



Chirurgie de la rétine : les dernières techniques et celles à venir

Sébastien Guigou, Caroline Marc

Chaque année apporte son lot de nouveautés à la chirurgie de la rétine. La vitréolyse enzymatique va se développer avec l'arrivée de l'ocriplasmine qui vient d'obtenir son AMM européenne. Les progrès de l'instrumentation et l'évolution des vitrectomes nous permettent également d'élargir nos indications avec plus de sécurité et moins de morbidité. À plus long terme, les apports de l'imagerie haute définition et de la robotisation laissent entrevoir des perspectives fascinantes.

Notre discipline est particulièrement enthousiasmante car elle bénéficie des progrès constants de l'imagerie et de la miniaturisation des instruments. Cela dynamise le marché, nous incite à l'actualisation de nos pratiques et permet aux patients de bénéficier de traitements ciblés, moins invasifs et avec une convalescence raccourcie. La chirurgie rétinienne n'y déroge pas et nous attendons en 2014 la vitreolyse enzymatique dans le traitement des syndromes de traction vitréomaculaires et les dernières évolutions des vitrectomes de 0,4 mm de diamètre à plus de 7000 coupes/min de fréquence. Nous traiterons aussi des évolutions à plus long terme avec les développements de l'imagerie peropératoire (réalité augmentée, 3D) et de la chirurgie assistée par robot.

La vitréolyse enzymatique dans le traitement des syndromes de traction vitréomaculaires

Traditionnellement, les pathologies secondaires à un décollement partiel du vitré sont traitées chirurgicalement.

La vitréolyse enzymatique se propose de réduire, voire éliminer, le rôle pathogène du vitré. La meilleure des vitrectomies serait ainsi celle effectuée grâce à une injection intravitréenne d'ocriplasmine qui vient d'obtenir son AMM européenne (en attente de remboursement). Cette molécule ouvre une nouvelle aire dans le traitement des trous maculaires, de la maculopathie diabétique tractionnelle, voire de la DMLA, ou comme adjuvant pour le décollement du vitré chez l'enfant (études de phase I et II en cours). Pour l'heure, les études de phase III MIVI et TRUST permettent d'indiquer une injection de 125 µg d'ocriplasmine pour le traitement des syndromes de traction vitréomaculaires [1]. Les meilleures indications sont les tractions vitréomaculaires symptomatiques limitées

(< 1500 µm), avec trou maculaire stade 2 de petit diamètre (< 400 µm), chez les patients phaqes et sans membrane épirétinienne associée. L'injection n'est toutefois pas dénuée d'effets secondaires à type de corps flottants, photopsies et plus rarement dyschromatopsie objectivée sur électrorétinogramme, modification de la couche ellipsoïde en OCT ou baisse d'acuité visuelle. Des interrogations subsistent à long terme sur l'innocuité au niveau de la zonule.

Les progrès de l'instrumentation : miniaturisation et diversification

La vitrectomie chirurgicale a donc encore de beaux jours devant elle et nous bénéficions au quotidien des progrès de notre instrumentation : miniaturisation et diversification. Selon le grand principe de « *smaller is better* », l'utilisation de la vitrectomie transconjonctivale sans suture 27 G se développe [2]. On obtient bien entendu une étanchéité quasi parfaite des incisions avec une cicatrisation accélérée pour les patients. Ces progrès sont rendus possibles grâce à une plus grande rigidité des matériaux. Cependant, on sera attentif à la longueur « utile » des instruments qui est alors souvent plus courte (25 à 27 mm) afin de limiter leur flexion, que les diamètres de 23 G (32 mm). Ceci en exclut encore l'accès aux yeux myopes.

