

Cálculo de lente intraocular en pacientes con cirugía refractiva previa

Introducción:

Después de la aceptación casi universal de la cirugía refractiva con láser en los años 90's, se teorizó que en el futuro se presentaría un problema para el cálculo de los lentes intraoculares en los pacientes operados de refractiva, quienes necesitarían en algún momento cirugía de catarata. Se recomendó que se guardaran y se entregaran los datos biométricos preoperatorios, pensando que con estos, se evitarían y solucionarían todos los problemas. Sin embargo, una década después, empezaron a aumentar el número de pacientes con catarata, y se hicieron evidentes estos problemas (1-16); encontrando que aquellos operados de cirugía miópica tendían a quedar hipermétropes (Speicher, (17)), error medio de +1.8 D, y SD $\pm$ 2.5D, con una gran desviación estándar. Los operados de hipermetropía, quedaban miopes (Speicher ((17))), error medio de -1.6 D, y SD $\pm$ 1.4 D). Estos resultados generaron insatisfacciones en los pacientes sobretodo por haber sido operados de cirugía refractiva y tener expectativas visuales muchas más altas que los pacientes ancianos que estábamos acostumbrados a operar de catarata.

A continuación se presenta una explicación del origen del problema, los programas que se han desarrollado, y por último las conclusiones y recomendaciones para enfrentarse a estos difíciles casos, que se harán más frecuentes con el tiempo, conforme los baby boomers y la generación X, operados de cirugía queratorefractiva desarrollen cataratas.

Origen del problema:

Inicialmente se pensó que el factor principal, era que el keratómetro, que mide una zona medio periférica, no era capaz de medir la curvatura central de la córnea, y se recomendó utilizar la queratometría apical tomada con los topógrafos, apareciendo una serie de fórmulas para intentar encontrar este poder queratométrico central. Aunque los resultados mejoraron, se hizo evidente que existían otros factores, que no eran fácilmente medibles, y que describimos a continuación.

- 1- Error en la estimación del poder corneal real
- 2- Error en la estimación de la posición efectiva del lente intraocular (LIO)

1- Error en la estimación del poder corneal real (9, 18-32)

El instrumento utilizado de rutina para estimar el poder corneal, en el cálculo de lentes intraoculares es el keratómetro (manual o autorefractómetro). Este instrumento presenta una serie de problemas para estimar el poder corneal real, especialmente en casos post cirugía querato-refractiva. Los principales inconvenientes son:

- A. No lograr medir la curvatura en el área más apical de la córnea.
- B. Estimar el poder corneal total, midiendo solo la cara anterior de la córnea, y sin tomar en cuenta el efecto de la cara posterior.

C. No permitir medir la asfericidad y aberración esférica inducidas por la cirugía refractiva.

A continuación explicaremos cada uno de estos puntos:

El Keratómetro, es un instrumento diseñado hace más de 160 años, inventado por un fisiólogo alemán Hermann von Helmholtz en 1851 (existió un modelo anterior desarrollado en 1796 por Jesse Ramsden y Everard Home), basado en la reflexión de una imagen en la cara anterior de la córnea (33). Este determina el radio de curvatura en milímetros, y utilizando un índice de refracción, estima el poder total de la córnea. Este índice de refracción, de acuerdo a cada casa comercial, fue calculado en esa época de acuerdo al ojo esquemático y presunciones, como el de Javal-Schiotz, utilizado por los kerátómetros tanto de B & L, y Haag Streit, estimando que una córnea de 7.5 mm, tenía unos 45,00 D de poder ($7.5/45=337.5$). El índice de 1.332 o 1.3315, derivado del ojo esquemático de Gullstrand con curvatura anterior de 7.7 (48.83 D), y posterior de 6.8 mm (-5.88 D).

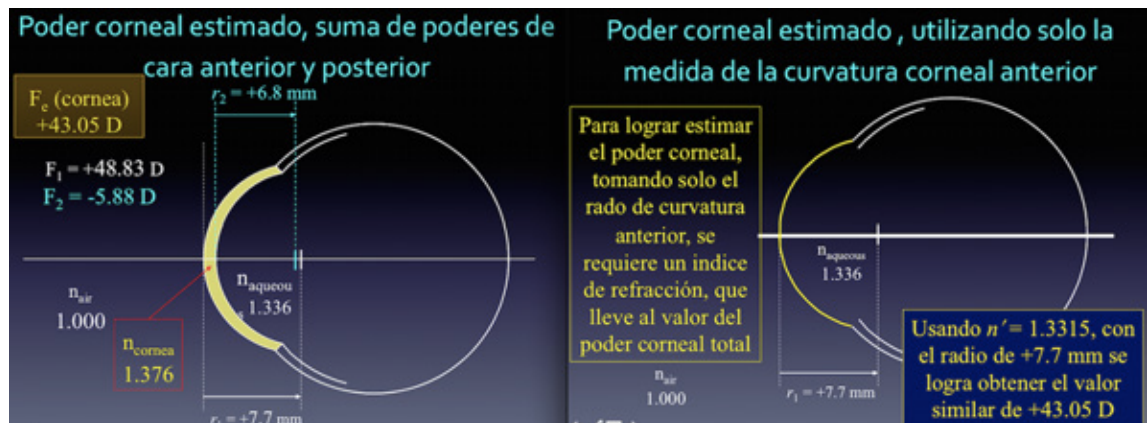


Figura 1. Esquema comparativo del poder corneal estimado, utilizando ambas caras o interfases refractivas, versus la estimación utilizando solo la cara anterior de la córnea.

No existía en ese momento forma de evaluar in vivo el radio de curvatura posterior de la córnea, ni el grado de asfericidad corneal, y para efectos prácticos, durante muchos años, el oftalmólogo no requería de una estimación más precisa. Este instrumento presenta serias deficiencias en los siguientes puntos:

a- La proyección de la imagen sobre la cara anterior de la córnea, ocupa un área variable, de acuerdo a la curvatura corneal y al equipo utilizado, (córneas más curvas, un área menor, Lenstar 1.65 mm), pero oscila entre 1.6 y 3.4 mm. Esto quiere decir que el área evaluada, no es la del ápice corneal, y por lo tanto córneas asféricas, donde el centro es más plano o más curvo que la zona medida medio-periférica, no darán un valor de radio de curvatura acertada. Este defecto es mayor en córneas con cirugía refractiva corneal, donde se induce una asfericidad elevada por ablación y aplanamiento central en casos de miopía o ablación periférica e incurvamiento central en caso de cirugía hipermetrópica.

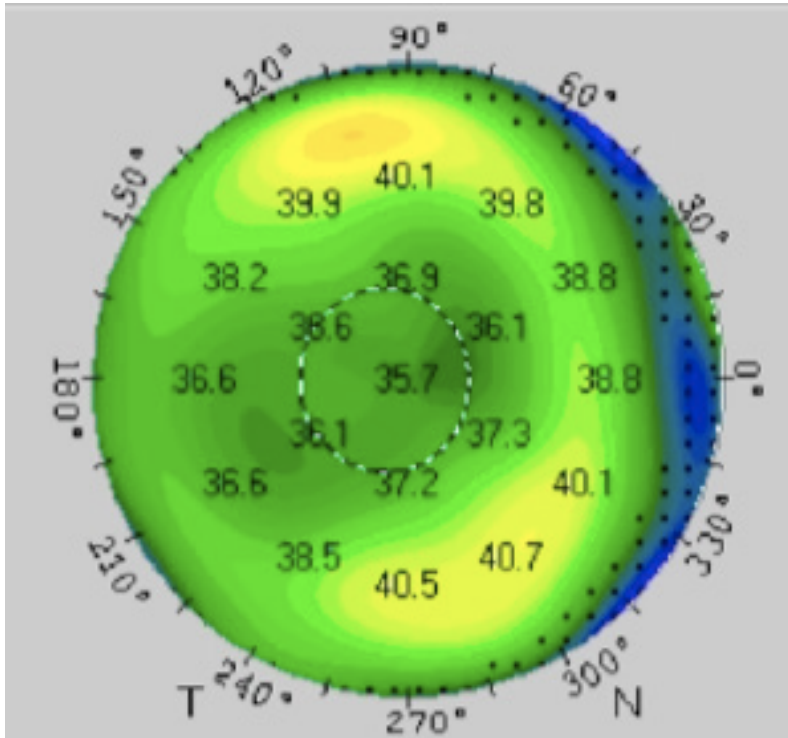


Figura 2. Imagen topográfica de cara anterior, haciéndose evidente la asfericidad corneal, con un menor poder corneal apical, en comparación con el de la media periferia, como consecuencia de aplanamiento central por cirugía querato-refractiva previa.

b- El índice de refracción estimado en el keratómetro, funciona en córneas normales, donde existe una relación entre el radio de curvatura de la cara posterior y la cara anterior de la córnea de aproximadamente 82.2%. El índice de refracción utilizado para determinar de acuerdo al radio de curvatura corneal anterior, es variable según el equipo utilizado, considerándose el más acertado de 1.3315 (utilizados por Haigis y Olsen), correspondiente al índice de relación de radios posterior /anterior de 82.2%. Los queratómetros que utilizan el índice de 1.3375, sobreestiman el poder corneal real en promedio de 0.78 D , calculado según una córnea con una relación de 88%, por lo que el poder en dioptrías tiene una sobreestimación de aproximadamente 0.78 D. Este valor es corregido con la constante del LIO, en las fórmulas de cálculo de LIO. El ojo esquemático de Gullstrand (del cual se basaron las primeras fórmulas teóricas para el cálculo del lente intraocular), utiliza como radios de curvatura posterior/anterior de 6.8/7.7 equivalente al 88.31%, muy por arriba de la relación normal.

