

IOLMaster 700 di ZEISS

Total Keratometry



Seeing beyond

Sostituire i valori presunti con misure reali

La Total Keratometry è una tecnica che unisce la misurazione della superficie corneale anteriore e posteriore e la pachimetria corneale al fine di studiare le caratteristiche della cornea. La TK® è stata ideata per produrre misurazioni equivalenti alle letture K, al fine di consentirne l'utilizzo nelle formule standard di calcolo del potere della IOL con costanti esistenti in occhi normali.

Graham Barrett ha, inoltre, messo a punto tre nuove formule di calcolo che utilizzano le misurazioni della superficie posteriore della cornea effettuate con ZEISS IOLMaster 700:

- Barrett TK Universal II per IOL non toriche
- Barrett TK Toric per IOL toriche
- Barrett True K con TK per occhi post-LVC

Quando utilizzare la TK?

IOL torica e non torica

Gli studi rivelano che la K convenzionale e la TK per il calcolo della IOL torica e non torica sono sostanzialmente equiparabili, con una tendenza verso una maggiore accuratezza di predizione e migliori risultati refrattivi quando si impiega la TK (Fabian E, Wehner W, 2019; Srivannaboon S, Chirapapaisan C, 2019).

Occhi post chirurgia refrattiva

L'utilizzo della formula Barrett True K con TK, appositamente sviluppata per la TK, consente di ottenere risultati migliori rispetto a qualsiasi altra formula non storica nei casi di LASIK post-miopia (Lawless et al. 2020; Yeo et al. 2020).

La TK consente di ottenere i valori del potere corneale totale per mezzo di misurazioni dirette della cornea e offre un vantaggio clinico significativo ai chirurghi al momento di effettuare i calcoli della IOL post-chirurgia refrattiva laser.

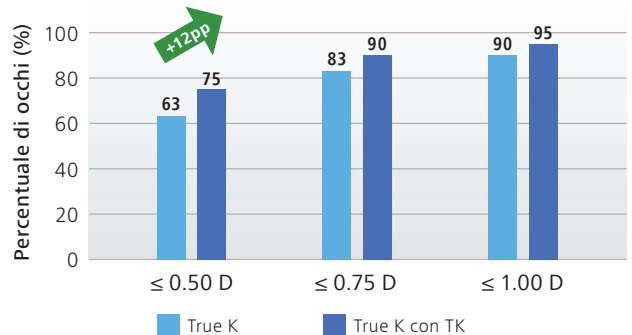


Figura 1: In casi di LASIK post-miopia, la formula Barrett True K con TK ha migliorato la predizione del risultato rispetto alla Barrett True K con classic Ks nel range ± 0.5 D di >12% ($p = 0.04$) (Fonte: Lawless et al. 2020)



"Con la formula Barrett True K con TK il calcolo del potere della IOL post-chirurgia refrattiva corneale fa un salto di livello."

Graham Barrett, M.D.

Perché è stato necessario sviluppare una nuova misurazione della cheratometria?

"La Total Keratometry ha la capacità di ridurre al minimo le sorprese refrattive."

Graham Barrett, M.D.

La cheratometria convenzionale si basa sulla misurazione della superficie anteriore della cornea. Uno dei limiti di questa tecnica consiste nel fatto che la superficie posteriore della cornea viene misurata soltanto prendendo in considerazione l'indice cheratometrico. Il famoso occhio di Gullstrand, ad esempio, utilizza un rapporto di curvatura corneale anteriore-posteriore fisso di 0.883. La cheratometria continua a utilizzare questo rapporto di curvatura corneale anteriore-posteriore fisso, ma modifica l'indice di rifrazione corneale, il cosiddetto indice cheratometrico (ad es. 1.3315, Olsen 1986).

Negli ultimi anni, tuttavia, svariati studi hanno confermato che la magnitudo dell'astigmatismo corneale posteriore e l'orientamento dell'asse non possono essere correttamente predetti misurando soltanto la curvatura corneale anteriore (Tonn et al. 2014; Koch et al. 2012; LaHood et al. 2017).

Alla luce di tali risultati, molti ricercatori hanno iniziato a sviluppare nomogrammi e modelli matematici al fine di predire l'astigmatismo della superficie posteriore della cornea e ottimizzare il calcolo del potere della IOL torica (Koch et al. 2013; Abulafia et al. 2016; Canovas et al. 2018). Uno degli esempi di maggior rilievo è il Calcolatore Torico Barrett (Abulafia, A., et al., 2015). Tuttavia tali metodi si basano su assunti teorici di astigmatismo della superficie posteriore della cornea e non sono, pertanto, in grado di individuare pienamente eventuali aberrazioni e irregolarità.

