

Calcul de la puissance de l'implant intraoculaire après chirurgie réfractive cornéenne



→ D. GATINEL

Fondation Ophtalmologique
A. de Rothschild,
CEROC, PARIS.

La précision des méthodes de calcul d'implant utilisées en chirurgie de la cataracte pour des yeux vierges de chirurgie cornéenne est altérée chez les sujets opérés de chirurgie réfractive cornéenne. Cet article, inspiré d'une étude récente [1], a pour but d'expliquer les causes d'erreur de calcul après chirurgie réfractive, puis de rapporter les principes des différentes méthodes de calcul proposées.

Causes d'imprécision du calcul de la puissance d'implant après chirurgie réfractive cornéenne

Les données biométriques nécessaires au calcul de la puissance de l'implant pseudophaque sont la puissance

dioptrique de la cornée, la longueur axiale et la distance entre la cornée et l'implant (*Effective Lens Position: ELP*) estimée, avec les formules de troisième et quatrième génération à partir de la kératométrie [2]. Pour un œil normal (précédemment non opéré de chirurgie cornéenne), les sources d'erreur les plus fréquentes pour le calcul de la puissance de l'implant sont liées à une erreur de mesure de la longueur axiale (54 %) et de la profondeur de la chambre antérieure post-opératoire (38 %), alors que l'appréciation de la kératométrie n'est responsable que de 8 % des erreurs. Après chirurgie réfractive sur la cornée, la kératométrie devient la cause principale d'erreur, suivie de la mauvaise estimation de l'ELP [3].

La cornée est le dioptré oculaire dont le pouvoir optique est le plus élevé. Les topographes spéculaires ne mesurent pas directement la puissance dioptrique de la cornée, mais le rayon de courbure local en différents points de la surface cornéenne antérieure. La puissance optique cornéenne centrale est ensuite estimée à partir de la courbure du sommet cornéen (courbure apicale) par des formules qui reposent sur des simplifications non valides pour les cornées opérées.

La cornée normale est légèrement prolate, ce qui signifie que sa courbure décroît légèrement de l'apex vers la périphérie. Du fait du faible gradient de courbure (asphéricité prolate modérée), une mesure effectuée à 1,5 mm de part et d'autre du centre

sur un méridien (kératométrie simulée-sim K) fournit une bonne estimation de la courbure apicale. Après chirurgie démyopisante (kératomie radiaire, photoablation), la cornée devient oblate, et le gradient de courbure entre l'apex et la proche périphérie est accru et de signe opposé. Les assumptions et extrapolations des topographes et kératomètres ne sont plus valables quand la cornée devient plus plate au centre qu'en paracentral; la valeur du sim K est supérieure à la puissance optique axiale réelle du dioptré cornéen.

La deuxième source d'erreur dans le calcul biométrique après chirurgie réfractive provient d'une mauvaise prédiction de la position de l'implant. Dans les formules de nouvelles générations, la position de l'implant ("*effective lens position*" ou ELP) est le plus souvent estimée à partir du rayon de courbure de la face antérieure de la cornée (distance avec l'implant d'autant plus grande que la cornée est cambrée). C'est le cas notamment pour la formule de SRK-T (**fig. 1**).

Après chirurgie réfractive démyopisante photoablative, la cornée devient plate au sein de la zone optique, alors que la profondeur de la chambre antérieure demeure inchangée. La prise en compte de la kératométrie postopératoire va donc entraîner une sous-estimation de la profondeur de chambre antérieure et de l'ELP et donc une sous-estimation de la puissance de l'implant.

