

Resultados del cálculo de la lente intraocular con fórmula Holladay 2 y Barret Universal 2

Results of Intraocular Lens Calculation with Holladay 2 and Barret Universal 2 formula

Zucell Ana Vertía Rovirosa^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4052-7910>

Darianna Cecilia Simón Rivero¹ <https://orcid.org/0000-0002-2605-0212>

Eneida de la Caridad Pérez Candelaria¹ <https://orcid.org/0000-0001-7437-4460>

Iván Hernández López¹ <https://orcid.org/0000-0001-5291-8292>

Yaumary Bauza Fortunato¹ <https://orcid.org/0000-0002-7133-0352>

¹Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: zucella@infomed.sld.cu

RESUMEN

Objetivo: Determinar los resultados refractivos con las fórmulas Holladay 2 y Barret Universal 2 a partir del cálculo de la lente intraocular en pacientes operados de catarata.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo prospectivo y longitudinal con 60 ojos de 50 pacientes operados de catarata mediante la técnica de facoemulsificación. Se empleó para el cálculo de la lente el IOL Master 700 y el Pentacam AXL con la fórmula Holladay 2 y Barret Universal 2, respectivamente.

Resultados: Predominó el sexo femenino y el grupo etario mayor de 60 años. Los ojos mayores de 26 mm mostraron la mayor diferencia entre el poder dióptrico de la lente intraocular que se implantó según Holladay y en menores de 22 mm según Barret Universal. Ambos grupos presentaron una disminución del equivalente esférico, siendo superior a 7 y 5 dioptrías en ojos mayores de 26 mm en el posoperatorio de ambas fórmulas. Posterior a la cirugía se observó una mejoría en la agudeza visual sin corrección y corregida de más de 4 líneas en la cartilla de Snellen, independiente de la longitud axial, para ambos grupos en estudio. Sin cambios significativos en el cilindro queratométrico. En el 70,0 % de los casos, el resultado refractivo final estuvo en rango de la emetropía para el grupo Holladay 2 y el 66,7 % para el grupo Barret Universal 2.

Conclusiones: Ambas fórmulas resultan útiles para el cálculo de la lente intraocular en todos los rangos de longitud axial.

Palabras clave: cálculo de la lente intraocular; Holladay 2; Barret Universal 2.

ABSTRACT

Objective To determine refractive outcomes with the Holladay 2 and Barret Universal 2 formulas from intraocular lens calculation in cataract surgery patients.

Methods: A prospective and longitudinal descriptive study was performed with 60 eyes of 50 patients who underwent cataract surgery by phacoemulsification. The IOL Master 700 and Pentacam AXL with the Holladay 2 and Barret Universal 2 formula, respectively, were used to calculate the lens.

Results: Female gender and age group older than 60 years predominated. Eyes larger than 26 mm showed the greatest difference between the dioptric power of the intraocular lens implanted according to Holladay and those smaller than 22 mm according to Barret Universal. Both groups presented a decrease of the spherical equivalent, being higher than 7 and 5 diopters in eyes larger than 26 mm postoperatively in both formulas. Postoperatively, there was an improvement in uncorrected and corrected visual acuity of more than 4 lines in the Snellen chart, independent of axial length, for both groups under study. No significant changes in keratometric cylinder. In 70.0% of the cases, the final refractive result was in the emmetropia range for the Holladay 2 group and 66.7% for the Barret Universal 2 group.

Conclusions: Both formulas are useful for the calculation of the intraocular lens in all axial length ranges.

Keywords: intraocular lens calculation; Holladay 2; Barret Universal 2.

Recibido: 28/02/2022

Aprobado: 17/03/2022

Introducción

Existen en el mundo más de 50 millones de personas ciegas, y este número se incrementa de 1 a 2 millones por año; de ellos, el 50 % está asociado al envejecimiento poblacional.^(1,2) Si bien las personas de mayor edad son los más afectados por esta enfermedad, según los datos manejados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) las cataratas son responsables del 35 % de los casos de ceguera reversible en la población mundial.⁽³⁾

La extracción del cristalino opacificado mediante cirugía constituye la opción terapéutica

más efectiva hasta la actualidad. Es el proceder oftalmológico que más se realiza, y la facoemulsificación es la técnica quirúrgica que más se emplea y que ha dado mejores resultados en la práctica oftalmológica para su extracción.⁽⁴⁾

Este tipo de cirugía se ha ido perfeccionado con el paso del tiempo, gracias al desarrollo de la técnica, asociado al hecho de contar con equipos, *software* y variables biométricas más predictivos, así como nuevas fórmulas para el cálculo del poder de la lente intraocular (LIO). Una cuidadosa optimización de las constantes de la LIO y las fórmulas usadas para el cálculo de su potencia óptica influyen en el resultado refractivo final.^(5,6)

En el año 1996, con el fin de mejorar la predicción de la posición efectiva de la lente en ojos cortos, Holladay desarrolló y modificó su anterior fórmula. En el 1997 la presentó como la fórmula de IV generación Holladay 2. Se aumentó el número de factores que podían intervenir en el cálculo, especialmente todos aquellos relacionados con el segmento anterior, concretamente la ALX (longitud axial), K (queratometría), ACD (distancia epitelio corneal-superficie anterior del cristalino), diámetro corneal horizontal, grosor del cristalino, refracción preoperatoria y edad, de manera que cada uno de estos factores son completamente variables en cuanto al peso específico dentro de la fórmula. Así, la mayor importancia vendría dada por la longitud axial, seguida en orden decreciente y en relación con ella, por la queratometría media (76 %), el diámetro corneal horizontal (24 %), la refracción preoperatoria (18 %), la profundidad de la cámara anterior (8 %), el grosor cristaliniano (7 %) y la edad (1 %).⁽⁷⁾

