



Biométries difficiles

Mickaël Sellam¹, Maté Strehö^{1,2,3}

La biométrie est une étape clé dans la chirurgie de la cataracte. Elle permet de déterminer en préopératoire la puissance de l'implant intraoculaire pour obtenir l'amétropie souhaitée pour le patient. La précision de cette biométrie a beaucoup évolué lors de ces dernières années en même temps que les techniques opératoires.

Depuis les travaux de Drexler en 1998, nous savons que la précision réfractive dépend de quatre paramètres indépendants : précision des mesures, précision des formules, précision de la technique chirurgicale et précision intrinsèque des implants [1].

Les principales sources d'erreurs de la biométrie sont les erreurs de mesure de la kératométrie, de la profondeur de chambre antérieure et de la longueur axiale.

Biométrie standard

La précision actuelle de la biométrie standard est de ± 1 D dans 90 % des cas et $\pm 0,5$ D dans 60 % des cas [2]. Il convient de connaître ces valeurs pour adapter le discours aux patients, les indications opératoires et, notamment, les choix techniques. Les principales sources d'erreur limitant la précision absolue sont par ordre décroissant le choix de la formule (notamment la précision de l'estimation de la position effective de l'implant) dans 35,5 %, la longueur axiale dans 17 % et la kératométrie

dans 10,1 % des cas [3].

Pour la kératométrie et la longueur axiale, le *gold standard* est la biométrie optique. De par sa précision, les biomètres optiques se sont imposés comme les appareils de référence. Il en existe plusieurs types différents par plusieurs points mais avec une précision relativement superposable. La kératométrie pourra être complétée par une analyse qualitative à l'aide d'un topographe. La longueur axiale pourra être vérifiée par échographie en mode-B offrant l'avantage de pénétrer tous les milieux en s'affranchissant des opacités (*tableau I*) [4].

Tableau I. Principaux avantages et inconvénients des appareils de biométrie ultrasonore (mode A, mode B) et optique.

Appareils	Avantages	Inconvénients
Echographe en mode A	Indépendants des opacités Indépendants de la fixation	Aplation → erreur de mesure de la LA Mesure à « l'aveugle » Pas d'examen morphologique
Echographe mode B	Indépendants des opacités Indépendants de la fixation Analyse du segment postérieur Huile de silicone (DR, staphylome) Possible sur LA excessive Opérateur dépendant	Appareillage Pseudo-immersion
Biomètre optique	Non contact Confort, rapidité Reproductible « Délégable » Huile de silicone	Pas d'analyse du segment postérieur (DR, staphylome) Coopération nécessaire Pas de fixation Âge (< 6 ans) Opacités limitantes LA excessive

1. Centre d'exploration de la vision, Rueil-Malmaison. 2. Centre Explore Vision, Paris. 3. Hôpital Lariboisière, Paris

Le choix de la formule est un moment clé car la puissance de l'implant pourra changer en fonction des différentes formules. Un moyen de pallier ce risque est de travailler en « multiformules ». La formule sera adaptée à la longueur axiale mais également à la kératométrie (tableau II) [5].

Tableau II. Choix de la formule en fonction de la longueur axiale [5].

< 22,5 mm (8% de la population) : **HofferQ**, Holladay,

de 22,5 à 24,5 mm (72% de la population) : **toutes les formules**,

> 24,5 mm (20% de la population) : **SRK-T**.

Biométrie après chirurgie réfractive cornéenne

Les mauvaises surprises biométriques après chirurgie réfractive cornéenne sont classiques et, dans tous les cas, il faudra prévenir le patient d'une imprécision de résultat plus grande que d'habitude et de la possibilité, de plus en plus rare, d'explantation en cas d'erreur majeure.

Longueur axiale

Si la source d'erreur principale est la mesure kératométrique après photoablation cornéenne, il faudra également veiller à ne pas faire d'erreur de mesure de longueur axiale. En effet, plus la longueur axiale est courte plus le retentissement sera important en cas d'erreur de mesure car les formules classiques (SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q, Haigis, Shammas...) estiment la position effective de l'implant (ELP) à partir de la longueur axiale et/ou de la kératométrie.

Il est généralement retenu que 0,1 mm d'erreur de longueur axiale entraîne 0,20 D chez le myope, 0,25 D chez l'emmetrope et 0,30 D chez l'hypermetrope.

En l'absence de trouble des milieux, le *gold standard* reste la mesure optique de la longueur axiale (intérêt de la mesure sur l'axe visuel grâce à un point visé par le patient lors de la mesure) ; en cas de trouble des milieux, de déformation du pôle postérieur ou de longueur axiale supérieure à 30 mm, la mesure optimale sera réalisée en ultrasons.

