

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CÁLCULO DE LENTE INTRAOCULAR EN
PACIENTES CON QUERATOCONO
COMPARANDO KANE VS PANACEA VS
SRK/T.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN OFTALMOLOGÍA

PRESENTA

DR MAURICIO ROSANO BARRAGÁN

TUTOR

DR HUMBERTO WONG CHAVARRÍA

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tabla de contenido

<u>Identificación de Investigadores y Asesores</u>	2
Resumen	3
<u>Abstract</u>	4
<u>Marco teórico</u>	5
<u>Justificación</u>	20
<u>Plantamiento del problema</u>	21
<u>Objetivos</u>	22
<u>Hipótesis</u>	24
<u>Materiales y Métodos</u>	25
<u>Resultados</u>	31
<u>Discusión</u>	39
<u>Conclusión</u>	40
<u>Recursos Financieros</u>	41
<u>Fuentes bibliográficas</u>	

Identificación de investigadores y asesores.

Dr. Mauricio Rosano Barragán

Residente de tercer año en Oftalmología en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz, IAP.

- Dr. Humberto Wong Chavarría. Jefe de servicio de Imagenología Ocular. Tutor y director de tesis.
- Dra. Ana Beatriz Medina Pérez. Médico Adscrito al Departamento de Segmento Anterior.
- Dra. Cynthia Solis Hernández. Médico Adscrito al Departamento de Segmento Anterior.
- Dr. Oscar Guerrero Berger. Jefe de servicio de Segmento Anterior.

Dirección: Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz, IAP.

Ezequiel Montes 135, Tabacalera, Cuauhtémoc, 06030 Ciudad de México.

Teléfono: 5580492871

Resumen

El cálculo preciso de la potencia de la LIO es obligatorio para obtener mejores resultados visuales y refractivos y la posterior satisfacción del paciente, incluso en pacientes con queratocono que tienen cataratas. Las mediciones biométricas no son confiables y las razones de esto son multifactoriales.

En el ojo normal, la queratometría utiliza un “índice queratométrico estándar” calculado por Gullstrand y que es válido cuando la relación anteroposterior (B/F ratio) se encuentra conservada. Sin embargo, esto no es válido si la relación normal se distorsiona o cambia, como es el caso del queratocono. Además, la posición efectiva de la lente puede tener un mayor impacto en el resultado refractivo final y debe tenerse en cuenta. De los estudios encontrados en la literatura, encontramos que, los mejores resultados refractivos se encuentran en aquellos con queratocono leve a moderado utilizando la fórmula de Kane. En queratocono avanzado, es difícil sacar conclusiones.

Palabras clave: Queratocono, lente intraocular, resultado refractivo, KANE, PANACEA, SRK/T.

Abstract

Accurate IOL power calculation is mandatory for improved visual and refractive outcomes and subsequent patient satisfaction, even in keratoconus patients who have cataracts. Biometric measurements are not reliable and the reasons for this are multifactorial. In the normal eye, keratometry uses a “standard keratometric index” calculated by Gulstrand and which is valid when the anteroposterior relationship (B/F ratio) is preserved. However, this is not valid if the normal relationship is distorted or changed, as is the case with keratoconus. Additionally, the effective position of the lens may have a greater impact on the final refractive result and must be taken into account. From the studies found in the literature, we found that, the best refractive results are found in those with mild to moderate keratoconus using the Kane formula. In advanced keratoconus, it is difficult to draw conclusions.

Marco teórico

Queratocono

El queratocono se incluye entre las alteraciones corneales degenerativas en las que se produce una deformación y adelgazamiento progresivos. La afectación es de predominio central o paracentral y la córnea tiende a tomar una forma cónica. Es de transmisión hereditaria en patrón autosómico dominante, pero de expresividad y penetración variable. La topografía corneal ha hecho posible el diagnóstico más temprano, y las medidas terapéuticas para evitar la progresión de la enfermedad dependen de las características corneales de cada paciente. ¹²

Existen diversas clasificaciones del queratocono según cuáles sean los factores principales a tener en cuenta. Clásicamente, la clasificación de mayor uso y difusión ha sido la escala de Amsler-Krumeich. (12)

Dicha escala está basada principalmente en criterios queratométricos, aunque también incluye otros factores como la refracción y la paquimetría. La escala se detalla a continuación:

- Grado I: Agudeza visual entre 20/25 - 20/30, ejes oblicuos, astigmatismos entre 44.00/47.00 dioptrías, queratometría normal, presentan distorsiones. - Grado II: Agudeza visual entre 20/40, ejes oblicuos, astigmatismos entre 44.00/49.00 dioptrías, queratometría encurvamiento notorio. Signos evidentes. - Grado III: Agudeza visual entre 20/100, uso de corrección insuficiente, ejes oblicuos, astigmatismo entre 44.00 y 55.00 dioptrías. Signos: espesor corneal disminuido, las estrías de Vogt, el anillo de Fleischer, pero con epitelio corneal normal.

- Grado IV: Paciente apto para queratoplastia penetrante, astigmatismos oblicuos entre 45.00/60.00 dioptrías, queratometría imposible de realizar, ruptura epitelial, presencia de leucoma.

Una proporción de estos pacientes eventualmente también desarrollará cataratas, lo que contribuirá a una mayor disminución de la visión en pacientes ya discapacitados. Se ha informado que los pacientes con queratocono tienen más probabilidades de desarrollar cataratas en comparación con los pacientes sin queratocono. (13)

Los pacientes con cataratas y queratocono presentan desafíos únicos para el cirujano. Las lecturas precisas de queratometría (K) y longitud axial (AL) pueden ser

imposibles, y se introduce incertidumbre al estimar el poder de la córnea para la selección de lentes intraoculares (LIO). (13)

La historia clínica del paciente y el grado de queratocono son críticas para decidir la estrategia en el tratamiento de cataratas.

Los lentes de contacto, los segmentos de anillos intracorneales, la reticulación y la queratoplastia lamelar o penetrante se pueden combinar con la cirugía de catarata según la etapa para mejorar los resultados.

Causas de bajo rendimiento en el cálculo de lente intraocular en pacientes con queratocono.

Los resultados refractivos de la mayoría de los ojos sin queratocono después de la extracción de cataratas y la implantación de LIO suelen ser satisfactorios con la estimación del 80% de los ojos dentro de los 0,5 D del objetivo refractivo. (20)

Los cálculos con ojos con queratocono suelen ser peores por varias razones. En primer lugar, los cálculos de potencia de la LIO asumen la relación entre la potencia de la córnea anterior y la posterior, que no se conserva en los ojos con queratocono. (21)

En los ojos con queratocono, la curvatura corneal suele ser variable en un meridiano específico, lo cual dificulta las mediciones queratométricas.

Teniendo en cuenta que los ojos con queratocono tienden a desarrollar cataratas antes que los pacientes sin queratocono, es razonable que el número de pacientes que requieren cirugía de catarata haya aumentado con el envejecimiento. (7) Cuando se desarrollan cataratas en ojos con queratocono, el cálculo de la lente intraocular (LIO) es un desafío por una variedad de razones que son similares a las que pueden conducir a resultados inexactos en ojos con cirugía refractiva corneal previa:

- El cálculo de la potencia de la córnea en el cálculo de la potencia de la LIO se basa en una relación supuesta de la Potencia corneal anterior a posterior que no se mantiene en el queratocono. (8)

Es difícil obtener el poder corneal total ya que, en los ojos normales el índice queratométrico estándar lo estima asumiendo una relación A/P normal, lo cual no ocurre en el queratocono.

