

# Microchirurgie endoscopique : un nouveau concept

## Endoscopic microsurgery: a new concept

Ph Liverneaux [1,2], E Robert [1], S Facca [1]

1. Service de chirurgie de la main et des nerfs périphériques, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Illkirch

2. EITS, Institut Européen de Téléchirurgie, Strasbourg

### Mots clés

- ◆ Endoscopie
- ◆ Microchirurgie
- ◆ Nerf
- ◆ Robot
- ◆ Téléchirurgie

### Keywords

- ◆ Endoscopy
- ◆ Microsurgery
- ◆ Nerve
- ◆ Robot
- ◆ Telesurgery

### Résumé

La microchirurgie conventionnelle nécessite des voies d'abord larges, alors qu'elle se pratique sur un champ opératoire restreint. Dans ce contexte, le concept de microchirurgie endoscopique apparaît logique à mettre en œuvre.

Notre expérience à partir du robot Da Vinci® repose sur une pratique expérimentale de quatre années à l'Institut Européen de Téléchirurgie de Strasbourg et une pratique clinique de 40 patients opérés dans notre service de Chirurgie de la Main et des Nerfs Périphériques. Les indications relèvent en majorité de la microchirurgie des nerfs périphériques.

La microchirurgie endoscopique combine les propriétés de la microchirurgie, de la chirurgie endoscopique et de la téléchirurgie. Elle permet non seulement de magnifier la vision du champ opératoire, mais aussi de démultiplier les gestes de l'opérateur, le tout par des voies d'abord mini-invasives. Son évolution nécessite le développement d'un robot et d'une instrumentation spécifiques.

### Abstract

Conventional microsurgery requires large incisions and extensive dissections while it is performed in a small operating field. In this context, the concept of endoscopic microsurgery appears to be a logical way to put to the test.

We rely on four years of practical experience using the Da Vinci robot at the European Institute of telesurgery in Strasbourg, France. To date, 40 patients have been operated on by our Hand Surgery and Peripheral Nerve Service.

Endoscopic Microsurgery combines the properties of microsurgery, endoscopic surgery and telesurgery. Not only does it permit to magnify the vision of the operating field, but also to multiply the operator's hand movements, and all this by minimally invasive approaches. Its evolution necessitates the development of a dedicated robot and specific instrumentations capable of handling such procedures.

La microchirurgie est la technique chirurgicale qui utilise un système de grossissement optique pour réaliser des gestes opératoires quasi-impossibles à l'œil nu. C'est une discipline transversale utilisée par de nombreuses spécialités chirurgicales depuis les années 1960 (1). La chirurgie endoscopique est la technique chirurgicale qui utilise une caméra endoscopique et une instrumentation spécifique pour réaliser des gestes opératoires par des incisions mini-invasives. C'est une discipline transversale depuis les années 1980 (2). La téléchirurgie est la technique chirurgicale qui utilise un robot télémanipulateur pour réaliser des gestes opératoires à distance. C'est une discipline transversale depuis les années 2000 (3). Parallèlement, il est paradoxal de constater qu'actuellement la microchirurgie conventionnelle nécessite encore des voies d'abord larges, alors que les gestes qu'elle permet d'accomplir se focalisent sur un champ opératoire très restreint. Le concept de microchirurgie endoscopique ou télé-endo-microchirurgie apparaît donc logique à mettre en œuvre à partir des

propriétés de la microchirurgie, de la chirurgie endoscopique et de la téléchirurgie.

## Méthodes

La microchirurgie endoscopique se pratique à l'aide d'un robot télémanipulateur à l'intérieur d'une chambre de travail à travers des voies d'abord mini-invasives à l'aide d'une instrumentation et d'une installation spécifiques (4).

### Le robot télémanipulateur

#### Description

Le seul robot télémanipulateur chirurgical actuellement disponible sur le marché est le robot Da Vinci® (Intuitive Surgical, Inc.™). Il comporte trois parties : un chariot mobile muni

#### Correspondance :

Pr Philippe Liverneaux, SOS main, CCOM

Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, 10 av Baumann, F-67403 Illkirch Cedex

E-mail : philippe.liverneaux@chru-strasbourg.fr



Figure 1. Le robot tétémulateur Da Vinci S® comporte trois parties (de droite à gauche) : un chariot mobile muni de quatre bras articulés, un chariot d'imagerie, et une console permettant au chirurgien de contrôler les bras du robot (avec l'aimable autorisation de Intuitive Surgical™, Sunnyvale, CA, États-Unis).

de quatre bras articulés, un chariot d'imagerie et une console permettant au chirurgien de contrôler les bras du robot (fig. 1).