L'inesattezza di queste stime ha portato allo sviluppo di una tecnologia in grado di misurare, e non stimare, la curvatura posteriore: la Total Keratometry (TK®).

La trasformazione cheratometrica

La curvatura corneale posteriore non può essere correttamente predetta soltanto sulla base della curvatura corneale anteriore. È necessario un metodo più efficace che consenta di ottenere risultati migliori e di ridurre le aberrazioni.

Che cosa differenzia la Total Keratometry dagli altri metodi?



La Total Keratometry si differenzia dalla maggior parte dei metodi più collaudati poiché consente di accertare il potere corneale totale, prendendo in considerazione lo spessore corneale e la curvatura corneale posteriore oltre alla curvatura corneale anteriore. La Total Keratometry unisce l'affidabile e collaudata misurazione cheratometrica telecentrica a 3 zone di ZEISS IOLMaster 700 alla scansione brevettata Cornea-to-Retina SWEPT Source OCT (Akman A., Asena L., GÜngör S.G. 2016; Srivannaboon S. et al. 2015; Kunert K.S. et al. 2016). In questo modo la curvatura corneale posteriore viene misurata singolarmente per ogni occhio e non si basa su generiche ipotesi fondate su modelli di occhio, consentendo così di ridurre al minimo eventuali valori di aberrazione nel calcolo della IOL.

La Total Keratometry, ideata dagli ingegneri ottici di ZEISS, tiene conto del rapporto di curvatura corneale di Gullstrand in occhi normali, ma è anche in grado di identificare l'impatto dell'astigmatismo posteriore in specifici casi, ad esempio in occhi post correzione laser della vista. Questo è il principale elemento che distingue le misurazioni ottenute con la Total Keratometry dalla maggior parte dei valori corneali totali ottenuti con altri strumenti.

Un altro importante vantaggio della Total Keratometry consiste nel fatto che può essere direttamente utilizzata nelle classiche formule di calcolo del potere della IOL in combinazione con le costanti IOL ottimizzate esistenti, come le costanti ULIB e IOLCon.org (Haigis W. et al. 2014).

Savini et al. (Savini et al. 2020) hanno studiato la ripetibilità della Total Keratometry e delle misurazioni cheratometriche standard effettuate con ZEISS IOLMaster 700, arruolando e analizzando 69 occhi precedentemente non operati e 51 occhi precedentemente sottoposti a chirurgia refrattiva miopica laser. Dallo studio è emerso che le misurazioni TK offrono un'elevata ripetibilità negli occhi non operati e in quelli post-chirurgia con laser a eccimeri.

Perché la Total Keratometry fa la differenza?

La Total Keratometry unisce la pachimetria corneale e la misurazione della superficie posteriore della cornea al fine di studiare le caratteristiche corneali di ogni occhio.

Quali sono i vantaggi della Total Keratometry?

La Total Keratometry non richiede un secondo strumento (LaHood et al. 2018), software di terze parti o un calcolatore online per utilizzare la curvatura corneale posteriore per il calcolo del potere della IOL, consentendo così a ospedali e studi medici di mantenere inalterati i loro processi per l'esecuzione di calcoli e misurazioni. IOLMaster 700 misura automaticamente la Total Keratometry integrandola, se necessario, nei calcoli in corso della IOL.

