

I Revues générales

Comment bien calculer son implant pour la cataracte ?

RÉSUMÉ : Le bon calcul de l'implant est aujourd'hui le défi de la chirurgie du cristallin. Il est facilité par l'amélioration des biomètres basés sur l'interférométrie, par l'amélioration des formules de calcul grâce à l'intelligence artificielle, avec des algorithmes spécifiques s'enrichissant des nouvelles données qui leurs sont apportées, et par la précision de la technique chirurgicale.



C. ALBOU-GANEM
Visya Clinique de la Vision, PARIS.

La chirurgie de la cataracte est de nos jours une réelle procédure de chirurgie réfractive grâce aux progrès techniques et technologiques. Ces progrès ont rendu la chirurgie du cristallin avec pose d'implant intraoculaire (IOL) précise, sûre et reproductible. Le bon calcul de l'implant est donc essentiel.

Comment bien calculer son implant en 2021 ?

Le calcul d'implant bénéficie de progrès techniques, technologiques et de l'utilisation de l'intelligence artificielle. Il est cependant capital de suivre le schéma de Drexler qui décrit les points indispensables pour un calcul d'implant précis.

La rigueur de la prise des mesures doit être conservée. Elle repose sur :

- la précision des mesures réalisées en biométrie optique, en vérifiant la qualité de l'examen grâce au rapport signal-bruit (SNR), qui doit être supérieur à 10. Si ce n'est pas le cas, les examens doivent être repris ou des techniques alternatives doivent être utilisées ;
- la précision des formules qui doivent être adaptées à la clinique, avec une estimation de la position effective de l'implant et de la kératométrie postérieure. Le calcul et le choix de l'implant sont aujourd'hui facilités par l'intelligence

artificielle, qui utilise des algorithmes spécifiques s'enrichissant des nouvelles données qui leurs sont apportées ;

- l'optimisation de la constante A ;
- et enfin la précision de la technique chirurgicale qui doit être irréprochable, tout comme la qualité des optiques des implants.

Le résultat dépend de la réunion de ces éléments.

Les biomètres

La biométrie est l'une des étapes capitales du bon calcul de la puissance de l'implant qui sera posé lors de l'intervention, pour un résultat réfractif postopératoire satisfaisant. Depuis les années 2000, les biomètres utilisant le principe de l'interférométrie (biomètres optiques) sont la référence pour la mesure de la longueur axiale. Ils présentent de nombreux avantages : leur simplicité d'utilisation, leur plus grande précision, leur rapidité pour l'acquisition des mesures et leur reproductibilité avec une prise des mesures facilement déléguable. Un autre grand avantage est l'utilisation d'une diode permettant une fixation par le patient et donc une mesure très précise de la longueur axiale sur l'axe visuel et non l'axe optique. Enfin, ils sont sans désagrément pour le patient car sans contact, donc sans instillation de collyre ou de gel.

I Revues générales

Les biomètres optiques mesurent simultanément de nombreux paramètres : longueur axiale, kératométrie, profondeur de la chambre antérieure, pachymétrie cornéenne centrale, épaisseur du cristallin... Précisons que les biomètres optiques utilisant la technologie de l'OCT *Swept-Source* (OCT-B) permettent de combiner deux appareils : l'OCT et la biométrie. Certains se révèlent plus performants que les biomètres optiques par interférométrie.

Les ultrasons (US) ne sont aujourd'hui utilisés que lorsque la biométrie optique est mise en défaut (trouble des milieux et pathologie du segment postérieur).

Les formules de calcul d'implant

1. Des formules de calcul nombreuses et en permanente évolution

Certaines formules sont statiques. C'est le cas des formules SRK T, Hoffer Q, Holladay, Haigis, Olsen, Barrett II... La formule de Barrett Universal II semble faire la preuve de sa supériorité depuis 2016 [1]. Mais la formule SRK T reste utilisée dans plus de 80 % des cas.

