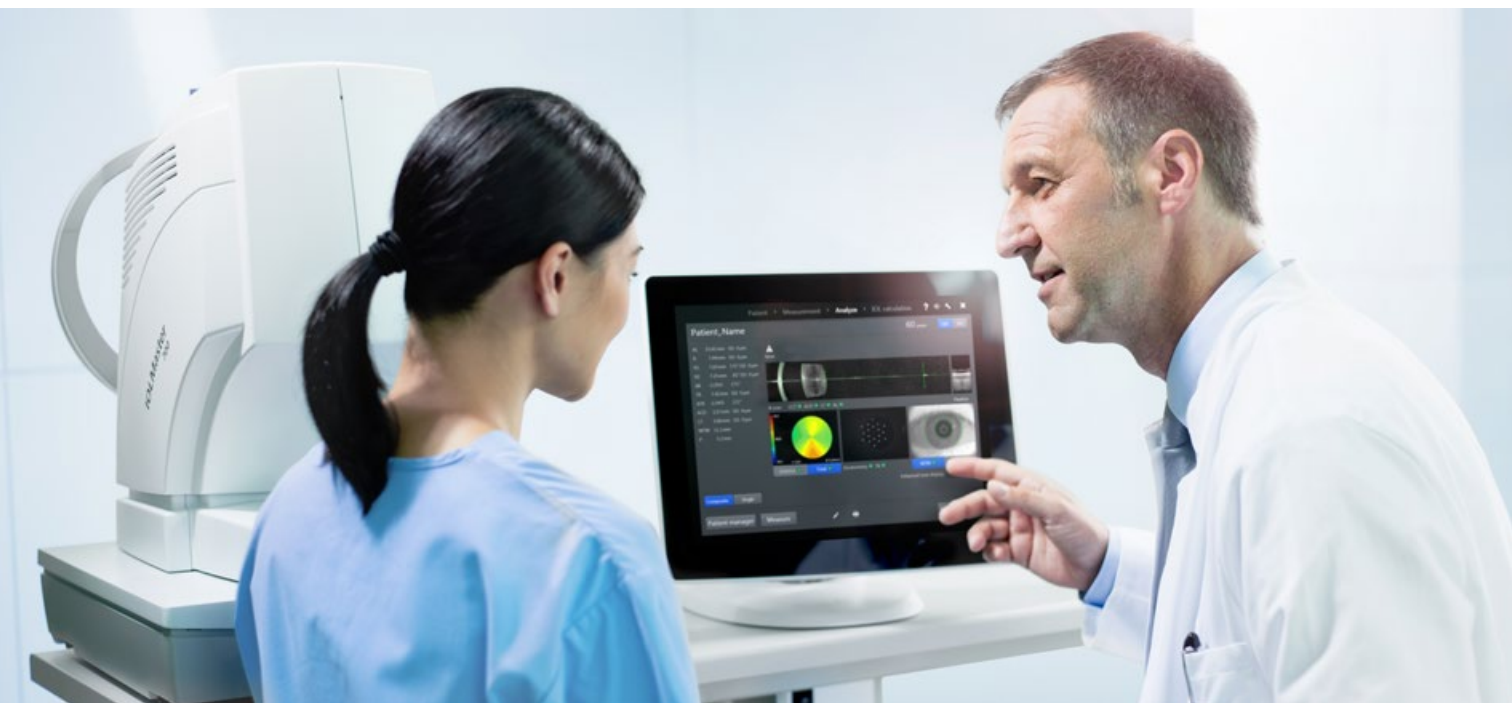


ZEISS IOLMaster 700

Total Keratometry



Seeing beyond

Remplacer les hypothèses par des mesures

Total Keratometry combine la mesure de la surface cornéenne antérieure et postérieure ainsi que la pachymétrie cornéenne pour évaluer les caractéristiques cornéennes individuelles de chaque œil. TK® est conçue pour être équivalente aux relevés K, afin de permettre une utilisation dans les formules de puissance standard des LIO avec les constantes existantes dans les yeux normaux.