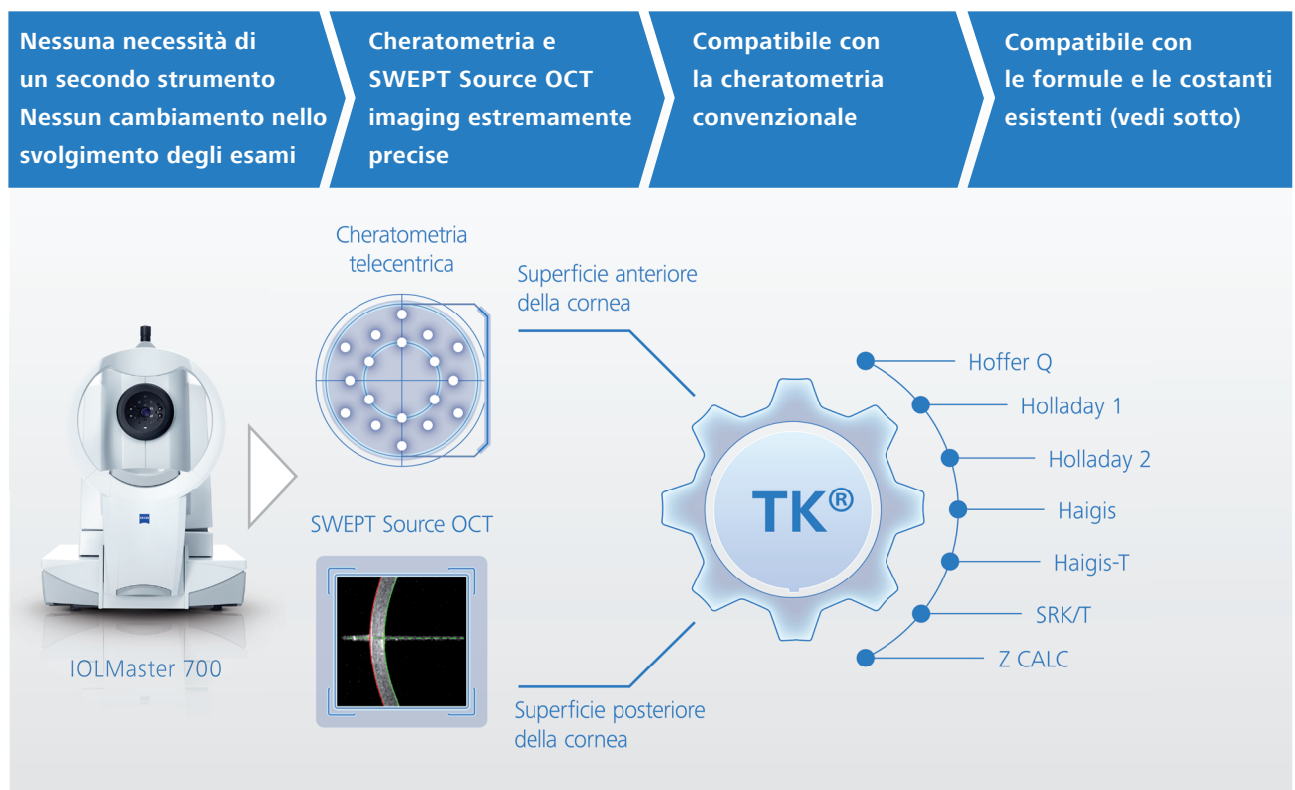


Figura 2: Panoramica della Total Keratometry

Estrema versatilità

La Total Keratometry offre a ospedali e studi medici un'eccezionale flessibilità, poiché può essere utilizzata con le classiche formule di calcolo del potere della IOL e con le costanti IOL ottimizzate esistenti. Inoltre non occorre un secondo strumento, software di terze parti o un calcolatore online.

Le formule Barrett TK

L'attuale Calcolatore Torico Barrett si basa su un unico modello di occhio per la predizione della superficie posteriore della cornea. Utilizzando la Total Keratometry con il Calcolatore Torico Barrett si produrrebbe, pertanto, una sovracompensazione dell'astigmatismo corneale posteriore.

Per questo motivo Graham Barrett ha messo a punto tre nuove formule di calcolo del potere della IOL: la Barrett TK Universal II per le IOL non toriche, la Barrett True K con TK nei casi post-LVC e la Barrett TK Toric per le IOL toriche. Queste tre nuove formule utilizzano le misurazioni della superficie corneale posteriore effettuate con ZEISS IOLMaster 700 anziché il modello di occhio su cui si basa il Calcolatore Torico Barrett.