Les sources lumineuses à vapeur de mercure (Bausch, Synergetics) ou LED (Dorc, Synergetics) ont fait elles aussi d'incroyables progrès et permettent un éclairage très satisfaisant des endolumières grand champ 27 G ou des chandeliers 29 G (figure 1). En 27 G, le débit d'aspiration reste inférieur au 23 G, en particulier à haute fréquence de coupe. Une vitrectomie complète sera donc significativement plus longue. Plusieurs laboratoires (Dorc, Alcon, Synergetics) proposent en 27 G pinces, microciseaux, endolasers, diathermie ou canule sous-rétinienne de

Centre hospitalier Henri-Duffaut, Avignon - Collectif P1,5

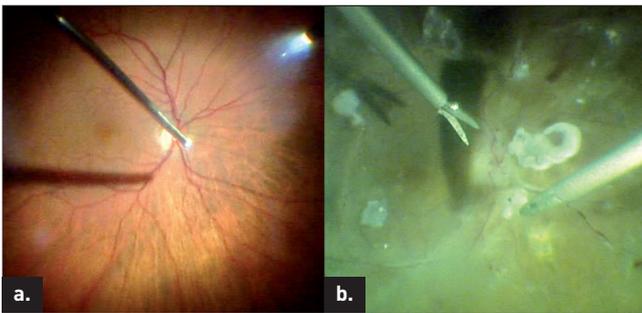


Figure 1. Différentes sources lumineuses en micro-incision trans-conjonctivale. **a.** Vitrectomie 27G pour membrane épirétinienne, endolumière (champ intermédiaire), éclairage LED (VersaVIT™, Synergetics). **b.** Dissection bimanuelle sous chandeliers 29G pour rétinopathie diabétique proliférante, éclairage vapeur de mercure (Photon II™, Synergetics).

grande qualité. La chirurgie maculaire est ainsi le champ principal d'application mais les indications s'élargissent progressivement : rétinopathie diabétique modérée, décollement de rétine limité, luxation d'implant (figure 2).

L'évolution des vitrectomes

La technologie (ouverture/fermeture de la guillotine) à ressort des vitrectomes est devenue pneumatique et permet un cycle actif amélioré. Ces nouveaux vitrectomes (Ultravit® (Alcon), UVE (Synergetics), VTi (Dorco)) annoncent un cycle de plus de 7 000 coupes/min. La très haute fréquence de coupe ainsi que le calibre rétréci des vitrectomes ne permet un débit d'aspiration que de 3 à 4 ml/min pour ces vitesses. Ces deux paramètres rendent obsolète la vieille controverse sur les types de pompes. En effet, le contrôle de débit, atout des pompes péristaltiques, est bridé de facto sur les pompes Venturi. Au-delà de ce débat, nous disposons maintenant de machines avec contrôle de vide et de débit (Vacuflow, Dorco) mixant les avantages des deux systèmes selon le temps chirurgical (réactivité, précision, sécurité). Par ailleurs, S. Rizzo [3] présente une nouvelle voie d'amélioration du cycle actif des vitrectomes avec une guillotine doublement percée (figure 3). Ceci permettrait d'obtenir un débit constant quelle que soit la fréquence de coupe. Toutes ces innovations se font au bénéfice d'une plus grande sécurité (stabilité rétinienne) et efficacité (temps opératoire) de la vitrectomie.

Les instruments plus fins 25G ou 27G modifient aussi notre technique chirurgicale

S. Charles [4] a ainsi, par exemple, théorisé deux façons de disséquer les membranes au vitrectome : soit disséquer une membrane (épaisse, figée) en glissant le vitrectome (pore vers le haut) entre le bord de celle-ci et la

