio que es un buen sistema para clasificar la densidad del cristalino.

6.2 Discusión de los resultados obtenidos

Podemos comparar los resultados alcanzados en este estudio con el de Alió et al²⁴, ya que en ambos estudios existe una correlación positiva entre la edad y otras variables como la densitometría de las diferentes capas del cristalino y la AV debido a la degradación de la calidad óptica del cristalino con el envejecimiento debido a cambios morfológicos en él. En ese estudio analizaban variables relacionadas con la morfología del cristalino para determinar la existencia de la degradación óptica debido al envejecimiento en pacientes de un rango de edades muy amplio mientras que en nuestro estudio solo se evaluaban los sujetos con probabilidad de presentar cierta opacidad cristalínea.

Existe una diferencia entre los valores del Galieli G4 y el Colvard en condiciones basales, mientras que en los valores con dilatación no existe tal diferencia, siendo métodos intercambiables. Esta diferencia entre ambas situaciones se debe a que el Galilei G4 y el Colvard en condiciones basales no usan la misma iluminación para la toma de las medidas del diámetro pupilar. En el estudio de Mantry et al¹⁷ se compara la diferencia entre un método de medida de diámetro pupilar subjetivo, Colvard, y uno objetivo, Nidek. La diferencia entre los estudios, a parte del instrumento objetivo utilizado, es que no toma valores con dilatación pupilar sólo en condiciones escotópicas, obteniendo resultados medios similares a nuestro estudio en el Colvard, mientras que el Nidek presenta valores muy diferentes al Galilei al no usar luz propia que interfiera con el diámetro pupilar y por usar otro software de medida del diámetro pupilar.

Se observa en el estudio que existe una mayor densitometría en los valores tomados con dilatación pupilar debido a que el tamaño pupilar influye en la medida de la densitometría dentro de un mismo sujeto con la cámara de Scheimpflug. Según se realiza en otros estudios comparativos de la cámara de Scheimpflug con otros sistemas de medición de la densitometría^{22,25}, para que la densitometría sea repetible y comparable con otros métodos se usan fármacos

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

midriáticos que provocan un diámetro pupilar por encima de 4 mm, que son los que afectan al eje pupilar y, por lo tanto, provocan la disminución de la AV al presentar cataratas.

Hasta la fecha no hay ninguna publicación que haya realizado comparaciones entre la densitometría antes de la dilatación y después. Ni compare la densitometría en función del tamaño pupilar.

6.3 Limitaciones del estudio

Este estudio presenta unas limitaciones inherentes a cualquier investigación.

El tamaño muestral es reducido, debido a las dificultades de encontrar pacientes mayores de 55 años sanos, sin presencia de operaciones o enfermedades crónicas, que estén dispuestos a asistir de forma voluntaria en una visita que suponía unos 45 minutos de duración y la administración de fármacos (Tropicamida) que conllevan una molestia tras la visita. Sin embargo, la muestra fue lo suficientemente representativa como para que la información acumulada permitiese la realización de asociaciones estadísticamente significativas. Así mismo servirán de base para futuros estudios.

La toma de medidas con el pupilómetro Colvard puede conllevar un error sistemático, debido a la subjetividad de la determinación del diámetro pupilar. No obstante, este error puede ser calibrable ya que se realizó la toma de medidas por un único observador.

La densitometría del cristalino medida a través de la cámara de Scheimpflug es un método objetivo no exento de limitaciones, ya que las imágenes son obtenidas a través de las superficies refractivas que lo anteceden, como son la córnea y la cara anterior del cristalino, lo que puede distorsionar la estructura interna del cristalino si se encuentran alteradas. Aun así, presenta ventajas, como el cálculo de la densidad en los 360° del cristalino en apenas dos segundos, ya que sistemas anteriores solo permitían la obtención de imágenes en un solo meridiano y con ello la densitometría de éste¹⁴. Esta limitación se solucionó con la criba de pacientes para la realización del estudio, no se permitieron sujetos con cirugías oculares o patología del segmento anterior que puedan distorsionar las imágenes tomadas del cristalino. No obstante, la elección del punto de mayor densidad del cristalino en las imágenes tomadas es subjetivo, el propio analizador determina ese punto, existiendo un posible sesgo debido a la intervención humana, aunque todas las medidas fueron realizadas por un mismo observador, por lo que el error dependiente del examinador quedó así minimizado.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