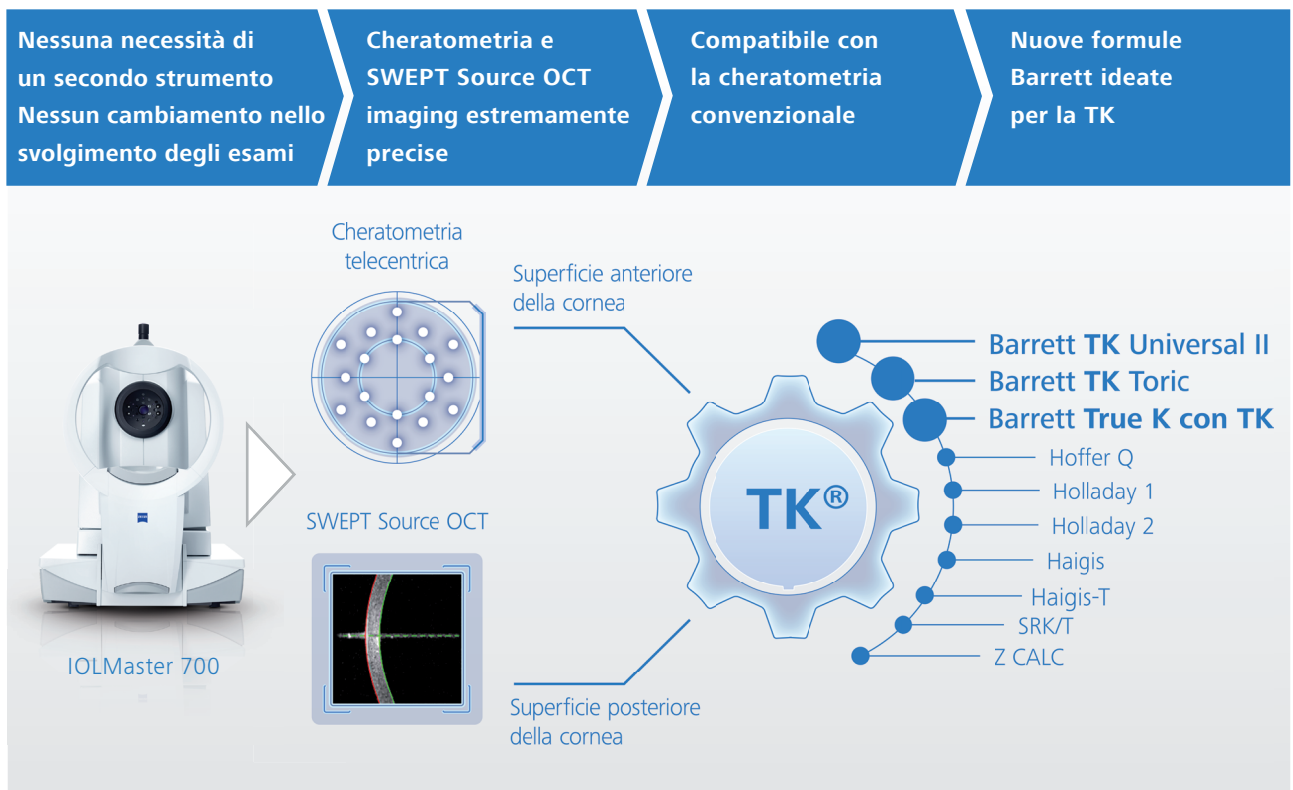


Figura 3: Panoramica delle formule Barrett TK

Le nuove formule Barrett

Per migliorare ulteriormente le sue formule classiche, Graham Barrett ne ha messe a punto altre tre da utilizzare in combinazione con la Total Keratometry. Queste formule utilizzano le misurazioni della superficie corneale posteriore effettuate con ZEISS IOLMaster 700 anziché il modello di occhio su cui si basa il Calcolatore Torico Barrett.

Risultati clinici

Risultati del calcolo del potere della IOL torica o non torica

Abbiamo già evidenziato come la TK sia una tecnica sviluppata per fornire risultati equivalenti alle classiche letture K nel confronto delle misurazioni tra ampie coorti di pazienti normali. Questa equivalenza è necessaria al fine di rendere la TK compatibile con le formule e le costanti IOL esistenti. Tuttavia, mentre i valori TK sono equivalenti ai valori K negli occhi normali, si risconteranno differenze negli occhi con anomalo rapporto tra curvatura corneale antero-posteriore o nei pazienti con anomalo astigmatismo posteriore. In questi casi i classici nomogrammi impiegati per l'astigmatismo corneale posteriore non riescono a individuare questi valori aberranti, mentre la TK è in grado di farlo.

Pertanto è possibile aspettarsi che la TK e la K forniscano nel complesso esiti refrattivi medi relativamente simili in occhi normali post-chirurgia della cataratta. Tuttavia la TK fornisce un valido ausilio ai chirurghi al fine di evitare valori aberranti o sorprese refrattive nei casi anomali indicati sopra.