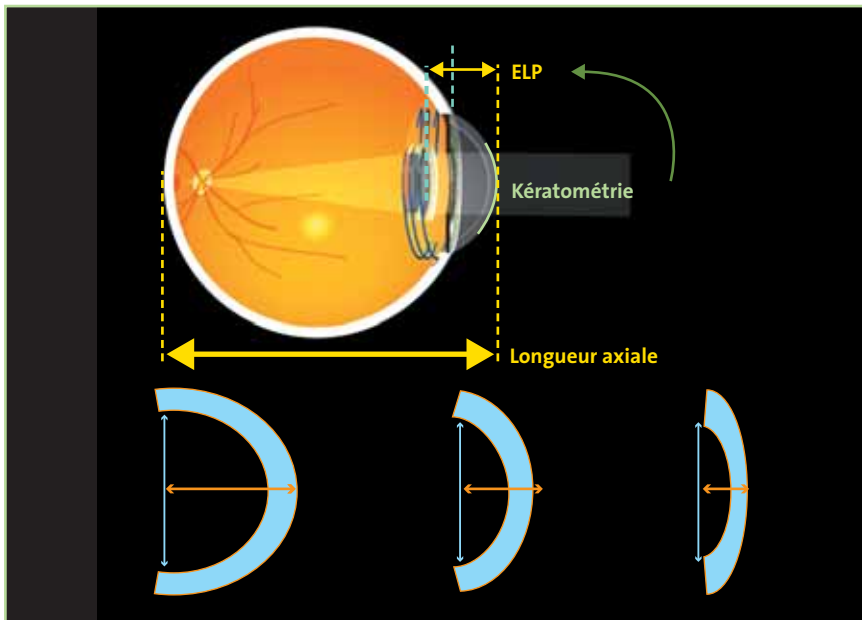


FIG. 1 : Prédiction de la position effective de l'implant (*Effective Lens Position: ELP*) à partir de la formule de SRK-T. L'erreur réfractive engendrée par un écart entre la position prédite et la position obtenue de l'implant vis-à-vis de la cornée dépend de la puissance de l'implant. En moyenne, pour 1 mm d'écart d'ELP cela induit une erreur de 1 D pour les yeux myopes, 1,5 D pour les yeux emmétropes, et 2,5 D pour les yeux hypermétropes.

L'importance de l'erreur d'estimation de l'ELP dépend de l'importance de la correction induite par la chirurgie réfractive, de la longueur axiale de l'œil et de la formule utilisée. Elle est d'autant plus élevée que la correction réfractive a été importante, mais diminue lorsque la longueur axiale de l'œil augmente. Elle est majorée par la formule SRK/T, Holladay 1, et Hoffer Q [4-6]. Cette erreur s'ajoute à celle de la mesure kératométrique, et accroît ainsi le risque d'hypermétropisation des yeux initialement myopes avant chirurgie réfractive (et de myopisation des yeux initialement hypermétropes pour des raisons symétriques).

Les formules conçues pour une meilleure mesure kératométrique

Plusieurs méthodes de calcul ont été proposées pour minimiser cette marge d'erreur. Elles visent logiquement à

obtenir une mesure précise de la vraie puissance cornéenne et/ou à calculer directement la puissance de l'implant avec une formule qui n'utilise pas ou peu la valeur de la kératométrie du patient à opérer pour prédire l'ELP.

1. Méthodes de calcul qui nécessitent de connaître la kératométrie et la réfraction préopératoire, ainsi que la réfraction postopératoire immédiate

La classique méthode de l'histoire clinique repose sur l'addition algébrique du changement réfractif à la puissance cornéenne préopératoire. Cette technique permet le calcul de la vraie puissance cornéenne post-chirurgie réfractive, mais non le calcul de l'implant, car elle ne prend pas en considération l'estimation de la position effective de l'implant (*Effective Lens Position: ELP*). Les auteurs conseillent de la combiner à la méthode dite de "double-K" pour minimiser les erreurs dues à l'erreur d'évaluation de l'ELP.

