



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA
ESPECIALIDAD DE OFTALMOLOGÍA

Revisión Sistemática de Cirugía Faco refractiva en pacientes con miopía alta

ANDREA ARMERÍA DÍAZ DE LEÓN

CVU: 1043455

DIRECTOR CLÍNICO

DRA. CRISTHIAN BERENICE CÁMARA MIRANDA
OFTALMOLOGÍA PEDIÁTRICA Y SEGMENTO ANTERIOR

DIRECTOR METODOLÓGICO

DR. MAURICIO PIERDANT PÉREZ
PEDIATRÍA Y CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA
MAESTRO EN CIENCIAS EN INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Enero 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA
ESPECIALIDAD DE OFTALMOLOGÍA

Revisión Sistemática de Cirugía Faco refractiva en pacientes con miopía alta

ANDREA ARMERÍA DÍAZ DE LEÓN

DIRECTOR CLÍNICO

DRA. CRISTHIAN BERENICE CÁMARA MIRANDA
OFTALMOLOGÍA PEDIÁTRICA Y SEGMENTO ANTERIOR

DIRECTOR METODOLÓGICO

DR. MAURICIO PIERDANT PÉREZ
PEDIATRÍA Y CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA
MAESTRO EN CIENCIAS EN INVESTIGACIÓN CLÍNICA

SINODALES

Dr. Pedro Luis Rodrigo Hernández Briano
nixodo@gmail.com
Presidente

Dra. María Guadalupe Castillo López
mg16cl@hotmail.com
Sinodal

Dra. Carla Rocío Robles Gutiérrez
carla_rrg@hotmail.com
Sinodal

Enero 2022



[Revisión Sistemática de Cirugía Faco refractiva en pacientes con miopía alta por Andrea Armeria Diaz de Leon se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

RESUMEN

Introducción: La miopía es la condición ocular más frecuente a nivel mundial, la definición de miopía alta se ha estandarizado como un equivalente esférico de $-5.00D$ o mayor o longitud axial mayor a $26mm$. Diferentes procedimientos han sido desarrollados para corregir la miopía alta, en este estudio, nos enfocamos en la extracción refractiva del cristalino con implante de lente intraocular (LIO). El cálculo más acertado del poder del LIO es de suma importancia para cumplir con las expectativas en ojos con longitud axial alta, por lo tanto, se realiza una revisión sistemática para analizar los resultados obtenidos por las principales fórmulas en la actualidad, valorando el error en la predicción de refracción posoperatoria.

Objetivo: Realizar una evaluación de la literatura encontrada en las principales bases de datos electrónicas, donde se describan resultados de la cirugía faco refractiva en pacientes con miopía alta en base al error predictivo de las fórmulas empleadas.

Método: La búsqueda de información se realizó en las fuentes de información electrónicas especializadas: PubMed, Trip Database, Cochrane Library y Science Direct. Los resultados fueron exportados y organizados dentro del gestor bibliográfico Zotero. Se realizó metanálisis de los resultados de MAE (error absoluto medio) y MNE (error numérico medio) de los artículos seleccionados para estimar qué fórmula es la más exacta para calcular el lente intraocular en ojos con miopía alta.

Resultados: Se seleccionaron 10 artículos que cumplieron los criterios de elegibilidad y calidad para la revisión sistemática, de los cuales, se utilizaron 7 artículos para realizar el metanálisis de medias únicas de MAE y 6 artículos para el metanálisis de medias únicas de MNE, la fórmula de Barrett Universal II obtuvo los valores globales menores de error predictivo en ambos metanálisis.

Conclusiones: La fórmula de Barrett al obtener los resultados más predecibles, se considera la fórmula estándar para cálculo de lente intraocular en pacientes con miopía alta.

Palabras clave: cirugía faco refractiva, miopía alta, lente intraocular.



INDICE

RESUMEN	1
LISTA DE TABLAS.....	3
LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	11
MÉTODOS Y BUSQUEDA DE INFORMACIÓN SISTEMATIZADA	12
ÉTICA.....	16
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	31
LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN	33
CONCLUSIONES.....	33
REFERENCIAS.....	34



II.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estrategia de búsqueda.....	13
Tabla 2: Resumen de artículos seleccionados.....	23
Tabla 3: Resultados predictivos de artículos seleccionados.....	25
Tabla 4: Resultados de MAE, MNE y MedAE.....	26
Tabla 5. Resultados metanálisis de medias únicas para MAE.....	28
Tabla 6. Resultados metanálisis de medias únicas para MNE.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo búsqueda de información sistematizada.....	18
--	----



III.

LISTA DE ABREVIATURAS

AV	Agudeza visual
BIS	Búsqueda de información sistematizada
D	Dioptrías
DeCS	Descriptores de Ciencias de la Salud
EVO	Emmetropia Verifying Optical
LA	Longitud axial
LASIK	Laser In Situ Keratomileusis
LIO	Lente intraocular
MAE	Mean absolut error
MedAE	Median absolut error
MeSH	Medical Subject Headings
MNE	Mean numerical error
PRK	Queratotomía fotorrefractiva
UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
ULIB	Group for Laser Interference Biometry



ANTECEDENTES

Un defecto refractivo surge de una condición anatómica del ojo, en la cual existe disparidad entre la longitud axial del ojo y su poder óptico¹, causando que las imágenes de los objetos no se encuentren enfocados en la retina. Existen tres principales tipos de errores refractivos: hipermetropía y miopía, que representan los llamados errores esféricos, y el astigmatismo, que involucra una asimetría óptica¹.

En 2010, fue estimado que los errores refractivos no corregidos son la principal causa de déficit de visión a distancia, afectando a 108 millones de personas, y siendo la segunda causa de ceguera tratable a nivel mundial².

La miopía es la condición ocular más frecuente a nivel mundial³, se ha reportado la prevalencia más alta en asiáticos (18.5%), donde se consideran proporciones epidémicas², seguido de hispanos (13.2%) y afroamericanos (6.6%)³.

Se puede definir la miopía como una enfermedad caracterizada por una longitud axial anormalmente aumentada del ojo (mayor a 24 mm) y un equivalente esférico mayor a -0.5D; la definición de miopía alta varía en diferentes estudios, se ha estandarizado como un equivalente esférico de -5.00D o mayor o longitud axial mayor a 26 mm⁴.

Diferentes procedimientos han sido desarrollados para corregir la miopía alta, incluyendo lentes de contacto, cirugía refractiva láser como Láser in situ keratomileusis (LASIK) y técnicas avanzadas de ablación de superficie, lentes intraoculares fáquicos y la extracción refractiva del cristalino con implante de lente intraocular (LIO)⁵.

Aunque la cirugía refractiva láser es la más realizada a nivel mundial, cuenta con limitaciones respecto a la calidad de la visión, ojo seco y el rango de corrección refractiva posible⁶; así mismo su asociación con complicaciones corneales como



ectasia, pérdida de flap o infección. Para evitar estas complicaciones, se ha retomado el camino de la sustitución del cristalino por un lente intraocular⁵.

La idea de remover el cristalino en pacientes con miopía alta con fines refractivos no es nuevo, los primeros registros datan del siglo XVIII⁷. Abbe Desmonceaux fue el primero el sugerir la extracción del cristalino como tratamiento para miopía en 1776, posteriormente en 1890, Fukala publicó su trabajo sobre tratamiento de miopía alta por afaquia⁸.

El intercambio refractivo de lentes es, por definición, una cirugía en la que se reemplaza una catarata o un cristalino transparente por un lente intraocular en casos de una alta ametropía⁸.

Con la tecnología actual, para ojos con longitud axial (LA) de 22-25 mm, las fórmulas modernas para cálculo de lente intraocular (LIO) presentan resultados precisos. Sin embargo, existe controversia sobre la precisión de fórmulas para cálculo de poder de lente intraocular en ojos con longitud axial alta⁹, éstos cuentan con una cámara anterior profunda, por lo tanto, el cálculo de LIO en éste grupo por lo general resulta en una sorpresa refractiva¹⁰.

La medida inadecuada de la LA preoperatoria ha sido reportada como la principal razón para obtener un error refractivo en miopía axial alta. Los métodos de biometría ultrasónica pueden producir errores en la presencia de estafiloma posterior, fijación excéntrica o la presencia de silicón en segmento posterior¹¹, otorgando una medición falsamente alta¹². El cálculo más acertado del poder del LIO es de suma importancia para cumplir con las expectativas para la refracción posoperatoria⁹.

Las fórmulas iniciales de cálculo de lente intraocular fueron desarrolladas para alcanzar la refracción posoperatoria deseada con pseudofaquia¹³.



La fórmula SRK/T es un método conocido con evidencia en reportes de su precisión en casos con miopía alta. La profundidad posoperatoria de la cámara anterior y la posición de la LIO, son predichos por SRK/T. Como resultado, ésta fórmula aplica un factor de corrección en ojos con longitud axial mayor a 24.2 mm, lo que favorece una estimación más certera de la profundidad de cámara anterior en ojo largo¹⁰. La fórmula Holladay 1 ha sido también exitosa en ojos emétopes y en ojos miopes¹⁰.