Kératométrie

La cornée est rendue oblate après photoablation myopique et, à l'inverse, sa prolaticité est augmentée après photoablation hypermetrope. De ces modifications découlent une surface d'analyse cornéenne différente :

- celle-ci est augmentée chez les myopes, entraînant ainsi une surestimation de la courbure cornéenne et des résultats réfractifs hypermetrope après phacoémulsification ;

- à l'inverse, la surface d'analyse cornéenne est réduite en cas de traitement hypermetrope, entraînant ainsi une sous-estimation de la courbure cornéenne et des résultats myopisants après phacoémulsification.

Il n'est donc pas possible d'appliquer une formule de calcul avec une mesure kératométrique erronée (sans facteur compensatoire). D'où la nécessité de formules de régression différentes, spécifiques, afin de mieux prévoir le résultat réfractif après phacoémulsification. Les formules sont très nombreuses et s'améliorent de plus en plus ; néanmoins, il reste primordial de prévenir les patients d'une plus grande imprécision de résultat. Les meilleures formules existantes sont détaillées ci-dessous. Cette description n'est bien sûr pas exhaustive (Double K d'Arramberi, Olsen...) et le recoupement des mesures est conseillé lorsque cela est possible.

Shammas PL (méthode non historique)

- Après lasik/PKR myopique [6] :

$$K = 1,14 (K \text{ postop}) - 6,8$$

K postop étant mesurée en biométrie optique ou Sim K ;

- après lasik/PKR hypermetrope [7] :

$$K = 1,0457 (K \text{ postop}) - 1,9538.$$

Wang-Koch-Maloney (méthode non historique)

- Uniquement après lasik/PKR myopique [8] :

$$K = 1,114 \text{ PCC} - 6$$

PCC étant la puissance cornéenne centrale mesurée au centre de la topographie axiale (topographe Atlas® Carl Zeiss utilisé dans l'étude).

Masket (méthode historique)

La formule permet d'ajuster la puissance de l'implant et se base sur la mesure kératométrique optique post-opératoire [9] :

Puissance d'ajustement = $LES \times -0,326 + 0,101$
LES correspondant à la modification dioptrique induite (en sphère équivalente) après chirurgie photoablatrice. La formule est la même pour les anciens myopes que pour les anciens hypermétropes.

Exemple 1 : chez un myope, avec la SRK/T, l'implant emmetrope donné est de +16,0D. Si la correction myopique a été de 6D, l'ajustement sur la puissance d'implant sera :

$$-6 \times -0,326 + 0,101 = +2,057$$

La puissance d'implant final sera donc de $16 + 2 = 18,0D$!

Exemple 2 : chez un hypermétrope, avec Hoffer Q, l'implant emmétropisant donné est de +22,0D. Si la correction hypermétropique a été de 3D, l'ajustement sur la puissance d'implant sera :

$$3 \times -0,326 + 0,101 = -0,877$$

La puissance d'implant final sera donc $22 - 1 = 21,0D$.

Haigis L (méthode non historique)

Elle existe sur les dernières mise à jour du IOLMaster® Carl Zeiss :

- Haigis L myopique : intègre un facteur correctif modifiant la kératométrie plus un autre corrigeant la profondeur de chambre antérieure ;
- Haigis L hyperopique : modification de la kératométrie mesurée.

Barret true K

Basée sur la formule Barret II Universal, cette formule permet le calcul d'implant après lasik (myopique/hypermétropique) ou kératotomies radiaires [10]. Elle nécessite la mesure optique de la kératométrie ainsi que la réfraction pré- et postopératoire mais existe également en mode non historique (Lenstar® Haag-Streit).

Cas particulier des kératotomies radiaires :

- mesurer la kératométrie de préférence le matin (K plus plat) que l'après-midi (K plus bombé) car il existe une fluctuation visuelle dans la journée ;
- viser une myopie résiduelle de -0,75 D à -1,00 D compte tenu du shift hyperopique progressif de ces patients ;
- idéalement : obtenir une petite hypermétropie immédiate postopératoire secondaire à l'œdème des berges des incisions cornéennes ; en cas d'hypermétropie forte postopératoire, la probabilité que celle-ci diminue significativement à un ou deux mois est faible et pourra nécessiter une reprise chirurgicale dans certains cas ;
- utiliser de préférence les formules suivantes : Haigis L hyperopique (IOLMaster® Carl Zeiss) ou Barrett (Lenstar® Haag-Streit).