7 Conclusiones

En este estudio se ha descubierto una diferencia significativa en la valoración entre la densitometría con y sin dilatación pupilar, obteniendo valores medios superiores en el caso de la densitometría tras dilatación pupilar frente a condiciones escotópicas basales.

Tras el estudio de ambos métodos y su comparación, se determina que no son intercambiables debido a que existen diferencias que no son corregibles, ni siquiera mediante el ajuste del error sistemático.

En lo que a objetivos secundarios se refiere:

- No se observa ninguna correlación entre el diámetro pupilar del paciente y la densitometría del mismo en condiciones basales y en condiciones de dilatación pupilar, siendo variables no son concordantes.

- Existe una correlación directa moderada entre la edad del paciente y la densitometría medida en condiciones basales y con dilatación pupilar. Por lo tanto, se debería esperar que a mayor edad del paciente mayor opacidad del cristalino.

- La AV binocular tiene una concordancia relativamente significativa con la densitometría en condiciones de dilatación pupilar; sin embargo, no existe esta concordancia entre la AV binocular y la densitometría en condiciones basales. Por lo tanto, se considera que al aumentar el diámetro pupilar se produce una mejor observación de las alteraciones en la densidad óptica del cristalino.

- Los métodos de medida del diámetro pupilar con el Colvard y con el Galilei G4 en condiciones basales no son intercambiables ni concordantes, pudiendo deberse a diferencias entre la iluminación con las que se toma la medida el Galilei -aunque se encuentre el gabinete en las mismas condiciones que en la medición con el Colvard. En cambio, son métodos concordantes la medida del diámetro pupilar con el Colvard y el Galilei G4.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