Las fórmulas estándar (tercera generación) tienden a seleccionar lentes intraoculares con poder insuficiente, dejando a los pacientes con hipermetropía posoperatoria¹⁴, lo cual, en la práctica no es el resultado deseado. En pacientes con miopía alta, el resultado refractivo posoperatorio recomendado es de -2.0 a -3.0 D, principalmente porque la mayoría de los pacientes miopes altos prefieren mantener mejor visión cercana que lejana¹⁵. Algunas excepciones podrían ser pacientes jóvenes que han tenido una adecuada corrección con lentes, y prefieren obtener emetropía en el posoperatorio¹⁵.

En las fórmulas de cuarta generación Holladay II, Haigis, Barrett Universal II, entre otras, también se toma en consideración la edad del paciente, refracción preoperatoria, profundidad de cámara anterior, grosor de cristalino y distancia blanco-blanco¹³. Otras fórmulas han mostrado resultados prometedores como la fórmula Kane, Olsen, EVO (Emmetropia Verifying Optical) y fórmula Panacea¹¹.

Barrett Universal II usa un modelo teórico del ojo, en el cual la profundidad de la cámara anterior esta relacionada con la longitud axial y queratometrías. La fórmula fue descrita como universal ya que supone trabajar para los diferentes tipos de lentes y para ojos con longitud axial corta, mediana y alta¹⁶.

Se han propuesto fórmulas de optimización de longitud axial en pacientes con miopía axial, Liu y cols, desarrollaron la fórmula Wang-Koch para ajuste de LA para uso con fórmula de Haigis, Hoffer Q, Holladay 1, SRK/T y Holladay 2. Se ha encontrado que



produce resultados miopes, por lo que se desarrollo la fórmula Wang-Koch modificada donde se usan las constantes de LIO del User Group for Laser Interference Biometry (ULIB)¹⁷.

La biometría óptica por interferometría de coherencia parcial permite medidas más exactas, aún en presencia de estafiloma¹², muestra ventajas en exactitud y reproductibilidad de la determinación de longitud axial y es más cómodo para el paciente y el operador¹¹, por ello, se ha convertido en un criterio estándar para los ojos en los que se realiza la extracción de cristalino e implante de lente intraocular ¹¹. Su factibilidad se encuentra limitada en casos de catarata densa, desprendimiento de retina y problemas de fijación¹¹.

La eficacia mejorada, predictibilidad, y seguridad de la facoemulsificación moderna en conjunto con métodos más certeros para medición de curvatura corneal, longitud axial, mejores fórmulas de cálculo de LIO y mejores técnicas quirúrgicas han resultado en la resurgencia de la extracción de cristalino como modalidad de corrección de miopía alta ⁸ y no simplemente un procedimiento de extracción, si no un procedimiento refractivo¹⁸.

La finalidad de realizar una revisión sistemática, basado en lo establecido por el manual de Cochrane, es recopilar toda la evidencia científica que se ajuste a los criterios de elegibilidad especificados para responder la pregunta de investigación. Utilizando una metodología sistemática con el propósito de minimizar el sesgo, proporcionando así hallazgos más confiables a partir de los cuales se puede extraer conclusiones y tomar decisiones sobre éste tema¹⁹.

La desviación de la refracción meta es una de las indicaciones más frecuentes para intervenciones secundarias posterior al implante de lente intraocular^{16,11}. La mejoría en la visión representa la mayor meta de la cirugía de cristalino, sin embargo el resultado refractivo se ha vuelto más relevante especialmente en pacientes miopes, cuando el intercambio de cristalino transparente es usado como cirugía refractiva¹¹.



La mayoría de estudios que valoran el poder del LIO reportan el error en la predicción de la refracción posoperatoria, el error se define como la diferencia entre el valor verdadero y el obtenido experimentalmente, utilizando el valor numérico de dicha diferencia, se calcula el MNE (mean numerical error) el cual, es el promedio de la diferencia numérica entre el valor predicho y el valor obtenido (error predictivo) para cada fórmula evaluada.

Así mismo, se calculó el MAE (Mean Absolute Error)¹⁸, el cual es el promedio de los errores predictivos tomados como valor absoluto para cada fórmula estudiada, ésta reflejó el sesgo sistémico de la fórmula; un valor negativo indica tendencia hacia la infra corrección, lo que produce un resultado hipermetrope comparado con la refracción predicha, y viceversa¹³; el MedAE (median absolute error) es la mediana de los valores de MAE.



JUSTIFICACIÓN

La idea de eliminar la necesidad de anteojos o lentes de contacto, principalmente debido a las aberraciones ópticas y la pobre calidad de visión con lentes aéreos, los ha convertido en soluciones pobres para corrección de miopía alta. Con la extracción refractiva del cristalino e implante de LIO se consigue una independencia significativa de anteojos para el paciente.

Los resultados visuales son mejores comparados con otros tratamientos refractivos, no se degrada con el tiempo y los resultados son predecibles, y cuentan con un mayor rango de corrección refractiva que LASIK o LIO fáquico.

El intercambio refractivo de lentes se considera un procedimiento efectivo y seguro en miopes altos, cuando se realiza una adecuada valoración preoperatoria.

La prevalencia de miopía continúa aumentando, convirtiéndose en un problema de salud pública importante, actualmente se proyecta que afectará a más del 50% de la población mundial para el año 2050. Por lo que nos encontramos en la necesidad de encontrar tratamientos más resolutivos, de mayor duración y con mayor influencia en la calidad de vida de los pacientes.

Aún con fórmulas de nueva generación, existe controversia entre el mejor método para realizar el cálculo de lente intraocular



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la fórmula para cálculo de lente intraocular más precisa para uso en pacientes con miopía alta sometidos a cirugía faco refractiva?

OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Realizar una evaluación de la literatura encontrada en las principales bases de datos, donde se describan resultados de la cirugía faco refractiva en pacientes con miopía alta, basado en el error de predicción de las diferentes fórmulas de cálculo de lente intraocular, y así, poder identificar cuál es la fórmula con menor error en la predicción del error refractivo posoperatorio.



MÉTODOS Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN SISTEMATIZADA

DISEÑO DEL ESTUDIO

Revisión sistemática cualitativa y cuantitativa con metanálisis.

UNIVERSO DE ESTUDIO

Estudios que compararon los errores de predicción de las diferentes fórmulas utilizadas para el cálculo de lente intraocular en pacientes con miopía alta sometidos a cirugía faco refractiva

CRITERIOS DE SELECCIÓN

- **INCLUSIÓN:**
 - Estudios originales.
 - Publicados después de 1994.
 - Que incluyeran pacientes con miopía alta a quienes se les realizó facoemulsificación con implante de lente intraocular.
- **NO INCLUSIÓN**
 - Estudios no realizados en humanos.
 - Relacionados con un procedimiento oftalmológico diferente a facoemulsificación e implante de lente intraocular.
 - Inclusión de pacientes con queratocono, lente intraocular fáquica o pacientes sin diagnóstico de miopía alta.
 - Estudios que no realizaran análisis de error en predicción de fórmula utilizada.
- **ELIMINACIÓN**
 - Estudios repetidos en las bases de datos.



- Estudios de baja calidad OPMER.

BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN SISTEMATIZADA (BIS)

Se realizó una estrategia de búsqueda en diferentes bases de datos durante el periodo de septiembre a octubre de 2021; utilizando las palabras clave, los términos MeSH y finalmente los términos DeCS descritos en la tabla siguiente:

PALABRA CLAVE	DECS	SINÓNIMOS	MESH	SINÓNIMOS
Facoemulsificación	El mismo	El mismo	phacoemulsification	El mismo
Implante de lente intraocular	Implantación de lentes intraoculares	El mismo	Lens Implantation, Intraocular	Implantation, Intraocular Lens Implantations, Intraocular Lens Intraocular Lens Implantation Intraocular Lens Implantations Lens Implantations, Intraocular
Miopía	Miopía	Cortedad de la vista	Myopia	Myopias Nearsightedness Nearsightednesses

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.

Las bases de datos y motores de metabúsqueda utilizados en este trabajo fueron: PubMed, Science Direct, Cochrane Library y Trip Database.

Primero, uno de los autores seleccionó los artículos por título, seguido de la revisión de forma independiente de los resúmenes por dos investigadores (AADL y MPP).



Se incluyeron estudios originales, publicados después de 1994, realizados en humanos en cualquier rango de edad, que contaran con diagnóstico de miopía alta y en los cuales se realizó extracción de cristalino transparente e inserción de lente intraocular como tratamiento refractivo.

La organización de los estudios obtenidos en las diferentes bases de datos electrónicas se realizó por medio del gestor bibliográfico Zotero, a través del cual se pudieron eliminar artículos duplicados. La eliminación de estudios duplicados se realizó también manualmente y de forma independiente por 2 investigadores (AADL y MPP).

Posteriormente, uno de los autores analizó los estudios potencialmente relevantes con versiones de texto completo utilizando una escala de calidad para tomar una decisión sobre la inclusión.

La calidad metodológica de los artículos originales se evaluó con la escala OPMER. Esta escala fue desarrollada en el Departamento de Epidemiología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la cual se basa en los criterios metodológicos para evaluar la calidad de los artículos y contiene una lista de verificación que incluye cinco grupos de validez que abordan la solidez científica de los artículos originales; Objetivo, Población, Metodología, Estadística y Resultados. Se seleccionaron los artículos que obtuvieran más de 14 puntos.