Distribución Rel. Antero-Posterior

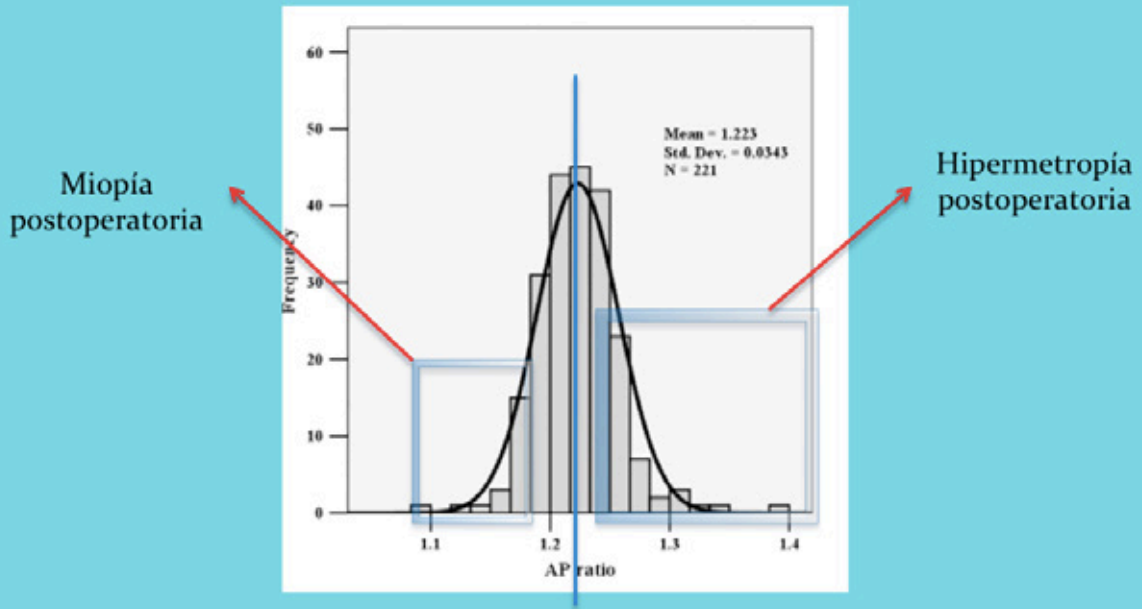


Figura 3. Distribución en la población normal de la relación entre el radio de cara anterior y posterior de la córnea. Se muestra que aquellos con relaciones superiores a 1.25, tienden a tener un resultado hipertrópico al colocar lentes intraoculares, cuando se calculan con las fórmulas usuales, si no se toma en cuenta esta relación, y aquellos con relaciones AP menores de 1.18, tienden a quedar con miopías residuales.

Las nuevas fórmulas de cálculo de lente intraocular utilizarán valores del poder real más exactas y modificarán el índice de refracción corneal estimado de 1.3315, o los reales de la interfase aire-córnea y córnea-humor acuoso. En córneas donde este valor se sale de la norma, el valor obtenido por el keratómetro, utilizando el índice normal de 1.3375, ya no es útil, dando un valor que se aleja de la realidad.

En cirugía querato-refractiva para miopía, el aplanamiento de la cara anterior, y escaso cambio de la posterior, induce una disminución de la relación P/A, tan baja como del 60% al 81%, ocasionando una sobreestimación del poder corneal, que conduce a implantar una lente de menor poder, quedando el paciente con una hipermetropía residual.

Poder corneal vs. Gullstrand ratio Para córnea de $r = 7.78$ mm

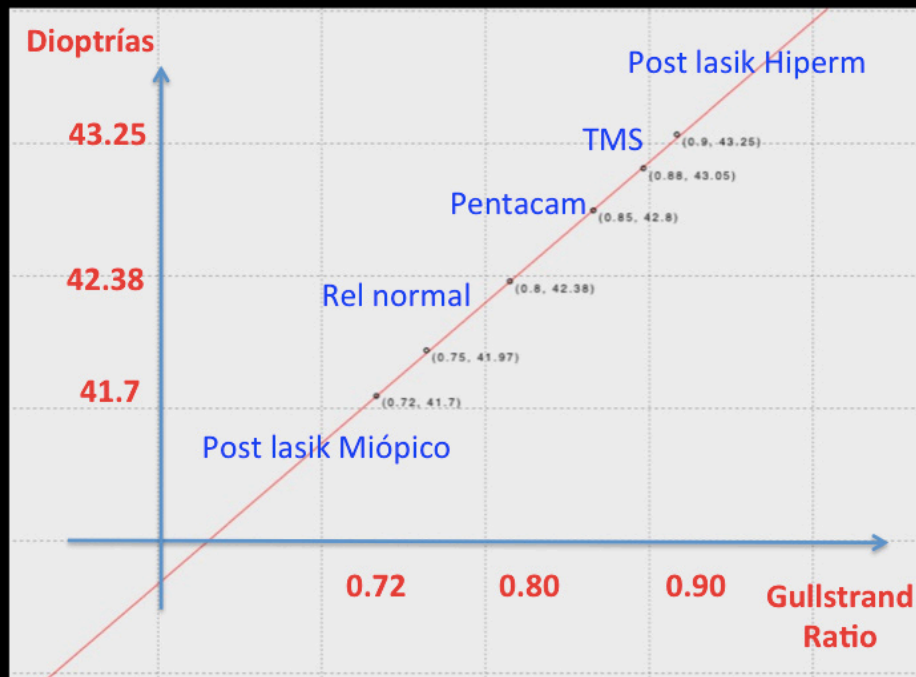


Figura 4. Relación de Gullstrand, entre el radio posterior y anterior de la córnea. Normal alrededor de los 82.2 %, siendo menores después de cirugía refractiva miópica, superiores en post-cirugía hipermetrópica. Se evidencia el cambio en el poder total de la córnea, no medible con la queratometría manual o autorefractómetro.

En el caso de correcciones hipermetrópicas sucede lo inverso; con una subestimación del poder corneal, con desenlaces miópicos (34), pero desde el punto de vista óptico es menor que en el caso de las correcciones miópicas, por lo que los resultados inesperados son más frecuentes después de cirugías querato-refractivas miópicas.

En la actualidad existen equipos que nos permiten medir el radio de curvatura, la asfericidad y la toricidad tanto de la cara anterior, como de la cara posterior de la córnea, obteniendo una forma más precisa el poder real de la córnea. Esto tanto para ojos vírgenes sin cirugía refractiva, pero con córneas que se salen de la norma, así como para casos con grandes modificaciones post-cirugía querato-refractiva. Dentro de estos equipos podemos citar diversas tecnologías:

1. Con corte óptico (Orbscan IIZ (35-39).
2. IOL Master (40).
3. Lenstar (41-44)).
4. PCI (AC Master).
5. OCT (45)(Visante, TR Vue).
6. Scheimpflug (46-60) (Pentacam).

Srivannaboom et al (61), proponen un método para estimar el poder de la cara posterior de la córnea, tomando la curvatura de la media periferia de la cara anterior en casos donde no se dispone de un equipo de tomografía para realizar esta medida (62).

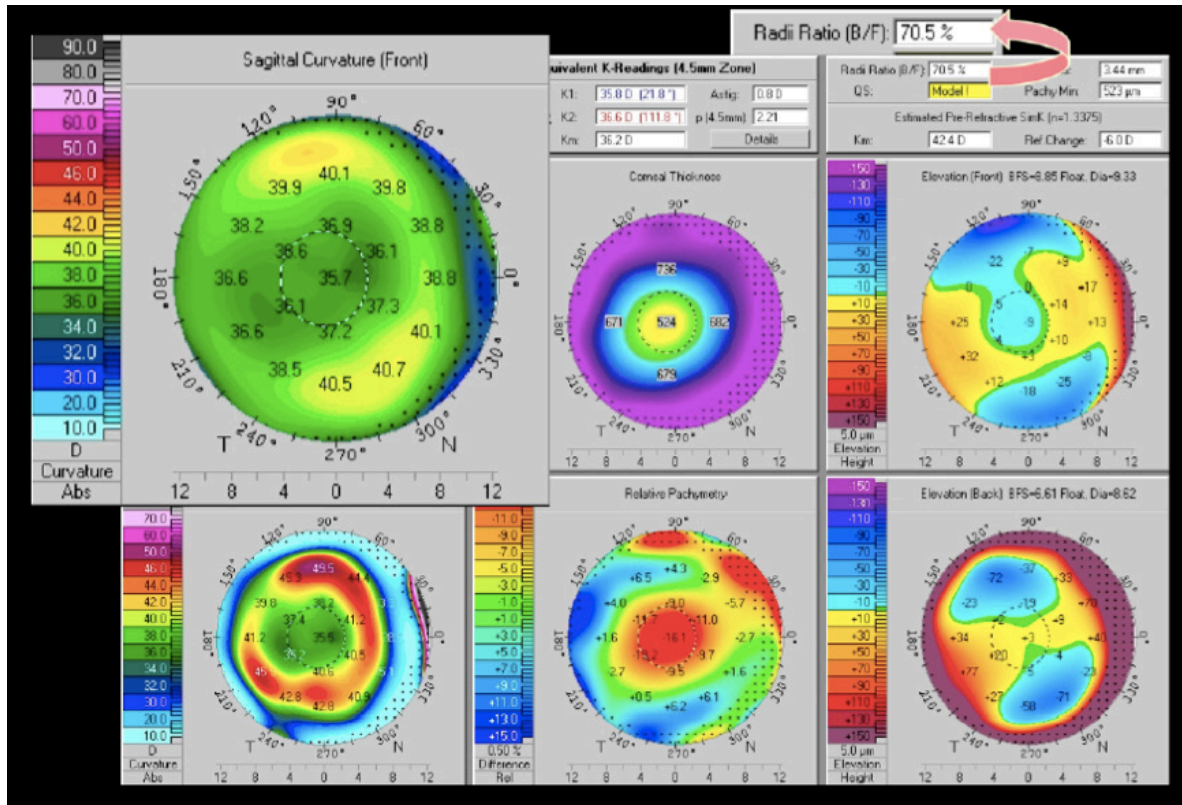
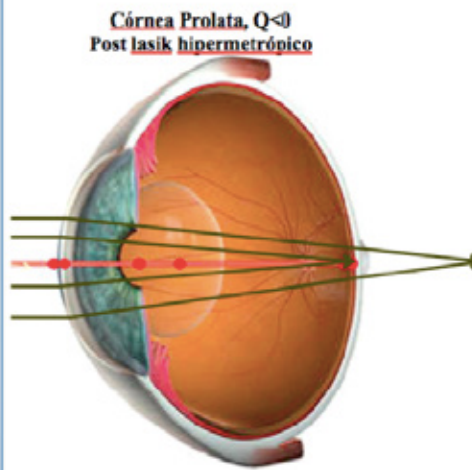
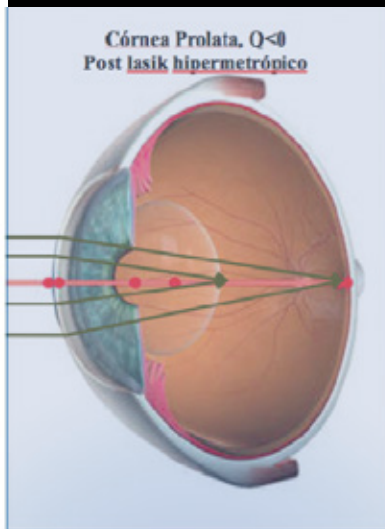
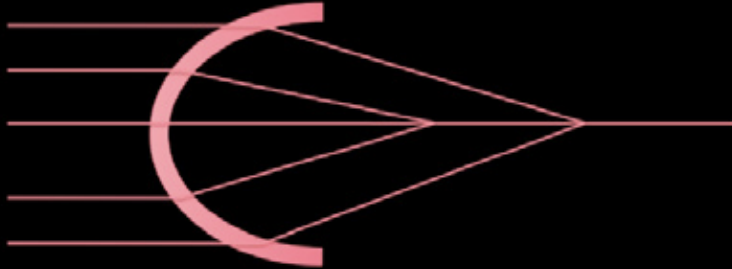