La publicación de la nueva fórmula Holladay 2 supuso un antes y un después en cuanto a su uso, especialmente en ojos cortos, ofreció la posibilidad de mejorar los resultados refractivos. Se recomienda para ojos con parámetros fuera de los rangos normales y se encuentra disponible en el *software* Holladay IOL ConsultantTM.⁽⁸⁾

La fórmula de Barrett, por su parte, se conoce también como la “fórmula universal” porque está apta para el uso de múltiples tipos de LIO y para ojos cortos, medios y largos. Puede proporcionar el menor riesgo de sorpresa refractiva en comparación con otras fórmulas de cálculo de potencia de la lente intraocular.⁽⁹⁾ Utiliza un ojo modelo teórico donde la profundidad de la cámara anterior (ACD) (*Anterior Chamber Depth* por sus siglas en inglés) se relaciona con la longitud axial (AL) (*Axial Length* por sus siglas en inglés) y la queratometría (K). También se utiliza una relación entre la constante A y el factor de la lente. La diferencia importante entre la fórmula de Barrett y otras fórmulas es que la ubicación del plano de refracción principal de la LIO se considera como una variable relevante. Utiliza los parámetros para la predicción de la posición efectiva del lente (ELP) (*Effective Lens*

Positions por sus siglas en inglés), como son AL, potencia corneal, ACD (opcional), grosor de la lente (LT) (*lens thickness* por sus siglas en inglés) (opcional), diámetro corneal de blanco a blanco (WTW) (*White to White*) (opcional). Logra los mejores resultados en todos los ámbitos, sobre todo con las mediciones del biómetro IOL Master.

La compañía Zeiss propuso la línea 700, se agregó la tecnología OCT SWEPT Source en la biometría para crear el primer equipo SWEPT Source Biometry por sus siglas en inglés, que es un sistema tecnológico que no depende de la luz, preciso, no invasivo, basado en el principio de la biometría óptica con interferometría de coherencia parcial. Además, a partir de la tercera generación de IOL Master se incorporó una base de datos y una página web con fórmulas de cuarta generación que dan alta predictibilidad y mejores resultados.^(10,11,12)

El Pentacam es una cámara con un sistema de rotación basada en Scheimpflug para realizar análisis de segmento anterior. Captura el grosor de la córnea y toma datos de topografía y elevación de la cara anterior y posterior de la córnea. Utiliza un led azul libre de UV y con una longitud de onda de 475 nm. Es capaz de capturar 50 medidas meridionales en menos de 2 segundos, evaluar 500 puntos de medida para cada una de las imágenes de la hendidura, y obtiene 25 000 puntos verdaderos de elevación. El Pentacam AXL ha integrado la medición de longitud axial, una característica que le permite hacer cálculos precisos de la LIO. Dado que la topografía corneal ha venido de gran apoyo clínico en el campo de la oftalmología y la óptica optométrica. Este ha representado un avance importante en la captura de estas imágenes con fines diagnósticos y en la precisión de las topografías de elevación sobretodo de los datos de la zona central de la córnea, así como la inclusión de las fórmulas.⁽¹³⁾

Este equipo también puede obtener mediciones fiables de ojos con complicaciones. Dispone de fórmulas de cálculo de las LIO especiales para córneas tratadas con queratomiulexis *in situ* asistido por láser (LASIK por sus siglas en inglés), queratectomía fotorrefractiva (PRK) por sus siglas en inglés, queratotomía radial (RK) por sus siglas en inglés entre otros, ya sea a través de la geometría tórica, esférica o multifocal, los datos exactos de medición recopilados por él, le ayudan a una correcta selección de las lentes. Determina no solo la superficie anterior, sino también la superficie posterior de la córnea, imprescindible para definir con precisión el astigmatismo corneal total, lo que proporciona una mayor fiabilidad a la hora de encontrar la lente intraocular óptima para cada paciente.⁽¹⁴⁾

Las publicaciones de autores cubanos sobre las fórmulas de cálculo de lente intraocular en la cirugía de catarata son variadas, según la búsqueda realizada en Google, Google Scholar y PubMed, en los que se hace referencia a fórmulas de tercera y cuarta generación. La

investigación tuvo el objetivo de determinar los resultados refractivos con las fórmulas Holladay 2 y Barret Universal 2 a partir del cálculo de la lente intraocular en pacientes operados de catarata.

Métodos

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo y longitudinal, con 60 ojos de 50 pacientes que necesitaron cirugía de catarata mediante extracción extracapsular del cristalino (EECC), por la técnica de facoemulsificación, en el servicio de microcirugía del Instituto Cubano de Oftalmología (ICO) “Ramón Pando Ferrer” en el período comprendido entre enero del 2019 a marzo del 2020 con los siguientes criterios de selección: medidas biométricas oculares tomadas con el IOL Master 700 (versión 1.14; Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), y el Pentacam AXL (Oculus, Wetzlar, Alemania), con sus fórmulas Holladay 2 y Barret Universal 2 respectivamente, e implante del lente intraocular (type RYCF, model Ocuflex, CareGroup Sight Solutions LLP) en el saco capsular, realizadas por un mismo cirujano, y el consentimiento para ser incluidos en el estudio. Se crearon tres grupos de estudio según los valores de longitud axial: < 22 mm; 22- 26 mm; > 26 mm.