VARIABLES: No aplica

TIPO DE MUESTREO: No aplica

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA: No aplica

MÉTODO DE ALEATORIZACIÓN: No aplica

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Las variables de respuesta para la síntesis cuantitativa fueron el error numérico medio (MNE) y el error absoluto medio (MAE) entre los valores de las fórmulas y el valor final observado en cada ojo. El método metanalítico se basó en el método de varianza inversa, estimador de heterogeneidad de DerSimonian-Laird (τ^2), y el estimador acumulado para la variable de respuesta fue medias sin transformar (sin procesar). Todos los análisis se realizaron utilizando el metapaquete en el software estadístico R versión 3.5.



ÉTICA

Investigación sin riesgo, no se realizó investigación en seres humanos.

Se sometió a evaluación por el Comité de Investigación del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto” y fue aprobado con fecha del 23 de junio de 2021, con registro COFEPRIS 17 CI 24 028 093, así como por el Comité de Ética en Investigación CONBIOETICA-24-CEI-001-20160427, con número de registro 51-21.

Se trata de un estudio en el que se revisó literatura médica ya publicada, no se realizó ninguna intervención en pacientes. El estudio no viola los principios éticos establecidos en la declaración de Helsinki y la actualización realizada en octubre de 2013.



RESULTADOS

Se realizó una revisión sistemática cualitativa con base a los criterios Preferred Reporting System Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

La búsqueda de información avanzada (BIS) se inició en septiembre de 2021 y concluyó en noviembre de 2021 en fuentes de información especializadas como PubMed, Trip Database, Cochrane Library y Science Direct.

Se encontraron 1458 documentos por medio de la estrategia de búsqueda, los cuales se analizaron por título y resumen, se descartaron 1359 artículos. Se analizaron 99 artículos que incluían los descriptores utilizados. A través del gestor bibliográfico Zotero se identificaron 37 artículos duplicados, los cuales fueron corroborados de forma por dos investigadores de manera ciega e independiente.

Fue posible recuperar 62 artículos para la evaluación de elegibilidad, de los cuales se eliminaron los estudios con calificación OPMER menor a 14 y los que no cumplieran con los criterios de inclusión. 10 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y tenían la calidad adecuada para la realización de la revisión sistemática (figura 1).

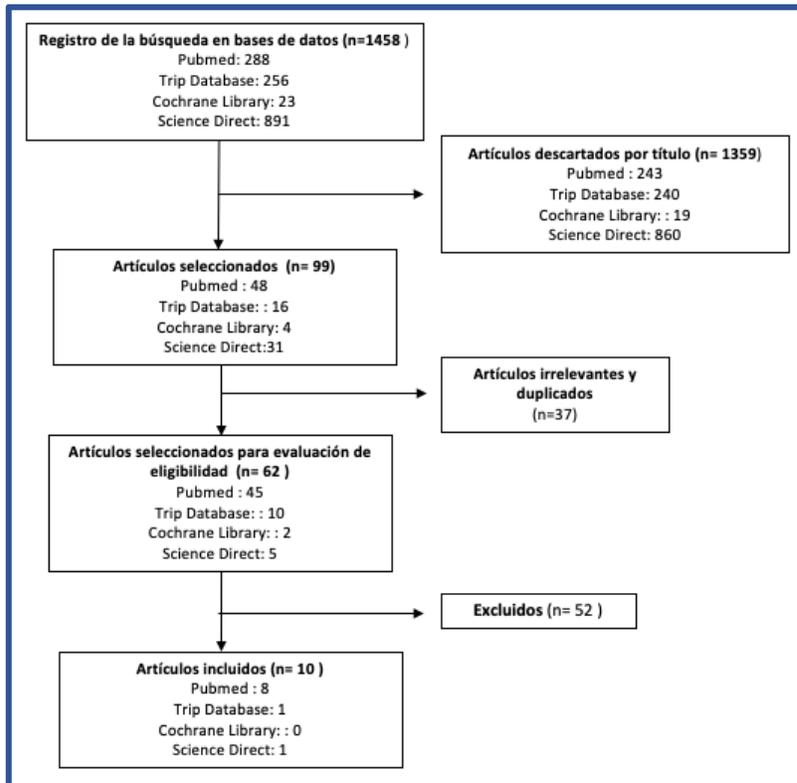


Figura 1. Diagrama de flujo BIS.

Características de los estudios

En los 10 estudios se incluyó un total de 1094 pacientes, con edades comprendidas entre 38 a 93 años. Todos éstos pacientes contaron con diagnóstico de miopía alta. Ninguno de éstos pacientes contaron con complicaciones transoperatorias, ni se les realizó ningún otro procedimiento durante la cirugía, así mismo, ningún paciente contaba con otros diagnósticos como queratocono, glaucoma, desprendimiento de retina o antecedente de cirugía refractiva corneal.

Liu y cols. investigaron la precisión del cálculo de poder de LIO en ojos de pacientes de origen chino con miopía alta, usando 2 fórmulas nuevas (Barrett Universal II y Hill-RBF 2.0), tres fórmulas no modificadas (Haigis, Holladay 1 y SRK/T) y el ajuste original y el modificado para longitud axial de Wang-Koch con las fórmulas Holladay 1 y SRK/T¹⁷.



Haigis, Holladay 1 y SRK/T produjeron en error numérico (MNE) hipermetrópico. Las fórmulas con modificación Wang-Koch indujeron un error miópico. Las fórmulas con Wang-Koch modificado fueron menos agresivas en producir resultados miópicos comparado con la fórmula original de Wang-Koch, con incidencia de resultados hipermétropes similares a Barrett (28-36%), pero menor que las demás fórmulas.

Barrett produjo error promedio absoluto (MAE) significativamente menor que Holladay 1, SRK/T, SRK/T w/k y SRK/T w/k modificada. Utilizando las constantes ULIB, las fórmulas de Barrett Universal II y Hill-RBF produce MNE cercano a cero. Las fórmulas Barrett, Hill-RBF, y el ajuste original y modificado de Wang-Koch redujeron el porcentaje de resultados hipermétropes en ojos con miopía axial¹⁷.

Cheng y cols. valoraron si el ajuste de longitud axial con Wang-Koch modificada aumentaba la precisión de las fórmulas SRK/T y Holladay 1 comparándolas con el método clásico sin corrección en ojos con alta miopía.

La certeza con el ajuste de Wang-Koch fue comparada también con la fórmula de Barrett Universal II y con la fórmula de Haigis, que también ha sido recomendada para el cálculo de LIO en ojos miopes altos en otros estudios⁹. Barrett obtuvo el menor error absoluto medio (MedAE), seguido por Haigis con constante optimizada y Holladay 1 con ajuste modificado de Wang-Koch⁹.

Sus resultados mostraron que el ajuste modificado de Wang-Koch pudiera ser una mejor opción que la optimización para Holladay 1 en ojos grandes, pero no para SRK/T. Barrett Universal II tuvo el menor error de predicción, aunque Holladay 1 con ajuste modificado de Wang-Koch obtuvo menos porcentaje de ojos con resultados hipermétropes y fue más certera que la fórmula en línea para ojos con longitud axial entre 25.00 y 27.00 mm⁹.

Fuest y cols. su análisis de resultados refractivos en 63 ojos con miopía alta en quienes se realizó facoemulsificación con implante de lente intraocular, encontraron que la



precisión indicada mediante MedAE de Barrett Universal II, Haigis y RBF fueron altas y comparables, mientras que las fórmulas de tercera generación Holladay y SRK/T tuvieron un desempeño menos exacto, sin embargo, se mantienen populares en la clínica ya que ofrecen resultados relativamente buenos con la simplicidad de solo requerir algunos datos biométricos como queratometría y longitud axial¹⁶.

En el estudio realizado por Idrobo y cols. comparan la exactitud de la fórmula T2 con SRK/T y Holladay 1, concluyen que el cálculo de LIO en ojos con miopía alta es un asunto complicado, y aún con las fórmulas modernas, existen los errores. La fórmula SRK/T es una de las fórmulas más exactas para pacientes con longitud axial alta, con la ventaja de su disponibilidad. Por lo tanto, buscar la mejoría de éste método es un asunto relevante, aún en la presencia de fórmulas de nueva generación. En su estudio, la fórmula T2 fue menos precisa que SRK/T en ojos con miopía alta y propone un método para mejorar el desempeño de la fórmula T2¹⁰.

Roessler y cols. en su estudio retrospectivo determinaron el resultado refractivo de cirugía de catarata e implante de LIO posterior a biometría óptica usando la fórmula de Haigis, con atención en ojos con longitud axial alta. Se incluyeron 37 pacientes con longitud axial mayor a 26.5 mm. Adicionalmente, las predicciones del poder del LIO fueron re-calculadas usando Holladay Q y SRK/T y comparadas con los resultados generados por el cálculo con fórmula de Haigis¹¹. En los resultados, la fórmula de Haigis presentó un error de predicción menor que Holladay 1, seguido de SRK/T¹¹.