En outre, Graham Barrett a mis au point trois nouvelles formules de calcul de la puissance des LIO qui utilisent les mesures de la surface cornéenne postérieure de ZEISS IOLMaster 700 :

- Barrett TK Universal II pour les LIO non toriques
- Barrett TK Toric pour les LIO toriques
- Barrett True K avec TK pour les yeux post-CVL

Quand utiliser TK ?

LIO toriques et non toriques

Des études ont montré une forte corrélation entre la mesure K conventionnelle et TK pour le calcul des LIO toriques et non toriques avec une tendance à une plus grande précision de prédiction et de meilleurs résultats de réfraction en utilisant TK (Fabian E, Wehner W, 2019 ; Srivannaboon S, Chirapapaian C, 2019).

Yeux post-chirurgie réfractive

La formule Barrett True K TK, qui a été spécialement conçue pour TK, a surpassé toute autre formule non historique dans les yeux post-LASIK myopiques (Lawless et al. 2020 ; Yeo et al. 2020).

TK, en fournissant des valeurs de puissance cornéenne totales au moyen de mesures directes de la cornée, peut constituer un avantage clinique important pour les chirurgiens qui effectuent des calculs de réfraction sur les LIO après le laser.

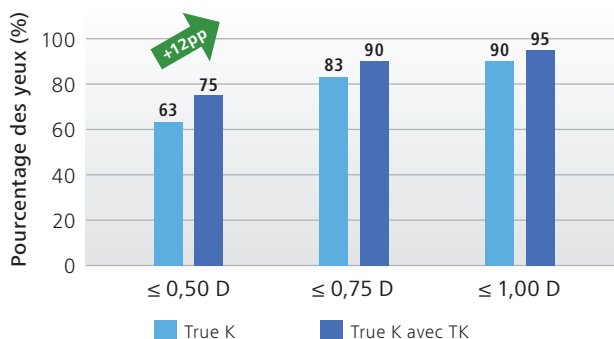


Figure 1 : Dans les yeux LASIK post-myopiques, Barrett True K avec TK a amélioré la prévision des résultats par rapport à Barrett True K avec K classique à $\pm 0,5$ D de $> 12\%$ ($p = 0,04$). (Source : Lawless et al. 2020)



« La formule Barrett True K avec TK élève le calcul de la puissance des LIO après une chirurgie réfractive de la cornée à un niveau supérieur. »

Dr Graham Barrett

Pourquoi créer une nouvelle mesure de kératométrie ?

« Total Keratometry est en mesure de réduire les résultats réfractifs inattendus au minimum. »

Dr Graham Barrett

La kératométrie classique est basée sur les mesures de la surface antérieure de la cornée. Une des limites connues de la kératométrie classique est que la surface postérieure de la cornée n'est prise en compte que par un indice kératométrique. Le célèbre modèle de l'œil de Gullstrand, par exemple, utilise un rapport fixe de courbure cornéenne antéro-postérieure (CAP) de 0,883. La kératométrie respecte cette CAP fixe en modifiant l'indice de réfraction de la cornée pour obtenir ce qu'on appelle l'indice kératométrique (par ex., 1,3315, Olsen 1986).

Cependant, ces dernières années, plusieurs études ont confirmé que l'ampleur de l'astigmatisme cornéen postérieur et l'orientation de l'axe ne peuvent être correctement prédits en mesurant uniquement la courbure cornéenne antérieure (Tonn et al. 2014 ; Koch et al. 2012 ; LaHood et al. 2017).

Sur la base de ces connaissances, plusieurs chercheurs ont créé des nomogrammes et des modèles mathématiques afin de prédire l'astigmatisme de la surface postérieure et d'optimiser le calcul de la puissance des LIO toriques (Koch et al. 2013 ; Abulafia et al. 2016 ; Canovas et al. 2018). L'un des exemples les plus marquants est la calculatrice torique de Barrett (Abulafia, A., et al. 2015). Pourtant, ces méthodes sont basées sur des hypothèses théoriques d'astigmatisme cornéen postérieur et, par conséquent, ne peuvent généralement pas tenir pleinement compte des valeurs anormales et des irrégularités.

L'imprécision de ces précédentes estimations a conduit au développement d'une technologie capable de mesurer, et non d'estimer, la courbure postérieure : Total Keratometry (TK®).