El índice queratométrico estándar (1.3375) sobreestima el poder corneal en ojos con queratocono; esto es una de las principales razones que conducen a la subestimación del poder de la LIO y la subsiguiente hipermetropía, especialmente en las etapas más severas de la enfermedad. (3)

- Los queratómetros que asumen que la curvatura corneal es constante a lo largo de un meridiano dado son inexactos en ojos con queratocono donde la curvatura de la córnea a menudo es variable a lo largo de un meridiano en particular y los principales meridianos de energía pueden no ser ortogonales. (8)
- Todas las fórmulas de vergencia utilizadas para calcular la potencia de la LIO predicen la posición efectiva de la lente sobre la base de fórmulas desarrolladas para ojos normales, y no se sabe si la predicción sigue siendo precisa en ojos con queratocono debido a la curvatura corneal típicamente pronunciada y al aumento de la profundidad de la cámara anterior (ACD). (2)

Las fórmulas de potencia de la LIO suelen utilizar la potencia de la córnea en la estimación de la posición efectiva de la lente (ELP), lo que significa que una potencia de la córnea inexacta dará lugar a errores en la ELP. (8)

- En ojos con queratocono, es posible que el eje visual no pase por la ubicación más inclinada de la córnea y, por lo tanto, la posición efectiva de la LIO tendrá un mayor impacto en el resultado refractivo. (1)
- Los ojos con queratocono, la longitud axial suele ser más larga de lo normal (1).
- Un hallazgo de todos los estudios fue que cuanto mayor era la puntuación de gravedad del queratocono, menos predecible era el resultado refractivo posoperatorio. (1)
- Se produce un desplazamiento miópico leve, pero significativo, cuando se utiliza el poder refractivo total de la córnea. (7)
- Las fórmulas de vergencia de lente delgada conducen a sorpresas hipermetrópicas cuando se usan valores estándar de K y constantes optimizadas obtenidas de ojos normales. Los resultados empeoran en los casos más graves de la enfermedad. (7)

Los resultados de estudios previos a menudo están desviados por sesgos metodológicos porque en la mayoría de los casos no se siguieron las pautas para los estudios de poder de LIO.

Incertidumbre en la LIO monofocal, cambio de potencia en el queratocono.

Todas las fórmulas estándar para el cálculo de LIO se basan en valores queratométricos. Por lo tanto, la medición precisa de la queratometría media es crucial para determinar la potencia correcta de la LIO. En el queratocono, existen múltiples fuentes de error biométrico, según el estadio de la ectasia. Se hacen una serie de suposiciones para que el ojo normal determine la potencia de LIO correcta. Por ejemplo, los sistemas de queratometría y topografía manuales o automatizados utilizan un índice de refracción corneal de 1,3375 para medir el poder refractivo corneal. (16)

Esta suposición se basa en la idea de que el radio de curvatura posterior es 1,2 mm más pronunciado que el radio corneal anterior. Aunque esto es generalmente cierto en las córneas normales, no lo es en ciertas condiciones, como en los ojos con queratocono o aquellos que se han sometido previamente a una cirugía refractiva con láser. También se supone que la K medida es igual a la K en el eje visual. En el queratocono estas suposiciones no son válidas. A menudo, en ojos con queratocono, las lecturas de queratometría medidas no son precisas debido a la distorsión corneal causada por la ectasia. Esto da como resultado imprecisiones en la potencia de la córnea para la selección de LIO. Además, es posible que el eje visual del ojo con queratocono no pase a través de la parte más curva de la córnea.

(14)

Posición efectiva de la lente.

El Hoffer Q, el Holladay 1 y el SRK/T son fórmulas que determinan indirectamente la posición efectiva de la lente. Si el ojo tiene una longitud axial más larga y una medida de K pronunciada, es probable que tenga una cámara anterior más profunda y se supone que la LIO tiene una posición efectiva de lente más posterior. En ojos altamente miopes, la posición efectiva final de la lente tiende a ser más posterior de lo esperado, y estos pacientes a menudo terminan siendo hipermétropes después de la cirugía. (13)

Jack Holladay creó una fórmula de siete variables, Holladay 2, que utiliza varias variables adicionales para ajustar la potencia de la LIO recomendada, como el diámetro corneal

horizontal, el grosor de la lente, la profundidad de la cámara anterior, la edad y la refracción preoperatoria. La fórmula de Holladay 2 sigue siendo teórica, pero se basa en datos de 35 000 pacientes recopilados por 35 centros de estudio. Esta fórmula, que tiende a ser más precisa que las fórmulas de dos variables en ojos extremos, puede resultar más precisa cuando la posición efectiva de la lente es una variable. (15)

Queratometría.

Es la medición del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea y se efectúa analizando el tamaño de la imagen reflejada por un objeto de tamaño conocido. A partir de este valor en mm se calcula la potencia corneal total, en dioptrías, mediante una fórmula matemática aplicando un índice de refracción. Este es el segundo factor que más influye, después de la longitud axial, en el cálculo del poder dióptrico del lente. La curvatura corneal se mide mediante el queratómetro que no emplea el auténtico índice de refracción de la córnea ($n= 1.376$) ya que en tal caso la potencia resultante corresponde a la superficie anterior de la córnea. Para calcular la potencia corneal neta (suma de la potencia de las superficies anterior y posterior) se emplea un valor inferior al tener en cuenta que la superficie corneal posterior tiene aproximadamente 1.2 mm menos de radio de curvatura (6 D menos). Cualquier situación que modifique esta relación inducirá un error en el cálculo de la potencia total corneal en los procedimientos fotorrefractivos. Se pueden diferenciar entre queratómetros manuales y automáticos. En los primeros, el observador debe enfocar y centrar las miras, así como modificar su posición para obtener la medida calculando sus dos meridianos, K1 y K2. En los automáticos, el observador se limita a centrar la mira sobre la córnea, siendo el aparato el que efectúa la medición. El error en la queratometría es un motivo frecuente de un mal cálculo del LIO. Un error de 0.1 mm en el cálculo del radio corneal conllevaría un trastorno en la refracción postoperatoria de 0.5 D. (16)

Queratometría media K vs estandar K en queratocono.

Los valores de K varían ampliamente en un área pequeña en ojos con queratocono, dependiendo del grado de ectasia. Algunos estudios pequeños han analizado el uso de valores K reales y los han comparado con un valor K estándar. Descubrieron que la biometría en ojos con queratocono generalmente sobrestima el poder de la córnea y subestima el poder del LIO, con una tendencia a un error de predicción de biometría hipermetrope (BPE)

postoperatorio. Sin embargo, en el queratocono leve y moderado, estos efectos fueron pequeños y los valores de K medidos con un objetivo de miopía baja dieron como resultado una BPE media relativamente baja, aunque con una amplia gama de resultados refractivos. (13)

Profundidad de la cámara anterior.

Su cálculo se basa en la longitud axial y en la posición postoperatoria de la LIO (esto último es lo fundamental). Un error de 0.1 mm en este cálculo produce un error refractivo de 0.1 dioptrías en el cálculo de la LIO, por lo que es uno de los factores que menos influye para el cálculo de lentes (16)

Consideraciones de longitud axial.

Además de la variabilidad en la queratometría, la medición de la longitud axial también puede ser un desafío para evaluar en el queratocono. El vértice descentrado de las córneas con queratocono crea errores de paralaje impredecibles en la estimación del eje visual.¹² Por esta razón, las mediciones ópticas a menudo se prefieren a otras técnicas manuales o de ultrasonido para asegurar la fijación de los pacientes con facilidad.

Fórmulas teóricas de 1a. generación y fórmula empírica SRK.

Fyodorov fue el primero en publicar, en 1967, una fórmula teórica para calcular el poder de la lente que se debía implantar en el ojo en función de la longitud axial y la queratometría, mientras que considera constante el índice de refracción corneal y la profundidad de la cámara anterior. Surgieron varias fórmulas (Colenbrander, Binkhorst original) bastante parecidas, que por emplear constantes teóricas no consideran el análisis de las medidas clínicas del individuo. Los autores Sanders, Retzlaff y Kraft (SRK) , crearon una fórmula empírica que se basa en el estudio retrospectivo (o de regresión) de los resultados de la refracción postoperatoria obtenida tras múltiples intervenciones quirúrgicas con implantes de LIO. O sea, se origina de la experiencia aportada por los cirujanos al relacionar el valor preoperatorio de la longitud axial y queratometría, el poder dióptrico de la lente y el error refractivo postoperatorio. Realiza el cálculo a través de estudios estadísticos de regresión lineal de las variables empleadas con el poder dióptrico del LIO. La fórmula SRK es bastante

más sencilla que el resto de las fórmulas teóricas existentes en esa época, por lo que su uso se extendió rápidamente. (16).

Fórmulas teóricas de 2a generación y fórmula empírica SRK II.

El problema de las fórmulas anteriores es que asumen que la posición efectiva de la lente (ELP) es igual en todos los ojos, independientemente de la longitud axial. Por ello autores como Hoffer y Binkhorst observaron que los ojos largos quedaban hipercorregidos y los ojos cortos hipocorregidos. Por todo ello dedujeron que el valor de la profundidad de la cámara anterior ‘ACD’ se debía calcular en función de la longitud axial realizando estas modificaciones.

Para corregir las limitaciones de su fórmula en ojos con longitud axial extremas propusieron hacer variable el valor de A en función de la longitud axial : se aumenta 1, 2 o 3 dioptrías al valor de A para ojos cortos y se resta 0.5 dioptrías en ojos largos, transformando así la fórmula SRK en SRK-II .De esta tabla podemos deducir que la longitud axial, aunque tiene mayor variabilidad en ojos largos, influye más en el error dióptrico del LIO en los ojos cortos, y por ello se modifica más el valor de A en dichos ojos. (16)

Fórmulas teóricas de 3ª generación.