En el estudio realizado por Terzi et al, evaluaron los resultados con 4 fórmulas modernas de cálculo de LIO: Holladay 2, Hoffer Q, SRK/T y Haigis, en ojos con longitud mayor a 26.00 mm o menor a 22 mm¹³. En el preoperatorio, se realizó cálculo de LIO con fórmula de Holladay 2, y de forma retrospectiva con Haigis, Hoffer Q y SRK/T¹³.

Todas las fórmulas obtuvieron un MNE negativo, y 77-95% tuvieron una sorpresa refractiva hacia la hipermetropía. El error absoluto con la fórmula de Haigis fue



estadísticamente significativa menor que con Hoffer Q y Holladay 2. Los autores reportan que todas las fórmulas tienden a subestimar el poder del LIO¹³.

Hoffer y cols. evaluaron el desempeño de la fórmula Holladay 2 y la compararon con Holladay 1, Hoffer Q y SRK/T en 317 ojos que se dividieron en 4 categorías según su longitud axial. Holladay 2 tuvo buenos resultados en ojos miopes altos, mientras que SRK/T de forma consistente logró en error predictivo más bajo en todos los ojos¹³.

Yokoi y cols, utilizando la fórmula SRK/T, valoraron los resultados refractivos en pacientes con longitud axial mayor a 26.5 mm y midieron el error predictivo. En conclusión, la incidencia de pacientes con alta miopía a quienes se realizó facoemulsificación fue más alta en mujeres y fue más alta en pacientes en las edades alrededor de los 40-50 años. Aproximadamente 80% de los pacientes con miopía alta seleccionaron miopía leve-moderada como refracción meta, un 15% seleccionaron emetropía¹⁵.

El estudio realizado por Abulafia y cols. Involucró una revisión retrospectiva de pacientes de cirugía de catarata con longitud axial mayor a 26.00 mm. Analizaron las fórmulas Holladay 1, Haigis, SRK/T, Hoffer Q usando constantes de interferometría óptica, constantes ULIB y ajuste de longitud axial. También se compararon las fórmulas Holladay 2, Olsen y Barrett Universal II¹⁴.

Con la fórmula Barrett Universal II, se obtuvo un error numérico estadísticamente significativo más bajo que con las fórmulas estándar¹⁴. Las fórmulas SRK/T, Haigis, Barrett Universal II, Holladay 2 y Olsen obtuvieron buena predicción de refracción en longitudes axiales sobre 26.00 mm y poder de LIO de 6.0D o mayor. No existió beneficio en usar las constantes ULIB sobre las constantes estándar para las fórmulas Holladay 1, SRK/T y Hoffer Q¹⁴.

Diversos estudios han evaluado un número substancial de ojos en el rango de diferentes longitudes axiales. Aristodemou y cols, en su estudio de 8108, mostraron



que la fórmula SRK/T fue la fórmula más exacta para ojos con longitud axial mayor a 26.00 mm¹⁸.

Kane y cols, en su estudio de 3241 ojos, mostraron que la fórmula de Barrett Universal II obtuvo un valor significativamente menor de error absoluto que todas las demás fórmulas (Hiagis, Hoffer Q, Holladay1, SRK/T, T2 y Holladay 2)¹⁸.

Para fórmulas de tercera generación la Holladay 1 obtuvo menor error absoluto que Hoffer Q y SRK/T. SRK/T fue más exacta que Hoffer Q. Barrett mostró porcentajes de predicción considerablemente más altos y menor error predictivo que las demás fórmulas en los 77 ojos con longitud axial mayor a 26 mm, seguido de SRK/T, T2, Hiaigis, Holladay 2, Holladay 1 y Hoffer Q¹⁸.

Zhang y cols. Reportaron sobre la exactitud de cálculo de lente intraocular en ojos con longitud axial mayor a 26 mm y concluyeron que las fórmulas Barrett Universal II, SRK/T y Haigis contaban con exactitud similar; sin embargo, la fórmula Barrett Universal II obtuvo un menor error predictivo⁴.

El resumen de los artículos seleccionados se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2):

Tabla 2. Resumen de artículos seleccionados

NUMERO	TITULO	AUTORES	REVISTA	AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA	DESCRIPCION BREVE	LIO	CALCULO	FORMULA	RESULTADOS
1	Comparison of intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with axial myopia	Lü et al.	J Cataract Refract Surg	2019	ASESORAR LA EXACTITUD DE FORMULAS PARA CALCULO DELENTE INTRAOCULAR EN OJOS DE PACIENTES CHINOS CON LONGITUD AXIAL MAYORA O 26MM.	SERIE DE CASOS PROSPECTIVO, ABRIL 2015 A MARZO 2018	136 OJOS DE 92 PACIENTES	EVALUO FORMULA BARRETT UNIVERSAL Y HILL-RBF HAGIS, HOLLADAY 1 SRKT, SE AGREGO AJUSTE WANG-KOCH ORIGINAL Y MODIFICADA CON HOLLADAY Y SRKT, SE CALCULO EL ERROR PREDICTIVO RESTANDO LA REFRACCION PREDICHA DE LA REFRACCION POSOPERATORIA.	AKreos AdaptAO (Bausch & Lomb), Tecnis Z9003, Sensar AP40 eIE (both Abbott Medical Optics, Inc.) JO AcrySof SN60 WF (Alcon Laboratories, Inc.)	IOL Master 500, Carl Zeiss HOLLADAY 1, SRKT Medlic AG	BARRETT II, HILL-RBF HAGIS, HOLLADAY 1, SRKT Medlic AG	BARRETT MENOR ERROR, SEGUO DE HILL-RBF, PERO NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE BARRETT, HILL-RBF HAGIS Y AJUSTE WANG KOCH CON HOLLADAY 1. FORMULAS CON AJUSTE WANG KOCH MENOR PORCENTAJE DE OJOS CON RESULTADOS HIPERMETROPES (15-18%) QUE OTRAS FORMULAS (28-91%)
2	Accuracy of Modified Axial Length Adjustment Intraocular Lens Power Calculation in Chinese Axial Myopic Eyes	Cheng et al.	Current Eye Research	2019	EVALUAR LA EXACTITUD DEL AJUSTE MODIFICADO WANG-KOCH PARA CALCULO DELENTE INTRAOCULAR EN OJOS CON MIOPIA AXIAL EN EL CENTRO OFTALMOLOGICO GUANGZHOU, CHINA, 2018	SERIE DE CASOS PROSPECTIVO, DE AGOSTO 2016 A ABRIL 2018	325 OJOS DE 238 PACIENTES	SERIALIZO FACOEMULSIFICACION DE CATARATA E IMPLANTE DE LIO EN BOLSA CAPSULAR, OJOS CON LONGITUD AXIAL MAYOR A 25 MM USANDO SRKT Y HOLLADAY 1 CON AJUSTE MODIFICADO DE WANG-KOCH Y SE COMPARO CON BARRETT UNIVERSAL II Y HAGIS. SE CALCULO ERROR ABSOLUTO: DIFERENCIA ENTRE REFRACCION PREDICHA Y REFRACCION POSOPERATORIA.	AKreos AdaptAO (Bausch & Lomb), Tecnis Z9003, Sensar AP40 eIE (both Abbott Medical Optics, Inc.) JO AcrySof SN60 WF (Alcon Laboratories, Inc.)	IOL Master 500, Carl Zeiss HOLLADAY 1, SRKT Y HAGIS CON CONSTANTES ULB, HOLLADAY 1, SRKT Y HAGIS CON CONSTANTES OPTIMIZADAS, HOLLADAY 1 + WIKIMOD.	HOLLADAY 1, SRKT Y HAGIS CON CONSTANTES OPTIMIZADAS, HOLLADAY 1 + WIKIMOD.	EL AJUSTE MODIFICADO DE WANG-KOCH OBTUVO MEJOR DESEMPEÑO QUE LA OPTIMIZACION DE CONSTANTES PARA HOLLADAY 1 PERO NO PARA SRKT, HOLLADAY 1 CON AJUSTE WANG-KOCH FUE MAS CERTERA QUE BARRETT PARA LONGITUDES AXIALES ENTRE 25.00 Y 27.00 MM. BARRETT MAYOR PORCENTAJE DE OJOS DENTRO DE +0.5D DE PREDICCIÓN, NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE BARRETT Y HOLLADAY 1 + WIKIMOD.
3	Intraocular lens power calculation for plus and minus lenses in high myopia using partial coherence interferometry	Fuestel et al.	Int Ophthalmol	2021	EVALUAR LA PRECISION DEL CALCULO DE LA POTENCIA DELENTE INTRAOCULAR EN PACIENTES CON MIOPIA ALTA, IMPLANTANDO LENTES POSITIVAS Y NEGATIVAS.	SERIE DE CASOS RETROSPECTIVO	58 ojos	SE INCLUYERON 50 OJOS MIOPIOS CON LONGITUD AXIAL >26.00MM, A QUIENES SE LES REALIZO FACOEMULSIFICACION E IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR, TRAS BIOMETRIA USANDO IOL MASTER 500. SE REALIZO EL CALCULO CON FORMULA DE HAGIS PARA COMPARACION LA REFRACCION SE CALCULO USANDO BARRETT UNIVERSAL II, HOLLADAY 1, HILL-RBF Y SRKT, SE UTILIZARON	CT Spheris 204 (Carl Zeiss Meditec)	IOL Master 500, Carl Zeiss Meditec, Inc.	HAGIS, BARRETT UNIVERSAL II, HOLLADAY 1, HILL-RBF Y SRKT	RESULTADOS DE REFRACCION DENTRO DE 1 DIOPTRIA DE REFRACCION META, BARRETT 80%, HAGIS 87%, RBF 82%, LA EXACTITUD DE BARRETT, HILL-RBF Y SRKT TENDENCIA A MAYOR ERROR ABSOLUTO EN LENTES INTRAOCULARES NEGATIVOS.
4	T2 formula in a highly myopic population: comparison with other methods and description of an improved approach for estimating corneal curvature	Idrobo-Robalino et al.	BMC Ophthalmology	2019	DETERMINAR EXACTITUD DE FORMULA T2 APLICADA EN ALTOS MIOPIOS, COMPARAR FORMULA T2 CON SRKT Y HOLLADAY 1 Y DESCRIBIR POSIBLES FORMAS DE MEJORAR LA ESTIMACION ALTURA CORNEAL Y PREDICCIÓN DEL ERROR.	SERIE DE CASOS RETROSPECTIVO, JUN 2012 A NOV 2015	63 ojos	63 OJOS MIOPIOS AL TOSO A QUIENES SE LES REALIZO FACOEMULSIFICACION DE CRISTALINO E INSERCIÓN DELENTE INTRAOCULAR, SE OBTUVIERON LOS ERRORES DE PREDICCIÓN.	Alcon AcrySof® SN60 IOL Master 500, Carl Zeiss Meditec, Inc.	T2, SRKT, HOLLADAY 1.	FORMULA T2 PARECE SER MENOS EXACTA QUE LA FORMULA SRKT EN OJOS CON ALTA MIOPIA.	
5	Accuracy of intraocular lens power calculation using partial coherence interferometry in patients with high	Roeselle et al.	Ophthalmic & Physiological Optics	2012	ASESORAR LA EXACTITUD DEL CALCULO DELENTE INTRAOCULAR CON BIOMETRIA OPTICA USANDO IOL MASTER EN UN GRUPO DE PACIENTES CON MIOPIA	SERIE DE CASOS RETROSPECTIVO	37 OJOS	SERIALIZO FACOEMULSIFICACION CON IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR EN OJOS MIOPIOS CON LONGITUD AXIAL MAYOR A 26.5 MM, UTILIZANDO IOL MASTER PARA EL CALCULO DELENTE INTRAOCULAR, SE UTILIZO FORMULA DE HAGIS EN TODOS LOS CASOS, LA REFRACCION FUERE CALCULADA	AcrySof MA60 BM (Alcon Laboratories) Y ACR6D SE (Corneal Laboratories) Meditec, Inc.	HAGIS, SRKT, HOLLADAY 1 (Version 3.01; Carl Zeiss Meditec, Inc.)	EL ERROR EN PREDICCIÓN FUE SIGNIFICATIVAMENTE MENOR CON FORMULA DE HAGIS EN UN MAYOR NUMERO DE SUJETOS DENTRO DE LOS LIMITES DE REFRACCION COMPARADO CON LAS DEMAS FORMULAS.	