La transformation de la kératométrie

La courbure cornéenne postérieure ne peut pas être correctement prédite par la seule courbure cornéenne antérieure. Une méthode plus efficace est nécessaire pour produire de meilleurs résultats et réduire les valeurs anormales.

En quoi la méthode Total Keratometry est-elle différente ?



Total Keratometry diffère de la plupart des méthodes établies pour l'évaluation de la puissance cornéenne totale. Il prend en compte l'épaisseur de la cornée et la courbure cornéenne postérieure en plus des mesures de la courbure cornéenne antérieure. Il combine la kératométrie télécentrique à 3 zones de ZEISS IOLMaster 700 et son système breveté SWEPT Source OCT avec scan de la cornée à la rétine (Akman A., Asena L., Güngör SG. 2016 ; Srivannaboon S. et al. 2015 ; Kunert KS. et al. 2016). De cette façon, la courbure postérieure de chaque œil est prise en compte individuellement au lieu de se baser sur les hypothèses générales du modèle de l'œil. De ce fait, les valeurs anormales dans le calcul des LIO peuvent être réduites au minimum.

Total Keratometry a été conçue par les ingénieurs optiques de ZEISS pour correspondre au rapport de Gullstrand dans les yeux normaux. Cependant, il est encore capable de détecter l'impact des astigmatismes postérieurs dans les yeux individuels, comme les yeux avec une correction de la vision au laser post-cornéenne. C'est ainsi que les valeurs de Total Keratometry sont différentes des nombreuses valeurs de cornée totales fournies par d'autres instruments.

Un autre avantage significatif de Total Keratometry est qu'elle peut être directement incorporée dans les formules classiques de calcul de la puissance des LIO, tandis que les constantes de LIO optimisées existantes, telles que les constantes ULIB et IOLCon.org, peuvent toujours être utilisées (Haigis W. et al. 2014).

Savini et al. (Savini et al. 2020) ont évalué la répétabilité des mesures de kératométrie totale et de kératométrie standard fournies par ZEISS IOLMaster 700. 69 yeux précédemment non opérés et 51 yeux ayant subi une chirurgie réfractive au laser myope ont été prospectivement enrôlés et analysés. Ils concluent que les mesures de TK offrent une grande reproductibilité dans les yeux non opérés et post-chirurgie au laser à excimère.

La différence de Total Keratometry

Total Keratometry combine la mesure de la surface cornéenne antérieure et postérieure ainsi que la pachymétrie cornéenne pour évaluer les caractéristiques cornéennes individuelles de chaque œil.

Comment puis-je bénéficier de Total Keratometry ?

Avec Total Keratometry, pas besoin d'un second appareil (LaHood et al. 2018), d'un logiciel tiers ou d'un calculateur en ligne pour utiliser la courbure cornéenne postérieure pour le calcul de puissances des LIO. Par conséquent, les cliniques et les cabinets n'ont pas à modifier leurs mesures et processus de calcul. IOLMaster 700 mesure automatiquement la kératométrie totale et l'incorpore dans les calculs actuels des LIO, le cas échéant.