Se excluyeron aquellos pacientes con cirugía refractiva corneal o cirugías intraoculares previas, afecciones de las cubiertas oculares como degeneraciones y tumores conjuntivales, simbléfaron, distrofias y degeneraciones corneales, alteraciones del segmento anterior de cualquier tipo, glaucoma, enfermedades vitreoretinales u orbitarios, cataratas patológicas o complicadas (traumáticas, subluxadas, vitrectomizados, asociadas a uveítis crónica), pacientes en los que no se pudo realizar el cálculo para su lente intraocular con el biómetro IOL Master 700 y el Pentacam AXL. Por otra parte, no participaron del estudio los pacientes que decidieron por motivos personales u otros no continuar en la investigación, lente intraocular colocado parcial o totalmente fuera del saco capsular, complicaciones transoperatorias y posoperatorias y los pacientes que no asistieron a los controles indicados en el postoperatorio.

Se estudiaron las siguientes variables: edad, sexo, longitud axial, cilindro queratométrico pre y posoperatorio, esfera esperada, esfera obtenida, mejor agudeza visual corregida (MAVC) y mejor agudeza visual sin corrección (MAVSC) pre y posoperatoria, equivalente esférico preoperatorio y posoperatorio y diferencia media del poder dióptrico de la lente intraocular. Se confeccionó una base de datos por el autor principal de la investigación, para la recogida de la información primaria, en la que se incluyeron todas las variables objeto de estudio. Los

datos se registraron por escrito y en un libro del sistema de cálculo electrónico Excel de la suite Microsoft Office versión 19, a través del cual se realizó parte del procesamiento. La mayoría de los datos se procesaron en el sistema de tratamiento estadístico IBM SPSS, versión 25.

Para obtener la información de las variables cualitativas nominales se calcularon las frecuencias absolutas y relativas, estas últimas en términos porcentuales, y en el caso de las ordinales se calcularon, además, las frecuencias porcentuales acumuladas. En el caso de las variables cuantitativas se calcularon la media, la desviación estándar, los percentiles y los intervalos de confianza al 95 %. Para determinar el tipo de prueba idónea para comparar las medias y otros indicadores se realizaron pruebas de normalidad, concretamente las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

Si ambas pruebas indicaron normalidad se asumió que las variables fueron normales y se emplearon pruebas paramétricas para la comparación de medias: la prueba t de Student para comparar dos medias y el análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) si se trató de más de dos medias. Pero si una de las pruebas de normalidad indicó no normalidad, se asumió esto y se emplearon las pruebas no paramétricas de comparación de medias U de Mann-Whitney y la prueba Z de Kolmogorov-Smirnov para comparar dos medias la prueba de Kruskal-Wallis si se trató de más de dos medias.

En todos los casos de inferencia la significación estadística *a priori* se tomó como $\alpha = 0,05$ (5 %), lo que implicó un nivel de confianza de 0,95 (95 %).

El estudio cumplió con lo establecido en el Sistema Nacional de Salud y previsto en la Ley No. 41 de Salud Pública, en correspondencia con la Declaración de Helsinki. Además, contó con la aprobación de los comités de ética y científico, respectivamente, de la institución de los autores.

Resultados

Se estudió un total de 60 ojos de 50 pacientes, con una distribución de longitud axial menor de 22 mm en 11 ojos (18,3 %), entre 22 y 26 mm en 33 ojos (55,0 %) y mayores de 26 mm en 16 ojos (26,7 %). La longitud axial media del estudio fue de 24,058 mm, la longitud axial media de hombres fue de 25,13 mm y la de mujeres de 23,76 mm. Predominó el sexo femenino con un 78,3 % y el grupo etario mayor de 60 años con un 66,7 %. El promedio de edad fue de 64 años con una desviación estándar de $\pm 11,1$ años. La distribución por grupo de edad no difiere de forma significativa de un sexo a otro ($p = 0,707$).

Al comparar el poder de la LIO que se calculó según Holladay 2, con la de Barret Universal 2 para cada AL se observó que el rango de dioptrías de diferencia oscilaba entre -1,5 D hasta 1 D, este resultado no difiere significativamente entre los grupos ($p \geq 0,05$).

El rango de AL > 26 mm mostró la mayor diferencia en el grupo Holladay 2, con un promedio de -0,57 dioptrías, y un intervalo de confianza de -1,06 a -0,07 y la que se obtuvo por Barret Universal 2, el rango de AL < 22 mm fue el que mostró la mayor diferencia con un promedio de -0,89 dioptrías, con un intervalo de confianza de -1,69 a -0,08. En el grupo de AL 22-26 mm se observó un resultado similar en el cálculo por Holladay 2 y la fórmula Barret Universal 2 según longitud axial (tabla 1).

Tabla 1- Comparación de los valores medios del poder dióptrico de la lente intraocular calculada por la fórmula Holladay 2 y la Barret Universal 2 y la diferencia promedio, con respecto al valor obtenido y según el rango de longitud axial

Grupo	LA	Valor esperado media (IC)	Valor obtenido media (IC)	Diferencia promedio de la LIO
Grupo Holladay 2	< 22 mm	-0,49 (-0,71/-0,27)	-0,04 (-0,52/0,44)	-0,45 (-1,19/0,20)
	22- 26 mm	-0,48 (-0,59/-0,38)	-0,17 (-0,55/0,21)	-0,31 (-0,64/0,02)
	> 26 mm	-0,66 (-0,80/-0,52)	-0,09 (-0,60 / 0,41)	-0,57 (-1,06/-0,07)
Grupo Barret Universal 2	< 22 mm	-0,68 (-1,01/-0,35)	-0,30 (-0,56/1,16)	-0,89 (-1,69/-0,08)
	22- 26 mm	-0,47(-0,54/-0,39)	-0,09 (-0,40/0,22)	-0,37(-0,70/-0,04)
	> 26 mm	-0,77(-0,86/-0,67)	-0,47(-0,70/-0,23)	-0,30(-0,50/-0,09)

$p = 0,971$ (ns) para grupo Holladay 2, al menos una de las variables cuantitativas no se distribuye normalmente y $p = 0,136$ (ns). para grupo Barret Universal 2, los datos se distribuyen normal pero las varianzas no son homogéneas.