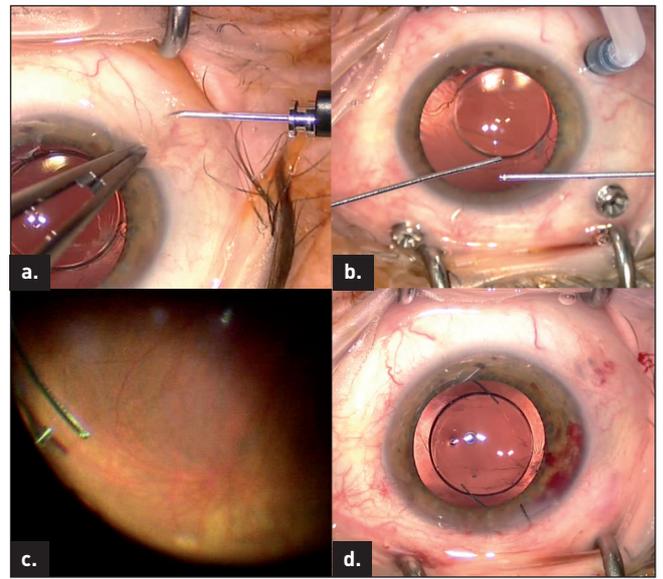


Figure 2. Chirurgie combinée 27G pour luxation d'implant hydrophile mis dans le sulcus après rupture capsulaire postérieure (VersaVIT™, Synergetics). **a.** Mise en place du premier trocart 27G. **b.** Installation complète, présentation de l'endolumière et du vitrectome. **c.** Vitrectomie périphérique aisée. **d.** Étanchéité satisfaisante sans suture.

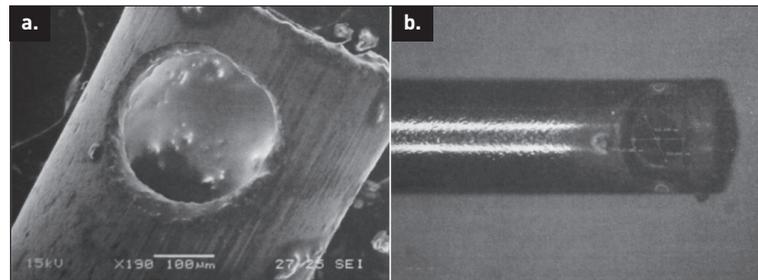


Figure 3. Sonde de vitrectome expérimentale 27G modifiée après utilisation, vues de la guillotine extraite de son fût. Absence d'altération thermique ou de bavure. **a.** Microscopie optique. **b.** Microscope électronique.

rétine, soit peler (pore vers le bas) à rebours une membrane (plus souple, peu adhérente) pour limiter le risque de déchirure iatrogène (figure 4). Pour les chirurgies complexes, nous disposons désormais d'instruments combinés : endo-illumination aspirante, endodiathermie aspirante, trocarts sur chargeur 3 en 1 (Synergetics)...

L'imagerie peropératoire fait naître, elle aussi, de grands espoirs

Les grands axes de développement concernent l'acquisition OCT en *live*, la visualisation en 3D et la réalité augmentée. L'OCT peropératoire est maintenant réalisable sans stopper la procédure chirurgicale. Il permet de mieux appréhender les manœuvres chirurgicales et la physio-

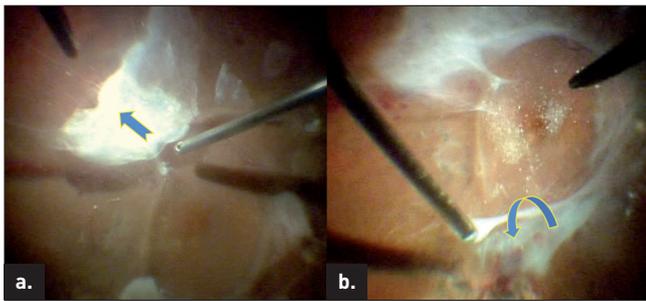


Figure 4. Vitrectomie 25G pour rétinopathie diabétique proliférante : deux techniques de dissection au vitrectome Stellaris® PC (Bausch+Lomb). **a.** Dissection classique : l'extrémité du vitrectome est glissée sous la membrane (tendue) puis translation linéaire. Le pore du vitrectome est orienté vers le haut afin d'éviter une incarceration rétinienne, risque de déchirure. **b.** Dissection alternative : l'extrémité du vitrectome, orientée vers le bas, saisit le bord de la membrane (souple) puis pelage à rebours en aspiration douce et haute vitesse de coupe, avec moins de traction rétinienne.

pathologie (trou maculaire, décollement de rétine...) en temps réel. La technologie se heurte encore aux problèmes d'intégration au microscope, de cône d'ombre des instruments métalliques et de traitement des données pour obtenir une image exploitable en direct. Ceci dit, les premières images publiées sont prometteuses (figure 5) [5].