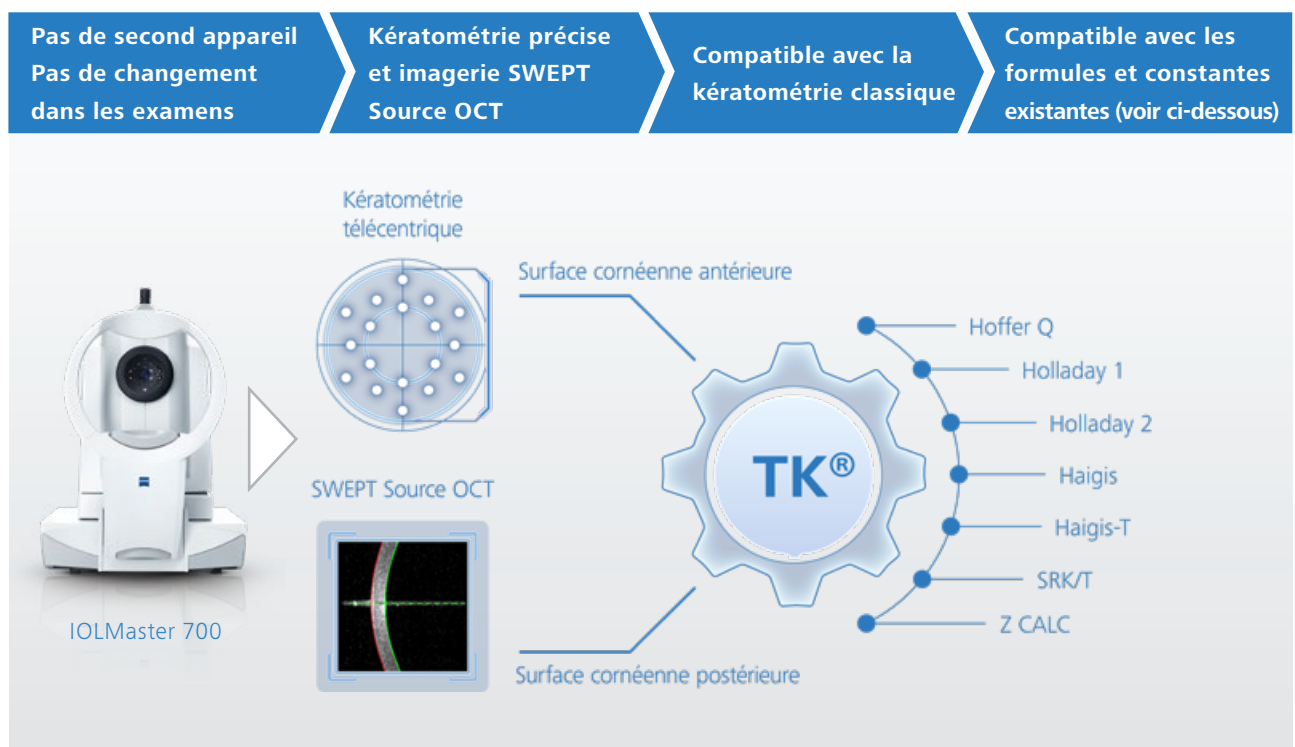


Figure 2 : Aperçu de Total Keratometry

Polyvalence ultime

Total Keratometry offre aux cliniques une grande flexibilité. Elle peut être utilisée avec les formules de calcul de la puissance des LIO classiques et les constantes des LIO optimisées existantes. De plus, il n'est pas nécessaire d'avoir un deuxième appareil, un logiciel tiers ou une calculatrice en ligne.

Formules Barrett TK

L'actuel calculateur torique de Barrett utilise un modèle d'œil unique servant à prédire la surface postérieure de la cornée. L'utilisation de Total Keratometry avec le calculateur torique de Barrett entraînerait donc une surcompensation de l'astigmatisme cornéen postérieur.

Pour cette raison, Graham Barrett a développé trois nouvelles formules de calcul de la puissance des LIO : Barrett TK Universal II pour les LIO non-toriques, Barrett True K avec TK pour les yeux post-CVL et Barrett TK Toric pour les LIO toriques. Les trois nouvelles formules utilisent les mesures de la surface cornéenne postérieure de ZEISS IOLMaster 700 au lieu du modèle de l'œil utilisé par le calculateur torique de Barrett.