Gli studi attualmente pubblicati confermano questi risultati per quanto riguarda gli errori di calcolo dell'equivalente sferico e di predizione del cilindro.

Fabian e Wehner (Fabian E, Wehner W, 2019) hanno dimostrato che, rispetto alla cheratometria convenzionale, si osserva una marcata tendenza alla riduzione degli errori assoluti di predizione (errori assoluti medi e mediani) quando si applica il valore della Total Keratometry (TK) alle formule Haigis-T e Barrett Universal II/Toric T. I due ricercatori sono giunti alla conclusione che: *"Rispetto alla K, è possibile ottenere una maggiore accuratezza di predizione utilizzando i valori TK in combinazione con le due nuove formule. I valori TK sono compatibili con le formule standard di calcolo del potere della IOL e con le costanti IOL ottimizzate esistenti."* (tradotto dall'inglese)

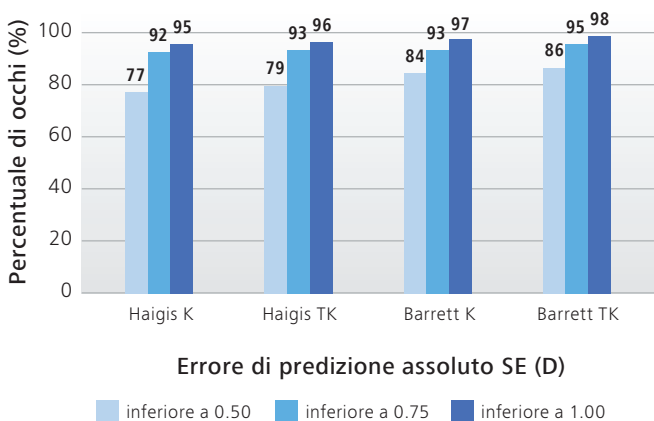


Figura 4: Percentuale cumulativa di occhi nel range specificato di errore di predizione assoluto [APE] nell'equivalente sferico [SE] (diottrie [D]) per le diverse formule. (Fonte: Fabian E, Wehner W, 2019)

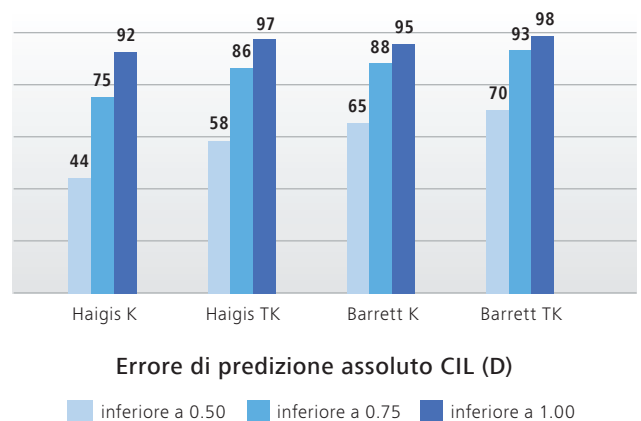


Figura 5: Percentuale cumulativa di occhi nel range specificato di errore di predizione assoluto [APE] nel cilindro [CIL] (diottrie [D]) per le diverse formule. (Fonte: Fabian E, Wehner W, 2019)

Srivannaboon e Chirapapaisa (Srivannaboon S, Chirapapaisan C, 2019) sono giunti a risultati simili, concludendo che: *"La K convenzionale e la TK per il calcolo della IOL risultano sostanzialmente equiparabili, tuttavia l'impiego della TK mostra una tendenza verso migliori esiti refrattivi. Per la K e la TK è possibile utilizzare la medesima costante IOL."* (tradotto dall'inglese)

Performance della TK nel calcolo del potere della IOL post correzione laser della vista

Gli occhi post-chirurgia refrattiva laser corneale sono l'esempio più evidente di anomalia del raggio di curvatura corneale anteriore e posteriore, poiché la superficie anteriore è stata alterata. In questi casi la TK risulta molto utile, dal momento che questa tecnica non si basa su ipotesi della superficie posteriore, ma esprime il valore della misurazione del potere corneale totale tenendo conto delle effettive curvature corneali posteriori.

Wang et al. (Wang et al. 2019) hanno dimostrato, per esempio, che la TK può essere utilizzata nelle classiche formule di calcolo del potere della IOL, come ad esempio la formula Haigis, fornendo complessivamente risultati simili a quelli delle formule appositamente sviluppate per i casi post-LVC, come la Barrett True K, senza tenere conto dei dati storici di rifrazione.