En cuanto al análisis del equivalente esférico, en el grupo Holladay 2 se obtuvo un valor preoperatorio promedio de 3,79 dioptrías en los ojos con AL < 22 mm, que disminuyó en el posoperatorio a -0,54 con una diferencia promedio de 1,39 y 7,41 dioptrías (IC para la diferencia promedio). En ojos con longitud axial de 22 a 26 mm, la media previa a la cirugía fue de 0,33 dioptrías, que cambió a -0,64 en el posoperatorio (tabla 2). Se observó una variación entre -0,33 y 2,60 dioptrías (intervalo de confianza). Hubo una reducción considerable de los valores del equivalente esférico (EE) en la AL > 26 mm antes y después del proceder quirúrgico de -8,11 a -0,88 dioptrías. La mayor diferencia promedio entre el valor pre y posoperatorio se obtuvo en este último grupo, (mayor de 7 dioptrías), con un intervalo entre -10,42 y -4,04 (tabla 2).

Tabla 2 - Comparación de los valores medios del equivalente esférico preoperatorio y posoperatorio calculado por la fórmula Holladay 2 y la Barret Universal 2 según el rango de longitud axial

Grupo	LA	Equivalente esférico		Diferencia promedio preoperatorio vs. posoperatorio (IC)	p
		Preoperatorio media (IC)	Posoperatorio media (IC)		
Holladay2	< 22 mm	3,79 (1,65/5,94)	-0,54 (-0,92 / -0,16)	4,45 (1,39/7,41)	0,003 (s)**
	22- 26 mm	0,33 (-1,41/2,07)	-0,64 (-1,04/-0,24)	1,14 (-0,33/2,60)	0,013 (s)*
	> 26 mm	-8,11 (-11,30/-4,92)	-0,88 (-1,37/-0,38)	-7,23 (-10,42/-4,04)	0,001 (s)**
p	< 22 mm	---	---	0,027 (s)*	---
Barret Universal 2	< 22 mm	1,03 (-2,14/4,19)	0,23 (-0,82/1,27)	0,80 (-2,09/0,69)	0,535 (ns)**
	22- 26 mm	-1,19 (-2,49/0,11)	-0,60 (-0,94/-0,27)	-0,59 (-1,82/0,64)	0,364 (ns)**
	> 26 mm	-6,94 (-14,02/0,15)	-0,97 (-1,25/-0,69)	-5,97 (-13,26/1,32)	0,012 (s)*
p	---	---	---	p = 0,015 (s)*	

*Al menos una de las variables cuantitativas no se distribuye normalmente. **Los datos se distribuyen normal pero las varianzas no son homogéneas. (ns) no significativo y (s) significativo.

Se obtuvo una reducción considerable de los valores del EE en la AL > 26 mm antes y después del proceder quirúrgico de -6,94 a -0,97 dioptrías. La mayor diferencia promedio entre el valor pre y posoperatorio se obtuvo en este grupo, (mayor a 5 dioptrías), con un intervalo entre -13,26 y 1,32 (tabla 2).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para los tres grupos de longitud axial en el grupo Holladay-2, no así para los ojos del grupo Barret Universal 2, que mostró diferencias significativas para el grupo de AL > 26 mm. La diferencia promedio del EE resultó significativa en la comparación entre los diferentes rangos de longitud axial ($p < 0,05$) (tabla 2).

La diferencia promedio pre y posoperatoria del cilindro queratométrico de ambos grupos, fue inferior a las 0,5 dioptrías, lo cual no resultó estadísticamente significativo en el análisis de los grupos individuales ($p > 0,05$ en todos los grupos) ni entre ellos ($p = 0,100$) (tabla 3).

Tabla 3 - Variaciones pre y posoperatorias de los cilindros queratométricos según fórmula y equipo empleado

Fórmula y equipo empleado	Cilindro queratométrico			
	Preoperatorio Media (IC)	Posoperatorio Media (IC)	Diferencia promedio Pre vs Post	<i>p</i>
Holladay 2 (IM)	-1,10 (-1,40/-0,80)	-1,16 (-1,41/-0,90)	0,07 (0,21/0,36)	0,612 (ns)*
Barret Universal 2 (PA)	-1,03 (-1,33/-0,72)	-1,03 (-1,19/-0,86)	0,22 (0,77/1,67)	1,000 (ns)**
<i>p</i>	0,942 (ns)*	0,998 (ns)*	0,100 (s)*	---

*Al menos una de las variables cuantitativas no se distribuye normalmente. **Los datos se distribuyen normal, pero las varianzas no son

homogéneas. (ns) no significativo y (s) significativo.

Al analizar el resultado visual final se observó un ascenso en la MAVSC y MAVC entre el pre y posoperatorio para cada uno de los grupos de AL, y para cada grupo en estudio, lo cual resultó estadísticamente significativo (*p*) (tabla 4).

Tabla 4 - Variaciones pre y posoperatorias de la mejor agudeza visual sin y con corrección según la longitud axial.