Tabla 2 Continuación. Resumen de artículos seleccionados

6	Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia	Terziet al.	J Cataract Refract Surg	2009	DETERMINAR LA EXACTITUD DE LAS FORMULAS HOLLADAY 2, HOFFER Q, SRKTY Y HAGIS PARA CALCULO DELENTE INTRAOCULAR EN INTERCAMBIO REFRACTIVO DE CRISTALINO EN MIOPIA ALTA E HIPERMETROPIA ALTA CON LIO FLEXIBLE DE ACRILICO HIDROFOBICO.	44 OJOS DE RETROSPECTIVO .NOVIEMBRE 2007	SER REALIZO FACOEMULSIFICACION CON IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR EN CAMARA POSTERIOR EN 44 OJOS CON MIOPIA ALTA Y 19 CON HIPERMETROPIA ALTA. EL ERROR DE PRECISION SE CALCULO DE FORMA RETROSPECTIVA PARA LA FORMULA HOLLADAY 2, HOFFER Q, SRKTY Y HAGIS.	AcrySof MA60MA IOL, AcrySof MA60BM, AcrySof SA60AT, AcrySof MA60AC, Sensar AR40e	IOL Maslbr 500, Carl Zeiss 2.50.1.339), Meditec, Inc.	Holladay IOL Consultant software (version 2.50.1.339), HOLLADAY 2, HOFFER Q, SRKTY Y HAGIS.	CON LAS CONSTANTES OPTIMIZADAS LA FORMULA HAGIS PRODUJO EL ERROR PREDICTIVO MAS BAJO, SEGUIDO DE SRKTY, HOLLADAY 2 Y HOFFER Q. EL ERROR CON FORMULA DE HAGIS FUE ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVO MAS BAJO QUE CON HOFFER Q Y HOLLADAY 2.
7	Evaluation of refractive error after cataract surgery in highly myopic eyes	Yokoi et al.	Int Ophthalmol	2013	ANALIZAR ERROR REFRACTIVO META Y POSOPERATORIO EN OJOS CON MIOPIA ALTA TRAS FACOEMULSIFICACION E IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR Y EXAMINAR LOS FACTORES PREOPERATORIOS QUE INFLUENCIARAN ESTOS DEFECTOS REFRACTIVOS.	84 OJOS DE RETROSPECTIVO DE 64 .ABRIL 2009 A MARZO 2010	FACOEMULSIFICACION DE CRISTALINO CON IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR EN 84 OJOS CON MIOPIA ALTA (MAYOR A 26.50MM). SER REALIZO EXPLORACION OFTALMOLOGICA COMPLETA INCLUYENDO AY MEJOR CORREGIDA ERROR REFRACTIVO (EQUIVALENTE ESFERICO) Y OFTALMOSCOPIA POR LO MENOS UNA VEZ CADA 3 MESES POR 6 MESES.	AcrySof Sbf3 piezas	IOL Maslbr (software version 3.01.0294; Carl Zeiss Meditec	SRKTY	EL ERROR REFRACTIVO POSOPERATORIO FUE SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR EN QUELLOS OJOS CON LONGITUD AXIAL > 31.00D.
8	Intraocular lens power calculation for eyes with an axial length greater than 26.0 mm: Comparison of formulas and methods	Abulafia et al.	J Cataract Refract Surg	2015	EVALUAR Y COMPARAR LA EXACTITUD DE LAS FORMULAS Y ETODOS PARA CALCULO DELENTE INTRAOCULAR PARA OJOS CON LONGITUD AXIAL MAYOR A 26 MM.	106 OJOS DE RETROSPECTIVO de 68 pacientes .OCT 2010 A JULIO 2012	SER REALIZO FACOEMULSIFICACION CON IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR. SE COMPROBO EL RESULTADO REFRACTIVO POSOPERATORIO CON LOS VALORES PREDICHOS USANDO LAS FORMULAS: HOLLADAY 1, SRKTY, HOFFER Q Y HAGIS CON CONSTANTES IPTCAS DELLENTE CON CONSTANTES DEL USER GROUP FOR LASER INTERFERENCE BIOMETRY CONSTANTS Y CON EL METODO DE AJUSTE DE LONGITUD AXIAL USANDO FORMULAS DE NUEVA GENERACION COMO BARRETT UNIVERSAL II.	AcrySof (Alcon)	IOL Master V5.4 y Lenstar (Haag-Streit AG)	HOLLADAY 1, SRKTY, HOFFER Q, HAGIS, BARRETT UNIVERSAL II, HOLLADAY 2, OLSEN	LAS FORMULAS SRKTY, HAGIS (ULB), BARRETT UNIVERSAL II, HOLLADAY 2 Y OLSEN TIENEN LA MEJOR PREDICCION DE RESULTADOS REFRACTIVOS PARA LONGITUDES AXIALES MAYORES A 26.00 MM Y PARA PODER DELENTE INTRAOCULAR DE 6.00 D O MAYOR. NO SE VIO BENEFICIO EN USAR LAS CONSTANTES ESTANDAR PARA HOLLADAY 1, SRKTY Y HOFFER Q. LA MEJOR PREDICCION SE OBTUVO CON HOLLADAY 1 (CON AJUSTE DE LA), HAGIS (CON AJUSTE DE LA) Y BARRETT UNIVERSAL II.
9	Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas	Kane et al.	J Cataract Refract Surg	2016	ASESORAR LA EXACTITUD DE 7 FORMULAS UTILIZADAS PARA CALCULAR EL PODER DELENTE INTRAOCULAR USANDO BIOMETRIA POR IOLMASTER Y CONSTANTES DELENTE OPTIMIZADAS.	3241.77 OJOS DE RETROSPECTIVO .FEB 2010 A NOV 2015	DATOS DE PRECINTESA QUIENES SE REALIZO CIRUGIA DE CATARATA SIN EVENTUALIDADES Y SE IMPLANTO LENTE INTRAOCULAR. SE USARON CONSTANTES OPTIMIZADAS PARA DETERMINAR EL ERROR EN LA PREDICCION DEL RESULTADO REFRACTIVO. OJOS SEPARADOS EN SUBGRUPOS SEGUN LONGITUD AXIAL: CORTO (<22MM), MEDIANO (-22~-24.5), MEDIANO-LARGO (>24.5 A <26.00) Y LARGO (>26.00MM).	AcrySof IQ SNG6WF	IOL Master (version 5.4, Carl Zeiss Meditec AG)	HAGIS, HOFFER Q, HOLLADAY 1, SRKTY, BARRETT UNIVERSAL II, TZ, HOLLADAY Q, HOLLADAY 2 Y SRKTY.	BARRETT II OBTUVO EL MAE MAS BAJO DE LAS FORMULAS EVALUADAS. LA DIFERENCIA FUE ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVA COMPARADA CON HAGIS, HOFFER Q, HOLLADAY Q, HOLLADAY 2 Y SRKTY.
10	Effect of Axial Length Adjustment Methods on Intraocular Lens Power Calculation in Highly Myopic Eyes	Zhang et al.	Am J Ophthalmol	2020	EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LAS FORMULAS HOLLADAY 1 Y SRKTY JUNTO CON LOS METODOS DE AJUSTE DE LONGITUD AXIAL EN PACIENTES CON MIOPIA ALTA Y LONGITUD AXIAL MAYOR A 26.00 MM.	164 OJOS DE RETROSPECTIVO DE 164 PACIENTES . CIRUGIA POR FACOEMULSIFICACION E IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR.	PACIENTE CON MIOPIA ALTA Y LONGITUD AXIAL MAYOR A 26MM QUE SE LE REALIZO CIRUGIA POR FACOEMULSIFICACION E IMPLANTE DELENTE INTRAOCULAR.	en Vista model MX60; Bausch & Lomb Incorporated	IOL Master 700 (Carl Zeiss Medit-ec, Jena, Germany)	HOLLADAY 1, SRKTY	LAS FORMULAS HOLLADAY 1 Y SRKTY COMBINADAS CON METODOS DE AJUSTE DE LONGITUD AXIAL CONTARON CON PRECISION SIMILAR A FORMULAS DE CUARTA GENERACION EN OJOS CON MIOPIA ALTA.