Son las fórmulas que más se utilizan actualmente para calcular la potencia de las LIO y tratan de predecir la posición efectiva de la lente (ELP) en función de dos parámetros: la longitud axial y la queratometría. Las más conocidas son SRK-T, Holladay , Hoffer y Olsen. En 1988 Holladay considera que para poder predecir preoperatoriamente el valor de la profundidad de la cámara anterior (ACD) postoperatoria debe relacionarse con la longitud axial y con la altura de la cúpula corneal, la cual se relaciona con el radio de curvatura corneal, con el diámetro corneal, y con un factor dependiente del cirujano o SF (surgeon factor), que equivale a la distancia desde el plano iridiano al plano principal del LIO. Los mismos autores de la fórmula SRK, conscientes de que la posición efectiva de la lente es muy importante para disminuir el error dióptrico final, proponen una teorificación de su fórmula, obteniendo así la SRK-T. Para obtener el valor de la profundidad de la cámara anterior suman la distancia existente entre la córnea y el plano del iris y la distancia desde el plano iridiano al plano principal del LIO (SF). La diferencia más importante entre las distintas fórmulas de 3a.

generación radica en el algoritmo de estimación de la posición efectiva del LIO en el interior del ojo.

El comportamiento predictivo es similar, excepto en los ojos cortos, donde Hoffer-Q siempre calcula el LIO más potente y SRK-T la menos potente. (16)

Nuria Garzón (1) y colaboradores identificaron que La fórmula SRK/T produjo los mejores resultados, mejores que las demás fórmulas de tercera generación e incluso una fórmula de cuarta generación, como Barrett Universal II. (1)

Fórmulas teóricas de 4a generación.

Recientemente se han propuesto fórmulas llamadas por algunos autores de 4a generación, que son las que emplean más de dos factores para predecir especialmente la posición efectiva de la lente (ELP). Las más conocidas son Haigis y Shamas, útiles en el cálculo de LIO posterior a cirugía refractiva, y Holladay II indicada en ojos muy cortos y para la realización de dobles implantes (piggy-back) primarios, en que usan siete variables: longitud axial, queratometría, edad, refracción preoperatoria, blanco- blanco horizontal, ACD preoperatoria y grosor del cristalino. Sus inconvenientes son la necesidad de tomar más medidas preoperatorias, así como su disponibilidad y precio. (16)

Nuevas fórmulas para cálculo de lente intraocular.

- Fórmula Barrett Universal II (BUII): en realidad, esta no es una fórmula totalmente nueva, sino la evolución de Barrett Universal I, que fue publicada por Graham Barrett, MD, en 1987 como una fórmula paraxial de lente gruesa.

La BUII se basa esencialmente en el mismo concepto, aunque el autor introdujo posteriormente varias modificaciones a lo largo de los años. Estos incluyeron el uso de datos para predecir el radio del globo como se menciona en el artículo original en lugar de un método empírico. Posteriormente se sumaron el espesor del cristalino (LT) y el diámetro corneal (CD). Está disponible de forma gratuita en https://calc.apacrs.org/barrett_universal2105/ y utiliza la longitud axial (AL), la queratometría (K), la profundidad de la cámara anterior (ACD, medida desde el epitelio hasta el cristalino) para predecir la posición de la LIO; LT y CD se pueden ingresar opcionalmente. (11)

- Fórmula de verificación óptica de emetropía (EVO): esta es una fórmula de lente gruesa (inédita) desarrollada por Tun Kuan Yeo, MD, de Singapur. La versión 2.0 está disponible de forma gratuita en www.evoiolcalculator.com (consultado el 16 de febrero del 2020) y utiliza AL, K y ACD como predictores (LT y grosor corneal central (CCT) son opcionales). La versión 1.0 ha sido probada por algunos estudios, que informaron su alta precisión (11) .

- Fórmula Kane: esta es otra fórmula inédita, que fue desarrollada por Jack X Kane, MD. en septiembre de 2017 utilizando 30 000 casos de alta precisión. La fórmula se basa en la óptica teórica e incorpora componentes de regresión e inteligencia artificial para refinar aún más sus predicciones. La fórmula se creó utilizando computación basada en la nube de alto rendimiento, que es una forma de aprovechar el poder de la nube para crear una supercomputadora virtual capaz de realizar cálculos de muchas décadas en unos pocos días. Un objetivo de la fórmula era reducir los errores observados en los extremos de las diversas dimensiones oculares, que es donde las fórmulas actuales muestran errores más grandes. Las variables utilizadas en la fórmula son la longitud axial, la queratometría, la profundidad de la cámara anterior, el grosor del cristalino, el grosor de la córnea central y el sexo biológico del paciente.

Yack X, Kane (8) y colaboradores identificaron que la fórmula de Kane para queratocono resultó en una reducción de MAE del 20 % al 39 % en comparación con otras fórmulas modernas de LIO, lo que sugiere que puede haber potencial para mejorar los resultados refractivos de la cirugía de cataratas en pacientes con queratocono. (8)

La fórmula para el queratocono de Kane es una modificación puramente teórica de la fórmula original de Kane. Utiliza un poder corneal modificado, derivado de los radios de curvatura de la córnea anterior. La fórmula también minimiza el efecto de la potencia de la córnea en el cálculo de ELP para permitir predicciones más precisas. No se requieren variables adicionales para la fórmula de queratocono y la fórmula funciona con la misma constante A utilizada para pacientes sin queratocono. Se recomienda un objetivo de refracción miope en pacientes con un poder corneal promedio >48 D. Entre 48 D y 53 D, se recomienda un objetivo de 0,50 DS; entre 53 D y 59 D, se recomienda un objetivo de -1,00 DS; y por encima

de 59 D, se recomienda un objetivo de -1,50 a -2,50 DS. Estos objetivos están diseñados para evitar un resultado hipermetrope no deseado.

La fórmula está disponible de forma gratuita en www.iolformula.com (consultado el 16 de febrero el 2020) y utiliza AL, K, ACD y género para predecir la posición de la LIO, siendo LT y CCT factores opcionales. Un número creciente de estudios han reportado excelentes resultados con esta fórmula. (11)

Ladas Super Formula: este método fue desarrollado originalmente por John G Ladas, MD,etal una combinación de las fórmulas Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2 (con ajuste de Wang-Koch para el ajuste AL) y SRK/T. Basado en un modelo tridimensional, este método fue desarrollado para elegir la mejor fórmula para cada ojo. En 2019, la fórmula se revisó utilizando los datos posoperatorios de más de 4000 ojos y ahora se basa en inteligencia artificial (Ladas Super Formula AI), disponible en www.iolcalc.c (11)

Fórmula Næser 2: esta es una fórmula de lente gruesa desarrollada por Kristian Næser, MD. La fórmula original de Næser 1 se basó en la tarjeta de corte del fabricante para la curvatura anterior y posterior de la LIO.. El Næser 2 utiliza datos calculados para la arquitectura de la LIO. Las mediciones de AL están optimizadas para que los resultados refractivos sean igualmente buenos en ojos cortos, medianos y largos. Los resultados informados por el autor fueron tan buenos como los obtenidos con la fórmula BUII. (11)

Fórmula de Olsen: esta fórmula ha sufrido varios refinamientos a lo largo de los años. Se describió por primera vez en 1987 y luego se perfeccionó en los años siguientes, hasta la versión más reciente, que se basa en el trazado de rayos y el concepto de constante C. Este último estima la posición de la LIO únicamente en las mediciones preoperatorias de ACD y LT. La fórmula se puede descargar en [www. phacoptics.net](http://www.phacoptics.net) (consultado el 16 de febrero del 2011). Curiosamente, el software PhacoOptics ofrece dos opciones para predecir la posición de la LIO: por defecto, se utilizan cuatro predictores para este fin (AL, K, ACD y LT), como en las versiones anteriores de esta fórmula; sin embargo, AL y K pueden omitirse de la predicción, de modo que se adopte el enfoque de la constante C. Por esta razón, en la literatura se describen dos versiones de la fórmula de Olsen: la primera es la versión de 4 factores, también conocida como Olsen único, este último, basado en la constante C, es la versión de 2 factores y es el que se instala en los biómetros ópticos. Se ha informado que la precisión refractiva es alta para ambos (11).