Agudeza visual		Preoperatorio media (IC)	Posoperatorio media (IC)	Diferencia promedio (IC) preoperatorio vs. posoperatorio	<i>p</i> *
Grupo Holladay 2					
MAVSC	< 22 mm	0,14 (0,01/0,27)	0,60 (0,39/0,81)	-0,41 (-0,64 -0,19)	0,006 (s)*
	22-26 mm	0,24 (0,16/0,32)	0,64 (0,49/0,79)	-0,42 (-0,57/-0,27)	0,000 (s)**
	> 26 mm	0,07 (0,04/0,09)	0,54 (0,33/0,74)	-0,47 (-0,69/-0,25)	0,000 (s)*
	Total	0,17 (0,12/0,23)	0,60 (0,51/0,70)	-0,43 (-0,53/-0,33)	---
<i>p</i> **		0,080 (ns)*	0,770 (ns)	0,649 (ns)	---
MAVC	< 22 mm	0,70 (0,33/1,07)	0,93 (0,81/1,06)	-0,24 (-0,51/0,04)	0,040 (s)*
	22-26 mm	0,68 (0,56/0,81)	0,96 (0,90/1,01)	-0,27 (-0,41/0,14)	0,000 (s)*
	> 26 mm	0,35 (0,24/0,46)	0,81 (0,67/0,96)	-0,46 (-0,35/-0,11)	0,001 (s)*
	Total	0,60 (0,49/0,70)	0,91 (0,86/0,96)	-0,32 (-0,49/-0,23)	---
<i>p</i> **		<i>p</i> ₁₂ = 0,915 (ns)	<i>p</i> ₁₂ = 0,513 (ns)*	0,764 (ns)	---
Grupo Barret Universal 2					
MAVSC	< 22 mm	0,24 (0,05/0,42)	0,50 (0,41/0,59)	-0,26 (-0,47/-0,06)	0,014 (s)**
	22-26 mm	0,25 (0,15/0,34)	0,58 (0,52/0,64)	-0,34 (-0,42/-0,25)	0,000 (s)*
	> 26 mm	0,09 (0,04/0,13)	0,44 (0,35/0,53)	-0,35 (-0,45/-0,25)	0,001 (s)*
	Total	0,20 (0,14/0,26)	0,53 (0,48/0,58)	-0,33 (-0,39/-0,27)	---
<i>p</i> **		0,018(s)*	0,272(ns)*	0,308(ns)*	----
MAVC	< 22 mm	0,62 (0,29/0,95)	1,00 (1,00/1,00)	-0,38 (-0,71/-0,05)	0,000 (s)**
	22-26 mm	0,54 (0,40/0,69)	0,96 (0,91 1,00)	-0,41 (-0,57/-0,26)	0,006 (s)
	> 26 mm	0,43 (0,17/0,68)	0,80 (0,69/0,91)	-0,38 (-0,65/-0,10)	0,000 (s)*
	Total	0,53 (0,42/0,63)	0,92 (0,88/0,97)	-0,40 (-0,51/-0,29)	---
<i>p</i> **		0,352(ns)*	0,244(ns)*	0,771(ns)	---

*Al menos una de las variables cuantitativas no se distribuye normalmente. **Los datos se distribuyen normal pero las varianzas no son homogéneas. (ns) no significativo y (s) significativo.

Fuente: base de datos del Centro de Microcirugía Ocular.

El análisis de ambos grupos de estudio mostró un incremento de 3-4 líneas para la mejor agudeza visual sin corrección y de 4-5 líneas en la corregida según la escala de Snellen. Esta ganancia no resulta significativa en el grupo Holladay al compararlo en conjunto los tres grupos de AL, tanto en el preoperatorio ($p = 0,649$), como en el posoperatorio ($p = 0,764$). Y no resulta significativa en el grupo Barret al compararse en conjunto con los tres grupos de AL, tanto en el preoperatorio ($p = 0,308$), como en el posoperatorio ($p = 0,771$).

En ambos grupos los rangos de AL < 22 mm y de 22 a 26 mm se comportaron de forma similar en cuanto a la mejor agudeza visual promedio sin corrección y mejor corregido pre y posoperatorio como el incremento en líneas de visión por la cartilla de Snellen.

En el grupo Holladay 2 el primer grupo (AL < 22 mm) fue el que mayor agudeza visual corregida alcanzó, mostró una media de -0,24 décimas luego del proceder quirúrgico. El grupo 3 (AL > 26 mm) presentó los valores más bajos en relación con el resto; sin embargo, logró mejorar las mismas líneas en la escala de Snellen entre el pre y el posoperatorio respecto a los otros grupos de AL (tabla 4).

En el grupo Barret Universal 2 el tercer grupo (AL > 26 mm) y el primero (AL < 22 mm) fueron los que mayor agudeza visual corregida alcanzaron, con una media de -0,38 décimas luego del proceder quirúrgico. El grupo 2 (AL 22-26 mm) presentó los valores más bajos en relación al resto; sin embargo, logró mejorar las mismas líneas en la escala de Snellen entre el pre y el posoperatorio respecto a los otros grupos de AL (tabla 4).

Al evaluar el resultado refractivo final en función de la esfera posoperatoria se observó que en el grupo Holladay el 70 % de los ojos la esfera mostró un valor en el rango de la emetropía, el 16,7 % quedó hipocorregido y el 13,3 % hipercorregidos, en cambio en el grupo Barret Universal 2 se observó que el 66,7 % de los ojos la esfera mostró un valor en el rango de la emetropía, el 20 % quedó hipocorregido y el 13,3 % hipercorregidos (tabla 5).