Dans cette méthode "double-K" la valeur de K préopératoire sert à estimer l'ELP [7], et la valeur de K postopératoire, calculée par la méthode de l'histoire clinique, permet de donner la puissance de l'implant. Il faut adapter les formules de troisième génération (SRK/T, Holladay 1 et Hoffer Q) à cette méthode. La méthode du "corneal bypass" (décrite par Ladas et Stark) [8] est basée sur le même principe que la méthode double-K (l'enjeu étant aussi de mieux évaluer la vraie ELP), avec l'avantage d'être plus simple à appliquer. Elle consiste à introduire dans la formule de calcul qu'on désire utiliser la kératométrie préopératoire du patient en visant le changement réfractif (exemple : viser une réfraction résiduelle de -6 D chez un emmétrope qui était myope de -6 D avant chirurgie cornéenne). La puissance de l'implant obtenue est donc équivalente à la puissance du cristallin avant le développement de la cataracte et permet de maintenir l'emmétropie obtenue par la chirurgie réfractive.

2. Méthodes fondées sur la connaissance de la réfraction préopératoire

Il peut s'avérer difficile d'obtenir la topographie préopératoire du patient, alors que sa réfraction préopératoire peut être déduite grâce à une ancienne paire de lunettes ou ordonnance. Dans ce cas, il existe plusieurs méthodes de calcul possibles. Latkany *et al.* ont par exemple effectué une régression linéaire entre l'erreur de calcul d'implant faite avec la kératométrie conventionnelle (K) et l'importance de l'ablation faite par le laser Excimer. Cette régression s'exprime par la formule suivante :

- en utilisant la valeur moyenne de K : $-(0.46 \times \text{ARA} + 0.21)$,
- en utilisant le K le plus faible : $-(0.47 \times \text{ARA} + 0.85)$ où ARA = changement réfractif.

IMAGERIE DU SEGMENT ANTÉRIEUR

Le résultat de cette formule de régression est ajouté à la puissance d'implant retrouvée par le calcul fait avec la kératométrie conventionnelle. Malgré l'absence d'un nombre suffisant d'essais cliniques, cette formule semble donner des résultats encourageants dans les comparaisons théoriques avec d'autres techniques; elle suppose toutefois que le changement réfractif soit strictement proportionnel au changement kératométrique (absence de phénomène de myopisation d'indice).

3. Méthodes ne nécessitant aucune donnée préopératoire

● Réfraction sur lentille rigide

Cette méthode a longtemps été considérée comme la référence permettant de calculer la puissance cornéenne lorsqu'aucune donnée préopératoire n'est disponible [10-12]. Une fois l'équivalent sphérique (SEQs) actuel du patient déterminé par une réfraction, une lentille rigide de courbure connue (par exemple: 40 D) et de puissance optique nulle est appliquée sur l'œil et une deuxième réfraction est faite par-dessus la lentille, permettant de trouver un nouvel équivalent sphérique (SEQcl).

La vraie puissance cornéenne serait donc:

$$K = K \text{ lentille} - (\text{SEQcl} - \text{SEQs})$$

Par exemple, la courbure de la lentille est de 40 D et sa pose induit un changement réfractif = -2.00 D. La puissance cornéenne est de 40 - 2 = 38 D. Malheureusement, les résultats de cette méthode se sont révélés décevants, probablement à cause de la difficulté d'adaptation de la lentille sur une cornée remaniée par la chirurgie réfractive.

● Méthodes de correction de la kératométrie

Les formules de Shamas et Maloney sont fondées sur des régressions sta-

tistiques visant à corriger l'erreur kératométrique [14]. Avec la méthode de Shamas, la puissance cornéenne est calculée par la formule: $K = 1.14 \times K \text{ mesurée (par le topographe)} - 6.8$. La valeur K obtenue est ensuite introduite dans la formule de calcul de l'implant.

Observons que toutes ces méthodes ne prennent pas en considération l'erreur potentielle de prédiction de l'ELP pour le calcul de l'implant. On peut cependant les combiner à la méthode double-K ou la méthode du *corneal bypass* pour obtenir la puissance de l'implant, mais cela n'est possible en théorie que si la kératométrie préopératoire est connue. Le recours à des formules spécifiques (Haigis, Holladay 2, etc., voir plus loin) est conseillé.