Panacea: esta fórmula (inédita) fue desarrollada por David Flickier, MD, y está disponible de forma gratuita en www.panaceaiolandtoriccalculator.com. Es la única fórmula que permite a los cirujanos ingresar la asfericidad corneal (valor Q) y la relación entre la curvatura corneal anterior y posterior, lo que debería mejorar la precisión refractiva. Los resultados aún no se han publicado en estudios grandes. (11) . Utiliza como factores predictivos de PEL: LA, K, pACD, espesor cristalino; y como elemento diferenciador incorpora datos sobre la asfericidad de la córnea y la relación entre cara anterior y posterior de la misma. (19)

El calculador de Panacea disponible como aplicación permite:

- El cálculo del poder de toricidad corneal de la cara anterior más la cara posterior.
- El cálculo del astigmatismo corneal total incluyendo el inducido por la incisión corneal.
- La transformación de este astigmatismo al plano del lente intraocular, y estimar el poder necesario para dejar un valor de astigmatismo residual deseado de acuerdo a la edad

del paciente. (Teniendo en cuenta que existe un encurvamiento vertical de la córnea de 0.25 D a 0.50 D cada 10 años, aún en ojos sometidos a cirugía previa de cristalino).

- Graficar el eje ideal de colocación del lente intraocular tórica escogida.
- Cuantificar el valor del astigmatismo residual esperado a nivel corneal, de acuerdo al lente tórico escogido, obteniendo el resultado refractivo final, ya sea con cilindro bitórico (mayoría de LIO's, incluyendo Alcon, Tecnis, PhysiOL), o lentes con cilindro positivo como el Zeiss (corrigiendo el poder de la esfera de la LIO tórica). (19)

Panacea es la única fórmula que permite a los cirujanos ingresar la asfericidad corneal (valor Q) y la relación entre la curvatura corneal anterior y posterior, lo que debería mejorar la precisión refractiva. (11)

Pearl DGS: esta fórmula ha sido desarrollada por un equipo de oftalmólogos franceses (G. Debellemanniè, D. Gatinel y A. Saad, y de ahí su nombre), que se apoyaron en la inteligencia artificial. Está disponible de forma gratuita en www.iolsolver.com (consultado el 16 de febrero del 2020). La fórmula es inédita por lo que nada se sabe de su estructura. Desde que se introdujo en 2019, ningún estudio ha informado aún sus resultados. (11)

- Calculadora RBF (función de base radial): lanzada en 2016, este fue el primer método de cálculo de potencia de LIO basado puramente en inteligencia artificial. Está disponible de forma gratuita en www.rbfcaculator.com (consultado el 16 de febrero del 2020) y está instalado en Lenstar (Haag-Streit, Suiza). La versión 2.0 se basa en más de 12 000 ojos y, a diferencia de la versión original, puede calcular la potencia de la LIO para un objetivo diferente de cero. Las entradas requeridas son AL, K y ACD (LT, CCT y CD son opcionales). Varios artículos han demostrado que conduce a buenos resultados, aunque no ha sido clasificado como el mejor en ningún estudio. (11)

- Fórmula T2: esta es una modificación de la SRK/T original, descrita por Richard M. Sheard, MD, et al. en 2010. El objetivo principal de los autores fue corregir un comportamiento no fisiológico de la predicción de la altura de la córnea (el llamado “fenómeno de la cúspide”). Se ha demostrado que es más preciso que el SRK/T. (11)

- Fórmula VRF: esta fórmula de vergencia, desarrollada por Oleksiy Voytsekhivskyy, MD, es una de las pocas publicadas. La posición de la LIO se predice a partir de AL, K, ACD y CD. En comparación con las fórmulas de vergencia estándar, los resultados informados por el autor son buenos, pero aún deben validarse con otras fórmulas modernas.

Fórmulas con ajustes específicos para contrarrestar problemas en pacientes con queratocono.

La fórmula para queratocono de Kane y las fórmulas de Holladay 2 tienen ajustes específicos para su uso en pacientes con queratocono.

Holladay 2: Dentro del paquete de software Holladay IOL Consultant, es posible etiquetar a un paciente con queratocono, lo que conduce a un cambio en la predicción refractiva. Lo hace al permitir que el software "diferencie una lectura K empinada normal [no ectásica] en un segmento anterior pequeño de un paciente con queratocono. Es probable que esto cambie el algoritmo ELP subyacente para tener en cuenta la independencia entre el tamaño del segmento anterior y la longitud axial. (9).

El ajuste de queratocono Holladay 2 tiene como objetivo diferenciar una lectura de queratometría empinada en un segmento anterior pequeño no ectásico de un paciente con queratocono, presumiblemente para asegurar que el ELP no se vea demasiado afectado por la alta potencia corneal leyendo. E

Kane: La fórmula para queratocono de Kane (disponible en www.iolformula.com) se desarrolló utilizando una modificación puramente teórica de la fórmula original de Kane, utiliza un poder corneal modificado derivado de radios de curvatura de la córnea anterior que representan mejor la verdadera relación anterior/posterior en ojos con queratocono y, al mismo tiempo, tienen como objetivo minimizar el efecto de la potencia de la córnea en el cálculo de ELP. No se requieren variables adicionales más allá de las incluidas en la fórmula original cuando se usa Holladay 2 con ajuste para queratocono y Kane para queratocono, y ambos funcionan con las mismas constantes de LIO que las fórmulas originales. (10)

La fórmula para el queratocono de Kane tiene como objetivo proporcionar una medición de potencia corneal más adecuada y reducir la influencia de la potencia corneal en la predicción de ELP. (8)

Yack X, Kane (8) y colaboradores identificaron que la fórmula de Kane para queratocono resultó en una reducción de MAE del 20 % al 39 % en comparación con otras fórmulas modernas de LIO, lo que sugiere que puede haber potencial para mejorar los resultados refractivos de la cirugía de cataratas en pacientes con queratocono

Nuria Garzón (1) y colaboradores identificaron que La fórmula SRK/T produjo los mejores resultados, mejores que las demás fórmulas de tercera generación e incluso una fórmula de cuarta generación, como Barrett Universal II. Se cree que la fórmula SRK-T logra una mayor precisión en los ojos miopes en comparación con el SRK-II, y el queratocono y la miopía a menudo están asociados. (13)

Panacea es la única fórmula que permite a los cirujanos ingresar la asfericidad corneal (valor Q) y la relación entre la curvatura corneal anterior y posterior, lo que debería mejorar la precisión refractiva.(11)

Instrumentación.

El IOLMaster 500 (versión de software 5.2.1) utiliza interferometría de coherencia parcial con una luz infrarroja de diodo láser de 780 nm para medir la LA, mientras que la ACD se mide ópticamente a través de una iluminación de hendidura lateral. Las lecturas K se calculan analizando la curvatura corneal anterior en 6 puntos de referencia en un patrón hexagonal en una córnea central de aproximadamente 2,3 mm de diámetro. (3)

El IOLMaster 700 (versión de software 1.0) utiliza tomografía de coherencia óptica de fuente de barrido con una luz infrarroja láser de 1050 nm en 6 líneas de escaneo a: 0 grados, 30 grados, 60 grados, 90 grados, 120 grados y 150 grados para medir el AL, ACD, el grosor de la lente y el grosor de la córnea central. Las lecturas K se calculan analizando la curvatura corneal anterior en 18 puntos de referencia en patrones hexagonales en zonas ópticas de aproximadamente 1,5 mm, 2,4 mm y 3,2 mm. (4)

Ocupa la queratometría telecéntrica y la “Total Keratometry”, que se compra como software adicional y que integra la medición de la curvatura anterior por reflexión, y la cara posterior por Swept Source para dar el poder corneal total.

El Orbscan es un sistema de escaneo topográfico tridimensional mediante hendidura que en sus versiones II y IIZ incorporan un disco de Plácido, toma 40 imágenes del segmento anterior y analiza 18 000 puntos en 1,5 segundos de ambas superficies de la córnea,

paquimetría, queratometría simulada, así como la relación de ambas caras corneales con la esfera que mejor se ajusta (por sus siglas en inglés, BFS) a cada cara. También mide profundidad de la cámara anterior, amplitud del ángulo iridocorneal, diámetro pupilar en condiciones fotópicas, características del iris y cristalino. Posee un sistema “eye-tracking” para el seguimiento de los movimientos sacádicos durante el examen.^{4,5} El sistema utiliza varios logaritmos matemáticos para realizar ajustes necesarios, lo que determina una baja repetibilidad y resultados poco reales. (5)

El Pentacam es un sistema de escaneo que utiliza una cámara rotatoria de Scheimpflug y un disco de Plácido para analizar 25 000 puntos de elevación real. Toma hasta 50 fotos mientras rota alrededor del ápex corneal y calcula un modelo matemático tridimensional del segmento anterior del ojo, sobre la base de la elevación de ambas superficies de la córnea. Todos los demás valores son estimados por algoritmos matemáticos, como la curvatura de ambas caras. Igualmente, provee información sobre la paquimetría, profundidad de cámara anterior, centro y diámetro pupilar, densitometría del cristalino y otras medidas del segmento anterior. (6)

Justificación

Las observaciones que se obtengan de este proyecto contribuirán a fortalecer el conocimiento basado en evidencia científica sobre las características de las fórmulas utilizadas para el cálculo de lente intraocular en pacientes con queratocono.