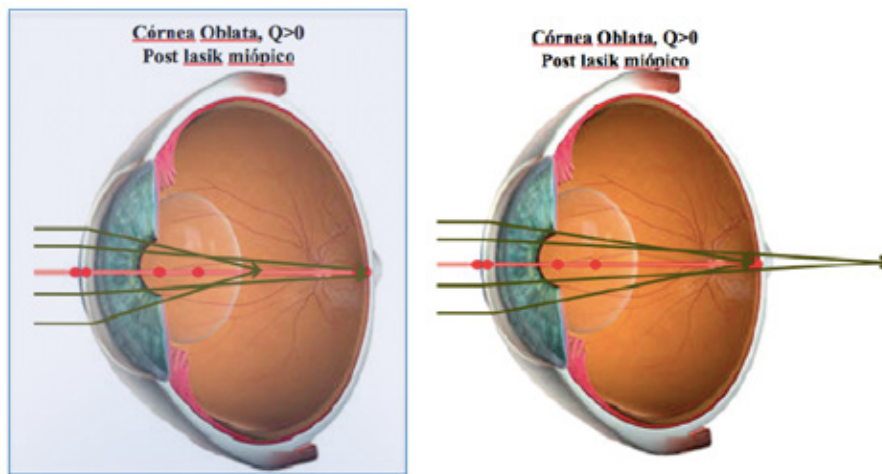
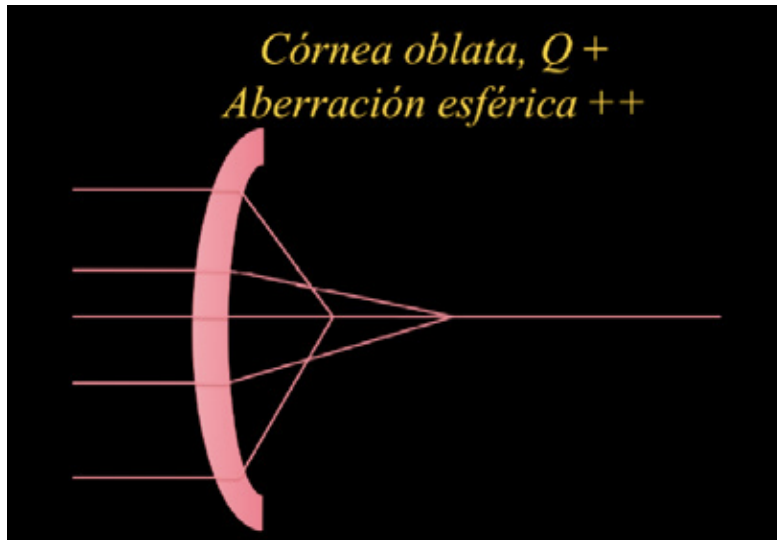
Figura 5. Imagen del Pentacam, Holladay , donde se muestra el cambio de relación P/A, a un nivel bajo, evidenciando una cirugía refractiva miópica previa, con aplanamiento central de la cara anterior de la córnea.

c- Debe ser tomado en cuenta el factor de asfericidad elevada en casos de cirugía querato-refractiva y su consiguiente inducción de aberración esférica (63), tanto a la hora de estimar el poder del lente intraocular (37), como para elegir el grado de aberración esférica que tiene este lente para disminuir y no incrementar la aberración esférica a nivel ocular (64-66). Además como se comentó en el capítulo de biometría, es muy importante el factor de multifocalidad para determinar el poder del lente a colocar. En córneas post cirugía querato-refractiva miópica, es indispensable tener el valor de la córnea central, para que esta zona sea calculada para visión lejana, y la media periferia corneal, con mayor poder dióptrico, permita la multifocalidad para visión próxima. En el caso de una córnea post refractiva hipermetrópica, la queratometría de la media periferia, puede ser tomada para visión lejana, y la córnea apical con mayor poder dióptrico, puede ser utilizada para visión próxima, por lo que en el caso de cirugía hipermetrópica, no es tan crítico tener la medida apical.

*Córnea prolata, post lasik
hipermetrópico, aberración esférica
negativa*



Figuras 6-7, Esquema del cambio en la aberración esférica en una córnea con alta prolaticidad, por incurvamiento apical central (ej. Refractiva hipermetrópica), produciendo una multifocalidad, donde los rayos paracentrales se enfocan en un punto más anterior y los de la media periferia, en un punto más posterior. En gris la mejor opción, para permitir tanto visión lejana como próxima.



Figuras 8-9, Esquema del cambio en la aberración esférica en una córnea oblata, por aplanamiento apical central (ej. Refractiva miópica), produciendo una multifocalidad, donde los rayos paracentrales se enfocan en un punto más posterior y los de la media periferia, en un punto más anterior. En gris la mejor opción, para permitir tanto visión lejana como próxima.

2- Error en la estimación de la posición efectiva del LIO (67-73).

a- Los programas de cálculo de lente intraocular, tienen que estimar la posición efectiva del LIO, para poder calcular su poder (como comentamos en el capítulo de biometría, el poder del LIO es relativo, y depende de la posición donde va a quedar colocado dentro del ojo). Los programas hasta la tercera generación, utilizan la queratometría (curvatura corneal) como factor para determinar que tan adelante o atrás quedará el LIO. En córneas curvas, estima que la cámara anterior es más profunda, y por lo tanto que el LIO quedará en una posición más posterior, y tendrá que ser de un poder mayor, que en córneas planas, donde estima que la cámara anterior es más plana, y por lo tanto el LIO quedará en una posición más anterior, requiriendo un menor poder, para alcanzar la refracción deseada. En el caso de cirugía querato-refractiva, el problema que se presenta es que la medida

queratométrica está más plana (en operados de miopía), produciendo que el calculador, estime una cámara más plana y una posición más anterior del lente (de lo que en realidad va a quedar), calculando una lente de menor poder, y dejando un defecto hipermetrópico residual. En el caso de post-refractiva hipermetrópica sucede lo contrario, donde las fórmulas calculan, debido a una córnea más curva, un lente de mayor poder, porque estiman una posición del lente más posterior, induciendo una miopía residual. Una medida para evitar este error, es la propuesta por Aramberri (74-76), con la técnica de doble k, donde al utilizar las fórmulas de tercera generación, se utiliza el poder dióptrico corneal del keratómetro, en el espacio de la fórmula donde se requiere este valor, y en el espacio donde se coloca la queratometría o radio de curvatura corneal, para estimar la profundidad de la cámara anterior. Para estimar la posición del LIO se coloca un valor diferente, que puede ser el valor original de la córnea antes de ser operada, o un valor de K, de acuerdo a la suma de la ACD y el espesor del cristalino del paciente, de la siguiente forma: si la suma es menor de 7.5 mm, se coloca una K preop de 42 D, si el valor de la suma esta entre 7.5 y 8.1 mm, se coloca una K preop de 43.5, y si la suma es mayor de 8 mm, se coloca un valor de 45 D. Otros métodos de predecir el valor de curvatura preoperatorio son el de estimarlo a través de la medida de la curvatura de la cara posterior a 6 mm de zona óptica(58), otra es tomar del Holladay Report del Pentacam, el valor estimado pre-refractivo del SimK, que es obtenido del valor de curvatura posterior.

En la fórmula de SRK/T, existe un comportamiento anómalo no fisiológico, que produce un salto en la curva de predicción del poder del lente intraocular que puede ser corregido con la propuesta de fórmula de T2 de Sheard et al (77). Cuando se va a utilizar la fórmula de SRK/T con doble K de Aramberri, en ojos grandes con queratometrías muy curvas, la tendencia es a producirse una hipercorrección por sobre estimación del poder del LIO, al predecir una cámara anterior y una EIPO mucho mayor a la real (78).

En el caso de fórmulas de cuarta generación como Haigis (79), quien estima la posición del LIO por la ACD (profundidad de la cámara anterior) medida del paciente, o de Olsen y Holladay II, quienes estiman la posición del LIO, por otros factores como ACD, WTW (medida de blanco a blanco), edad, espesor del LIO, defecto preoperatorio, queratometría y longitud axil, no se requiere hacer cambios para estimar la posición del LIO en pacientes post-refractiva. Sin embargo es primordial la estimación adecuada del poder corneal real.