● Le recours à la topographie cornéenne

La mesure directe des valeurs de la kératométrie peut s'effectuer en déplaçant un curseur sur la carte topographique en différents points situés en regard du centre de la pupille. On peut sélectionner de manière empirique la valeur la plus basse dans les 1,5 mm centraux. Cette valeur est généralement inférieure à celle fournie par la kératométrie simulée.

L'apport de la topographie d'élévation est indéniable, et plusieurs études ont montré que la puissance cornéenne centrale donnée par l'Orbscan sur les 2, voire les 4 mm centraux, serait fiable et pourrait être utilisée pour le calcul d'implant [15, 16].

La formule BESSt [17] est un logiciel de calcul d'implant évolué (*BESSt Corneal Power Calculator*; EB Eye Ltd., London) permettant l'estimation de la puissance dioptrique cornéenne à partir des rayons de courbure des faces antérieure et postérieure de la

cornée, et de la pachymétrie. Ces mesures sont obtenues par un topographe doté d'un système de caméra rotative Scheimpflug (Pentacam-Oculus, Allemagne).

Les formules conçues pour une meilleure estimation de la position de l'implant

Après chirurgie réfractive cornéenne, l'erreur d'estimation de la position de l'implant est, après la mesure kératométrique, la deuxième source d'erreur de calcul. Les formules récentes de calcul d'implant (troisième et quatrième génération) prédisent l'ELP à partir de la kératométrie. Si la kératométrie préopératoire du patient n'est pas disponible, ni la méthode double K ni la méthode Ladas-Stark ne peuvent être appliquées pour corriger ce biais.

Une alternative consiste à utiliser la formule de Haigis, disponible sur l'IOL Master (Carl Zeiss Meditec), qui est une formule de calcul n'utilisant pas directement la kératométrie pour estimer l'ELP [18]. L'utilisation de cette formule avec un autre biomètre nécessite d'introduire manuellement la profondeur de la chambre antérieure (mesurée par échobiométrie ou imagerie du segment antérieur) et la kératométrie postopératoire calculée à partir d'une des techniques décrites ci-dessus. Notre expérience avec cette méthode est jusqu'à présent très satisfaisante (données non publiées), à condition de ne pas modifier la kératométrie mesurée par l'IOL Master (qui souffre des mêmes limitations de mesure chez les patients opérés de chirurgie réfractive que les kératomètres standard). Récemment, une formule dite de Haigis-L (L pour Lasik) a été proposée afin d'effectuer une correction de l'erreur de mesure de la kératométrie chez les patients opérés de Lasik ou PKR.

La formule Holladay 2 est une autre alternative; son équation n'est pas publiée, mais elle est disponible en ligne (<http://www.docholladay.com/iolprogram.htm>). Elle permet l'introduction simultanée de deux valeurs de kératométrie: la valeur préopératoire pour le calcul de l'ELP et la valeur postopératoire pour le calcul de la puissance cornéenne. Sur ce site, on propose également un logiciel permettant d'assister le chirurgien dans le choix du type et de la puissance de l'implant. Sept variables peuvent être introduites, dont le diamètre cornéen "blanc à blanc", le sexe du patient, etc., dans le but de choisir le modèle et la puissance d'implant permettant d'obtenir la meilleure qualité de vision après chirurgie de la cataracte [19].

Nous testons actuellement en collaboration avec la société Nidek une version d'évaluation du logiciel « IOL-Station ». Ce logiciel importe et utilise directement les données acquises avec le topographe/aberrromètre OPD scan. Il propose la formule de Camellin Calossi pour le calcul biométrique des patients opérés de chirurgie réfractive. Cette formule utilise la profondeur de la chambre antérieure et l'épaisseur du cristallin préopératoire pour la prédiction de l'ELP. Un algorithme utilisant les données de la topographie cornéenne permet de prédire la puissance cornéenne centrale à utiliser pour ce calcul. En plus de proposer le calcul de la puissance de l'implant, le logiciel fournit également une estimation de la valeur idéale d'aberration sphérique à corriger, et oriente le choix du chirurgien vers une géométrie particulière d'implant asphérique et un site d'incision à privilégier en fonction de la toricité cornéenne. En plus de réduire le risque de « surprise réfractive », ce type de stratégie devrait permettre d'améliorer la qualité de vision postopératoire des patients déjà opérés de chirurgie réfractive.