Se necesita probar las fórmulas de cálculo de lente intraocular más novedosas en los pacientes con queratocono, así como estandarizar el cálculo de lente en estos pacientes para lograr obtener los mejores resultados refractivos en el departamento de segmento anterior en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz.

Existen pocas publicaciones que comprendan un número suficiente de series de ojos con queratocono y que muestren con precisión cómo calcular el poder de las LIO, especialmente en lo que se refiere al valor de queratometría a insertar en las fórmulas de cálculo del poder de las LIO.

Se necesita más conocimiento sobre cuál queratometría (si la obtenida por la topografía corneal Pentacam, o la calculada mediante IOL Master 700) es la más adecuada para obtener un resultado refractivo óptimo en estos pacientes.

Se necesitan más estudios para poder calcular el poder corneal basado no solo en el puntaje de gravedad del queratocono sino también en la posición del vértice en relación con el centro de la córnea.

Planteamiento del problema

La literatura coincide en que las fórmulas Kane, SRK/T, Panacea son fórmulas que, gracias a sus propiedades, pueden ser utilizadas en pacientes con queratocono. Sin embargo, no se encuentran estudios que nos permitan comparar los resultados refractivos de los pacientes postoperados de facoemulsificación con lente intraocular que comparen estas fórmulas en específico.

No se encuentran estudios actualmente que nos permitan comparar los resultados del cálculo de lente intraocular de las fórmulas Kane, SRK/T, Panacea usando las queratometrías obtenidas mediante topografía corneal Pentacam vs las obtenidas mediante IOL Master 700.

El cálculo del poder de la lente intraocular (LIO) en ojos con queratocono conduce a resultados inexactos con una tendencia hacia sorpresas hipermétropes. Los resultados de estudios previos a menudo están sesgados por sesgos metodológicos porque en la mayoría de los casos no se siguieron las pautas para los estudios de poder de LIO.

Pregunta de investigación

¿Cuál fórmula utilizada para el cálculo de lente intraocular SRKT, Panacea, Kane, en pacientes con diagnóstico de queratocono y catarata senil tiene los mejores resultados refractivos postquirúrgicos en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. durante el periodo 2022- 2023?

¿Cuál instrumental queratometrico (Pentacam/IOL Master 700) es más adecuado para el cálculo de lente intraocular en pacientes con queratocono utilizando las fórmulas SRKT, Panacea, Kane en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. durante el periodo 2022- 2023?

Objetivos

Objetivo general

Examinar los resultados refractivos de los cálculos de potencia de LIO en una muestra de pacientes con queratocono y catarata senil utilizando las fórmulas de Kane, Panacea y SRKT en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. durante el año 2022 y 2023 en el departamento de segmento anterior.

Examinar los resultados refractivos de los cálculos de potencia de LIO en una muestra de pacientes con queratocono y catarata senil utilizando diferentes instrumentaciones queratometricas en las fórmulas Kane, Panacea y SRKT en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. durante el año 2022 y 2023 en el departamento de segmento anterior.

Objetivos específicos

- Seleccionar pacientes con catarata y queratocono que serán sometidos a cirugía de faoemulsificación con colocación de lente intraocular en el departamento de segmento anterior.

- Clasificar el grado de queratocono de acuerdo a la escala de AmslerKrumeich.

- Realizar una base de datos con los siguientes datos: Edad, género, fecha de diagnóstico de queratocono, LOCS III, agudeza visual y capacidad visual prequirúrgica y postquirúrgica, datos de la topografía corneal prequirúrgica.

- Realizar el cálculo de lente intraocular con las fórmulas SRK/T, Panacea y Kane.

- Realizar el cálculo de lente intraocular con diferentes instrumentos queratométricos, usando las fórmulas SRK/T, Panacea y Kane.

Hipótesis

La fórmula de cálculo de lente intraocular Panacea cuenta con la mejor precisión refractiva postquirúrgica en los pacientes con diagnóstico de queratocono y catarata senil operados en el departamento de segmento anterior en el Hospital Nuestra Señora de la Luz IAP comparada con otras fórmulas SRK/T y Kane las cuales en la literatura presumen de tener los mejores resultados en los pacientes.

Panacea es la única fórmula que permite a los cirujanos ingresar la asfericidad corneal (valor Q) y la relación entre la curvatura corneal anterior y posterior, lo que debería mejorar la precisión refractiva en pacientes de queratocono.

Material y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, transversal, descriptivo, no experimental, en los pacientes con diagnóstico de queratocono que fueron intervenidos quirúrgicamente por cirugía de catarata mediante facoemulsificación más colocación de lente intraocular en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz IAP. ubicado en la calle de Ezequiel Montes número #135, colonia tabacalera, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06030 México. en el periodo del año 2022.

Primera fase

Se identificaron a los pacientes que cuenten con el diagnóstico de queratocono (el diagnóstico de queratocono se basará principalmente en la topografía corneal (patrón de corbatín asimétrico con o sin ejes torcidos) y que acudieron al servicio de segmento anterior para realizar procedimiento quirúrgico.

Los pacientes contaron con registro en el sistema electrónico del hospital durante las fechas antes mencionadas.

Se estableció una base de datos que nos permitió clasificar a los pacientes según:

- Edad, género.
- Fecha de diagnóstico de queratocono.
- Grado de queratocono según la escala de Amsler-Krumeich. (12)
- LOCS III
- Comorbilidades
- Comorbilidades oftalmológicas
- Agudeza visual y capacidad visual prequirúrgica.
- Datos de la topografía corneal prequirúrgica (Pentacam)

Segunda fase

En la cita de programación quirúrgica se seleccionaron a los pacientes que cumplieran con los criterios de inclusión y que acudieron con topografía corneal pentacam y datos biométricos generales.

Se clasificaron a los pacientes según el grado de queratocono y se ajustaron para tener el mismo número de pacientes en cada uno de los grupos.

Preoperatoriamente se realizó biometría óptica para medir la longitud axial (LA), el poder queratométrico (K) de la córnea y la ACD (medida desde el epitelio corneal central hasta el cristalino). Las mediciones se realizaron con el instrumento IOL master 700 o ecografía ante cataratas densas que no pasaron por el IOL master 700.

- Para el cálculo de la fórmula de Kane de queratocono se utilizó la plataforma gratuita disponible en iolformula.com.
- Para el cálculo de la fórmula de SRK/T se utilizó la plataforma gratuita disponible en eyecalc.org.
- Para el cálculo de la fórmula de Panacea se utilizó la plataforma gratuita disponible en panaceaiolandtoriccalculator.com, también disponible como aplicación en Apple Store.

Se incluyeron pacientes con lente intraocular toricos y no tóricos.

Tercera fase

Se realizó una recolección de datos revisando los expedientes de la cita de valoración postoperatoria al mes de la cirugía o 2 semanas posteriores al retiro del punto de sutura. Se obtuvo una base de datos la cual nos permitió clasificar a los pacientes según:

- Tiempo de seguimiento
- Edad
- Agudeza visual
- Comorbilidades
- Refracción final postoperatoria.
- Equivalente esférico postoperatorio.
- Estado de satisfacción postquirúrgica.

Todos los análisis estadísticos se llevarán a cabo utilizando el software InStat (versión 3.1, GraphPad Software, Inc.)

- Se realizó un muestreo por conveniencia.
- Para valorar la normalidad se realizó el test de Shapiro Wilk.

- Se realiza prueba no paramétrica ANOVA, y el test de Kruska Wallis, para comparación de variables.