Le concept de réalité augmentée est le prolongement naturel de ces innovations. Il correspond à l'addition sous forme de calque d'une image déterminée (topographie ou OCT préopératoires) sur l'image directe du microscope. Des applications existent déjà en ophtalmologie pour le positionnement des implants toriques. Pour les pathologies rétinienne, la superposition d'un mapping ou d'une coupe OCT pourrait permettre de « voir à travers » la rétine comme dans le cas de cette hémorragie mixte pré- et sous-rétinienne après rupture d'un macroanévrisme (figure 6). Le procédé (Computed Surgical Visualization™, J.-P. Hubschman) nécessite un contrôle entre l'image live, les repères de superposition et l'image additionnelle grâce à un réaligement permanent dont le temps de réaction est inférieur à celui d'une saccade oculaire. Enfin, le système TrueVision® est un système stéréoscopique haute définition monté sur notre microscope Leica. L'opérateur porte des lunettes polarisées et regarde l'écran 3D en salle opératoire sur lequel apparaît le champ visuel du microscope en temps réel (figure 7). Il existe une courbe d'apprentissage, à l'instar d'une coelioscopie, mais cette technologie permet au chirurgien de se situer à distance du microscope. Cette technique représente ainsi une étape supplémentaire vers la chirurgie assistée par robot.

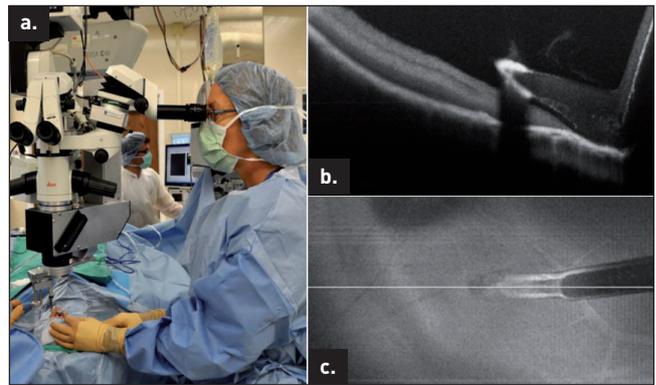


Figure 5. **a.** Prototype d'OCT intégré au microscope opératoire : il permet d'effectuer simultanément le geste chirurgical et l'acquisition de coupes SD-OCT. La mise au point de l'OCT est effectuée grâce au BIOM ; l'assistant contrôle l'acquisition sur la station de travail en dehors du champ opératoire. **b.** Coupe OCT avec sommation d'images d'un scraper de Tano au contact d'un œil de porc. Hyperréflexivité en regard du traitement de surface diamanté, cône d'ombre postérieur. **c.** Reconstruction coronale par sommation de voxels du scraper de Tano sur la surface rétinienne [5].

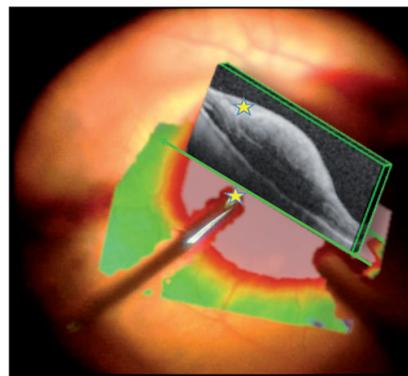


Figure 6. Hémorragie pré- et sous-rétinienne secondaire à une rupture d'un macroanévrisme : image reconstruite illustrant l'intérêt de la réalité augmentée pendant la chirurgie. Sur le fond de l'image opératoire se superpose le mapping SD-OCT préopératoire. Le repérage de la

limitante interne (étoile jaune) se fait grâce à une coupe SD-OCT extraite de l'acquisition volumique.



Figure 7. Installation en salle opératoire du système TrueVision® (TrueVision® 3D Surgical). La caméra 3D haute définition se fixe sur le microscope Leica. L'opérateur ainsi que les assistants, équipés de lunettes polarisées, regardent l'écran plat 3D.