Fórmulas disponibles:

A partir del nuevo milenio, con la epidemia de resultados inesperados, empiezan a aparecer una serie de propuestas, intentando reducir la desviación estándar y corregir la media (11, 23, 24, 26, 28, 61, 80-126). Al igual que con los programas de cálculo de LIO, algunas de estas propuestas se derivan de regresiones estadísticas de grupos de pacientes utilizando equipos específicos, que hacen que estas fórmulas no puedan ser reproducidas en forma universal. Otras son derivadas de la física óptica, pero requieren de mediciones especiales, como asfericidades

corneales y radios de curvatura posterior, que obligan a tener los equipos que permitan estas medidas (tomógrafos: ej. Pentacam, Holladay Report), y los programas más complejos.

El número de autores y propuestas ya excede los 40, algunos utilizando datos de la historia clínica (127), para predecir o deducir el poder corneal real, y otras sin datos de la historia clínica, utilizando solo los datos actuales, con fórmulas de regresión u ópticas, algunas estimando el poder corneal actual y otras variando el valor del LIO recomendado, por los programas usuales.

Estimación del poder corneal	Estimación del poder del LIO
1. Clinical history	1. Aramberri double K modification
2. Topographic adjustment	2. Feiz & Mannis
3. EyeSys adj-EffRP	3. Masket regression
4. Wang-Koch-Maloney	4. Modified Masket
5. Atlas 4 mm zone	5. Haigis-L myopic
6. Galilei	6. Haigis-L hyperopic
7. Adjusted Atlas 0-3	7. Holladay 2
8. Potvin-Hill	8. Shammas no history
9. Choy-Lee-Park	9. Wake Forrest
10. Hamed-Wang-Koch	10. Ianchulev
11. Contact Lens	11. Mackool
12. Savini-Barboni-Zanini	12. BESt
13. Ronje	13. Corneal bypass
14. Camellin	14. Ladas
15. Jarade	15. Latkany flat K
16. Ferrara	16. HHK
17. Rosa	17. Waddy
18. Spicher	
19. Contact lens method	
20. Salvini IR	

Figura 10. Listado de algunas de las fórmulas y nomogramas desarrollados para corregir el cálculo del poder de lentes intraoculares después de cirugía refractiva, dividido en aquellos que estiman el poder corneal y los que varían la estimación del poder del lente intraocular.

Aunque se podría intentar citar todas estas fórmulas, nos vamos a referir únicamente a las que considero que tienen un mayor porcentaje de éxito y están más a la mano de cualquier oftalmólogo.

La primera es el método de Wang Koch Maloney (128-130), quienes estiman el poder corneal real, pasando la queratometría medida a 3 mm del topógrafo Atlas, a un valor dióptrico de cara anterior y se le resta una constante del poder de la cara posterior que estiman en promedio de -5.59 o 6.1 D.

La segunda que comentaremos es la fórmulas de Shammas (107, 131, 132), quien deriva su fórmula de otros autores, similar a la de Wang-Koch-Maloney, pero varían el poder estimado de la cara posterior de la córnea en -6.8 D.

- Fórmulas para estimar poder de K a partir de medida de cara anterior de la córnea

- Seitz/Speicher/Savini $K = \text{Sim K} \times 1.114 - 4.98$
- Maloney $K = \text{Central K (ACCP)} \times 1.114 - 4.9$
- Wang-Koch-Maloney $K = \text{Central K (EffRP)} \times 1.114 - 6.1$
- Awwad $K = \text{Sim K} \times 1.114 - 6.062$
- Shammas $K = \text{Sim K} \times 1.14 - 6.8$
- McCulley 1 $K = \text{Sim K} \times 1.114 - 6.062$
- McCulley 2 $K = \text{Central K (ACCP)} \times 1.151 - 6.799$

Figura 11. Fórmulas que toman de base, el cambiar el resultado del poder del keratómetro, al poder de la cara anterior, al multiplicar por una constante de relación A/P, y le restan el poder de la cara posterior.

Al estudiar la fórmula, se intenta encontrar el poder real al pasar el poder queratométrico o radio de curvatura a un valor real de la cara anterior, multiplicando por el factor de corrección de 1.114, que es simplemente el de la relación normal de la cara ant/ post, y luego se le resta el poder dióptrico de la cara posterior promedio de, -6.8 D. Nuevamente este dato es aproximado y funciona para córneas donde el poder de la cara posterior se aproxima a los -6.8 D. El ideal sería tener una medida real del poder de la cara posterior, y hacer el cálculo más exacto para cada caso, como lo demuestran Hu et al (114) en el 2010.

En ambas fórmulas se recomienda que el poder de K utilizado, provenga del valor promedio de los 3 mm centrales, tomados por el topógrafo de Atlas. Yang et al (125), encuentran equivalentes a utilizar las medidas del Atlas, los resultados del equivalent K del Pentacam.

El método de Haigis-L (133), que es una modificación del valor del radio de curvatura corneal para utilizar con la fórmula de Haigis, busca predecir el poder real de la córnea, a partir de la medición del radio de curvatura del IOL Master. Como mencionamos anteriormente, Haigis no utiliza la K para determinar la ELPo, sino el valor de la ACD, por lo que la fórmula solo requiere del cambio de queratometría, y no otra modificación para el cálculo de la ELPo. Esta técnica ha resultado ser muy útil, con resultados muy aceptables.

Fórmulas para estimar poder corneal real

- Wang-Koch-Maloney
 - $K \text{ corregida} = 1.114 \times (0-3 \text{ mm Atlas}) - 5.59$
- Shammas sin historia
 - $K \text{ corregida} = 1.14 \times (0-3 \text{ mm Atlas}) - 6.8$
- Haigis-L
 - $\text{Radio corregido} = 331.5 / (-5.1625 \times \text{Radio} + 82.2603 - 0.35)$
 - $K \text{ corregida} = -5.1625 \times K (\text{IOL Master}) + 82.2603 - 0.35$

Figura 12. Fórmulas recomendadas a utilizar para estimar el poder corneal real después de cirugía refractiva miópica.

El ASCRS Calculator (134, 135), es una herramienta de la red (iolcalc.org) desarrollada por ASCRS (Sociedad Americana de Cirujanos de Catarata y Refractiva), con la colaboración de los doctores, W. Hill, Li Wang y Douglas Koch, que desarrollan una serie de fórmulas de varios autores, para el cálculo del poder del lente intraocular después de cirugía de catarata.

Según el estudio de Yang et al (125), los mejores resultados de los programas del ASCRS calculator, se obtienen de las fórmulas descritas anteriormente, en especial ASCRS-min, Wang-Koch-Maloney, Shammas sin historia y Haigis-L. Siendo esta página, una aplicación fácil de utilizar y universal; en el momento actual, sería el método de primera línea a tomar en cuenta.

Existen otras opciones que nos pueden dar muy buenos resultados, pero requieren de tener a disposición programas más sofisticados y costosos, como puede ser el Holladay II con el Holladay IOL Consultant, donde Yang et al (125), obtienen los mejores resultados utilizando las K's más planas, del IOL Master, el equivalent K del Pentacam o la K de los 3 mm centrales del Atlas, con un 58% de pacientes con resultados en ± 0.50 D y un 90% entre ± 1.00 D.

Otra opción reciente y aparentemente con buenos resultados es la de Dielh-Date Miller (112, 136), quienes desarrollan un nomograma, cuando se conoce el poder dióptrico corregido con la cirugía querato-refractiva, que modifica el poder del LIO calculado. Obtienen resultados excelentes con medias de 0.481 D y DS ± 0.376 D.

Nomograma de Dielh-Date-Miller

- **Poder del Lio Corregido = $-0.0198(L)^2 + 0.170(L) - 0.0079$**

Figura 13. Nomograma recomendado por Dielh-Miller y modificado por Date, en casos donde se conoce la cantidad de corrección miópica realizada.

Para Hipermetropía:

La cirugía refractiva hipermetrópica (137, 138), tiene ciertas particularidades:

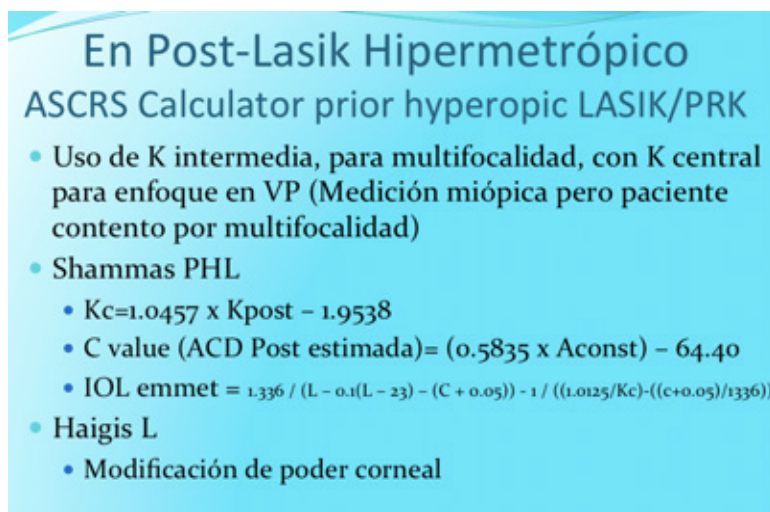
1. Sucede lo contrario que con la miópica, es decir, las queratometrías medidas, son más planas a las reales.
2. El ápice corneal más curvo, no medido, aumenta en 85% la relación entre el radio de curvatura posterior/anterior.
3. Existe una multifocalidad. La córnea central tiene mayor poder refractiva que en la periferia.

Debido a estos factores, deben utilizarse el poder central más curvo y correcciones para no sobre estimar la ELPo.

La ventaja en el caso de correcciones hipermetrópicas es que la elevación de la real P/A, desde el punto de vista matemático y óptico no afecta tanto el resultado del poder del LIO, y en caso de quedar subcorregido, la córnea medio periférica se enfocará en la retina, permitiendo una multifocalidad funcional y tolerando un mayor rango de error. Es por esto que los pacientes post refractiva hipermetrópica aceptan con mayor facilidad errores en el cálculo. Lo que si es muy importante es el no cometer el error de aumentar la aberración esférica, colocando LIOs esféricos. En general en estos casos se recomienda colocar LIO's esféricos.

