



Chirurgie vitréo-rétinienne assistée par réalité augmentée

Aude Couturier, Ramin Tadayoni

Les techniques de chirurgie vitréo-rétinienne ont considérablement évolué ces dernières années, avec l'apparition de la chirurgie transconjonctivale sans suture, la miniaturisation des instruments, l'amélioration des techniques de visualisation du fond d'œil... Les progrès technologiques se poursuivent avec le développement d'un nouveau système de chirurgie assistée par réalité augmentée (Ngenuity®, Alcon).

Principes de la chirurgie assistée par réalité augmentée

Il s'agit d'une plateforme de chirurgie avec caméra digitale. Le système de visualisation 3D comprend : un écran 3D haute définition 4K, une double caméra 3D HDR (high dynamic range), une unité de traitement d'image et des lunettes 3D (figure 1).

La caméra HDR permet d'augmenter le contraste et la qualité des images.

Résolution des images

L'avantage principal est la très grande qualité des images obtenue grâce à la caméra HDR qui augmente le nombre de pixels et ajuste le contraste entre les zones éclairées et les zones sombres. Cet ajustement permet de réduire la quantité de lumière nécessaire pour la visualisation de la rétine.

En effet, la caméra HD pourra plus facilement gérer une plus faible luminosité et 100% de la lumière, émise par l'endolumière, est captée par la caméra (contrairement au microscope classique où seulement 20% de la lumière est captée). Ainsi, cela permet au chirurgien de reculer l'endolumière et diminuer l'intensité émise (10%).

L'amélioration de la résolution permet d'obtenir de très belles images de la périphérie rétinienne notamment, qui n'est pas toujours aussi bien visible avec un microscope conventionnel.

Le microscope digital permet par ailleurs d'inverser l'image, de changer la couleur de l'image grâce à différents filtres (possibilité de mettre un filtre vert par exemple) et de changer les contrastes afin d'optimiser la visualisation des différentes structures rétiniennes.

Hôpital Lariboisière, Paris



Figure 1. Plateforme de chirurgie assistée par réalité augmentée (Ngenuity®, Alcon) comprenant un écran 3D haute définition, une caméra 3D HDR (flèche orange), une unité de traitement d'image. Le chirurgien, équipé de lunettes 3D, opère en regardant directement dans l'écran. La caméra digitale haute définition permet d'obtenir des images de haute résolution.

Profondeur de champ

Un autre avantage important représenté par le microscope digital est l'augmentation de la profondeur de champ.

La profondeur de champ est la zone axiale dans laquelle l'image d'un objet sur la rétine est perçue nette. Elle dépend de la profondeur de focus de l'œil. L'accommodation permet d'augmenter la profondeur de champ totale, pour une même profondeur de focus. La profondeur de champ dans un microscope dépend donc de la profondeur de focus de l'œil du chirurgien et de son pouvoir d'accommodation. Ainsi, pour augmenter la profondeur de champ, il est nécessaire de réduire le zoom et le diamètre d'ouverture. Le microscope digital Ngenuity®, en utilisant une caméra HDR avec une haute sensibilité, permet d'obtenir des images de haute qualité même avec un petit diamètre d'ouverture, ce qui augmente la profondeur de champ. Le pouvoir d'accommodation du chirurgien n'est donc plus un facteur limitant, ce qui représente un avantage important pour les chirurgiens presbytes mais également pour les chirurgiens opérant avec un système de lentille sans contact, car la profondeur de champ est moins importante qu'avec un système de visualisation par lentille contact.

De plus, le capteur, très sensible, permet de conserver de la profondeur de champ même avec un fort grossissement (le diamètre d'ouverture de la caméra peut être réduit pour augmenter la profondeur de champ).

Ce type de plateforme présente également un intérêt pour la coordination de l'équipe et pour l'enseignement : les assistants, infirmières et étudiants pouvant suivre l'intervention en temps réel sur l'écran, avec la même qualité de visibilité que le chirurgien.

Ergonomie

Enfin, ce système opératoire améliore l'ergonomie en permettant d'opérer avec la tête droite et non plus penchée vers les oculaires du microscope. L'ergonomie du chirurgien est un point important qui a été souligné par un questionnaire de l'American academy of ophthalmology (AAO) [1] : 85% des chirurgiens vitréo-rétiniens développent des douleurs au niveau du cou ou du dos et plus de 70% des ophtalmologistes présentent des lésions au cou/épaules/dos après l'âge de 55 ans [2].

La chirurgie microscope digital améliore le confort et donne une liberté de mouvement [3]. Ainsi, dans une étude expérimentale, 91,7% des chirurgiens participants ont préféré la chirurgie sur écran avec la tête droite à la chirurgie conventionnelle [4].

Limites et perspectives

Limites

À l'heure actuelle, la chirurgie assistée par réalité augmentée nécessite une courbe d'apprentissage. Il existe encore un décalage d'environ 80 ms entre la réalisation du mouvement du chirurgien et la visualisation sur l'écran, ce qui nécessite de réajuster la coordination main-œil et oblige donc à opérer plus lentement lors des premières interventions.

La distance de l'écran est également à ajuster : si l'écran est trop proche, il y a une perte de l'effet 3D ; si l'écran est trop loin, un zoom important sera nécessaire. Il est donc indispensable d'ajuster et de repérer la distance optimale de l'écran par rapport à l'opérateur.

Perspectives

À l'avenir, cette technologie de réalité augmentée va continuer à s'améliorer avec notamment une réduction du décalage entre le geste et la visualisation à l'écran.

Ce type de plateforme pourrait aussi permettre au chirurgien de disposer d'informations supplémentaires telles que les données d'imagerie pré- et/ou peropératoire qui pourraient être intégrées sur le bord de l'écran ou directement superposées sur l'image du fond d'œil afin de guider au mieux le geste chirurgical.

Conclusion

Nos microscopes optiques classiques évoluent aujourd'hui vers de nouveaux outils assistant la chirurgie et donnant des informations plus précises et plus complètes. Il y a donc sans aucun doute un bel avenir pour la chirurgie vitréo-rétinienne.

Références bibliographiques

- [1] Desai URT, Abdulhak MM, Bhatti RO *et al.* Occupational back and neck problems in vitreoretinal surgeons. ASRS Meeting, San Diego, August 2004.
- [2] Gauba V, Tsangaris P, Tossounis C *et al.* Human reliability analysis of cataract surgery. *Arch Ophthalmol.* 2008;126(2):173-7.
- [3] Wallace RB 3rd. The 45-degree tilt: improvement in surgical ergonomics. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25(2):174-6.
- [4] Eckardt C, Paulo EB. Heads-up surgery for vitreoretinal procedures. *Retina.* 2016;36(1):137-47.