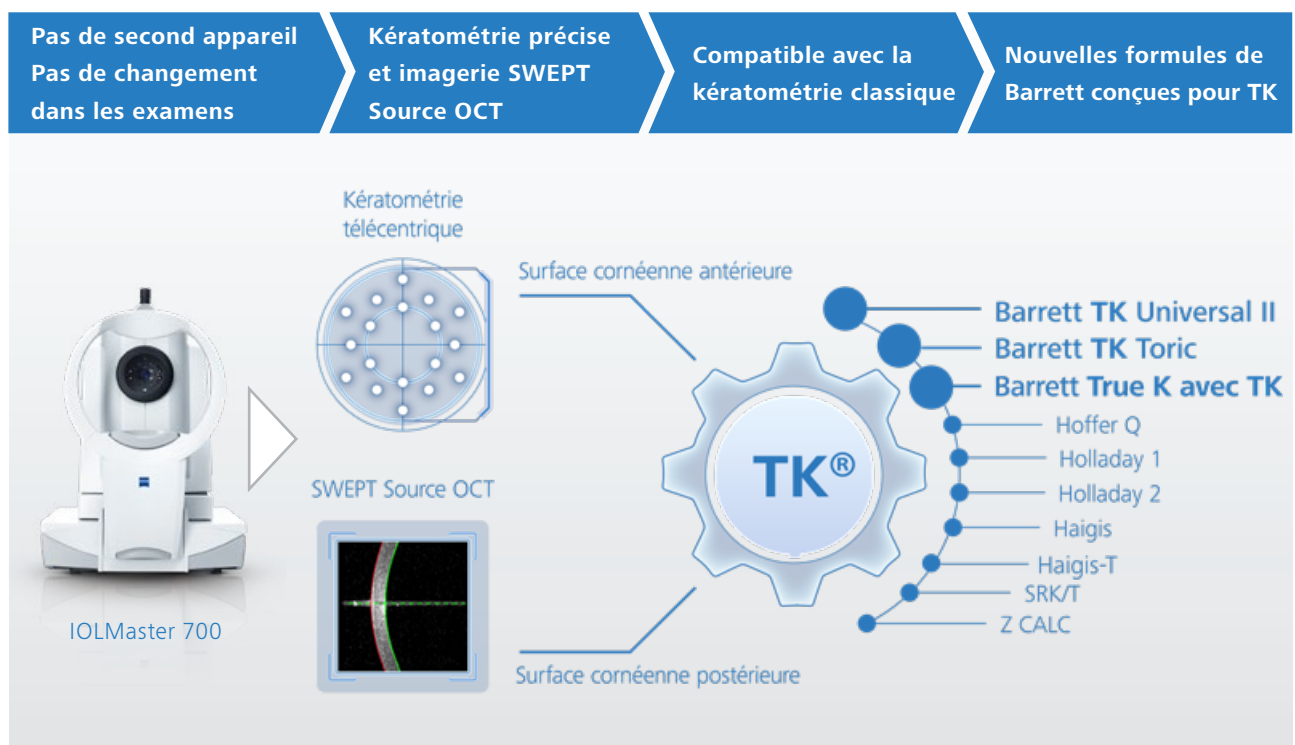


Figure 3 : Aperçu des formules Barrett TK

Nouvelles formules Barrett

Pour améliorer davantage ses formules classiques, Graham Barrett en a mis au point trois nouvelles à utiliser avec Total Keratometry. Elles utilisent les mesures de la surface cornéenne postérieure de ZEISS IOLMaster 700 au lieu du modèle d'œil utilisé par les formules précédentes.

Résultats cliniques

Résultats du calcul de la puissance des LIO toriques ou non toriques

Comme mentionné précédemment, la TK est conçue pour être équivalente aux relevés de K classiques lorsque l'on compare les mesures dans de grandes cohortes de patients normaux. Cette équivalence est nécessaire pour rendre la TK compatible avec les formules et les constantes de LIO existantes. Cependant, si les valeurs de TK sont équivalentes aux valeurs de K dans les yeux normaux, elles seront différentes dans les yeux présentant un rapport inhabituel entre la courbure antérieure et postérieure de la cornée ou chez les patients présentant un astigmatisme postérieur inhabituel. Dans ces cas, les nomogrammes classiques d'astigmatisme cornéen postérieur ne peuvent pas détecter ces valeurs anormales, alors que la TK le peut.

Par conséquent, on peut s'attendre à ce que TK et K obtiennent des résultats relativement similaires en termes de réfraction moyenne après une opération de la cataracte dans des yeux normaux. Toutefois, TK peut aider les chirurgiens à éviter les valeurs anormales ou les surprises réfractives dans les cas inhabituels mentionnés ci-dessus.

Les études actuellement publiées confirment ce comportement en ce qui concerne les erreurs de prédiction des équivalents sphériques et des cylindres.