Conclusion

Le nombre de personnes opérées de la cataracte tout en ayant déjà eu recours à la chirurgie réfractive va croissant. Les progrès de la microchirurgie font que le geste opératoire est maintenant bien codifié, sûr et reproductible. Le résultat opératoire chez ces patients dépend donc avant tout de la précision du calcul d'implant. Afin d'éviter les "mauvaises surprises" postopératoires qui impliquent parfois une reprise chirurgicale, l'évaluation correcte de la valeur de la kératométrie à utiliser pour calculer la puissance et la position effective de l'implant est nécessaire avec les formules de dernière génération (Haigis, Holladay II, etc.). En plus d'accroître la précision de calcul de la puissance de l'implant, les formules du futur permettront certainement de corriger une partie des aberrations optiques induites par la chirurgie réfractive cornéenne.

Bibliographie

1. LTFEY Y, GATINEL D. Intraocular lens power calculation after keratorefractive surgery. *J Fr Ophthalmol*, 2008; 31: 326-34.
2. HOLLADAY JT, MUSGROVE KH, PRAGER TC *et al*. A three-part system for refining intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*, 1988; 14: 17-21.
3. OLSEN T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg*, 1992; 18: 125-9.
4. HOLLADAY JT, PRAGER TC, CHANDLER TY *et al*. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg*, 1988; 14: 17-24.
5. HOFFER KJ. The Hoffer Q formula; a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg*, 1993; 19: 700-12.
6. KOCH DD, WANG L. Calculating IOL power in eyes that have undergone refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29: 2039-42.
7. ARRAMBERI J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: double-K method. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29: 2063-8.
8. LADAS JG, STARK WJ. Calculating IOL power after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2004; 30: 2458-9.
9. WALTER KA, GAGNON MR, HOOPES PC Jr *et al*. Accurate intraocular lens calculation

after myopic laser in situ keratomileusis, bypassing corneal power. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32: 425-9.

10. RIDLEY F. Development in contact lens theory. *Trans Ophthalmol Soc UK*, 1948; 68: 385-401.
11. HOLLADAY JT. Cataract surgery in patients with previous keratorefractive surgery (RK, PRK, and LASIK). *Ophthalmic Practice*, 1997; 15: 238-44.
12. HAIGIS W. Corneal power after refractive surgery for myopia: contact lens method. *J Cataract Refract Surg*, 2003; 29: 1397-411.
13. ROSA N, CAPASSO L, ROMANO A. A new method of calculating intraocular lens power after photorefractive keratectomy. *J Refract Surg*, 2002; 18: 720-4.
14. SHAMMAS HJ, SHAMMAS MC. No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2007; 33: 31-6.
15. CHENG ACK, LAM DSC. Keratometry for intraocular lens power calculation using Orbscan II in eyes with laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg*, 2005; 21: 365-8.
16. QAZI MA, CUA IY, ROBERTS CF *et al*. Determining corneal power using Orbscan II videokeratography for intraocular lens calculation after excimer laser surgery for myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2007; 33: 21-30.
17. BORASIO E, STEVENS J, SMITH GT. Estimation of true corneal power after keratorefractive surgery in eyes requiring cataract surgery: BEST formula. *J Cataract Refract Surg*, 2006; 32: 2004-14.
18. HAIGIS W, LEGE B, MILLER N *et al*. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2000; 238: 765-73.
19. TERZI E, WANG L, KOHNEN T. Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia. *J Cataract Refract Surg*, 2009; 35: 1181-9.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflit d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.