D'autres sont évolutives. Elles s'auto-améliorent grâce à l'intelligence artificielle et aux données rentrées *via* les biomètres. La plus connue est la formule Hill RBF, mais d'autres commencent à être publiées :

- La formule Ladas ou Super formula est encore plus performante. Elle est basée sur l'apprentissage profond (*deep learning*) pour choisir la formule la plus adaptée au cas présenté parmi les formules SRK T, Holladay, Hoffer Q ou Haigis. Elle reste cependant moins précise que la Barrett Universal II [2];
- la formule Kane, basée sur le modèle optique et l'IA, donne des résultats pertinents, serait meilleure que les formules actuelles et toujours précise sur les yeux forts myopes [3];
- quant à la formule Karmona, elle ajoute le ratio kératométrie antérieure/posté-

rieure et donne des résultats affinés par rapport aux biomètres classiques [4].

L'enjeu de toutes ces formules est d'affiner la position effective de l'implant.

Une formule récente, la PEARL-DGS (*Postoperative spherical Equivalent prediction using Artificial intelligence and Linear algorithms*), optimise la prédiction de la position théorique de l'implant (*theoretical internal lens position* [TILP]) et de la kératométrie postérieure [5].

2. Plateformes de calcul

Des plateformes utilisant l'IA dans le domaine de la biométrie ont été mises en ligne afin d'augmenter la précision réfractive du calcul d'implant. Citons celle de Ladas (cataractcoach.com/2019/06/08/plus-precision-ladas-universal-superalgorithm/) et celle développée par Laurent Gauthier et ses collaborateurs (www.weoptimeye.ai/).

3. Cas particuliers

Certains patients posent des problèmes de calcul particuliers. C'est le cas des patients ayant des amétropies fortes, ceux ayant besoin d'un implant torique ou enfin ceux ayant bénéficié d'une chirurgie réfractive antérieure.

>>> Le calcul d'implant sur les globes longs

La myopie forte ou pathologique est définie par une longueur axiale supérieure à 26 mm ou une erreur réfractive supérieure à -6 dioptries. Ces patients représentent 20 % de la population. Ces yeux ont une incidence de la cataracte supérieure aux yeux non myopes et une progression plus rapide de celle-ci [6]. Le calcul d'implant reste un défi chez les patients forts myopes, avec le risque d'une hypermétropie postopératoire résiduelle inattendue.

Les erreurs de calcul sont liées à plusieurs facteurs :

- la difficulté de la mesure de la longueur axiale à cause du staphylome postérieur, rendant l'interférométrie indispensable;
- les constantes d'implants ne sont pas adaptées aux fortes longueurs axiales et doivent être optimisées. Les constantes du groupe ULIB (*User Group for Laser Interference Biometry*) augmentent la précision;
- les formules de calcul inadaptées. En termes de précision réfractive, les formules de 4^e génération Haigis et Holladay II et plus récemment la formule Barrett Universal II ont prouvé leur efficacité chez les myopes forts [7].

>>> Le calcul d'implant sur les globes courts

Les globes sont considérés comme courts lorsque la longueur axiale est inférieure à 21,5 mm. Ils représentent 8 % de la population. La mesure de la longueur axiale doit faire l'objet d'attentions particulières pour le calcul d'implant et, là encore, les biomètres par interférométrie sont les plus précis. La position du cristallin doit également être prise en compte. Il est préférable d'utiliser la formule de Hoffer-Q, qui semble donner de meilleurs résultats parmi les formules classiques. Cependant, une publication récente confirme la supériorité de la formule PEARL-DGS [8].

>>> Le cas particulier des implants toriques

Le calcul des implants toriques impose de préciser le type et la puissance de l'astigmatisme, de prendre en compte la kératométrie postérieure et d'adapter la formule de calcul à ces données. Le rapport kératométrie postérieure/antérieure (rapport P/A), également appelé rapport de Gullstrand, présente un écart type de 2,4 % dans la population générale. Cet écart, lorsqu'il n'est pas pris en compte, peut provoquer une erreur de calcul de la puissance de l'implant pouvant aller jusqu'à 0,75 D. Cette erreur est amplifiée dans les cornées pathologiques ou celles ayant subi une chirurgie réfractive

antérieure. L'inclusion du rapport P/A dans la formule réduit les erreurs dans le calcul d'implant [9].