Fabian et Wehner (Fabian E, Wehner W, 2019) ont démontré que, par rapport à la kératométrie classique, une tendance notable à la baisse des erreurs de prédiction absolues (erreurs absolues moyennes et médianes absolues) a été observée en appliquant Total Keratometry (TK) dans les formules Haigis-T et Barrett Universal II/Toric TK. Ils concluent : *« Par rapport à la K standard, on peut s'attendre à une plus grande précision de prédiction en utilisant les valeurs de TK avec les deux formules nouvellement développées. Les valeurs de TK sont compatibles avec les formules de calcul de la puissance des LIO standard et les constantes des LIO optimisées existantes. »* (Traduit de l'anglais)

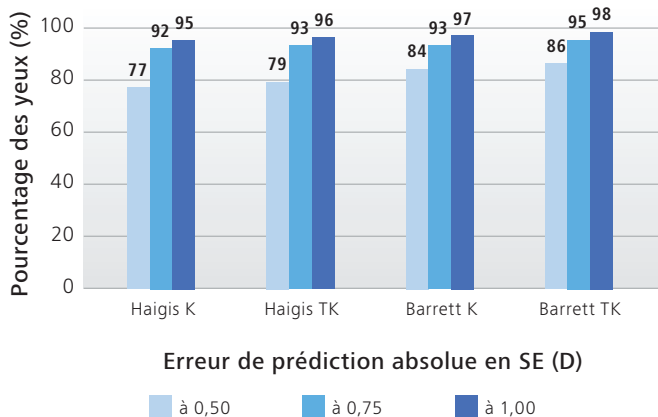


Figure 4 : Pourcentage cumulé des yeux dans la plage spécifiée d'erreur de prédiction absolue [EPA] en équivalent sphérique [SE] (dioptries [D]) pour les différentes formules. (Source : Fabian E, Wehner W, 2019)

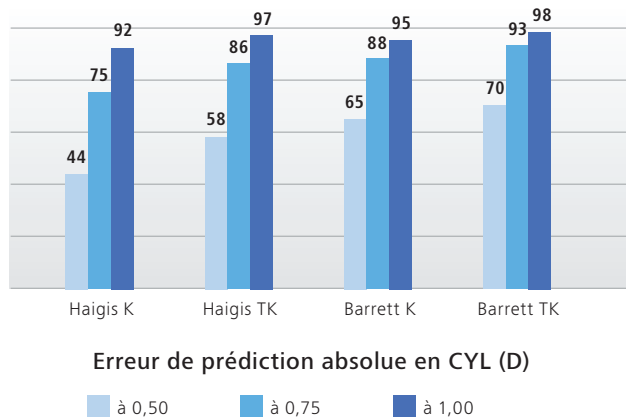


Figure 5 : Pourcentage cumulé des yeux dans la plage spécifiée d'erreur de prédiction absolue [EPA] dans le cylindre [CYL] (dioptries [D]) pour les différentes formules. (Source : Fabian E, Wehner W, 2019)

Srivannaboon et Chirapapaisa (Srivannaboon S, Chirapapaisan C, 2019) trouvent des résultats similaires. Leur conclusion : *« K et TK pour le calcul des LIO ont montré une tendance à de meilleurs résultats de réfraction en utilisant TK. La même constante de LIO peut être utilisée pour K et TK. »* (Traduit de l'anglais)

Performance de TK dans le calcul de la puissance des LIO après correction de la vision au laser

Les yeux après une chirurgie réfractive au laser de la cornée sont l'exemple le plus marquant d'un rapport inhabituel entre la courbure antérieure et postérieure de la cornée, car la surface antérieure a été altérée. Dans ce cas, la TK devient très bénéfique, car il ne repose pas sur des hypothèses concernant la surface postérieure, mais constitue une mesure de la puissance cornéenne totale prenant en considération les courbures postérieures réelles de la cornée.

Wang et al. (Wang et al. 2019) ont montré, par exemple, que la TK peut être utilisée dans les formules classiques de calcul de la puissance des LIO telles que la formule de Haigis, ce qui donne des résultats globalement similaires à ceux des formules post-CVL spécifiquement conçues, comme Barrett True K, sans tenir compte des données historiques de réfraction.

Ils concluent : *« La performance de la combinaison de Haigis et de TK dans la prédiction réfractive était comparable à celle de Haigis-L et de Barrett True K dans les yeux ayant déjà subi une chirurgie réfractive de la cornée. »* (Traduit de l'anglais) (Wang et al. 2019)

Ainsi, ils ont prouvé le principe de TK comme indiqué ci-dessus. Le tableau 6 met en évidence les résultats spécifiques du LASIK post myopique, où Haigis-TK et Barrett True K (utilisant K) montrent des résultats similaires en termes d'erreurs absolues moyennes chez les patients traités pour l'hypermétropie et la myopie, ainsi que chez les patients ayant subi une PRK.