Las variables estudiadas en el análisis estadístico fueron:

- Equivalente esférico postquirúrgico. (A los 30 días de la cirugía)
- Equivalente esférico esperado. (Equivalente esférico que se espera obtener tras la cirugía, según la potencia óptica del LIO estimada por las fórmulas de cálculo antes descrita).
- Error de predicción refractivo. (Diferencia entre el equivalente esférico postquirúrgico y el equivalente esférico esperado.
- Error de predicción refractivo medio. : (Suma de los errores de predicción refractivos dividido entre el tamaño de la muestra.)
- Error de predicción absoluto mediano. (Valor central del conjunto total de errores de predicción absolutos).
- Desviación estándar. (Grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio, es decir, cuánto se separa el valor de la variable analizada en su distribución respecto de la media aritmética.)
- Queratometrías tomadas por IOL Master 700.

1. Criterios de inclusión

- Pacientes con diagnóstico previo de queratocono en la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz, IAP.
- Pacientes con diagnóstico de catarata con necesidad de tratamiento quirúrgico, sin leucomas centrales que impidan la realización de la cirugía de catarata y el cálculo de lente intraocular.
- Pacientes con expedientes clínicos completos.
- Pacientes con estudios preoperatorios necesarios incluyendo topografía corneal Pentacam.
- Pacientes que acudan a citas de valoración postquirúrgicas.
- Pacientes que acepten la realización de la evaluación mediante consentimiento informado.

- Pacientes mayores de 18 años de edad.

2. Criterios de exclusión

- Pacientes que no acudan a cita de programación quirúrgica.
- Pacientes que no acudan a la cita de revisión postquirúrgica.
- Pacientes con antecedente de hidrops, hidrops activo o leucomas corneales.

3. Criterios de eliminación

- Expedientes clínicos incompletos sin notas de seguimiento
- Pacientes que no puedan ser contactados para su cita de seguimiento.
- Pacientes que tengan un mal diagnóstico de queratocono corroborando topografías corneales
- Pacientes con antecedente de complicaciones transquirúrgicas y postquirúrgicas en sus seguimientos.

Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Queratocono	Alteración ocular en la que se produce un adelgazamiento progresivo de la zona central o paracentral de la córnea.	Identificación de queratonoco en pentacam en pacientes con catarta en el periodo de 2022-2023.	Cuantitativa	Grado I Grado II Grado III Grado IV

Lente intraocular	Lente artificial transparente que se implanta en el ojo durante una cirugía de cataratas, para reemplazar un lente natural.	Lente artificial transparente que se implanta en el ojo durante una cirugía de cataratas, para reemplazar un lente natural en el periodo de 2022-2023.	Cualitativo	Si No
Edad	Tiempo transcurrido entre el nacimiento hasta el momento de la primera intervención.	Tiempo transcurrido entre el nacimiento hasta el momento de la primera intervención calculada en meses.	Cuantitativa	Meses
Capacidad Visual	Visión con la mejor corrección óptica.	Visión con la mejor corrección óptica pre y postoperatoria en condiciones de alta iluminación y alto contraste en pacientes que acudan a consulta de seguimiento en el periodo 2022-2023 en la FHNSL	Cuantitativa	1.-NPL 2.-PPL 3.-MM 4.-CD 5.-20/1800 6.-20/1600 7.-20/1400 8.-20/800 9.-20/600 10.-20/400 11.- 20/300 12.-20/200 13.-20/100 14.-20/80 15.-20/70 16.-20/60 17.-20/50 18.-20/40 19.-20/30 20.-20/25 21.- 20/20 22.-20/15

Equivalente esférico	Valor equivalente en una graduación esfero cilíndrica	Valor equivalente en una graduación esfero cilíndrica en la refracción postquirúrgica de los pacientes postoperados de facoemulsificación con diagnóstico de queratocono en el periodo de 2022 - 2023	Cuantitativa	-1
				-2
				-3
				-4
				-5
				-6
				-7
				-8
				-9
				-10
Dioptrias	Unidad (en valores positivos o negativos) que evalúa el poder de refracción de la lente y equivale al valor recíproco de su longitud focal expresada en metros.	Unidad (en valores positivos o negativos) que evalúa el poder de refracción de la lente y equivale al valor recíproco de su longitud focal expresada en metros. De los pacientes postoperados de facoemulsificación con diagnóstico de queratocono en el periodo de 2022 - 2023	Cuantitativa	0.25
				0.50
				0.75
				1.00
				1.25
				1.50
				1.75
				2.00
				2.25
				2.50
				2.75
				3.00
				3.25
				3.50
				3.75
4.00				
4.25				
4.50				

Resultados

Resultados demográficos

	MEDIA	INTERVALO	
EDAD	60.33333333	25	77

QUERATOCONO	Pacientes	%
TOTAL	21	100
Grado I	10	47.61904762
Grado II	9	42.85714286
Grado III	2	9.523809524

GENERO	Pacientes	%
TOTAL	21	100
MASCULINOS	9	42.85714286
FEMENINOS	12	57.14285714

COMORBILIDADES	Pacientes	%
TOTAL	21	100
DIABETES MIELLITUS	8	38.0952381
HTA	5	23.80952381
ARTIRITIS REUMATOIDE	1	4.761904762
NEGADOS	8	38.0952381

LATERALIDAD	Pacientes	%
TOTAL	21	100
IZQUIERDOS	7	33.33333333
DERECHOS	14	66.66666667

Numero de paciente	Edad	Genero	Comorbilidades	Lateralidad	Grado de Queratocono	EE preq x	EE POS QX	CV pre OP	AVMC 1 MES
1	73	Femenino	Negados	Derecho	Grado II	-5.75	-1	20/80	20/70
2	63	Femenino	DM	Derecho	Grado II	NV	-0.5	20/2000	20/40
3	58	Masculino	Negados	Derecho	Grado II	-8.25	-2.5	20/150	20/60
4	67	Femenino	HTA	Derecho	Grado III	-6.75	-1.5	20/600	20/70
5	63	Femenino	DM	Izquierdo	Grado I	-2.5	0	20/400	20/50
6	57	Masculino	AR	Derecho	Grado I	-4	-4.5	20/150	20/50
7	57	Masculino	DM, HTA	Derecho	Grado I	-1.75	-0.13	20/1000	20/60
8	48	Masculino	DM	Derecho	Grado III	-5.37	-3.37	20/800	20/150
9	74	Masculino	HTA	Derecho	Grado I	-1.37	0	20/200	20/25
10	63	Femenino	Negados	Derecho	Grado II	-3.75	-0.13	20/60	20/50
11	59	Masculino	Negados	Izquierdo	Grado II	-3.25	-0.75	20/800	20/40
12	25	Femenino	Negados	Derecho	Grado I	-2.75	-0.13	20/150	20/40
13	60	Femenino	Negados	Izquierdo	Grado II	-5	-2.5	20/800	20/30
14	51	Masculino	DM	Derecho	Grado I	-4.5	-2	20/400	20/60
15	60	Femenino	DM	Izquierdo	Grado I	-5	-3	CD	20/70
16	69	Femenino	DM	Derecho	Grado I	-3.75	-0.25	20/800	20/60
17	49	Masculino	DM	Derecho	Grado I	-5.75	-2.5	20/600	20/40
18	57	Femenino	HTA	Derecho	Grado I	-0.75	-0.25	CD	20/25
19	70	Femenino	HTA	Izquierdo	Grado II	-4.6	-0.25	20/600	20/70
20	67	Femenino	Negadas	Izquierdo	Grado II	-0.25	-0.25	20/100	20/30
21	77	Masculino	Negados	Izquierdo	Grado II	0.5	-1	20/200	20/30

Queratometrías	Pacientes	%
TOTAL	21	100
IOL MASTER	17	80.952381
PENTACAM	4	19.047619

	K1	K2	KM	K1 (PENTACAM) TCRP	K2 (PENTACAM)	KM (PENTACAM)
1	48.65	56.5	52.57	48.2	53.7	50.95
2	47.25	49	48.125	45.9	48	46.95
3	47.24	54.99	51.115	45.9	51.4	48.65
4	31	46	38.5	32.1	45.4	38.75
5	46.5	48.25	47.375	45.5	47.3	46.4
6	39.24	46.29	42.765	38.9	44.8	41.85
7	45.4	50.85	48.125	44.3	48.6	46.45
8	44.01	52.75	48.38	43.8	52.4	48.1
9	43.74	46.71	45.225	42.5	45.4	43.95
10	44.81	49.3	47.055	44.5	48.8	46.65
11	47.24	54.99	51.115	45.9	51.4	48.65
12	51.33	52.65	51.99	50.3	51.3	50.8
13	47.6	52.4	50	46.1	49.4	47.75
14	42.19	53.27	47.73	42.2	50.2	46.2
15	51.28	54.42	52.85	49.7	55	52.35
16	44.05	48.64	46.345	44.1	46.3	45.2
17	39.87	48.47	44.17	41.3	48.4	44.85
18	42.44	44.85	43.645	42.6	43.9	43.25
19	45.31	51.9	48.605	45.1	50.9	48
20	45.98	49.47	47.725	45.5	46.4	45.95
21	42.66	45.4	44.03	43.3	43.8	43.55
PROMEDIO	44.6566667	50.3380952	47.4971429	44.17619048	48.7047619	46.44047619
MIN	31	44.85	38.5	32.1	43.8	38.75
MAX	51.33	56.5	52.85	50.3	55	52.35