Dossier

La prochaine grande avancée : l'intégration de la robotique

Dans la continuité des progrès de la miniaturisation et de l'apport de l'imagerie, l'intégration de la robotique sera probablement la prochaine grande avancée en ophtalmologie. Le robot *Da Vinci Surgical System* permet déjà dans d'autres spécialités de bénéficier d'une plus grande précision, d'avoir une plus grande amplitude de mouvement, de mieux visualiser le champ opératoire et d'envisager une chirurgie à distance.

L'application ophtalmologique de ce système ne serait envisageable que pour les chirurgies ab externo ou du segment antérieur en raison notamment de l'encombrement et de l'axe de rotation éloigné des instruments. La chirurgie du segment postérieur nécessite une nouvelle génération de robots dédiée à l'ophtalmologie plus compacte, rapide et précise (*figure 8*) [6]. Nous sommes encore au stade d'expérimentation sur l'animal, mais les rapides évolutions font espérer une utilisation clinique dans les années à venir.

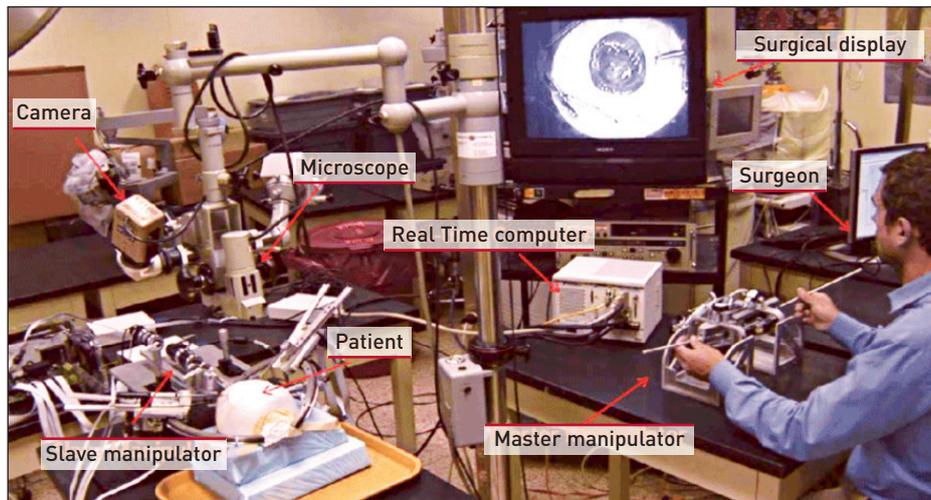


Figure 8. Installation expérimentale du prototype Intraocular Robotic Interventional Surgical System (Iriss) [7].

Bibliographie

1. Stalmans P, Benz MS, Gandorfer A *et al.* MIVI-TRUST Study Group. Enzymatic vitreolysis with ocriplasmin for vitreomacular traction and macular holes. *N Engl J Med.* 2012;367(7):606-15.
2. Oshima Y, Wakabayashi T, Sato T *et al.* A 27-gauge instrument system for transconjunctival sutureless microincision vitrectomy surgery. *Ophthalmology.* 2010;117(1):93-102.
3. Rizzo S. The future of small gauge vitrectomy. How fast can we cut and how small can we go? Subspecialty day. Vitreoretinal surgery, part II. American Academy of Ophthalmology 2013.
4. Charles S. Curved scissors delamination. *Retina today.* 2012 jan-feb:52-4.
5. Ehlers JP, Tao YK, Farsiu S *et al.* Visualization of real-time intraoperative maneuvers with a microscope-mounted spectral domain optical coherence tomography system. *Retina.* 2013;33(1):232-6.
6. Rahimy E, Wilson J, Tsao TC *et al.* Robot-assisted intraocular surgery: development of the IRISS and feasibility studies in an animal model. *Eye (Lond).* 2013;27(8):972-8.
7. Pitcher JD, Wilson JT, Tsao TC, Schwartz SD, Hubschman JP. Robotic eye surgery: past, present, and future. *J Comput Sci Syst Biol.* 2012;S3:001.

Remerciements

Nous remercions le Dr J.-P. Hubschman, Jules Stein Eye Institute, pour son aide dans l'iconographie.