Tabla 5 - Relación entre esfera obtenida y longitud axial, según cálculo de la LIO por ambas fórmulas (Holladay 2 y Barret Universal 2)

Longitud axial	Grupo Holladay 2 Valor obtenido (dioptrías) ($p = 0,052$)		
	Hipercorrección (<-0,50) No. (%)	Emetropía ($\pm 0,5$) No. (%)	Hipocorrección (> 0,5) No. (%)
< 22 mm	2 (33,3)*	3 (50,0)*	1 (16,7)*
22-26 mm	4 (25,0)*	9 (56,3)*	3 (18,8)*
> 26 mm	1 (12,5)*	6 (75,0)*	1 (12,5)*
Total	5 (16,7)**	21 (70,0)**	4 (13,3)**
Longitud axial	Grupo Barret Universal 2 Valor obtenido (dioptrías) ($p = 0,051$)		
	Hipercorrección (<-0,50) No (%)	Emetropía ($\pm 0,5$) No (%)	Hipocorrección (> 0,5) No. (%)
< 22 mm	1 (20,0)*	3 (60,0)*	1 (20,0)*
22-26 mm	4 (23,5)*	11 (64,7)*	2 (11,8)*
> 26 mm	2 (25,0)*	6 (75,0)*	0 (0,0)*
Total	6 (20,0)**	20 (66,7)**	4 (13,3)**

Fuente: Base de datos del Centro de Microcirugía Ocular.

*Porcentaje calculado según total de grupo (AL). ** Por ciento calculado según total de la muestra.

En el grupo Holladay 2 el grupo 3 (AL > 26 mm) obtuvo los mejores resultados con un 75,0 % de los ojos en el rango de la emetropía, tan solo un 12,5 % de los casos hipocorregidos, y un 12,5 % hipercorregidos. El grupo 1 (AL < 22 mm) es el que muestra los resultados menos ideales, con un 16,7 % de los ojos con esfera obtenida mayor de 0,5 D y un 33,3 % menor de 0,5 D. No existió una diferencia estadísticamente significativa en los resultados entre los grupos ($p = 0,052$) (tabla 5).

En el grupo Barret Universal 2 el grupo 3 (AL > 26 mm) obtuvo los mejores resultados con un 75,0 % de los ojos en el rango de la emetropía y un 25,0 % hipercorregidos. El grupo 1 (AL < 22 mm) es el que mostró los resultados menos ideales, con un 20,0 % de los ojos con esfera obtenida mayor de 0,5 D y un 20,0 % menor de 0,5 D. No existió una diferencia estadísticamente significativa en los resultados entre los grupos ($p = 0,051$) (tabla 5).

Discusión

A nivel mundial la catarata es una de las principales causas de ceguera reversible de la población adulta. Con las técnicas quirúrgicas modernas los pacientes tienen expectativas visuales cada vez más altas, esto asociado también al uso de fórmulas de cuarta generación y al empleo correcto de los datos que se obtienen con equipos y tecnología cada vez más avanzada permite trabajar con rangos pequeños de error y evita la aparición de sorpresas refractivas.⁽¹⁵⁾

El Instituto Universitario de Valladolid y la Universidad de Zaragoza publicaron estudios referentes al uso de diferentes fórmulas para el cálculo de la lente intraocular en pacientes con catarata. Estos mostraron que el sexo femenino es el más frecuente, así como el grupo etario mayor de 60 años,^(12,13,16,17) resultados que son similares a los de este trabajo, lo cual está relacionado con las características demográficas de la población cubana, en la que el sexo femenino es el predominante así como la población mayor de 60 años de edad.⁽¹⁸⁾

Ronald y otros⁽¹⁹⁾ concluyeron en su trabajo que no se presentaron diferencias significativas entre el poder de la lente intraocular que se calculó con Holladay 2 y Barret. Sin embargo, en este estudio se observó que, en los ojos con longitudes axiales extremas, > 26 mm en la Holladay 2 y < 22 mm, en la Barret Universal 2 la diferencia del poder de la LIO fue significativa.

Esta diferencia se agudiza en ojos cortos, porque estos requieren de mayor poder de la LIO al ser calculados con la fórmula de cuarta generación. Los ojos cortos requieren de mediciones más exactas para una correcta predicción de la posición efectiva de la lente y una LIO más potente para lograr enfocar los rayos de luz en la retina. Así, el cambio en la refracción por milímetros de desviación de la lente intraocular es tres veces mayor en ojos cortos que en ojos largos.^(12,20,21)

En el resultado del equivalente esférico, autores como *Menggchan, Cooke, David y Timothy y Corelette* y otros plantearon variaciones posoperatorias de ± 1 D.^(2,14,20) Por otro lado, en los resultados de este estudio se describe una reducción considerable del EE > 5 y 7 dioptrías en la Barret y la Holladay, respectivamente, en el grupo de los miopes, lo que era de esperarse pues estos pacientes mostraron un mayor defecto esfero-cilíndrico en el preoperatorio.

Pacheco⁽²²⁾ y *David*,⁽¹⁴⁾ en el caso del componente cilíndrico refractivo, plantean resultados similares como la ausencia de variaciones significativas del cilindro queratométrico pre y posoperatorio. De esta forma se concluye, que el factor cirujano no establece influencia sobre los resultados refractivos posoperatorios y en la MAVCC.

Actualmente el uso de la pequeña incisión en la cirugía de facoemulsificación, el grado de astigmatismo que se induce debe ser mínimo. Por lo cual varios autores refieren que solo el 10 % de los pacientes tendrán un astigmatismo > 2 D, el 20 % entre 1 y 2 D, y el 70 % obtendrá > 1 D.^(7,23)