Biométries sur cornées irrégulières

Il s'agit des patients présentant le plus souvent soit une taie de cornée, soit une greffe de cornée, soit encore un kératocône. Le problème est alors posé par la mesure kératométrique principalement, mais aussi par le choix de la formule et de la réfraction cible.

- **Kératométrie** : les valeurs kératométriques présentent une distribution très étalée. Il est indispensable d'effectuer la kératométrie par une topographie cornéenne ou sur le principe utilisant l'OCT spectral domain de la cornée décrit par Tang M. *et al.* [11] : on pourra ainsi apprécier la puissance réfractive réelle de la cornée à partir des kératométries antérieures et postérieures. Il est également préférable de réaliser la biométrie une fois tous les fils de suture retirés dans le cas d'une greffe de cornée.
- **Formule** : aucune formule de calcul n'est prévue pour ces cornées aux indices réfractométriques variables et ayant perdu le parallélisme normal des faces antérieure et postérieure de la cornée. On pourra néanmoins penser que les formules n'utilisant pas la kératométrie, comme celle d'Olsen, seront moins mauvaises que les autres. Par ailleurs, l'analyse par *ray tracing*, permet une analyse plus réelle que les mesures selon un faisceau incident fin théorique dit gaussien (utilisé dans les formules classiques théoriques de 2^e génération comme SRK/T).
- **Réfraction cible** : il convient dans tous les cas de prévenir le patient d'une précision très limitée du résultat réfractif postopératoire. Il est conseillé de viser une myopie résiduelle afin d'assurer au moins une vision de près acceptable, d'autant plus chez les patients ayant une greffe de cornée qui présentent en préopératoire souvent une myopie axiale et/ou kératométrique associée.

Biométries sur yeux déjà opérés (autre que chirurgie réfractive cornéenne)

Nous citerons deux cas de figures qui posent principalement des problèmes de mesure de la longueur axiale, notamment en mode ultrasonore :

- *les yeux avec silicone* : dans ce cas, le problème est de modifier la vitesse de propagation des ultrasons dans le silicone (986 m/s pour le silicone classique) au risque autrement de mesurer des longueurs axiales excessives et d'obtenir des hypermétropies postopératoires importantes !
- *les yeux opérés avec implants phakes* : là aussi, en cas de biométrie ultrasonore, la vitesse de propagation des ultrasons dans l'implant doit être modifiée et remplacée par celle de l'humeur aqueuse ; de plus, l'interface entre la face postérieure de l'implant et la face antérieure du cristallin est rendue difficile par l'existence d'échos de réverbération de l'implant et la proximité des deux interfaces.

Conclusion

La biométrie ne peut pas se résumer à une mesure automatique en appuyant sur un bouton : les exemples donnés ci-dessus, montrent la complexité des situations rencontrées et la nécessité de bien comprendre comment fonctionnent les biomètres actuels. Les formules de dernière génération utilisant les dernières technologies (formules biométriques reposant sur l'OCT, *ray tracing*, analyse du pouvoir cornéen total...) et l'amélioration des mesures biométriques actuelles (notamment kératométriques) permettent une précision croissante des résultats réfractifs de nos patients opérés de cataracte, même dans les cas difficiles.

Bibliographie

1. Drexler W, Findl O, Menapace R *et al.* Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 1998;126(4):524-34.
2. Sheard R. Optimising biometry for best outcomes in cataract surgery. *Eye (Lond).* 2014;28(2):118-25.
3. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(3):368-76.
4. Bergès O, Puech M, Assouline M *et al.* B-mode-guided vector-A-mode versus A-mode biometry to determine axial length and intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(4):529-35.
5. Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(1):63-71.
6. Shammas HJ, Shammas MC, Garabet A *et al.* Correcting the corneal power measurements for intraocular lens power calculations after myopic laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol.* 2003;136(3):426-32.
7. Shammas HJ, Shammas MC, Hill WE. Intraocular lens power calculation in eyes with previous hyperopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(5):739-44.
8. 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.
9. Masket S, Masket SE. Simple regression formula for intraocular lens power adjustment in eyes requiring cataract surgery after excimer laser photoablation. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(3):430-4.
10. Barrett GD. True K formula: New Approach to biometry after LASIK. Presented at ASCRS 2009.
11. Tang M, Li Y, Huang D. An intraocular lens power calculation formula based on optical coherence tomography: a pilot study. *J Refract Surg.* 2010;26(6):430-7.