Les astigmatismes de 0,75 à 4,75 D peuvent bénéficier d'un implant torique standard dont les puissances de cylindre varient entre 1 et 6 D. Des puissances plus importantes peuvent être obtenues sur commande.

>>> Le cas particulier des patients opérés de chirurgie réfractive

Les premiers actes de chirurgie réfractive au laser datent du début des années 1990. Les patients opérés à cette date ont aujourd'hui l'âge de développer une cataracte et ils souhaitent, davantage que les autres patients, conserver un confort de vision sans correction. Cependant, le changement de la courbure cornéenne induit par la photoablation modifie une variable importante dans le calcul de la puissance de l'implant : la kératométrie. La procédure ablative induit 3 sources d'erreur : l'erreur de mesure de la kératométrie, l'erreur de l'index réfractif, qui n'est plus 1.3375, et enfin l'erreur des formules de calcul, qui peut être diminuée par la méthode double K si l'histoire clinique est connue.

De nombreuses méthodes ont été développées [10] pour tenter de compenser les erreurs de calcul d'implant : celles utilisant l'histoire clinique avec les valeurs kératométriques préopératoires, ainsi que la réfraction corrigée [11], et celles ne l'utilisant pas et basées uniquement sur les données biométriques [12]. Vrijman a comparé les différentes formules du calculateur de l'ASCRS et conclut que la formule de Shammas est moins précise que la Barrett True K en l'absence de l'histoire réfractive [13]. Les formules sont équivalentes lorsque l'histoire réfractive est connue. Plus récemment, Wei a comparé 13 formules de calcul d'implant après chirurgie réfractive [14]. La formule de Barrett True K, l'OCT et l'ORA (*optical wave refractive analysis*) offrent la plus grande précision

POINTS FORTS

- La chirurgie de la cataracte est de nos jours une procédure de chirurgie réfractive, grâce aux progrès techniques et technologiques qui ont rendu la chirurgie du cristallin avec pose d'implant intraoculaire précise, sûre et reproductible.
- Depuis les années 2000, les biomètres utilisant le principe de l'interférométrie (biomètres optiques) sont la référence pour la mesure de la longueur axiale.
- Les biomètres optiques utilisant la technologie de l'OCT *Swept-Source* permettent de combiner deux appareils, l'OCT et la biométrie, et certains se révèlent tout aussi performants que les biomètres optiques par interférométrie.
- La rigueur de la prise des mesures doit être conservée. Elle repose sur :
 - la précision de l'implant avec une constante optimisée ;
 - la précision des mesures réalisées en biométrie optique en vérifiant la qualité de l'examen grâce au rapport signal-bruit (SNR) qui doit être supérieur à 10. Si ce n'est pas le cas, les examens doivent être repris ou des techniques alternatives doivent être utilisées ;
 - la précision des formules qui doivent être adaptées à la clinique, avec une estimation de la position effective de l'implant et de la kératométrie postérieure ;
 - la précision de la technique chirurgicale qui doit être irréprochable.

pour le calcul d'implant après chirurgie réfractive.

Les erreurs de calculs après chirurgie réfractive ablative hypermétropique sont moins fréquentes, car l'indice de réfraction de la cornée est moins perturbé qu'en cas de Lasik myopique et les puissances corrigées sont moins importantes que pour la myopie. Il semble cependant utile d'avoir recours à la formule Haigis Suite dans sa version hypermétropique ou de majorer la puissance cornéenne mesurée de 0,50 ou 0,75 D lorsque l'on utilise les formules classiques. L'ASCRS Post-Refractive IOL Calculator donne des résultats comparables [15, 16].