Los artículos seleccionados que comprobaron la exactitud de predicción de la refracción posoperatoria realizando el cálculo del error de predicción mediante el MAE (Mean Absolut Error), se presentan a continuación:

Tabla 3. Resultados predictivos de artículos seleccionados

ARTICULO	HAIGIS		BARRETT		SRK/T		HOFFER Q		HOLLADAY 1		HOLLADAY 2		
	N	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO
1	136	0.41		0.32		0.49				0.45			
2	325	0.61		0.48						0.73			
3	58	0.38	0.25-0.63	0.49	0.34-0.64	0.44	0.25-0.75			0.75	0.40-1.13		
4	63					0.418				0.455			
5	37	0.7				1.01				0.85			
6	44	0.21	0.01-0.91			0.23	0.00-0.73	0.32	0.04-0.91			0.29	0.01-0.92
7	84					0.72	0.25-1.19						
8	76	0.31	0.00-0.80	0.28	0.00-0.71	0.28	0.01-0.98	0.37	0.02-1.36	0.4	0.00-1.55	0.34	0.01-1.24
8	30	0.69	0.06-1.79	0.3	0.03-1.18	0.84	0.20-2.10	1.42	0.30-2.57	1.21	0.23-2.29	1.13	0.07-2.33
9	77	0.526		0.435		0.484		0.589		0.586		0.544	
10	164	0.38				0.43				0.62			

ARTICULO	OLSEN		HILL -RBF		T2		HOLLADAY 1 /W-K		SRK/T /W-K		HOLLADAY 1 /W-K MOD		SRK/T /W-K MOD		
	N	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO	MAE	RANGO
1	136			0.37				0.37		0.46		0.39		0.47	
2	325											0.47		0.55	
3	58			0.44	0.25-0.57										
4	63					0.435									
5	37														
6	44														
7	84														
8	76	0.26	0.01-0.81												
8	30	0.49	0.05-1.37												
9	77					0.498									
10	164														

Se obtuvieron los datos de las fórmulas más frecuentes encontradas en los estudios seleccionados, los datos obtenidos de MAE (Mean Absolut Error), MNE (Mean Numerical Error) o MedAE (Median Absolut Error) fueron los siguientes:

Tabla 4. Resultados de MAE, MNE y MedAE.

ARTICULO	HAIGIS							BARRETT					
	N	MAE	DS	RANGO	MNE	DS	MedAE	MAE	DS	RANGO	MNE	DS	MedAE
1	136	0.41			0.29	0.52	0.36	0.32			-0.09	0.42	0.27
2	325	0.61			0.00	0.84	0.42	0.48			-0.08	0.67	0.34
3	58						0.38						0.49
4	63												
5	37	0.7	0.59										
6	44	0.21	0.21	0.01-0.91	-0.75	0.52							
7	84												
8	76	0.31	0.22	0.00-0.80	-0.17	0.35	0.3	0.28	0.19	0.00-0.71	-0.1	0.32	0.26
8	30	0.69	0.38	0.06-1.79	0.67	0.41	0.66	0.3	0.21	0.03-1.18	0.1	0.39	0.21
9	77	0.526					0.392	0.435					0.37
10	164							0.38	0.49				0.28
ARTICULO	SRK/T							HOLLADAY 1					
	N	MAE	DS	RANGO	MNE	DS	MedAE	MAE	DS	RANGO	MNE	DS	MedAE
1	136	0.49			0.25	0.68	0.34	0.45			0.7	0.56	0.4
2	325							0.73			0	0.93	0.58
3	58						0.44						0.75
4	63	0.418	0.327				0.352	0.455	0.314				0.389
5	37	1.01	0.61					0.85	0.68				
6	44	0.23	0.18	0.00-0.73	-0.33	0.44							
7	84	0.72	0.47	0.25-1.19									
8	76	0.28	0.21	0.01-0.98	-0.05	0.35	0.23	0.4	0.31	0.00-1.55	0.35	0.36	0.35
8	30	0.84	0.5	0.20-2.10	0.82	0.53	0.67	1.21	0.41	0.23-2.29	1.21	0.41	1.19
9	77	0.484					0.419	0.586					0.441
10	164	0.43	0.58				0.35	0.62	0.48				0.4
ARTICULO	HOLLADAY 2												
	N	MAE	DS	RANGO	MNE	DS	MedAE						
1	136												
2	325												
3	58												
4	63												
5	37												
6	44	0.29	0.2	0.01-0.92	-0.5	0.47							
7	84												
8	76	0.34	0.28	0.01-1.24	0.22	0.38	0.29						
8	30	1.13	0.47	0.07-2.33	1.13	0.47	1.02						
9	77	0.544					0.404						
10	164												



RESULTADOS DE METANÁLISIS

Metanálisis de medias únicas para MAE

Para este estimador, se incluyeron siete estudios que informaron el error absoluto medio (MAE) (Terzi 2011, Ressler 2012, Ressler 2013, Yokoi 2013, Abulafia 2015, Idrobo_Robalino 2019 y Zhang 2020) (Tabla 5).

Fórmula de Barrett Universal II:

Dos estudios utilizaron la fórmula Barrett Universal II (Abulafia 2015 y Zhang 2020), el estimador de varianza (τ^2) entre estos estudios combinados mostró una heterogeneidad significativa ($\tau^2 = 0,004$, $\chi^2 = 5,16$, $gl = 1$, $p = 0,02$), e I² mostró 81 % heterogeneidad). Se utilizó el modelo de efectos aleatorios para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global de MAE con la fórmula de Barrett fue de 0,33 (IC del 95% = 0,23; 0,42).

Fórmula de Haigis:

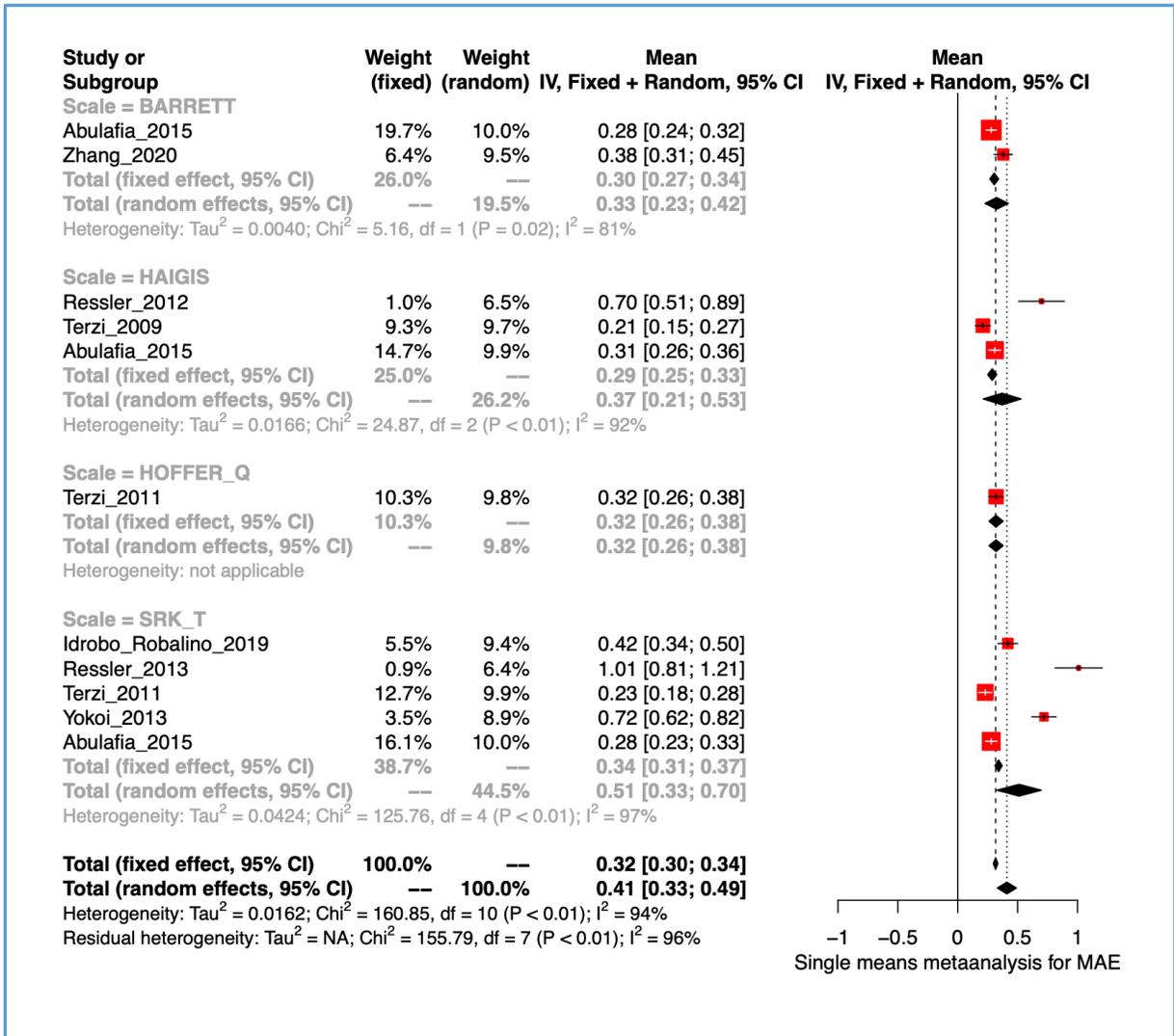
Tres estudios utilizaron la fórmula Haigis (Ressler 2012, Terzi 2009 y Abulafia 2015), el estimador de varianza (τ^2) entre estos estudios combinados mostró heterogeneidad significativa ($\tau^2 = 0.0166$, $\chi^2 = 24.87$, $gl = 2$, $p < 0.01$) e I² mostró una heterogeneidad del 92%. Se utilizó el modelo de efectos aleatorios para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global de MAE con la fórmula Haigis fue de 0,37 (IC del 95% = 0,21; 0,53).

Fórmula SRK-T:

Cinco estudios utilizaron la fórmula SRK-T (Terzi 2011, Ressler 2013, Yokoi 2013, Abulafia 2015, Idrobo_Robalino 2019), el estimador de varianza (τ^2) entre estos estudios combinados mostró heterogeneidad significativa ($\tau^2 = 0,0424$, $\chi^2 = 125,76$, $gl = 4$, $p < 0,01$) e I² mostró una heterogeneidad del 97%. Se utilizó el modelo

de efectos aleatorios para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global de MAE con la fórmula SRK-T fue 0,51 (IC del 95% = 0,33; 0,70).

Tabla 5. Resultados metanálisis de medias únicas para MAE





Metanálisis de medias únicas para MNE

Para este estimador, se incluyeron seis estudios que informaron el error numérico medio (MNE) (Terzi 2010, Terzi 2011, Abulafia 2015, Liu 2019, Cheng 2019 y Liu 2020) (Tabla 6).

Fórmula de Barrett Universal II:

Tres estudios utilizaron la fórmula Barrett Universal II (Abulafia 2015, Cheng 2019 y Liu 2019), el estimador de varianza (Tau²) entre estos estudios combinados no mostró heterogeneidad significativa (Tau² = 0, Chi² = 0,15, gl = 2, p = 0,93), y I² mostró 0% de heterogeneidad. Se utilizó el modelo de efectos fijos para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global para MNE con fórmula Barrett fue -0,09 (IC 95% = -0,13; -0,05).

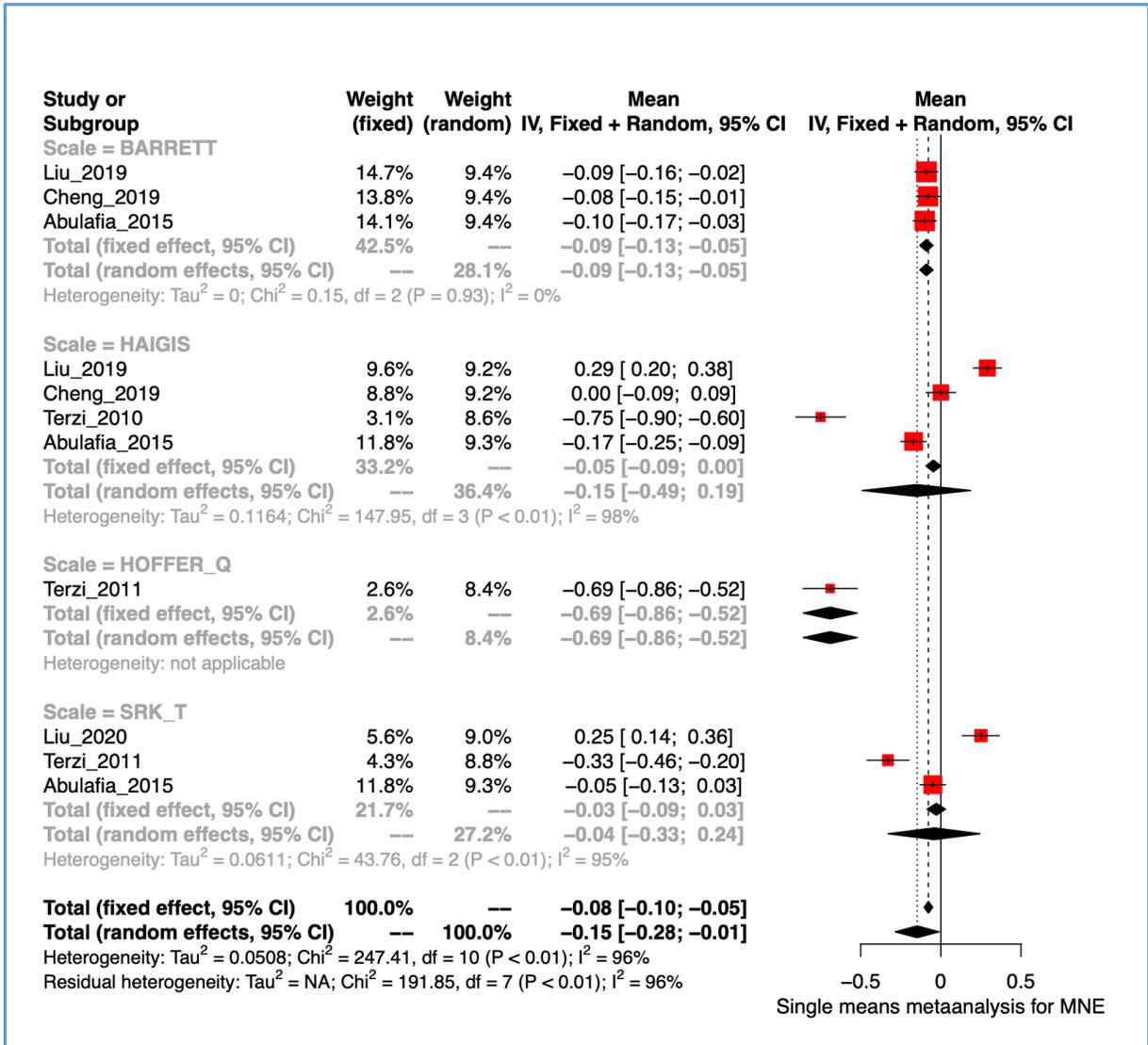
Fórmula de Haigis:

Cuatro estudios utilizaron la fórmula Haigis (Terzi 2010, Abulafia 2015, Liu 2019, Cheng 2019), el estimador de varianza (Tau²) entre estos estudios combinados mostró heterogeneidad significativa (Tau² = 0,1664, Chi² = 147,95, gl = 3, p <0,01) y I² mostró una heterogeneidad del 98%. Se utilizó el modelo de efectos aleatorios para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global para MNE con fórmula Haigis fue -0,15 (IC del 95% = -0,49; 0,19).

Fórmula SRK-T:

Tres estudios utilizaron la fórmula SRK-T (Terzi 2011, Abulafia 2015, Liu 2020), el estimador de varianza (Tau²) entre estos estudios combinados mostró heterogeneidad significativa (Tau² = 0,0611, Chi² = 43,76, gl = 2, p <0,01), e I² mostró una heterogeneidad del 95%. Se utilizó el modelo de efectos aleatorios para estimar la media bruta combinada (RM) entre los estudios. El estimador global de MAE con la fórmula SRK-T fue -0,04 (IC del 95% = -0,33; 0,24).