Para el cálculo del poder del LIO en estos casos, las tres opciones más recomendadas son:

1. Tomar la K más curva apical de la topografía.
2. Utilizar alguna de las dos fórmulas para hipermetropía de Shammas PHL, que modifica la estimación de la cámara anterior postoperatoria y el valor del poder corneal.
3. Usar la formula de Haigis L para estimar el poder corneal real (Haigis no requiere modificación de la ELPo debido a que la calcula de acuerdo a la ACD medida).



En Post-Lasik Hipermetrópico
ASCRS Calculator prior hyperopic LASIK/PRK

- Uso de K intermedia, para multifocalidad, con K central para enfoque en VP (Medición miópica pero paciente contento por multifocalidad)
- Shammas PHL
 - $K_c = 1.0457 \times K_{post} - 1.9538$
 - C value (ACD Post estimada) = $(0.5835 \times A_{const}) - 64.40$
 - IOL emmet = $1.336 / (L - 0.1(L - 23) - (C + 0.05)) - 1 / ((1.0125/K_c) - ((C + 0.05)/1336))$
- Haigis L
 - Modificación de poder corneal

Figura 14. Recomendaciones para el cálculo del poder del lente intraocular en pacientes con antecedentes de cirugía refractiva hipermetrópica.

POST_QR:

En los casos post queratotomía radial (21, 139-146), se agregan muchas variables, que son diferentes a los casos de queratomileusis con láser, debido a que la modificación de la arquitectura corneal sucede en ambas caras:

1. Aplanamientos tanto de la cara anterior como posterior.
2. Aumentos en la relación entre los radios de curvatura de la cara posterior/anterior, generalmente por arriba de los 90's %.
3. Disminución de la longitud axil.
4. Reducción de la cámara anterior.
5. Altas asfericidades y aberraciones esféricas.
6. Zonas ópticas muy pequeñas de hasta 2mm.

Para hacer las cosas más difíciles, estos casos tienden a tener grandes variaciones o fluctuaciones interdiarias, con mayores aplanamientos matutinos, por sobre-hidratación del estroma corneal en el sueño, e incurvamiento vespertino con la deshidratación corneal durante el día. Por esto que es recomendable hacer la toma de las medidas queratométricas durante la mañana, para evitar sorpresas hipermetrópicas en el postoperatorio.

Debe tomarse en cuenta además que un tercio de estos pacientes, tienden al aplanamiento progresivo con los años, por lo que se ha recomendado dejar algún grado de miopía residual, para tener un colchón (back up).

En la técnica quirúrgica es recomendable evitar las incisiones corneales, especialmente sobre cicatrices de incisiones radiales previas. No sobrellenar la cámara anterior para evitar entreaberturas, y entender que algunos pacientes presentarán una hipermetropización inicial, que puede ser alta, durante unas 6 semanas, como consecuencia del edema residual, que puede ser subclínico, de las incisiones radiales previas, que inducen temporalmente un mayor aplanamiento central de la córnea.

Para el cálculo de estos casos, se deben utilizar programas donde la ELPo sea estimada con variables diferentes a la queratometría (fórmulas de cuarta generación).

La experiencia con la fórmula de Haigis ha sido muy buena, obteniendo Centurión, en Brasil, resultados de $85\% \pm 1,00$ D, utilizando la K del IOL Master o del Lenstar, sin modificaciones.

Existe un reporte de Potvin et al (147), del 2013, donde utilizan un algoritmo, basado en datos obtenidos de equipos que funcionan bajo imágenes de Scheimpflug (Pentacam), tomando la K de los 4 mm centrales, doble K con Holladay I, y utilizando como Queratometría preoperatoria fija de 43.86 D.

Algoritmo para Post QR, con datos de Pentacam.

Richard Potvin, DO. Warren Hill, MD.

- K de 4 mm centrales, doble K con Holladay I,
- k preop de 43.86 D,
- Ct-Min = Espesor corneal
 - Pwr-SF-40= Sagital k
 - Penta 4mm
- Poder final del LIO = Calc con Holladay I (Pwr-SF-40)

$$- 4.4554 + 0.0084 \times \text{Ct-Min}$$

J Cataract Refract Surg 2013; 39:358-365 © 2012 ASCRS and ESCRS

Figura 15. Algoritmo recomendado por Potvin y Hill, para el cálculo del poder del Lio en pacientes con antecedentes de cirugía refractiva incisional, post QR.

Estimación del poder del LIO, por medición transoperatoria de afaquia: (148-158)

El intentar calcular el poder de un lente intraocular a partir de una refracción afáquica, se ha realizado desde ya hace muchos años, pero recientemente esta idea ha tomado fuerza, en especial para intentar resolver el problema de la dificultad en la estimación del poder del lente intraocular después de cirugía refractiva. Varios autores como Mackool (159) Ianchulev et al (149, 160), Leschioti et al (151, 152), Wong et al (161), y Hug (162) entre otros, han desarrollado fórmulas (163) para que a partir de una medición de la refracción afáquica transoperatoria del paciente, se pueda hacer el cálculo del lente intraocular a implantar. El problema con estos cálculos, es que el factor de corrección es diferente para ojos grandes que para ojos pequeños, y no existe una forma adecuada de predecir, a partir de la medición refractiva de la afaquia, el punto final, donde el lente intraocular va a quedar colocado (ELPo). Existe la posibilidad, como con las fórmulas de cálculo de LIO, agregar variables, de mediciones preoperatorias, para predecir la ELPo, sin embargo siempre serán aproximaciones.

Además en los últimos años se han desarrollado equipos de medición transoperatorias como OCT y Aberrómetros, que permiten no solo medir la refracción preoperatoria, sino también determinar si al colocar el lente elegido, se obtiene el resultado esperado, tanto en esfera como en eje y poder del astigmatismo. Algunos contras a esta técnica serían la imposibilidad de asegurar que la posición transoperatoria del LIO será la final, y la aparición del edema de la incisión, que podría variar la corrección tórica final.

Fórmula Universal IOL Calculator:

En vista de la dificultad a la que se enfrenta el cirujano, en cuando a la necesidad de entender cada variable, y fórmula; en que casos puede o no utilizarla, he estado desarrollando en los últimos 15 años, una fórmula que permita ser utilizada en cualquier tipo de ojo, con o sin cirugía refractiva, que tome en cuenta todas las variables para la determinación de la posición efectiva del LIO, y el poder corneal real, como asfericidad corneal, y la relación del radio de curvatura posterior/anterior.

Es indispensable utilizar medidas tomadas en forma adecuada, con datos del Pentacam, el Lenstar o el IOL Master que ya hemos probado ampliamente.

Este programa universal se encuentra a disposición en el Apple Store, bajo el nombre: Universal IOL Calculator.

Conclusiones y Recomendaciones:

El obtener un resultado refractivo satisfactorio tanto para el paciente como el cirujano es casi una obligación, a pesar de las dificultades que podamos encontrar en el camino, por lo que el utilizar la mayor cantidad de estudios de última tecnología disponibles, tales como la tomografía, obtener valores de asfericidad corneal, curvatura cara posterior, relación P/A, biometría que incluya ACD y espesor del cristalino, son necesarias. También debemos determinar dentro de lo posible, el tipo de cirugía realizada y grado de corrección lograda en el momento de la cirugía refractiva.

En cirugía queratorefractiva miópica utilizar las fórmulas de Holladay II con K más plana. Con el ASCRS calculator, tomando en cuenta los resultados de ASCRS-min, estimar el poder corneal real con Shammas y Haigis-L, y si se tiene la cantidad de miopía corregida, el algoritmo de Dielh-Date-Miller (136). Si se van a utilizar programas de cálculo de tercera generación (78), corregir la estimación de la posición efectiva del lente con la técnica de doble K de Aramberri(74).

Para casos post cirugía hipermetrópica, utilizar Shammas PHL y Haigis-L.

Pacientes post QR, utilizar Haigis con K del biómetro óptico.

Pensando en el futuro, las fórmulas de Ray Tracing (106, 164-168), con equipos que permitan medir con exactitud todas las estructuras intraoculares, y puedan precisar (midiendo la posición del ecuador del cristalino?) la ELPO, permitirán obtener resultados más precisos, con desviaciones estándar mucho más bajas.

Además se deberá preparar al paciente ante la posibilidad de sorpresas refractivas, con un consentimiento informado especial, donde se explique la dificultad en la medición y cálculo del LIO y se indique la posibilidad de error en el poder del LIO, y un resultado refractivo inadecuado así como la existencia de aberraciones inducidas por la cirugía refractiva previa que persistirán después de la cirugía de catarata.

Agradecimiento: A los Dres. Carmen Barraquer, Instituto Barraquer de América, Bogotá Colombia y Dr. Javier Córdoba, Instituto de la Visión, San José Costa Rica, por su ayuda en la revisión de los capítulos.

Bibliografía:

1. Kalski RS, Danjoux JP, Fraenkel GE, Lawless MA, Rogers C. Intraocular lens power calculation for cataract surgery after photorefractive keratectomy for high myopia. Journal of refractive surgery. 1997;13(4):362-6.
2. Gimbel H, Sun R, Kaye GB. Refractive error in cataract surgery after previous refractive surgery. Journal of cataract and refractive surgery. 2000;26(1):142-4.
3. Ishikawa T, Hirano A, Inoue J, Nakayasu K, Kanai A, Takeuchi K, et al. Trial for new intraocular lens power calculation following phototherapeutic keratectomy. Japanese journal of ophthalmology. 2000;44(4):400-6.
4. Ishikawa T, Hirano A, Murai K, Kumagai M, Nakayasu K, Kanai A. Intraocular Lens Calculation for Cataract Treated with Photorefractive Keratectomy Using Ray Tracing Method. Japanese journal of ophthalmology. 2000;44(5):575.