<20 mm	20-22 mm	22-24.4 mm	24.5-26 mm	>26
	20.57	22.15	24.63	26.15
		24.15	25.9	26.44
		22.31	24.5	26.31
		23.35	24.58	
		24.15	24.64	
		22.9		
		22.56		
		23.58		
		23.9		
		22.55		
		23.1		
		23.25		
0	1	12	5	3

**QUERATOS DE IOL
MASTER 700**

Paciente	EE (K)	EE (SRKT)	EE (P)
1	-0.07	-0.4	-0.26
2	-0.26	-0.27	-0.33
3	-0.56	-0.25	-0.5
4	-0.5	-0.3	-0.27
5	-0.07	-0.46	-0.26
6	-0.38	-0.34	-0.49
7	-0.48	-0.25	-0.45
8	-0.22	-0.25	-0.25
9	-0.5	-0.41	-0.21
10	-0.27	-0.5	-0.37
11	-0.87	-0.25	-0.47
12	-0.5	-0.27	-0.3
13	-1.27	-0.18	-0.38
14	-0.5	-0.24	-0.48
15	-0.5	-0.51	-0.45
16	-0.22	-0.32	-0.2
17	-0.48	-0.25	-0.5
18	-0.5	-0.4	-0.26
19	-0.29	-0.24	-0.28
20	-0.5	-0.44	-0.23
21	-0.5	-0.24	-0.22

**QUERATOS
PENTACAM**

Paciente	EE (K)	EE (SRKT)
1	-0.03	-0.3
2	-0.43	-0.46
3	-0.4	-0.36
4	-0.22	-0.38
5	-0.42	-0.47
6	-0.5	-0.37
7	-0.5	-0.36
8	-0.51	-0.39
9	-0.37	-0.4
10	-0.33	-0.29
11	-0.4	-0.36
12	-0.37	-0.21
13	-0.51	-0.36
14	-0.41	-0.33
15	-0.26	-0.45
16	-0.21	-0.26
17	-0.3	-0.18
18	-0.43	-0.35
19	-0.36	-0.5
20	-0.32	-0.26
21	-0.4	-0.28

Paciente	EE POS QX
1	-1
2	-0.5
3	-2.5
4	-1.5
5	0
6	-4.5
7	-0.13
8	-3.37
9	0
10	-0.13
11	-0.75
12	-0.13
13	-2.5
14	-2
15	-3
16	-0.25
17	-2.5
18	-0.25
19	-0.25
20	-0.25
21	-1

Poder de lentes intraoculares utilizados

Paciente	(K)	(SRKT)	P)
1	7	5.5	5
2	21	21	21.5
3	12	10	10.5
4	19	20	20
5	20	21.5	22
6	13.5	13.5	18.5
7	8.5	8	8.5
8	16	16.5	17.5
9	10.5	10.5	10.5
10	13	14	14.5
11	12.5	10	10.5
12	24.5	22.5	22
13	18	16.5	17.5
14	13	14	13.5
15	18	14.5	14.5
16	17.5	17.5	19.5
17	16.5	17.5	17
18	20.5	20	20
19	17.5	20	19
20	18.5	18.5	18
21	22.5	21	21

Paciente	(K)	(SRKT)
1	9	8
2	21	22.5
3	13	14
4	17.5	19.5
5	21	22.5
6	18	14.5
7	8.5	10.5
8	10.5	17
9	11	12
10	12.5	14.5
11	13	14
12	25	23.5
13	18.5	19
14	12.5	15.5
15	15.5	15.5
16	17	18.5
17	15	16.5
18	20.5	20.5
19	20.5	21
20	19	20
21	21	21.5

Paciente	(K)
1	7
2	21
3	12
4	19
5	20
6	13.5
7	8.5
8	16
9	10.5
10	13
11	14.5
12	24.5
13	18
14	13
15	18
16	17.5
17	16.5
18	20.5
19	17.5
20	18.5
21	22.5

Tipos de lentes intraoculares utilizados

TIPO DE LIO	Pacientes	%
TOTAL	21	100
SA60AT	5	23.8095238
SNA60	7	33.3333333
ENVISTA	6	28.5714286
ENVISTA TORICO	3	14.2857143

Error predictivo refractivo de las 3 fórmulas, KANE, PANACEA SRKT

EPR K	EPR SRKT	EPR P	Paciente
-0.93	-0.6	-0.74	1
-0.24	-0.23	-0.17	2
-1.94	-2.25	-2	3
-1	-1.2	-1.23	4
0.07	0.46	0.26	5
-4.12	-4.16	-4.01	6
0.35	0.12	0.32	7
-3.15	-3.12	-3.12	8
0.5	0.41	0.21	9
0.14	0.37	0.24	10
0.12	-0.5	-0.28	11
0.37	0.14	0.17	12
-1.23	-2.32	-2.12	13
-1.5	-1.76	-1.52	14
-2.5	-2.49	-2.55	15
-0.03	0.07	-0.05	16
-2.02	-2.25	-2	17
0.25	0.15	0.01	18
0.04	-0.01	0.03	19
0.25	0.19	-0.02	20
-0.5	-0.76	-0.78	21

Test de normalidad y Longonormalidad. Utilizando Shapiro Wilk Test y Kolmogorov Smirnov

Test

Shapiro-Wilk test			
W	0.8605	0.8704	0.8598
Valor P	0.0065	0.0098	0.0063
Pasa test de normalidad (alpha=0.05)	No	No	No
	**	**	**
Kolmogorov-Smirnov test			
KS distancia	0.2029	0.1827	0.2167
Valor P	0.024	0.0654	0.0111
Pasa test de normalidad (alpha=0.05)?	No	Yes	No
	*	ns	*
Numero de valores	21	21	21

Resultados ANOVA y Kruskal- Wallis test

Kruskal-Wallis test	
Valor de P	0.8787
Exacto or aproximado valor de P	Approximate
Valor de P significativo (P < 0.05)	ns No
Número de grupos	3
Kruskal-Wallis estadística	0.2586
Data	
Numero de columnas	3
Número de valores (total)	63

Análisis descriptivo comparando el error de predicción refractivo de los grupos Kane, SRKT, Panacea.

	EPR K	EPR SRKT	EPR P
Número de valores	21	21	21
Mínimo	-4.12	-4.16	-4.01
Máximo	0.5	0.46	0.32
Rango	4.62	4.62	4.33
Mean	-0.8129	-0.94	-0.9214
Desviación estandar	1.299	1.352	1.272
Std. Error	0.2834	0.2951	0.2776

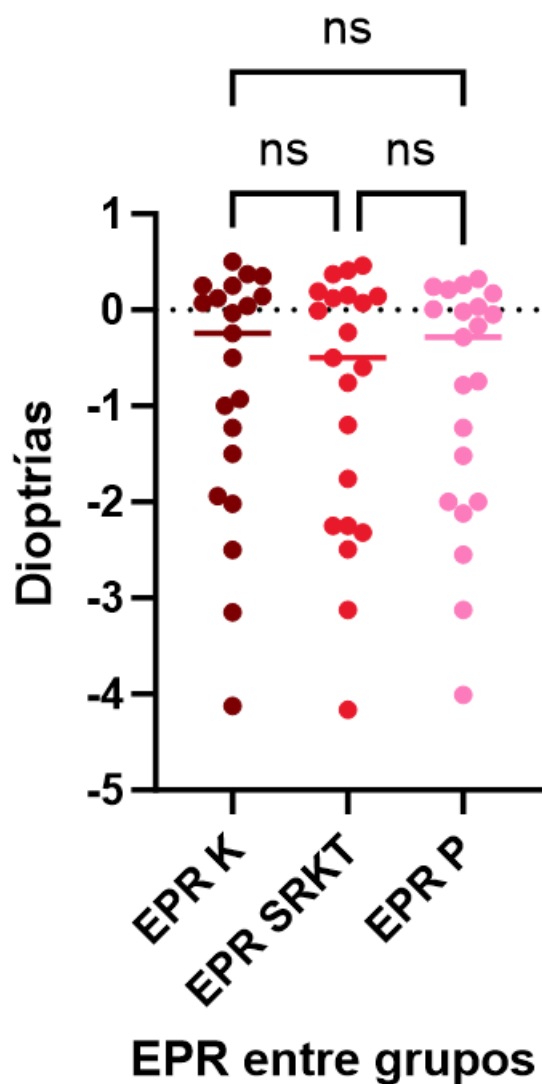


Tabla 1: Error predictivo refractivo comparado entre grupos. No existe diferencia significativa entre los 3 grupos de fórmulas.