I due ricercatori sono giunti alla conclusione che: *"La performance della combinazione di Haigis e TK nella predizione refrattiva era paragonabile a quella di Haigis-L e Barrett True K in occhi post-chirurgia refrattiva corneale."* (tradotto dall'inglese) (Wang et al. 2019)

In questo modo hanno dimostrato il principio della TK precedentemente illustrato. La tabella 6 riporta i risultati relativi a LASIK post-miopia, dai quali si denota che Haigis TK e Barrett True K (basata su K) mostrano risultati simili per quando riguarda gli errori assoluti medi in pazienti trattati per ipermetropia e miopia nonché in pazienti sottoposti a RK.

Parametro	Haigis	Haigis-L	Barrett True K	Haigis-TK
Myopic LASIK/PRK				
MNE (D) ± SD	+0,57 ± 0,68	-0,42 ± 0,61	-0,02 ± 0,73	+0,19 ± 0,59
Range (D)	-0,81, +2,87	-1,66, +0,76	-1,48, +3,04	-0,83, +1,78
MAE (MedAE) (D)	0,72 (0,65)	0,61 (0,53)	0,54 (0,37)	0,50 (0,44)
± 0.5 D (%)	35,8	45,3	52,8	58,5
± 1.0 D (%)	73,6	81,1	92,5	90,6
± 2.0 D (%)	98,1	100,0	98,1	100,0

Tabella 6: Errori di predizione refrattiva con costanti lente di User Group for Laser Interference Biometry e percentuali di occhi entro determinati range di errore di predizione. (Fonte: Wang et al. 2019)

Lawless et al. (Lawless et al. 2020) (tra cui **Graham Barrett**) hanno dimostrato in questa pubblicazione che, quando è stata utilizzata la formula Barrett True K TK, appositamente ideata per la TK, questa formula ha fornito risultati migliori rispetto a qualsiasi altra formula non storica nei casi di LASIK post-miopia analizzati in questo studio. Lo studio conferma, inoltre, che Haigis con TK fornisce risultati simili a Barrett True K con K e ad altre formule non storiche.

Sulla base delle formule analizzate nello studio i ricercatori sono giunti alla conclusione che: *"La Barrett True-K (TK) ha fornito il minore scostamento ed errore di predizione refrattiva medio (RPE) in soggetti precedentemente miopi e ipermetropi sottoposti a chirurgia della cataratta. Rispetto a qualsiasi altra formula, la Barrett True-K (TK) si associa alla maggiore percentuale di occhi in soggetti precedentemente miopi in cui l'errore di predizione refrattiva è inferiore a $\pm 0.50D$, $\pm 0.75D$ e $\pm 1.00D$."* (tradotto dall'inglese)

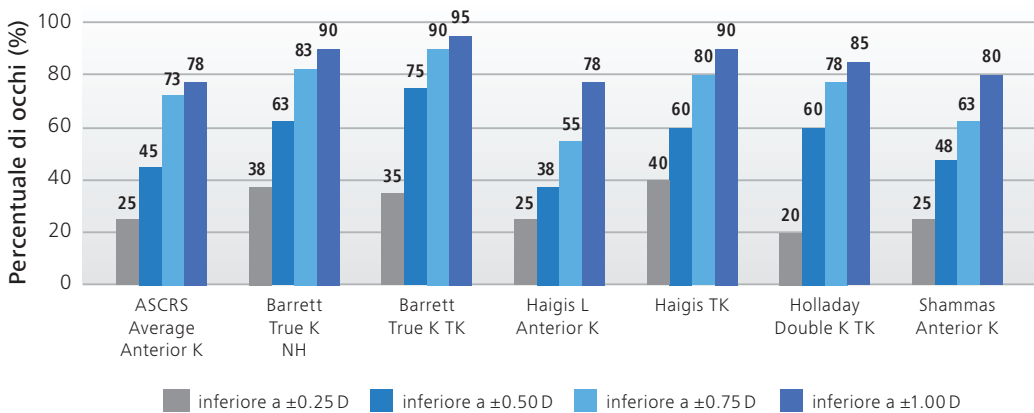


Figura 7: Percentuale di occhi in soggetti precedentemente miopi in cui l'errore refrattivo di predizione è inferiore a $\pm 0.25D$, $\pm 0.50D$, $\pm 0.75D$ e $\pm 1.00D$. (Fonte: Lawless et al. 2020)

È un problema frequente che i dati refrattivi dei pazienti antecedenti alla chirurgia refrattiva non siano disponibili oppure abbiano una qualità non accertabile. Poiché la TK è in grado di fornire valori reali del potere corneale mediante misurazione diretta della cornea, questa tecnica offre un vantaggio clinico significativo ai chirurghi al momento di effettuare i calcoli della IOL post-chirurgia refrattiva laser.