Les patients doivent cependant être informés de la possible erreur réfractive du calcul de l'implant pour ceux ayant bénéficié d'une chirurgie réfractive

antérieure, même avec les technologies les plus avancées, surtout dans le cas des amétropies myopiques fortes.

■ Conclusion

Le calcul de l'implant est la phase importante du bilan préopératoire d'une chirurgie de la cataracte. En effet, la chirurgie de la cataracte est devenue réfractive car les attentes des patients ne cessent de croître.

Le bon calcul de l'implant repose sur plusieurs éléments :

- le choix d'un biomètre optique plus précis ;
- le choix d'une constante et d'une formule de calcul adaptées à l'implant et à la clinique ;
- la réalisation d'une chirurgie parfaite.

I Revues générales

Le résultat dépend de la réunion de ces éléments.

Les problèmes rencontrés actuellement seront probablement bientôt résolus grâce à l'intelligence artificielle ou, mieux, grâce aux calculs d'implant en peropérateur par des aberromètres inclus dans les microscopes.

BIBLIOGRAPHIE

1. KANE JX, VAN HEERDEN A, ATIK A *et al.* Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1490-1500.
2. SIDDIQUI AA, LADAS JG, LEE JK. Artificial intelligence in cornea, refractive, and cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2020;31:253-260.
3. CONNELL BJ, KANE JX. Comparison of the Kane formula with existing formulas for intraocular lens power selection. *BMJ Open Ophthalmol*, 2019;4:e000251.
4. GONZÁLEZ DC, BAUTISTA CP. Accuracy of a new intraocular lens power calculation method based on artificial intelligence. *Eye*, 2021;35:517-522.
5. DEBELLEMANIÈRE G, DUBOIS M, GAUVIN M *et al.* The PEARL-DGS formula: the development of an open-source machine learning-based thick IOL calculation formula. *Am J Ophthalmol*, 2021;232:58-69.
6. YOUNAN C, MITCHELL P, CUMMING RG *et al.* Myopia and incident cataract and cataract surgery: the blue mountains eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2002;43:3625-3632.
7. JI J, LIU Y, ZHANG J *et al.* Comparison of six methods for the intraocular lens power calculation in high myopic eyes. *Eur J Ophthalmol*, 2021;31:96-102.
8. WENDELSTEIN J, HOFFMANN P, HIRNSCHALL N *et al.* Project hyperopic power prediction: accuracy of 13 different concepts for intraocular lens calculation in short eyes. *Br J Ophthalmol*, 2021 [online ahead of print].
9. LU LW, ROCHA-DE-LOSSADA C, RACHWANOANIL R *et al.* The role of posterior corneal power in 21st century biometry: A review. *J Fr Ophthalmol*, 2021;44:1052-1058.
10. SAVINI G, HOFFER KJ. Intraocular lens power calculation in eyes with previous corneal refractive surgery. *Eye Vis*, 2018;5:18.
11. ARAMBERRI J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: double-K method. *Cataract Refract Surg*, 2003;29:2063-2068.
12. HOFFER KJ. Intraocular lens power calculation after previous laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:759-765.
13. VRIJMAN V, ABULAFIA A, VAN DER LINDEN JW *et al.* Evaluation of different IOL calculation formulas of the ASCRS calculator in eyes after corneal refractive laser surgery for myopia with multifocal IOL implantation. *J Refract Surg*, 2019;35:54-59.
14. WEI L, MENG J, QI J *et al.* Comparisons of intraocular lens power calculation methods for eyes with previous myopic laser refractive surgery: Bayesian network meta-analysis. *J Cataract Refract Surg*, 2021;47:1011-1018.
15. VRIJMAN V, ABULAFIA A, VAN DER LINDEN JW *et al.* ASCRS calculator formula accuracy in multifocal intraocular lens implantation in hyperopic corneal refractive laser surgery eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2019;45:582-586.
16. FRANCONI A, LEMANSKI N, CHARLES M *et al.* Retrospective comparative analysis of intraocular lens calculation formulas after hyperopic refractive surgery. *PLoS One*, 2019;14:e0224981.

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