Paramètre	Haigis	Haigis-L	Barrett True K	Haigis-TK
LASIK/PRK myopique				
MNE (D) ± SD	+0,57 ± 0,68	-0,42 ± 0,61	-0,02 ± 0,73	+0,19 ± 0,59
Plage (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

Tableau 6 : Erreurs de prédiction de la réfraction en utilisant un groupe d'utilisateurs pour les constantes de lentille de la biométrie par interférence laser et pourcentage d'yeux dans certaines plages d'erreurs de prédiction. (Source : Wang et al. 2019)

Lawless et al. (Lawless et al. 2020) (**y compris Graham Barrett**) ont montré dans leur publication que la formule Barrett True K TK, qui a été spécifiquement conçue pour TK, surpassait toute autre formule non historique dans les yeux post-LASIK myopiques évalués dans cette étude. Ils confirment également que Haigis avec TK donne des résultats similaires à ceux de Barrett True K avec K et sans antécédents.

Sur la base des formules évaluées dans le document, ils concluent : « *Barrett True K (TK) a fourni l'erreur moyenne de prédiction de réfraction (EPR) et la variance les plus faibles pour les myopes et les hyperopes antérieurs subissant une chirurgie de la cataracte. Barrett True K (TK) présentait les pourcentages d'yeux les plus élevés dans les limites de $\pm 0,50$ D, $\pm 0,75$ D et $\pm 1,00$ D de l'EPR par rapport aux autres formules pour les patients déjà myopes.* » (Traduit de l'anglais)

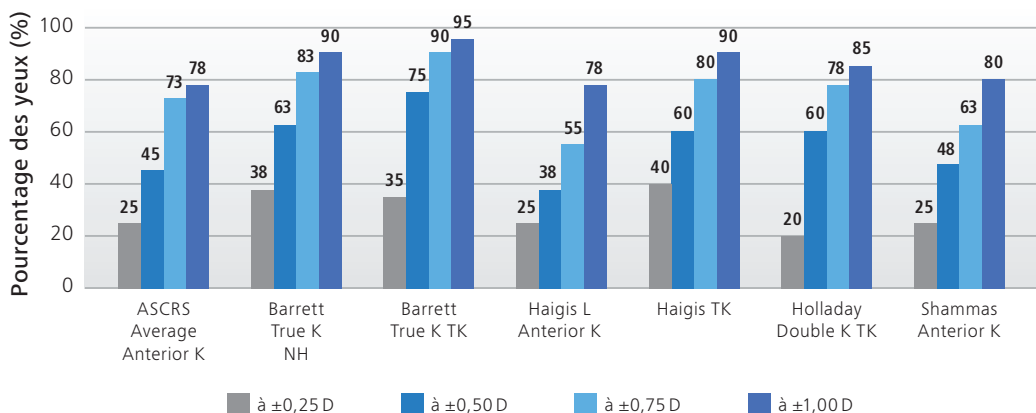


Figure 7 : Pourcentage d'yeux à $\pm 0,25$ D, $\pm 0,50$ D, $\pm 0,75$ D et $\pm 1,00$ D d'erreur de prédiction de réfraction dans des yeux précédemment myopes. (Source : Lawless et al. 2020)

Il est fréquent que les données de réfraction des patients avant la chirurgie réfractive ne soient pas connues ou soient de qualité inconnue. TK, en fournissant des valeurs réelles de puissance cornéenne au moyen d'une mesure directe de la cornée, peut constituer un avantage clinique important pour les chirurgiens qui effectuent des calculs de LIO post-chirurgie réfractive au laser.

Yeo et al. (Yeo et al. 2020) ont analysé dans cet article accès ouvert 64 yeux ayant déjà subi une chirurgie réfractive myopique au laser en comparant l'erreur de prédiction sur différentes formules. Dans leur analyse, EVO TK, suivi par Barrett True K TK et Haigis TK, ont obtenu les pourcentages les plus élevés de patients avec une erreur de prédiction absolue entre 0,50 et 1,00 D. Pour les formules utilisant le PEL, la méthode « K double inverse » a été appliquée avec succès, permettant également d'utiliser des formules conventionnelles pour le calcul des LIO sur des yeux ayant déjà subi une chirurgie réfractive.