Yeo et al. (Yeo et al. 2020) hanno analizzato in questo articolo 64 occhi sottoposti a precedente chirurgia refrattiva miopica, confrontando l'errore di predizione in diverse formule. Dall'analisi dei ricercatori è emerso che EVO TK in combinazione con Barrett True-K TK e Haigis TK ha raggiunto le percentuali più alte di pazienti con errore di predizione assoluto inferiore a 0.50 e a 1.00 D. Per le formule che utilizzano la ELP, è stato applicato con successo il metodo "reverse double-K", consentendo così l'utilizzo delle formule convenzionali per il calcolo della IOL negli occhi precedentemente soggetti a chirurgia refrattiva.

I ricercatori sono giunti alla conclusione che: *"Le formule combinate alla TK consentono di raggiungere risultati simili o migliori rispetto alle formule esistenti non storiche per la chirurgia refrattiva laser post-miopia."* (tradotto dall'inglese)

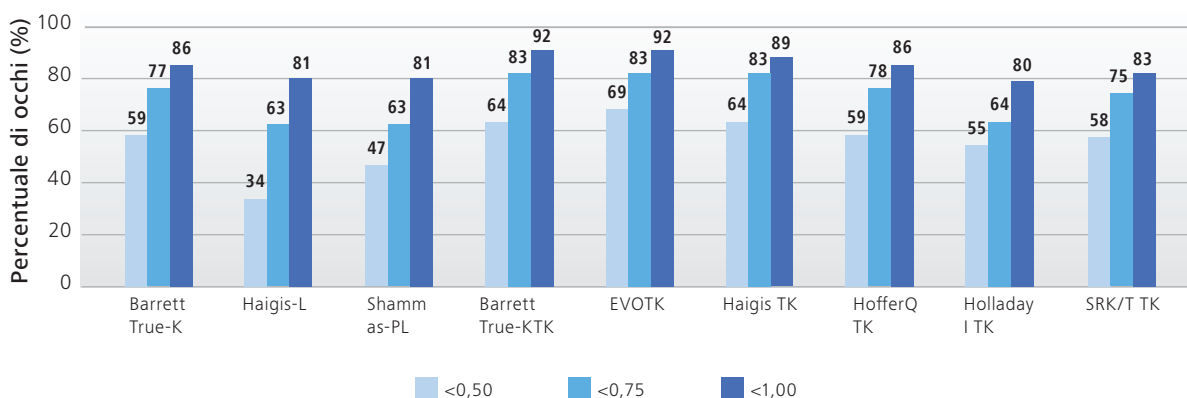


Figura 8: Percentuale di occhi in cui l'errore di predizione assoluto è inferiore a 0.50 D, 0.75 D, e 1.00 D; formule non storiche seguite da formule che utilizzano la TK.

Sintesi dei risultati clinici

- La TK è stata ideata per produrre misurazioni equivalenti alle letture K, al fine di consentirne l'utilizzo nelle formule standard di calcolo del potere della IOL con costanti esistenti in occhi normali. I risultati attesi sono pertanto i medesimi. Tuttavia la TK contribuisce a ridurre al minimo le soppresse refrattive misurando direttamente il potere/la curvatura di cornee posteriori anomale, anziché fare affidamento sui nomogrammi.
- Nei casi post-LVC la TK può anche essere utilizzata in combinazione con formule classiche, come ad esempio Haigis, che non utilizzano valori K per la predizione della ELP, al fine di ottenere risultati simili a quelli ottenuti con le formule appositamente sviluppate per i casi post-LVC. Quando utilizzata in combinazione con la formula Barrett True K TK (disponibile nello ZEISS IOLMaster 700 nel 2020), la TK consente di ottenere risultati migliori rispetto a qualsiasi altra formula comunemente utilizzata. Inoltre, non è necessario l'utilizzo di dati storici.