Pacheco⁽²²⁾ mostró resultados refractivos similares a de esta investigación. Se logró una mejoría de 4 a 5 líneas como promedio para la agudeza visual mejor corregida en el posoperatorio y superior a 0,5 en todos los grupos, por escala de Snellen, similar al presente estudio. El grupo de mejor resultado visual en dicha investigación fue el de los ojos con AL

de 22 a 26 mm, lo que difiere de este estudio, que mostró que los grupos con longitudes axiales extremas (< 22 mm y > 26 mm) para Barret y (< 22 mm) para Holladay mostraron mejor resultado refractivo. Además, Pacheco⁽²²⁾ en su trabajo informó como peor grupo en cuanto a MAVCC en el posoperatorio el de AL < 22 mm, lo que difiere de este trabajo, que mostró el grupo > 26 mm para Holladay y de 22-26 mm para Barret, con resultados similares. En los ojos pequeños se requiere una mayor precisión para evitar errores de refracción, en cambio, en ojos grandes los mayores errores provienen de la posición efectiva de la lente que tienen menos impacto en la refracción posoperatoria, debido a que su poder dióptrico es muy bajo. Con lentes intraoculares de potencia muy alta ocurre lo contrario; la predicción de la posición efectiva de la lente cobra una gran importancia ya que pequeños errores pueden ocasionar defectos refractivos importantes no deseados.^(21,23,24)

Para minimizar los errores se hace necesario ser preciso en la medida de los valores oculares tales como AL, queratometría, ACD, entre otros. Por tanto, a medida que se tomen más variables en consideración en la fórmula, mayor predictibilidad tendrá el cálculo de la LIO. Es por ello que oftalmólogos como Hill y Garg⁽¹³⁾ de la Sociedad Americana de Cirugía Refractiva y Catarata aconsejan el uso de la fórmula de cuarta generación Holladay 2 para ojos pequeños y grandes. Zhang y otros⁽²⁵⁾ plantean el uso de la Barret para todos los ojos independiente de su longitud axial, con resultados más predecibles en miopes altos.

Ronald y otros⁽¹⁹⁾ observaron que en más del 60,0 % de los casos la esfera obtenida estuvo en el rango de $\pm 0,5$ D (rango de la emetropía) sin mostrar diferencias significativas entre los grupos de AL. Similar resultado se presentó en esta investigación, así como la publicación de Cooke y otros,⁽¹⁴⁾ de la Universidad de Michigan en Estados Unidos de América, quienes evaluaron los resultados del cálculo de la LIO con la fórmula Holladay 2, con una muestra de estudio similar a la presente, donde exhibe los resultados más alejados de la emetropía a los ojos grandes (AL > 26 mm).

Dalmagro y Urrets plantean que las sorpresas refractivas hipermetrópicas de la Barret como resultado de las operaciones en ojos miopes se suceden debido a que las fórmulas no están diseñadas para el uso de la LIO de dioptrías negativas.⁽²⁶⁾ Para comprender estos resultados se debe recordar que la variación de 1 D en la potencia de la LIO es capaz de inducir de 0,65 a 0,75 y algunos autores plantean que hasta 1 D de diferencia en el error refractivo esférico residual. De igual forma, un cambio en $\frac{1}{2}$ D en la potencia de la lente da lugar a una modificación de la esfera posoperatoria de 0,34 a 0,37 D.⁽¹⁹⁾

Un gran número de oftalmólogos prefieren como resultado refractivo posoperatorio una ligera miopía. Esto guarda relación con los resultados menos idóneos encontrados en los

grupos de ojos con AL < 22 mm, en el que la tendencia es a la hipercorrección por elección del cirujano, además por disponibilidad de una LIO de media dioptría por encima, debido a la imposibilidad de colocar la ideal para una esfera posoperatoria en el rango de la emetropía. Se considera de igual forma que al tener estandarizados los lentes disponibles para la implantación luego de cirugía de catarata en saltos de 0,5 D siempre va a haber cabida para el error en el cálculo de la lente a implantar, que a pesar de que en la mayoría de casos no es clínicamente relevante. En algunos casos pueden significar una inconformidad grande para el paciente cada vez más demandante de la excelencia de los resultados y por ende los cálculos derivados de la práctica profesional.⁽²⁷⁾

Se puede concluir que las fórmulas Holladay 2 y Barret Universal 2 resultan útiles para el cálculo de la lente intraocular en todos los rangos de longitud axial.

Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. Ceguera y discapacidad visual. Ginebra: OMS; 2014 [actualizado 21/04/2016; acceso 21/04/2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
2. Organización Panamericana de la Salud. Prevención de ceguera y salud ocular. Washington, DC.: OPS; 2016 [acceso 21/04/2019]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=244:prevention-on-blindness-eye-care-home&Itemid=42437&lang=es#gsc.tab=0
3. Flaxman SR, Bourne RRA, Resnikoff S, Ackland P, Braithwaite T, Cicinelli MA, *et al.* Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health.* 2017;5(12):e1221-34. DOI: 10.1016/S2214-109X(17)30393-5.
4. Koopman S. Cataract Surgery Devices - Global Pipeline Analysis, Competitive Landscape and Market Forecasts to 2017. London, UK: Global Data; 2013 [acceso 04/04/2018]. Disponible en: <https://www.asdreports.com/shopexd.asp?id=25116>
5. Song JS, Yoon DY, Hyon JY, Jeon HS. Comparison of Ocular Biometry and Refractive Outcomes Using IOL Master 500, IOL Master 700, and LenStar LS900. *Korean J Ophthalmol.* 2020;34(2):126-32. DOI: 10.3341/kjo.2019.0102.
6. Jiménez-villar A, Mączyńska E, Cichański A, Wojtkowski M, Kałużny BJ, Grulkowski I. High-speed OCT-based ocular biometer combined with an air-puff system for determination