5. Seitz B, Langenbucher A. Intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2000;16(3):349-61.
6. Seitz B, Langenbucher A. Intraocular lens calculations status after corneal refractive surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2000;11(1):35-46.
7. Feiz V, Mannis MJ, Garcia-Ferrer F, Kandavel G, Darlington JK, Kim E, et al. Intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis for myopia and hyperopia: a standardized approach. *Cornea*. 2001;20(8):792-7.
8. Gimbel HV, Sun R. Accuracy and predictability of intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2001;27(4):571-6.
9. Kim JH, Lee D, Joo CK. Measuring corneal power for intraocular lens power calculation after refractive surgery. Comparison of methods. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2002;28(11):1932-8.
10. Hamilton DR, Hardten DR. Cataract surgery in patients with prior refractive surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2003;14(1):44-53.
11. Jin GJ, Crandall AS, Jin Y. Analysis of intraocular lens power calculation for eyes with previous myopic LASIK. *Journal of refractive surgery*. 2006;22(4):387-95.
12. Liberek I, Kolodziejczyk W, Szaflik JP, Szaflik J. [Intraocular lens power calculation in patients after keratorefractive surgery--personal experience]. *Klinika oczna*. 2006;108(4-6):214-9.
13. Chen X, Ji YH, Jiang YX, Luo Y, Jiang CH, Lu Y. [Clinical study of intraocular lens power calculation methods after cornea refractive surgery]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2010;46(6):518-24.
14. Feiz V. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery. *Middle East African journal of ophthalmology*. 2010;17(1):63-8.
15. Naseri A, McLeod SD. Cataract surgery after refractive surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2010;21(1):35-8.
16. Rabsilber TM, Auffarth GU. [IOL power calculation after refractive surgery]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2010;227(8):624-9.
17. Speicher L. Intra-ocular lens calculation status after corneal refractive surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2001;12(1):17-29.
18. Park CY, Ji YH, Chung ES. Changes in keratometric corneal power and refractive error after laser thermal keratoplasty. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004;30(4):867-72.
19. Liu L, Dong J, Li X. Correcting the corneal power measurements after myopic laser in situ keratomileusis. *Journal of Huazhong University of Science and Technology Medical sciences = Hua zhong ke ji da xue xue bao Yi xue Ying De wen ban = Huazhong keji daxue xuebao Yixue Yingdewen ban*. 2006;26(4):472-4.
20. Arce CG, Campos M, Schor P. Determining corneal power using Orbscan II videokeratography for IOL calculation after excimer laser surgery for myopia. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(8):1348-9; author reply 9-50.
21. Awwad ST, Dwarakanathan S, Bowman RW, Cavanagh HD, Verity SM, Mootha VV, et al. Intraocular lens power calculation after radial keratotomy: estimating the refractive corneal power. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(6):1045-50.
22. Qazi MA, Cua IY, Roberts CJ, Pepose JS. Determining corneal power using Orbscan II videokeratography for intraocular lens calculation after excimer laser surgery for myopia. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(1):21-30.
23. Awwad ST, Manasseh C, Bowman RW, Cavanagh HD, Verity S, Mootha V, et al. Intraocular lens power calculation after myopic laser in situ keratomileusis: Estimating the corneal refractive power. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(7):1070-6.
24. Liu L, Dong JY, Li XY, Huo M. [Calculation of corneal curvature after laser in situ keratomileusis for correction of myopia]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2008;44(4):327-31.
25. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(3):368-76.
26. Rosa N, Capasso L, Lanza M, Borrelli M. Clinical results of a corneal radius correcting factor in calculating intraocular lens power after corneal refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2009;25(7):599-603.
27. Hua YJ, Huang JH, Pan C, Wang QM. [Assessments of total corneal power and intraocular lens power in post-LASIK eyes]. *Zhonghua yi xue za zhi*. 2012;92(33):2339-44.
28. Javadi MA, Feizi S, Malekifar P. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery. *Journal of ophthalmic & vision research*. 2012;7(1):10-6.

29. Jin H, Auffarth GU, Guo H, Zhao P. Corneal power estimation for intraocular lens power calculation after corneal laser refractive surgery in Chinese eyes. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(10):1749-57.
30. Tang M, Wang L, Koch DD, Li Y, Huang D. Intraocular lens power calculation after previous myopic laser vision correction based on corneal power measured by Fourier-domain optical coherence tomography. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(4):589-94.
31. Camps VJ, Pinero DP, de Fez D, Mateo V. Minimizing the IOL power error induced by keratometric power. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 2013;90(7):639-49.
32. Frings A, Hold V, Steinwender G, El-Shabrawi Y, Ardjomand N. Use of true net power in intraocular lens power calculations in eyes with prior myopic laser refractive surgery. *International ophthalmology*. 2014;34(5):1091-6.
33. De Bernardo M, Iaccarino S, Cennamo M, Caliendo L, Rosa N. Corneal Anterior Power Calculation for an IOL in Post-PRK Patients. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 2014.
34. Schafer S, Kurzinger G, Spraul CW, Kampmeier J. [Comparative results of keratometry with three different keratometers after LASIK]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2005;222(5):419-23.
35. Arce CG, Soriano ES, Weisenthal RW, Hamilton SM, Rocha KM, Alzamora JB, et al. Calculation of intraocular lens power using Orbscan II quantitative area topography after corneal refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2009;25(12):1061-74.
36. Cai JQ, Zhang JY, Chen R, Yang SH, Zha Y, Shi MG. [Orbscan II-assisted intraocular lens power calculation after LASIK]. *Zhonghua yi xue za zhi*. 2011;91(1):33-6.
37. Khoramnia R, Auffarth GU, Rabsilber TM, Holzer MP. Implantation of a multifocal toric intraocular lens with a surface-embedded near segment after repeated LASIK treatments. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(11):2049-52.
38. Kwitko S, Marinho DR, Rymer S, Severo N, Arce CG. Orbscan II and double-K method for IOL calculation after refractive surgery. *Graefes archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 2012;250(7):1029-34.
39. Feng W, Zhang Y, Zhang J, Cai J. [Evaluation of Orbscan II plus non-history double-K method in intraocular lens power calculation for patients after refractive surgery]. *Zhonghua yi xue za zhi*. 2014;94(26):2035-8.
40. Roh YR, Lee SM, Han YK, Kim MK, Wee WR, Lee JH. Intraocular lens power calculation using IOLMaster and various formulas in short eyes. *Korean journal of ophthalmology : KJO*. 2011;25(3):151-5.
41. Jasvinder S, Khang TF, Sarinder KK, Loo VP, Subrayan V. Agreement analysis of LENSTAR with other techniques of biometry. *Eye*. 2011;25(6):717-24.
42. Hsieh YT, Wang IJ. Intraocular lens power measured by partial coherence interferometry. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 2012;89(12):1697-701.
43. Jeon JH, Hyung Taek Tyler R, Seo KY, Kim EK, Kim TI. Comparison of refractive stability after non-toric versus toric intraocular lens implantation during cataract surgery. *American journal of ophthalmology*. 2014;157(3):658-65 e1.
44. Naicker P, Sundralingam S, Peyman M, Juana A, Mohamad NF, Win MM, et al. Refractive outcomes comparison between the Lenstar LS 900 optical biometry and immersion A-scan ultrasound. *International ophthalmology*. 2014.
45. Tang M, Wang L, Koch DD, Li Y, Huang D. Intraocular lens power calculation after myopic and hyperopic laser vision correction using optical coherence tomography. *Saudi journal of ophthalmology : official journal of the Saudi Ophthalmological Society*. 2012;26(1):19-24.
46. Holladay JT, Hill WE, Steinmueller A. Corneal power measurements using scheimpflug imaging in eyes with prior corneal refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2009;25(10):862-8.
47. Kim SW, Kim EK, Cho BJ, Kim SW, Song KY, Kim TI. Use of the pentacam true net corneal power for intraocular lens calculation in eyes after refractive corneal surgery. *Journal of refractive surgery*. 2009;25(3):285-9.
48. Tang Q, Hoffer KJ, Olson MD, Miller KM. Accuracy of Scheimpflug Holladay equivalent keratometry readings after corneal refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(7):1198-203.
49. Yi JH, Shin JY, Ha BJ, Kim SW, Cho BJ, Kim EK, et al. The comparison of central and mean true-net power (Pentacam) in calculating IOL-power after refractive surgery. *Korean journal of ophthalmology : KJO*. 2009;23(1):1-5.
50. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Ghoreyshi M, Salouti R. Comparison of anterior chamber depth measurements using Galilei, HR Pentacam, and Orbscan II. *Optometry*. 2010;81(1):35-9.