Tabla 6. Resultados metanálisis de medias únicas para MNE





DISCUSIÓN

El adecuado cálculo de poder de lente intraocular es un tema discutido, en el cual no existe un consenso previo acerca de cual es la fórmula más exacta para realizar el cálculo en pacientes con miopía alta.

La Barrett Universal II es una fórmula de cuarta generación, capaz de predecir la curvatura corneal posterior, altamente efectiva en los diferentes rangos de longitudes axiales, especialmente en miopías altas, utiliza un factor de lente que considera tanto la posición física como la ubicación de los planos principales del lente intraocular, lo cual es una ventaja respecto a las demás fórmulas utilizadas para cálculo de lente intraocular.

Obtuvo el error de predicción absoluto medio más bajo que otras fórmulas similares, valorada por dos estudios (Abulafia 2015 y Zhang 2020) incluidos en el metanálisis de medias únicas para MAE, dicha fórmula obtuvo una estimación global de MAE de 0.33 (0,23; 0,42), siendo la fórmula que obtuvo un estimador global de error medio absoluto menor, comparándose con la fórmula de Hiagis con un MAE global de 0.37 (0,21; 0,53) y SRK/T con 0.51 (0,33; 0,70).

En el metanálisis de medias únicas para MNE los resultados fueron concordantes con los obtenidos por medición de MAE, siendo la fórmula de Barret Universal II, la fórmula que obtuvo un valor global menor de error numérico medio, siendo -0.09 (-0,13; -0,05) el obtenido con dicha fórmula, -0.15 (-0,49; 0,19) el obtenido con fórmula de Haigis y -0.04 (-0,33; 0,24) con SRK/T. Por lo tanto, Barrett Universal II es la fórmula que menos error tiene en el cálculo de lente intraocular en pacientes con miopía alta independientemente del estimador (MNE o MAE).

La utilización de las fórmulas Holladay 1 y SRK/T combinadas con ajustes específicos de longitud axial tiene una precisión similar a las fórmulas de cuarta generación en



pacientes con miopía alta, según lo reportado por Zhang y cols⁴, por lo que BU11 cuenta con la ventaja de no requerir modificaciones para su aplicación en éste grupo de pacientes.

Aunque la fórmula de Haigis otorga resultados satisfactorios en cuanto a cálculo del poder en pacientes miopes¹¹, la investigación a un mayor número de ojos con miopía alta que requieran lentes negativos, puede ser beneficioso para identificar las razones de falta de exactitud en éstos casos especiales.

La fórmula de Haigis con constante optimizada tuvo mejor desempeño en ojos con miopía axial según Terzi y cols. Los resultados fueron mejores que en estudios previos que valoran esta fórmula, probablemente atribuible a que la edad de los sujetos incluidos fue menor, la optimización de las constantes de lentes y el hecho de que en este estudio solo ingresaron pacientes sin catarata. Todas las fórmulas tuvieron la tendencia de infra estimar el lente intraocular, problema que fue más severo en ojos con longitud axial mayor a 31 mm, ya que muchos de estos ojos tenían estafiloma posterior detectado en preoperatorio con ultrasonido modo B.

Relativamente una pequeña parte de la población cuentan con ojos con longitud axial igual o mayor a 26.0 mm, por lo tanto, en condiciones reales, la mayoría de los cirujanos no tendrán acceso a una constante optimizada para cada tipo de lente intraocular¹⁴.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el metanálisis, se concluye que la fórmula Barrett Universal II es la más precisa y reproducible para el cálculo de lente intraocular en pacientes con miopía alta. Así mismo, cuenta con alta accesibilidad ya que se utiliza en varias plataformas biométricas y se encuentra disponible de forma gratuita en la web.



El uso del estimador MAE para evaluar la exactitud de predicción que tiene una fórmula es recomendable, ya que al utilizar valores absolutos elimina el sesgo de los símbolos de los resultados de las diferencias entre el valor real y la predicción.

LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

No se realizó comparación con fórmulas de nueva generación por falta de muestra suficiente, no se encontraron durante la búsqueda, estudios que cumplieran los criterios de inclusión donde se compararan fórmulas como EVO, Panacea o Kane.

CONCLUSIONES

Calcular el lente intraocular en ojos con miopía alta aún es un asunto complicado, y aún con las fórmulas modernas, los errores persisten. Esta realidad remarca la importancia de realizar investigación continua y mejoras en este asunto.

No se contaron con suficientes datos para la inclusión en metanálisis para las fórmulas a las que se agregó modificación para longitud axial, ajuste de Wang-Koch, T2, Hill-RBF y Olsen; en caso de realizar estudios referentes a nuevas fórmulas o modificaciones aplicadas a pacientes con miopía alta, se sugiere la comparación con la fórmula de Barrett Universal II, ya que ésta cuenta con los resultados más predecibles y precisos en el cálculo de lente intraocular en este grupo de pacientes.



REFERENCIAS

1. Harb EN, Wildsoet CF. Origins of Refractive Errors: Environmental and Genetic Factors. *Annu Rev Vis Sci.* 2019;5(1):47-72. doi:10.1146/annurev-vision-091718-015027
2. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016;123(5):1036-1042. doi:10.1016/j.ophtha.2016.01.006
3. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, Fang PC, Chen CT. Epidemiology of Myopia: *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology.* 2016;5(6):386-393. doi:10.1097/APO.0000000000000236
4. Zhang J, Tan X, Wang W, et al. Effect of Axial Length Adjustment Methods on Intraocular Lens Power Calculation in Highly Myopic Eyes. *American Journal of Ophthalmology.* 2020;214:110-118. doi:10.1016/j.ajo.2020.02.023
5. Gabrić N, Dekaris I, Karaman Ž. Refractive Lens Exchange for Correction of High Myopia. *European Journal of Ophthalmology.* 2002;12(5):384-387. doi:10.1177/112067210201200507
6. Lyle AW, Jin GJC. Clear lens extraction for the correction of high refractive error. *Journal of Cataract and Refractive Surgery.* 1994;20(3):273-276. doi:10.1016/S0886-3350(13)80577-9
7. Packard R. Refractive lens exchange for myopia: a new perspective?: *Current Opinion in Ophthalmology.* 2005;16(1):53-56. doi:10.1097/00055735-200502000-00009
8. Srinivasan B, Leung HY, Cao H, Liu S, Chen L, Fan AH. Modern Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation (Refractive Lens Exchange) Is Safe and Effective in Treating High Myopia: *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology.* 2016;5(6):438-444. doi:10.1097/APO.0000000000000241
9. Cheng H, Liu L, Sun A, Wu M. Accuracy of Modified Axial Length Adjustment for Intraocular Lens Power Calculation in Chinese Axial Myopic Eyes. *Current Eye Research.* 2020;45(7):827-833. doi:10.1080/02713683.2019.1698053
10. Idrobo-Robalino CA, Santaella G, Gutiérrez AM. T2 formula in a highly myopic population, comparison with other methods and description of an improved approach for estimating corneal height. *BMC Ophthalmol.* 2019;19(1):222. doi:10.1186/s12886-019-1226-7



11. Roessler GF, Dietlein TS, Plange N, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation using partial coherence interferometry in patients with high myopia: IOL power calculation in high myopia. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2012;32(3):228-233. doi:10.1111/j.1475-1313.2012.00903.x
12. Wang L, Shirayama M, Ma XJ, Kohnen T, Koch DD. Optimizing intraocular lens power calculations in eyes with axial lengths above 25.0 mm. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2011;37(11):2018-2027. doi:10.1016/j.jcrs.2011.05.042
13. Terzi E, Wang L, Kohnen T. Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2009;35(7):1181-1189. doi:10.1016/j.jcrs.2009.02.026
14. Abulafia A, Barrett GD, Rotenberg M, et al. Intraocular lens power calculation for eyes with an axial length greater than 26.0 mm: Comparison of formulas and methods. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2015;41(3):548-556. doi:10.1016/j.jcrs.2014.06.033
15. Yokoi T, Moriyama M, Hayashi K, Shimada N, Ohno-Matsui K. Evaluation of refractive error after cataract surgery in highly myopic eyes. *Int Ophthalmol*. 2013;33(4):343-348. doi:10.1007/s10792-012-9690-6
16. Fuest M, Plange N, Kuerten D, et al. Intraocular lens power calculation for plus and minus lenses in high myopia using partial coherence interferometry. *Int Ophthalmol*. 2021;41(5):1585-1592. doi:10.1007/s10792-020-01684-y
17. Liu J, Wang L, Chai F, et al. Comparison of intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with axial myopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2019;45(6):725-731. doi:10.1016/j.jcrs.2019.01.018
18. Kane JX, Van Heerden A, Atik A, Petsoglou C. Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2016;42(10):1490-1500. doi:10.1016/j.jcrs.2016.07.021
19. Donato H, Donato M. Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. *Acta Med Port*. 2019;32(3):227. doi:10.20344/amp.11923