Ils concluent : *« Les formules combinées à TK donnent des résultats similaires ou meilleurs que les formules existantes de chirurgie réfractive au laser post-myopique sans historique. »* (Traduit de l'anglais)

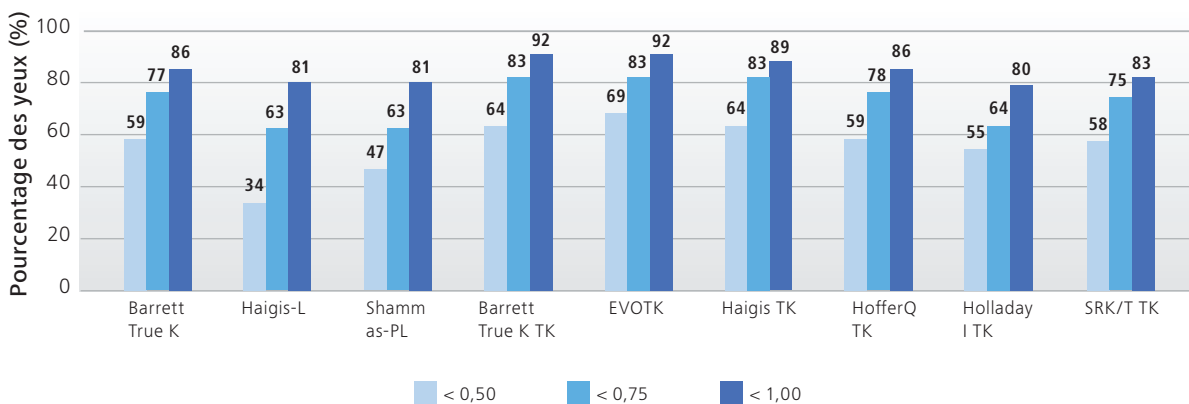


Figure 8 : Pourcentage d'yeux à 0,50 D, 0,75 D et 1,00 D d'erreur de prédiction absolue ; formules sans historique suivies de formules utilisant TK.

Résumé des résultats cliniques

- La TK est conçue pour être équivalente aux relevés de K, afin de permettre une utilisation dans les formules de puissance standard des LIO avec les constantes existantes dans les yeux normaux. Les résultats sont donc supposés être les mêmes. Cependant, TK contribue à minimiser les surprises de réfraction en mesurant directement la puissance/courbure de cornées postérieures inhabituelles, au lieu de se fier à des nomogrammes.
- Dans les yeux post-CVL, TK peut soit être utilisée avec des formules classiques, telles que Haigis, qui n'utilisent pas les valeurs K pour la prédiction du PEL, pour obtenir des résultats similaires aux formules spécifiquement conçues pour les cas post-CVL. Lorsqu'elle est utilisée dans la nouvelle formule Barrett True K TK (disponible sur ZEISS IOLMaster 700 en 2020), elle peut surpasser les autres formules couramment utilisées. En outre, l'utilisation de données historiques n'est pas nécessaire.

Bibliographie

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



0297

IOLMaster
Z CALC



Carl Zeiss Meditec AG

Goeschwitzer Strasse 51–52

07745 Jena

Allemagne

www.zeiss.com/iolmaster700

FR_32_010_0061VI

Imprimé en Allemagne.

Édition internationale : commercialisation uniquement dans des pays sélectionnés.

Non distribué en France.

Le contenu de ce document imprimé peut diverger des clauses autorisant actuellement le produit ou des offres de prestations de service dans le pays d'utilisation. Pour obtenir de plus amples informations en la matière, contacter le représentant régional ZEISS. Sous réserve des modifications techniques des dispositifs et des éléments constitutifs de l'équipement livré.

IOLMaster et Z CALC sont des marques déposées de la société Carl Zeiss Meditec AG ou d'autres entreprises du groupe ZEISS en Allemagne et/ou dans d'autres pays.

© Carl Zeiss Meditec AG, 2021. Tous droits réservés.