Las dioptrías de los errores predictivos refractivos en los 3 grupos analizados tienden a tener valores negativos. (EPR= Error predictivo refractivo, K= Kane, P= Panacea, NS= No Significativo)

Discusión

Utilizando el error predictivo refractivo comparado entre grupos observamos que No existe diferencia significativa entre los 3 grupos de fórmulas, a diferencia de lo que marca la literatura.

La literatura presume que la fórmula de cálculo de lente intraocular Panacea cuenta con la mejor precisión refractiva postquirúrgica en los pacientes con diagnóstico de queratocono y catarata senil, sin embargo, en el estudio presente no se muestra diferencias significativas entre las fórmulas utilizadas en pacientes postoperados con queratocono.

Kane cuenta con calculador específico para pacientes con queratocono, sin embargo, en el estudio presente no se muestra diferencia significativa entre las fórmulas utilizadas en pacientes postoperados con queratocono.

La tendencia en las dioptrías de los errores predictivos refractivos en los 3 grupos analizados (KANE, PANACEA Y SRKT) es de valores negativos.

Tres pacientes se encuentran fuera de 2.6 dioptrías en el error predictivo refractivo de las 3 fórmulas analizadas, esto debido a una mala elección de poder del lente intraocular por parte del cirujano; Si esos 3 pacientes los cuales tuvieron una mala selección fueran eliminados, el error predictivo refractivo entre las tres fórmulas analizadas pudiera tener diferencias significativas.

Conclusiones

Debido a que la tendencia en las dioptrías de los errores refractivos predictivos en los 3 grupos analizados es de valores negativos, proponemos (o se debería buscar) un equivalente esférico objetivo prequirúrgico más positivo en pacientes con queratocono para así poder tener resultados postquirúrgicos más cerca a la emetropía.

En el presente estudio no existe diferencias significativas en el cálculo de lente intraocular con pacientes con queratocono usando Kane, Panacea, y SRKT, sin embargo, es de vital importancia considerar la longitud axial y las queratometrías prequirúrgicas en los pacientes con queratocono y catarata senil.

Se necesitan más estudios con una mayor muestra para poder tener resultados significativos con mayor impacto.

Recursos financieros y de factibilidad

La Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. contó con el equipamiento necesario para realizar el estudio, por lo que no se requirió financiamiento adicional o insumos.

11.Bioseguridad

Se utilizó la base de datos de La Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz I.A.P. únicamente para fines estadísticos, no se puso en peligro los datos de identificación del paciente.

Referencias Bibliográficas

- 1) Nuria Garzón, P. P.-V. (2020). Intraocular lens power calculation in eyes. *J Cataract Refract Surg*, ; 46:778–783.
- 2) Savini G., Abbate, R., Hoffer, K. J., Mularoni, A., Imburgia, A., Avoni, L., ... SchianoLomoriello, D. (2019). Intraocular lens power calculation in eyes with keratoconus. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. doi:10.1016/j.jcrs.2018.11.029
- 3) Savini G, Hoffer KJ, Shamma HJ, Aramberri J, Huang J, Barboni P. (2017). Accuracy of a new swept-source optical coherence tomography biometer for IOL power calculation and comparison to IOLMaster. *J Refract Surg* ; 33:690–695.
- 4) Hoffer KJ, Hoffmann PC, Savini G. Comparison of a new optical biometer using swept-source optical coherence tomography and a biometer using optical low-coherence reflectometry. (2016). *J Cataract Refract Surg*; 42:1165–1172.
- 5) Garzón N, Poyales Galán F. (2005), ORBSCAN: Mapas topográficos. *Gaceta Optica*;420:24-8. Disponible en: <http://www.cnoo.es/modulos/gaceta/actual/gaceta420/cientifico2>.
- 6) Khachikian SS, Belin MW, Ciolino JB. (2008) Intrasubject corneal thickness asymmetry. *J Refract Surg*. ;24(6):606-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18581786>.
- 7) Kamiya, K., Iijima, K., Nobuyuki, S., Mori, Y., Miyata, K., Yamaguchi, T., ... Maeda, N. (2018). Predictability of Intraocular Lens Power Calculation for Cataract with Keratoconus: A Multicenter Study. *Scientific Reports*, 8(1). doi:10.1038/s41598-01820040w
- 8) Kane, J. X., Connell, B., Yip, H., McAlister, J. C., Beckingsale, P., Snibson, G. R., & Chan, E. (2020). Accuracy of Intraocular Lens Power Formulas Modified for Patients with Keratoconus. *Ophthalmology*. doi:10.1016/j.ophtha.2020.02.008
- 9) Holladay, J. T. (2015). *Holladay IOL consultant software & surgical outcomes assessment*. Bellaire, TX, 2020, 0126.
- 10) Connell, B. J., & Kane, J. X. (2019). Comparison of the Kane formula with existing formulas for intraocular lens power selection. *BMJ open ophthalmology*, 4(1), e000251. 11) Savini, G., Taroni, L., & Hoffer, K. J. (2020). Recent developments in intraocular lens power calculation methods—update 2020. *Annals of Translational Medicine*, 8(22), 1553–1553. doi:10.21037/atm-20-2290

- 12) *Amsler M. Keratocone classique et keratocone fruste, arguments unitaires. Ophthalmologica 1946; 111:96- 101.*
- 13) *Bozorg, S., & Pineda, R. (2014). Cataract and Keratoconus: Minimizing Complications in Intraocular Lens Calculations. Seminars in Ophthalmology, 29(5-6), 376–379.*
- 14) *Tan B, Baker K, Chen YL, et al. How keratoconus influences optical performance of the eye. J Vis 2008;8(13):1–10.*
- 15) *Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23:1356–1370.*
- 16) *Prado- Serrano, N. G. (2009). Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares. Revisa Mexicana de Oftalmología, 83(5):272-280.*
- 17) *Haigis W, Lege B, Miller N, et al. (2000) Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol ;238:765-73.*
- 18) *Kanclerz P, Hoffer KJ, Rozema JJ, et al. (2019) Repeatability and reproducibility of optical biometry implemented in a new optical coherence tomographer and comparison with a optical low-coherence reflectometer. J Cataract Refract Surg ;45:1619-24.*
- 19) *Carrón, Agustín, Araújo, Diego, Medve, Gabriel, Torres, Juan Sebastián, & Arrúa, Martín. (2021). Exactitud de las fórmulas de cálculo del poder de Lente Intraocular en Cirugía de Cataratas. Comparación de 8 fórmulas. Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción), 54(2), 25-32.*
- 20) *Melles, R.B.; Holladay, J.T.; Chang, W.J. Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. Ophthalmology 2018, 125, 169–178.*
- 21) *Fredriksson, A.; Behndig, A. Measurement centration and zone diameter in anterior, posterior and total corneal astigmatism in keratoconus. Acta Ophthalmol. 2017, 95, 826–833.*
- 22) *Piñero, D.P.; Camps, V.J.; Caravaca-Arens, E.; Pérez-Cambrodí, R.J.; Artola, A. Estimation of the central corneal power in keratoconus Theoretical and clinical assessment of the error of the keratometric approach. Cornea 2014, 33, 274–279.*
- 23) *Kim, J.; Whang, W.J.; Kim, H.S. Analysis of total corneal astigmatism with a rotating Scheimpflug camera in keratoconus. BMC Ophthalmol. 2020, 20, 475.*

DR. HUMBERTO WONG CHAVARRÍA

ASESOR DE TESIS

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGIA OCULAR.

DR. ALEJANDRO BABAYAN SOSA

PROFESOR ADJUNTO UNAM

DIRECTOR MEDICO

DRA ADRIANA SAUCEDO CASTILLO

POFESOR ADJUNTO UNAM

SUBDIRECTORA MEDICA

DR. OSCAR BACA LOZADA

PROFESOR ADJUNTO UNAM

ADSCRITO CORNEA Y CIRUGÍA REFRACTIVA

DR. JOSE FRANCISCO ORTEGA SANTANA

JEFE DE ENSEÑANZA

DRA. CRISTINA MENDOZA VELAZQUEZ

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN

ADSCRITA SEGMENTO ANTERIOR