- of induced retraction-free eye dynamics. *Vision (Basel)*. 2019;10(7):3663-80. DOI: 10.1364/BOE.10.003663.
7. Hernández Silva JR, Pérez LLanes A, Galá Herrera LE, Ramos López M, Veitía Roviroso Z, Padilla González C. Resultados del cálculo del poder de la lente intraocular mediante la fórmula de Haigis. *Rev Cubana Oftalmol*. 2010 [acceso 21/04/2018];23(3). Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/oft/vol23_3_10/oft08310.htm
8. Varela García M, Mínguez Muro E, Castillo Laguarda J. Fórmulas para el cálculo de la potencia de las lentes intraoculares a implantar en cirugía de catarata. [Trabajo de Fin de grado]. [Zaragoza]: Facultad de Ciencias Óptica y Optometría. Universidad de Zaragoza. 2020. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/97980/files/TAZ-TFG-2020-3215.pdf>
9. Michael C, Knorz, MD. Consider all aspects before using multifocal IOLs, surgeon says. [s. l.]. *Ocular Surgery News Europe/Asia-Pacific Edition*. 2008. p. 17.
10. Savini G, Hoffer KJ, Shamma HJ, Aramberri J, Huang J, Barboni P. Accuracy of a new swept-source optical coherence tomography biometer for IOL power calculation and comparison to IOL Master. *Journal of Refractive Surgery*. 2017;33(10):690-5. DOI: 10.3928/1081597X-20170721-05.
11. Huang J, Savini G, Hoffer KJ, Chen H, Lu W, Hu Q, *et al*. Repeatability and inter observer reproducibility of a new optical biometer based on swept-source optical coherence tomography and comparison with IOL Master. *British Journal of Ophthalmology*. 2017 [acceso 10/04/2019];101(4):493-8. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2016-308352.
12. Mengchan S. Biometric measurements in the crystalline lens: applications in cataract surgery. [tesis]. [España]: Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina; 2017. DOI: 10.35376/10324/26558.
13. Lazarde Carpio Emir A. PENTACAM® AXL Aplicaciones [Tesis]. [Caracas, Venezuela] Instituto Oftalmológico IUMO. 2018 [acceso 10/05/2019] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/405162562/Software-Basico-PENTACAM>
14. Cooke DL, MD; Cooke TL. BA. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(8):1157-64. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.06.029.
15. Veitía ZA, Pla MA, Hernández IL, Pérez EC, Hormigó IF. Utilidad de las fórmulas Barrett Suite para el cálculo de las lentes intraoculares. *Rev Cubana Oftalmol* 2018;32(1). Disponible en: <http://www.revofthalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/683>
16. Du YL, Wang G, Huang HC, Lin LY, Jin C, Liu LF, *et al*. Comparison of OA-2000 and IOLMaster 500 using in cataract patients with high myopia. *J Ophthalmol*. 2019;12(5):844-7. DOI: 10.18240/ijo.2019.05.23.

17. Castro Alonso FJ, Altemir Gómez I, Larrosa Poves JM. Análisis de factores biométricos relacionados con el cálculo de la potencia de LIOs monofocales en cirugía de catarata, medidos mediante reflectometría de baja coherencia óptica. [tesis]. [España]: Universidad de Zaragoza; 2016 [acceso 19/02/2019]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/48617?ln=es>
18. Ministerio de Salud Pública. Anuario estadístico de Salud. La Habana: Dirección de Registros médicos de Cuba; 2019 [acceso 19/02/2019]. Disponible en: <https://files.sld.cu/bvscuba/files/2020/05/Anuario-Electr%C3%B3nico-Espa%C3%B1ol-2019-ed-2020.pdf>
19. Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology*. 2018;125(2):169-78. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.08.027.
20. Corelette C, Arndt C, Vidal J, Afriat M, Durbant E, Brugniart C, *et al.* Is Holladay 2 formula accurate enough for calculating intraocular lens power in non-standard eye? *J Fr Ophthalmol*. 2018;41(4):308-14. DOI: 10.1016/j.jfo.2017.09.014.
21. Shrivastava AK, Behera P, Kumar B, Nada S. Precision of intraocular lens power prediction in eyes shorter than 22 mm: An analysis of 6 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2018;44(11):1317-20. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.07.023.
22. Pacheco Sanz M. Biometría y cálculo de las lentes intraoculares [Tesis]. [Zaragoza]: Universidad Zaragoza; 2014 [acceso 03/11/2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/21920755-Biometria-y-calculo-de-lentes-intraoculares.html>
23. Torres Hernández L. Estudio de técnicas biométricas y cálculo de la lente intraocular [Tesis]. [Valladolid]: Universidad de Valladolid; 2012 [acceso 03/11/2020];. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/1034>
24. Reitblat O, Assia EI, Kleinmann G, Levy A, Barrett GD, Abulafia A. Accuracy of predicted refraction with multifocal intraocular lens power calculation formulas. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015;43(4). DOI: 10.1111/ceo.12478.
25. Zhang Y, Liang X, Liu S, Lee J, Bhaskar S, Lam D. Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Formulas for Highly Myopic Eyes. *J Ophthalmol*. 2016;2016:1917268.1-7. DOI: 10.1155/2016/1917268.
26. Dalmagro JA, Urrets Zavalía JA. Ecometría para el cálculo de las lentes intraoculares. *Oftalmología Clínica y Experimental*. 2016 [acceso 26/07/2021]. Disponible en: https://oftalmologos.org.ar/oce_anteriores/items/show/351.

27. Cabal P. Comparación de fórmulas biométricas para el cálculo del poder de la lente intraocular IQ. Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga; 2018 [acceso 13/07/2021] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/1787>

Conflicto de intereses

Los autores plantean no tener conflicto de intereses en la presente investigación.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.

Curación de datos: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.

Análisis formal: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.

Investigación: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.

Metodología: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.

Administración de proyecto: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato

Supervisión: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato

Validación: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato

Visualización: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato

Redacción del borrador original: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato

Redacción, revisión y edición: Zucell Ana Vertía Rovirosa, Darianna Cecilia Simón Rivero, Eneida de la Caridad Pérez Candelaria, Iván Hernández López, Yaumary Bauza Fortunato.