8 Bibliografía

1. Leon-Sarmiento FE, Prada DG, Gutiérrez C. Pupila, pupilometría y pupilografía. *Acta Neurol Colomb*. 2008;24:188–197.
2. Rojas S. Anatomía y fisiología. En: Rojas S, Saucedo A. *Oftalmología*; México: El Manual Moderno; 2014: Pag. 53–54.
3. Payne WN, Barrett MJ. Anisocoria. *StatPearls*. 2018.
4. Bergamin O, Schoetzau A, Sugimoto K, Zulauf M. The influence of iris color on the pupillary light reflex. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1998;236(8):567.
5. Binda P, Murray SO. Spatial attention increases the pupillary response to light changes. *J Vis*. 2015;15(2):1–1.
6. Martínez-Ricarte F, Castro A, Poca MA, Sahuquillo J, Expósito L, Arribas M, et al. Infrared pupillometry. Basic principles and their application in the non-invasive monitoring of neurocritical patients. *Neurol (English Ed)*. 2013;28(1):41–51.
7. Hernández E. Patología del cristalino. Cataratas. En: Maldonado MJ, Pastor JC. *Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*; Madrid: McGraw-Hill; 2012: Pag. 35–46.
8. Arroyo Muñoz LL, Chávalez Mondragón E. Cristalino. En: Rojas Juárez S, Saucedo Castillo A. *Oftalmología*; México: El Manual Moderno; 2014. Pag. 444–448.
9. Schroeder Swatz T. Types of cataracts and their underlying conditions. Causes and treatment. *Supplement to Ophthalmology times and Optometry times*. 2014;3(2):2–7.
10. Fandiño López A. Determinación de la curva de transmitancia espectral y coordenadas cromáticas del cristalino humano en función de la edad. dspace.ceu.es/handle/10637/7835 (16 de marzo de 2018).
11. Abril Díaz N, Bárcena Ruiz JA, Fernández Reyes E, Galván Cejudo A, Jorrín Novo J, Peinado Peinado J, et al. Espectrofotetría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *Campus Univ Rabanales Dep Bioquímica y Biol Mol*. 2010;1:1–8.
12. Belin MW, Khachikian SS, Ambrosio R. *Tomografía corneal basada en la elevación*; Panamá: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2012: Pag 1-23.
13. Beneyto P, Ibáñez M, Leal M, García A, Cabezas M, Morente P. Measurement of lens density with a Scheimpflug camera in diabetic patients. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2007;82(3):141–145.
14. Grewal DS, Grewal SPS. Clinical applications of Scheimpflug imaging in cataract surgery. *Saudi J Ophthalmol*. 2012;26(1):25–32.
15. Páez Castro AM, Bermúdez Ruiz ML. Estandarización de las pruebas HOTV, Snellen y ETDRS en niños de 5 a 15 años de edad dentro del protocolo REISVO: una prueba piloto. *Cienc y Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2015;13(2):11–28.
16. Martín R, Vecilla G. Agudeza visual. En: Martín R, Vecilla G. *Manual de optometría*; Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2011: Pag. 1–22.
17. Mantry S, Banerjee S, Naroo S, Shah S. Scotopic measurement of normal pupil size with the Colvard pupillometer and the Nidek auto-refractor. *Contact Lens Anterior Eye*. 2005;28(2):53–56.
18. Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, Águila-Carrasco AJ Del, García-Lázaro S, Montés-Micó R, Domínguez-Vicent A, et al. Measurements of anterior chamber depth, white-to-white distance, anterior chamber angle, and pupil diameter using two Scheimpflug imaging devices. *Arq Bras Oftalmol*. 2014;77(4):233–237.
19. Yazdani N, Sadeghi R, Momeni-Moghaddam H, Zarifmahmoudi L, Ehsaei A. Comparison of cyclopentolate versus tropicamide cycloplegia: A systematic review and meta-analysis.

Bastante M.

Influencia del diámetro pupilar en la medida objetiva de la opacidad del cristalino mediante densitometría Scheimpflug.

J Optom. 2017; 1-9.

20. Kar T, Aksoy Y, Yildirim Y, Kaya A, Ayata A, Ünal MH. Quantitative Scheimpflug camera study of the lens density in healthy Turkish population. *Int Ophthalmol.* 2016;36:819–827.
21. Sasaki K, Fujisawa K, Sakamoto Y. Quantitative evaluation of nuclear cataract using image analysis. *Ophthalmic Res.* 1992;24 Suppl 1:26–31.
22. Magalhães FP, Costa EF, Cariello AJ, Rodrigues EB, Hofling-Lima AL. Comparative analysis of the nuclear lens opalescence by the Lens Opacities Classification System III with nuclear density values provided by Oculus Pentacam: a cross-section study using Pentacam Nucleus Staging software. *Arq Bras Oftalmol.* 2011;74(2):110–113.
23. Kirkwood BJ, Hendicott PL, Read SA, Pesudovs K. Repeatability and validity of lens densitometry measured with Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(7):1210–1215.
24. Alió JL, Schimchak P, Negri HP, Montés-Micó R. Crystalline Lens Optical Dysfunction through Aging. *Ophthalmology.* 2005;112(11):2022–2029.
25. Pan A-P, Wang Q-M, Huang F, Huang J-H, Bao F-J, Yu A-Y. Correlation among lens opacities classification system III grading, visual function index-14, pentacam nucleus staging, and objective scatter index for cataract assessment. *Am J Ophthalmol.* 2015;159(2):241–247.
26. Bernal-Reyes N, Hormigó-Puertas I, Arias-Díaz A. Correlación de la densidad del cristalino medida por imágenes de Scheimpflug y parámetros facodinámicos en la optimización de la facoemulsificación. *Revista Mexicana de Oftalmología.* 2014;88(1):32–38.