51. Shirayama M, Wang L, Koch DD, Weikert MP. Comparison of accuracy of intraocular lens calculations using automated keratometry, a Placido-based corneal topographer, and a combined Placido-based and dual Scheimpflug corneal topographer. *Cornea*. 2010;29(10):1136-8.
52. Lam S, Gupta BK, Hahn JM, Manastersky NA. Refractive outcomes after cataract surgery: Scheimpflug keratometry versus standard automated keratometry in virgin corneas. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011;37(11):1984-7.
53. Gonen T, Cosar CB, Sener B, Keskinbora KH. Comparison of keratometric data obtained by automated keratometer, Dicon CT 200, Allegro Topolyzer, and Pentacam. *Journal of refractive surgery*. 2012;28(8):557-61.
54. Fan Gaskin JC, Chou CY, McGhee CN. Pentacam keratometric values unreliable for IOL power calculation after refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2013;29(1):10.
55. Karunaratne N. Comparison of the Pentacam equivalent keratometry reading and IOL Master keratometry measurement in intraocular lens power calculations. *Clinical & experimental ophthalmology*. 2013;41(9):825-34.
56. Kim EC, Cho K, Hwang HS, Hwang KY, Kim MS. Intraocular lens prediction accuracy after corneal refractive surgery using K values from 3 devices. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(11):1640-6.
57. Park do Y, Lim DH, Chung TY, Chung ES. Intraocular lens power calculations in a patient with posterior keratoconus. *Cornea*. 2013;32(5):708-11.
58. Saiki M, Negishi K, Kato N, Arai H, Toda I, Torii H, et al. A new central-peripheral corneal curvature method for intraocular lens power calculation after excimer laser refractive surgery. *Acta ophthalmologica*. 2013;91(2):e133-9.
59. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Comparison of methods to measure corneal power for intraocular lens power calculation using a rotating Scheimpflug camera. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(4):598-604.
60. Xu K, Hao Y, Qi H. Intraocular lens power calculations using a Scheimpflug camera to measure corneal power. *Biotechnic & histochemistry : official publication of the Biological Stain Commission*. 2014;89(5):348-54.
61. Srivannaboon S, Rakpanichmanee T, Cheng AC, Fam HB. Estimation of posterior corneal power for IOL calculation after myopic LASIK. *Journal of refractive surgery*. 2008;24(9):946-51.
62. Hu YQ, Zhou XL, Li Y, Xu CH, Tian LL, Feng JY, et al. [The accuracy of posterior curvature method in corneal power calculation after LASIK surgery]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2009;45(10):913-8.
63. McKelvie J, McArdle B, McGhee C. Relationship between aspheric IOL power and spherical aberration. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011;37(10):1915; author reply -6.
64. Preussner PR, Wahl J, Weitzel D. Topography-based intraocular lens power selection. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2005;31(3):525-33.
65. Gelender H. Orbscan II-assisted intraocular lens power calculation for cataract surgery following myopic laser in situ keratomileusis (an American Ophthalmological Society thesis). *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 2006;104:402-13.
66. Canovas C, Abenza S, Alcon E, Villegas EA, Marin JM, Artal P. Effect of corneal aberrations on intraocular lens power calculations. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(8):1325-32.
67. Kriechbaum K, Findl O, Preussner PR, Koppl C, Wahl J, Drexler W. Determining postoperative anterior chamber depth. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(11):2122-6.
68. Nemeth J, Fekete O, Pesztenlehrer N. Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(1):85-8.
69. Olsen T. Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2006;32(3):419-24.
70. Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Estimation of the effective lens position using a rotating Scheimpflug camera. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(12):2119-27.
71. Zhang FJ, Qi YY, Kong DY, Zhu SQ, Wang KJ, Yu FL. [Evaluation of intraocular lens power after keratorefractive surgery by IOLMaster]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2010;46(11):989-93.
72. Canovas C, Artal P. Customized eye models for determining optimized intraocular lenses power. *Biomedical optics express*. 2011;2(6):1649-62.
73. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim HM. Use of corneal power-specific constants to improve the accuracy of the SRK/T formula. *Ophthalmology*. 2013;120(3):477-81.
74. Aramberri J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: double-K method. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(11):2063-8.

75. Rosa N, Capasso L, Lanza M. Double-K method to calculate IOL power after refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2005;31(2):254-5; author reply 5-6.
76. Saiki M, Negishi K, Kato N, Ogino R, Arai H, Toda I, et al. Modified double-K method for intraocular lens power calculation after excimer laser corneal refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(4):556-62.
77. Sheard RM, Smith GT, Cooke DL. Improving the prediction accuracy of the SRK/T formula: the T2 formula. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(11):1829-34.
78. Awwad ST, Kilby A, Bowman RW, Verity SM, Cavanagh HD, Pessach Y, et al. The accuracy of the double-K adjustment for third-generation intraocular lens calculation formulas in previous keratorefractive surgery eyes. *Eye & contact lens*. 2013;39(3):220-7.
79. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim YY, Kim HM. Comparison of Hoffer Q and Haigis formulae for intraocular lens power calculation according to the anterior chamber depth in short eyes. *American journal of ophthalmology*. 2014;157(4):818-24 e2.
80. Koo SO, Kim JG, Song BJ. Comparison of IOL powers by corrected method in eyes after PRK and LASIK. *Korean journal of ophthalmology : KJO*. 2002;16(1):26-31.
81. Odenthal MT, Eggink CA, Melles G, Pameyer JH, Geerards AJ, Beekhuis WH. Clinical and theoretical results of intraocular lens power calculation for cataract surgery after photorefractive keratectomy for myopia. *Archives of ophthalmology*. 2002;120(4):431-8.
82. Randleman JB, Loupe DN, Song CD, Waring GO, 3rd, Stulting RD. Intraocular lens power calculations after laser in situ keratomileusis. *Cornea*. 2002;21(8):751-5.
83. Rosa N, Capasso L, Romano A. A new method of calculating intraocular lens power after photorefractive keratectomy. *Journal of refractive surgery*. 2002;18(6):720-4.
84. Seitz B, Langenbucher A, Haigis W. [Pitfalls of IOL power prediction after photorefractive keratectomy for high myopia -- case report, practical recommendations and literature review]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2002;219(12):840-50.
85. Wang Z, Liu H, Jing Y, Zhang X. [Research on the forecast of intraocular lens power after excimer laser keratorefractive operation]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2002;38(2):81-3.
86. Argento C, Cosentino MJ, Badoza D. Intraocular lens power calculation after refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(7):1346-51.
87. Ferrara G, Cennamo G, Marotta G, Loffredo E. New formula to calculate corneal power after refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2004;20(5):465-71.
88. Fogla R, Rao SK, Padmanabhan P. Essential parameters for accurate intraocular lens (IOL) power estimation in post refractive surgery cataract patients. *Indian journal of ophthalmology*. 2004;52(1):81.
89. Ladas JG, Stark WJ. Calculating IOL power after refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004;30(12):2458; author reply -9.
90. Adrean SD, Reilly C, Mannis MJ. Intraocular lens calculation in a patient with previous penetrating keratoplasty and LASIK. *Cornea*. 2005;24(5):629-31.
91. Bacescu D, Gaibu D. [Calculation of the IOL power with the numerical simulation program]. *Oftalmologia*. 2005;49(4):80-5.
92. Latkany RA, Chokshi AR, Speaker MG, Abramson J, Soloway BD, Yu G. Intraocular lens calculations after refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2005;31(3):562-70.
93. Mesa JC, Marti T, Arruga J. [Intraocular lens (IOL) power calculation after keratorefractive procedures]. *Archivos de la Sociedad Espanola de Oftalmologia*. 2005;80(12):699-703.
94. Rosa N, Capasso L, Lanza M, Iaccarino G, Romano A. Reliability of a new correcting factor in calculating intraocular lens power after refractive corneal surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2005;31(5):1020-4.
95. Camellin M, Calossi A. A new formula for intraocular lens power calculation after refractive corneal surgery. *Journal of refractive surgery*. 2006;22(2):187-99.
96. Chan CC, Hodge C, Lawless M. Calculation of intraocular lens power after corneal refractive surgery. *Clinical & experimental ophthalmology*. 2006;34(7):640-4.
97. Hu BJ, Zhao SZ, Tseng P. [Intraocular lens power calculation in cataract phacoemulsification after refractive surgery]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2006;42(10):888-91.
98. Masket S, Masket SE. Simple regression formula for intraocular lens power adjustment in eyes requiring cataract surgery after excimer laser photoablation. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2006;32(3):430-4.

99. Razmjoo H, Peyman A, Kashfi A, Peyman M, Dehghani A. A regression model for correcting intraocular lens power after refractive surgery independent of preoperative data. *European journal of ophthalmology*. 2006;16(4):525-9.
100. Rosa N, Capasso L. IOL power calculation after corneal refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2006;22(8):735; author reply -6.
101. Sambare C, Naroo S, Shah S, Sharma A. The AS biometry technique--a novel technique to aid accurate intraocular lens power calculation after corneal laser refractive surgery. *Contact lens & anterior eye : the journal of the British Contact Lens Association*. 2006;29(2):81-3.
102. Savini G, Barboni P, Zanini M. Intraocular lens power calculation after myopic refractive surgery: theoretical comparison of different methods. *Ophthalmology*. 2006;113(8):1271-82.
103. Walter KA, Gagnon MR, Hoopes PC, Jr., Dickinson PJ. Accurate intraocular lens power calculation after myopic laser in situ keratomileusis, bypassing corneal power. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2006;32(3):425-9.
104. Cernak M, Cernak A. [The intraocular lens dioptric power calculation after refractive procedures in myopia]. *Ceska a slovenska oftalmologie : casopis Ceske oftalmologicke spolecnosti a Slovenske oftalmologicke spolecnosti*. 2007;63(3):165-9.
105. Langenbucher A, Scholz K, Szentmary N, Seitz B. Calculations of corneal power after corneo-refractive surgery from keratometry and change of spectacle refraction: some considerations on the "clinical history method". *Current eye research*. 2007;32(5):421-9.
106. Rabsilber TM, Reuland AJ, Holzer MP, Auffarth GU. Intraocular lens power calculation using ray tracing following excimer laser surgery. *Eye*. 2007;21(6):697-701.
107. Randleman JB, Foster JB, Loupe DN, Song CD, Stulting RD. Intraocular lens power calculations after refractive surgery: consensus-K technique. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(11):1892-8.
108. Fam HB, Lim KL. A comparative analysis of intraocular lens power calculation methods after myopic excimer laser surgery. *Journal of refractive surgery*. 2008;24(4):355-60.
109. Khalil M, Chokshi A, Latkany R, Speaker MG, Yu G. Prospective evaluation of intraocular lens calculation after myopic refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2008;24(1):33-8.
110. Kirat O. Intraocular lens power calculation after phototherapeutic keratectomy: case report and a new method. *Middle East African journal of ophthalmology*. 2008;15(1):34-6.
111. Lteif Y, Gatinel D. [Intraocular lens power calculation after keratorefractive surgery]. *Journal francais d'ophtalmologie*. 2008;31(3):326-34.
112. Diehl JW, Yu F, Olson MD, Moral JN, Miller KM. Intraocular lens power adjustment nomogram after laser in situ keratomileusis. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(9):1587-90.
113. Geggel HS. Pachymetric ratio no-history method for intraocular lens power adjustment after excimer laser refractive surgery. *Ophthalmology*. 2009;116(6):1057-66.
114. Hu YQ, Ye XY, Zhou XL, Li Y, Xu CH, Tian LL, et al. Practical method to calculate post-LASIK corneal power: the Actual K(a+p) method. *International journal of ophthalmology*. 2010;3(4):337-41.
115. Jin H, Holzer MP, Rabsilber T, Borkenstein AF, Limberger IJ, Guo H, et al. Intraocular lens power calculation after laser refractive surgery: corrective algorithm for corneal power estimation. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(1):87-96.
116. Savini G, Hoffer KJ, Carbonelli M, Barboni P. Intraocular lens power calculation after myopic excimer laser surgery: clinical comparison of published methods. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(9):1455-65.
117. McCarthy M, Gavanski GM, Paton KE, Holland SP. Intraocular lens power calculations after myopic laser refractive surgery: a comparison of methods in 173 eyes. *Ophthalmology*. 2011;118(5):940-4.
118. Rosa N, Capasso L, De Bernardo M, Lanza M. IOL power calculation after refractive surgery. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2309.
119. Savini G, Hoffer KJ. IOL power after excimer laser surgery. *Ophthalmology*. 2011;118(8):1691-2.
120. Tay E, Lim C, Gimbel H, Kaye G. Estimation of corneal power after myopic laser refractive surgery: comparison of methods against back-calculated corneal power. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011;37(11):1945-50.
121. Alcorta Toro I, Blanco G, Losada Rodriguez A, Rodrigo Garcia C, Guillermo Merino B. Comparative analysis of intraocular lens power calculation methods after excimer laser surgery. *Acta clinica Croatica*. 2012;51 Suppl 1:107-11.