- Le chariot mobile comporte quatre bras robotisés articulés, dont trois portant des instruments chirurgicaux et le quatrième l'optique visualisant le champ opératoire. Chacun de ces bras possède plusieurs articulations offrant un déplacement tridimensionnel des instruments chirurgicaux et de l'optique. Les instruments chirurgicaux possèdent une articulation intracorporelle dotée de mouvements de circumduction de 360°, appelé *endowrist*. Les instruments disponibles sont variés : pinces à disséquer, ciseaux, bistouri, écarteurs, etc. Le quatrième bras porte l'optique doté de deux caméras endoscopiques.
- Le chariot d'imagerie comporte une colonne vidéo analogue à celle utilisée en arthroscopie conventionnelle, avec deux sources lumineuses et deux caméras permettant une vision tridimensionnelle avec un grossissement progressif jusqu'à vingt fois.
- La console du téléchirurgien est équipée d'un système optique, de deux poignées de télémanipulation et d'un pédalier. Le système optique, appelé visionneuse stéréo, offre une vision tridimensionnelle du champ opératoire et affiche des messages de textes et d'icônes qui rendent compte de l'état de fonctionnement du système en temps réel. Les deux poignées permettent la manipulation à distance des quatre bras articulés portant les instruments chirurgicaux et l'optique. Dans la version Da Vinci S® du robot, les poignées ne peuvent manipuler que deux bras articulés à la fois. Un système de débrayage au pédalier permet facilement à l'opérateur de changer de bras articulés au cours de l'intervention. Le pédalier permet, d'une part, de régler la focale et la netteté du champ opératoire et, d'autre part, de conserver à l'écran de la visionneuse stéréo une position optimale des instruments chirurgicaux grâce à un dispositif de débrayage. Dans sa version Da Vinci Si®, le robot est équipé de deux consoles pour deux opérateurs, dont l'un est assistant de l'autre. Les trois bras instrumentaux peuvent ainsi être activés en même temps.

### Propriétés

Cinq propriétés du robot Da Vinci® sont essentielles en microchirurgie endoscopique.

- La magnification optique du champ opératoire est la définition même de la microchirurgie. C'est une propriété non

spécifique au robot Da Vinci®. En microchirurgie conventionnelle, elle est obtenue par les lentilles optiques du microscope opératoire et la vision tridimensionnelle par le binoculaire. En microchirurgie endoscopique, elle est permise par les grossissements optique et numérique des deux caméras du robot Da Vinci®.

- La suppression du tremblement physiologique est une propriété spécifique au robot Da Vinci®. Si elle est intéressante en chirurgie laparoscopique, elle est essentielle en microchirurgie endoscopique, car elle améliore la qualité du geste chirurgical en évitant les mouvements parasites.
- La démultiplication du geste chirurgical est une propriété spécifique au robot Da Vinci®. Elle est essentielle en microchirurgie endoscopique, car elle améliore la précision du geste chirurgical en démultipliant les mouvements du chirurgien par trois (position « fine ») ou par cinq (position « extra-fine »).
- L'ergonomie du poste de travail est une propriété spécifique au robot Da Vinci®. Elle est utile en microchirurgie endoscopique, car elle améliore le confort du geste chirurgical en simplifiant des gestes dans des positions habituellement difficiles.
- La possibilité de chirurgie mini-invasive est une propriété non spécifique au robot Da Vinci®. Elle est indispensable en chirurgie laparoscopique, mais aussi en microchirurgie endoscopique, car elle permet de travailler dans un champ opératoire profond avec de minimes incisions cutanées.

Il est souvent reproché aux robots télémanipulateurs de ne pas disposer de retour de force. En réalité, il a été clairement démontré que le retour de force n'est pas utilisé en microchirurgie, d'une part, parce que la profondeur de champ est trop petite et, d'autre part, parce la perception de la tension d'un fil de nylon de 9/0 et 10/0 est à la limite de la physiologie humaine (5). Quoiqu'il en soit, des sutures microchirurgicales robot-assistées ont déjà été réalisées avec succès (6). Le robot télémanipulateur Amadeus® (Titan™), dont la disponibilité sur le marché est annoncée prochainement, serait équipé d'un dispositif de retour de force. Il n'est pas impossible d'imaginer dans l'avenir un robot capable de démultiplier le retour de force, ouvrant alors une voie vers la supermicrochirurgie endoscopique (7). La supermicrochirurgie développée par les chirurgiens japonais consiste à réaliser des sutures sur des structures de calibre inférieur à 0,5 mm (jusqu'à 0,2 mm).