Bibliografia

Abulafia A, Koch DD, Wang L, et al. New regression formula for toric intraocular lens calculations. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(5):663–71. [PubMed link](#)

Abulafia A, Barrett GD, Kleinmann G, et al. Prediction of refractive outcomes with toric intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(5):936-44. [PubMed link](#)

Akman A, Asena L, Güngör SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br J Ophthalmol* 2016;100(9):1201-5. [PubMed link](#)

Canovas C, Alarcon A, Rosén R, et al. New algorithm for toric intraocular lens power calculation considering the posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(2):168-174. [PubMed link](#)

Chang DH, Waring GO. The subject-fixated coaxially sighted corneal light reflex: a clinical marker for centration of refractive treatments and devices. *American J Ophthalmol* 2014;158(5):863–874. [PubMed link](#)

Fabian E, Wehner W. Prediction Accuracy of Total Keratometry Compared to Standard Keratometry Using Different Intraocular Lens Power Formulas. *J Refract Surg*. 2019;35(6):362-368. [PubMed link](#)

Haigis W, Sekundo W, Kunert K, Blum M. Total keratometric power (TKP) derived from corneal front and back surfaces using a full eye-length SS-OCT scan biometer prototype in comparison to automated keratometry. Free paper presented at XXXII Congress of the ESCRS, London, UK, Presentation Date/Time: Tuesday 16/09/2014, 16:36, Venue: Boulevard B

Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, et al. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(12):1803–1809. [PubMed link](#)

Kunert KS, Peter M, Blum M, et al. Repeatability and agreement in optical biometry of a new swept-source optical coherence tomography-based biometer versus partial coherence interferometry and optical low-coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(1):76-83. [PubMed link](#)

LaHood BR, Goggin M. Measurement of Posterior Corneal Astigmatism by the IOLMaster 700. Submitted 2018 in *Journal of Refractive Surgery*. [PubMed link](#)

LaHood BR, Goggin M, Esterman A. Assessing the Likely Effect of Posterior Corneal Curvature on Toric IOL Calculation for IOLs of 2.50 D or Greater Cylinder Power. *J Refract Surg* 2017;33(11):730–734. [PubMed link](#)

Lawless M, Jiang JY, Hodge C, Sutton G, Roberts TV, Barrett G. Total keratometry in intraocular lens power calculations in eyes with previous laser refractive surgery [published online ahead of print, 2020 Apr 12]. *Clin Exp Ophthalmol*. 2020;10.1111/ceo.13760. [PubMed link](#)

Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1986;70(2):152–154. [PubMed link](#)

Savini G, Taroni L, Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ. Repeatability of Total Keratometry and standard Keratometry by the IOLMaster 700 and comparison to total corneal astigmatism by Scheimpflug imaging. *Eye* (2020). [Nature link](#)

Srivannaboon S, Chirapapaisan C. Comparison of refractive outcomes using conventional keratometry or total keratometry for IOL power calculation in cataract surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019;257(12):2677-2682. [PubMed link](#)

Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, et al. Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography-based optical biometer. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(10):2224-32. [PubMed link](#)

Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;56(1):291–298. [PubMed link](#)

Wang L, Spektor T, de Souza RG, Koch DD. Evaluation of total keratometry and its accuracy for intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45(10):1416-1421. [PubMed link](#)

Yeo TK, Heng WJ, Pek D, Wong J, Fam HB. Accuracy of intraocular lens formulas using total keratometry in eyes with previous myopic laser refractive surgery. *Eye* (2020). [PubMed link](#) [Open Access link](#)

CE 0297

IOLMaster
Z CALC



Carl Zeiss Meditec AG
Goeschwitzer Strasse 51–52
07745 Jena
Germania
www.zeiss.com/iolmaster700

IT_32_010_0061VI Stampato in Germania. CZ-III/2021 Edizione internazionale: esclusivamente per la vendita nei paesi selezionati. Il contenuto dell'opuscolo può differire dall'attuale stato di omologazione del prodotto o del servizio nel proprio paese. Contattare il rappresentante locale per ulteriori informazioni. Riserva di modifiche nell'esecuzione e nel volume della fornitura nell'ambito dell'ulteriore sviluppo tecnico. IOLMaster e Z CALC sono marchi registrati di Carl Zeiss Meditec AG o di altre aziende del Gruppo ZEISS in Germania e / o in altri paesi. © Carl Zeiss Meditec AG, 2021. Tutti i diritti riservati.