122. Filkorn T, Kovacs I, Takacs A, Horvath E, Knorz MC, Nagy ZZ. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *Journal of refractive surgery*. 2012;28(8):540-4.
123. Geggel HS. Intraocular lens power adjustment after myopic excimer laser surgery: validation studies for Geggel ratio and consensus group. *Cornea*. 2013;32(7):1009-14.
124. Jonna G, Channa P. Updated practical intraocular lens power calculation after refractive surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2013;24(4):275-80.
125. Yang R, Yeh A, George MR, Rahman M, Boerman H, Wang M. Comparison of intraocular lens power calculation methods after myopic laser refractive surgery without previous refractive surgery data. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(9):1327-35.
126. De Bernardo M, Capasso L, Caliendo L, Paolercio F, Rosa N. IOL power calculation after corneal refractive surgery. *BioMed research international*. 2014;2014:658350.
127. Rosa N, De Bernardo M, Borrelli M, Lanza M. New factor to improve reliability of the clinical history method for intraocular lens power calculation after refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(12):2123-8.
128. Koch DD, Wang L. Calculating IOL power in eyes that have had refractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(11):2039-42.
129. Wang L, Booth MA, Koch DD. Comparison of intraocular lens power calculation methods in eyes that have undergone laser-assisted in-situ keratomileusis. *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 2004;102:189-96; discussion 96-7.
130. Wang L, Booth MA, Koch DD. Comparison of intraocular lens power calculation methods in eyes that have undergone LASIK. *Ophthalmology*. 2004;111(10):1825-31.
131. Shammas HJ, Shammas MC, Garabet A, Kim JH, Shammas A, LaBree L. Correcting the corneal power measurements for intraocular lens power calculations after myopic laser in situ keratomileusis. *American journal of ophthalmology*. 2003;136(3):426-32.
132. Shammas HJ, Shammas MC. No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(1):31-6.
133. Haigis W. IOL power calculations. *Ophthalmology*. 2010;117(2):400-1; author reply 1.
134. Wang L, Hill WE, Koch DD. Evaluation of intraocular lens power prediction methods using the American Society of Cataract and Refractive Surgeons Post-Keratorefractive Intraocular Lens Power Calculator. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(9):1466-73.
135. Demill DL, Moshirfar M, Neuffer MC, Hsu M, Sikder S. A comparison of the American Society of Cataract and Refractive Surgery post-myopic LASI K/PRK intraocular lens (IOL) calculator and the Ocular MD IOL calculator. *Clinical ophthalmology*. 2011;5:1409-14.
136. Date RC, Yu F, Miller KM. Confirmation and refinement of the Diehl-Miller nomogram for intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(5):745-51.
137. Chokshi AR, Laskany RA, Speaker MG, Yu G. Intraocular lens calculations after hyperopic refractive surgery. *Ophthalmology*. 2007;114(11):2044-9.
138. Awwad ST, Kelley PS, Bowman RW, Cavanagh HD, McCulley JP. Corneal refractive power estimation and intraocular lens calculation after hyperopic LASIK. *Ophthalmology*. 2009;116(3):393-400 e1.
139. Lyle WA, Jin GJ. Intraocular lens power prediction in patients who undergo cataract surgery following previous radial keratotomy. *Archives of ophthalmology*. 1997;115(4):457-61.
140. Bardocci A, Lofoco G. Corneal topography and postoperative refraction after cataract phacoemulsification following radial keratotomy. *Ophthalmic surgery and lasers*. 1999;30(2):155-9.
141. De Smedt SK, Vrijghem JC. Clear lens extraction to correct hyperopia in presbyopic eyes with or without arcuate keratotomy for pre-existing astigmatism. *Bulletin de la Societe belge d'ophtalmologie*. 2000(277):43-51.
142. Muraine M, Siahmed K, Retout A, Brasseur G. [Phacoemulsification following radial keratotomy. Topographic and refractive analysis concerning an 18-month period (apropos of a case)]. *Journal francais d'ophtalmologie*. 2000;23(3):265-9.
143. Chen L, Mannis MJ, Salz JJ, Garcia-Ferrer FJ, Ge J. Analysis of intraocular lens power calculation in post-radial keratotomy eyes. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(1):65-70.
144. Packer M, Brown LK, Hoffman RS, Fine IH. Intraocular lens power calculation after incisional and thermal keratorefractive surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004;30(7):1430-4.

145. Avetisov SE, Kas'ianov AA, Il'iakova LA, Avetisov KS. [A case of phacoemulsification made after a previously performed radial keratotomy (specificity of estimation of IOL optic power)]. *Vestnik oftalmologii*. 2005;121(1):43-4.
146. Han ES, Lee JH. Intraocular lens power calculation in high myopic eyes with previous radial keratotomy. *Journal of refractive surgery*. 2006;22(7):713-6.
147. Potvin R, Hill W. New algorithm for post-radial keratotomy intraocular lens power calculations based on rotating Scheimpflug camera data. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(3):358-65.
148. el-Baha SM, el-Samadoni A, Idris HF, Rashad KM. Intraoperative biometry for intraocular lens (IOL) power calculation at silicone oil removal. *European journal of ophthalmology*. 2003;13(7):622-6.
149. Ianchulev T, Salz J, Hoffer K, Albin T, Hsu H, Labree L. Intraoperative optical refractive biometry for intraocular lens power estimation without axial length and keratometry measurements. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2005;31(8):1530-6.
150. Mackool RJ, Ko W, Mackool R. Intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis: Aphakic refraction technique. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2006;32(3):435-7.
151. Leccisotti A. Intraoperative autorefractometry for combined phakic intraocular lens explantation and cataract surgery. *Journal of refractive surgery*. 2007;23(9):931-4.
152. Leccisotti A. Intraocular lens calculation by intraoperative autorefractometry in myopic eyes. *Graefes' archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 2008;246(5):729-33.
153. Sheppard AL, Dunne MC, Wolffsohn JS, Davies LN. Theoretical evaluation of the cataract extraction-refraction-implantation techniques for intraocular lens power calculation. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians*. 2008;28(6):568-76.
154. Patwardhan SD, Azad R, Sharma Y, Chanana B, Tyagi J. Intraoperative retinoscopy for intraocular lens power estimation in cases of combined phacoemulsification and silicone oil removal. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(7):1190-2.
155. Canto AP, Chhadva P, Cabot F, Galor A, Yoo SH, Vaddavalli PK, et al. Comparison of IOL power calculation methods and intraoperative wavefront aberrometer in eyes after refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2013;29(7):484-9.
156. Hirnschall N, Amir-Asgari S, Maedel S, Findl O. Predicting the postoperative intraocular lens position using continuous intraoperative optical coherence tomography measurements. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2013;54(8):5196-203.
157. Nguyen P, Chopra V. Applications of optical coherence tomography in cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2013;24(1):47-52.
158. Hirnschall N, Norrby S, Weber M, Maedel S, Amir-Asgari S, Findl O. Using continuous intraoperative optical coherence tomography measurements of the aphakic eye for intraocular lens power calculation. *The British journal of ophthalmology*. 2015;99(1):7-10.
159. Mackool RJ. The cataract extraction-refraction-implantation technique for IOL power calculation in difficult cases. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1998;24(4):434-5.
160. Ianchulev T, Hoffer KJ, Yoo SH, Chang DF, Breen M, Padrick T, et al. Intraoperative refractive biometry for predicting intraocular lens power calculation after prior myopic refractive surgery. *Ophthalmology*. 2014;121(1):56-60.
161. Wong AC, Mak ST, Tse RK. Clinical evaluation of the intraoperative refraction technique for intraocular lens power calculation. *Ophthalmology*. 2010;117(4):711-6.
162. Hug T. Use of the aphakic refraction in intraocular lens (IOL) power calculations for secondary IOLs in pediatric patients. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus*. 2004;41(4):209-11.
163. Abdel-Hafez G, Trivedi RH, Wilson ME, Bandyopadhyay D. Comparison of aphakic refraction formulas for secondary in-the-bag intraocular lens power estimation in children. *Journal of AAPOS : the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus / American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2011;15(5):432-4.
164. Haigis W. IOL calculation using paraxial matrix optics. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians*. 2009;29(4):458-63.
165. Minami K, Kataoka Y, Matsunaga J, Ohtani S, Honbou M, Miyata K. Ray-tracing intraocular lens power calculation using anterior segment optical coherence tomography measurements. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(10):1758-63.

166. Mello GR, Roberts CJ, Smadja D, Serpe CC, Krueger RR, Santhiago MR. Comparison of keratometric changes after myopic ablation: ray tracing versus simulated keratometry. *Journal of refractive surgery*. 2013;29(9):604-10.
167. Steiner D, Hoffmann P, Goldblum D. [The calculation of the intraocular lens power based on raytracing methods: a systematic review]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2013;230(4):329-32.
168. Savini G, Bedei A, Barboni P, Ducoli P, Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation by ray-tracing after myopic excimer laser surgery. *American journal of ophthalmology*. 2014;157(1):150-3 e1.