Figure 2. Principe de positionnement des voies d'abord en microchirurgie endoscopique sur un modèle d'avant-bras de cadavre frais. Noter le trocart pour la caméra (en matière plastique), et la position des trois trocarts instrumentaux (métalliques), dont deux sont installés de part et d'autre du trocart de la caméra. Le troisième trocart instrumental est installé en opposition à la caméra. Tous les trocarts convergent vers le même point dans la même cavité.



Figure 3. Principe d'installation du robot télémanipulateur Da Vinci® en microchirurgie endoscopique sur un modèle d'avant-bras de cadavre frais. Noter la position originale du quatrième bras dit « opposé », ou troisième bras instrumental, qui convergeant vers celui de la caméra.

## Champ opératoire

La chirurgie laparoscopique, ou cœliochirurgie, se pratique dans une cavité naturelle définie par le péritoine, qu'il suffit de distendre par insufflation de gaz pour avoir accès à la plupart des organes qu'elle contient. En microchirurgie endoscopique, qui se pratique principalement au niveau des membres, il n'existe pas de cavité naturelle.

La microchirurgie endoscopique se pratique dans une cavité artificielle qu'il convient, d'une part, de créer par décollement sous-cutané à partir de trois ou quatre voies d'abord mini-invasives destinées à recevoir les trocarts des bras du robot Da Vinci® puis, d'autre part, de maintenir par insufflation de gaz pour éviter le collapsus des parties molles qui pourrait obstruer le champ opératoire ou la caméra endoscopique.

## Voies d'abord

Un espace d'introduction ou « antichambre » doit d'abord être préparé avant d'accéder à l'espace de travail ou « chambre de travail ». Après incision cutanée de 8 mm, une pince mousse est introduite dans le tissu sous-cutané puis écartée à l'intérieur de chacune des voies d'abord. Ces voies doivent être distantes l'une de l'autre d'au moins 8 cm, pour éviter les conflits de bras instrumentaux du robot. Les quatre espaces ainsi obtenus sont ensuite agrandis de quelques centimètres cube jusqu'à former une seule cavité communicante ou « antichambre ». Par la voie d'abord centrale est introduit à une profondeur de 2 cm maximum un trocart de 12 mm de diamètre destiné à recevoir l'optique. Par les voies médiale, latérale et opposée sont introduits à une profondeur de 2 cm trois trocarts de 8 mm de diamètre destinés à recevoir les instruments chirurgicaux. Le troisième bras instrumental dit « opposé » est installé en face de celui de la caméra, dans une configuration originale du robot Da Vinci® (fig. 2). Le point fixe de chacun des trocarts doit correspondre au point d'introduction cutané, non seulement pour éviter de comprimer et d'étirer la peau lors des mouvements des bras du robot, mais aussi parce que la chambre de travail est située à une profondeur moindre qu'en chirurgie laparoscopique. Les quatre trocarts doivent converger vers l'« antichambre ». Ils sont enfin fixés à la peau par un dispositif spécifique pour

assurer leur étanchéité et éviter leur expulsion de l'antichambre lors de l'intervention chirurgicale.

## Installation

Une fois l'antichambre réalisée, le robot Da Vinci® est approché du patient et les quatre trocarts sont fixés à chacun des quatre bras du robot. La caméra et les deux premiers bras instrumentaux sont installés (l'un à sa droite et l'autre à sa gauche) dans le même plan, se dirigeant vers le corps du robot, comme recommandé par le constructeur. Le quatrième bras, ou troisième bras instrumental, est en revanche installé de manière originale, se dirigeant en dehors du corps du robot, convergeant vers les autres bras (fig. 3). La position de ce troisième bras instrumental, opposée à la caméra, est essentielle. Elle lui confère un rôle d'assistant, manipulé par l'opérateur lui-même ou par son assistant, selon la version du robot Da Vinci S® ou Da Vinci Si®.

L'espace de travail est maintenu grâce à un système d'insufflation électronique qui permet de monitorer un débit de CO<sub>2</sub> en fonction d'une pression constante de 4 à 6 mmHg. Lorsque la vision des trois instruments est obtenue, la dissection de la « chambre de travail » peut commencer à partir de l'antichambre distendue par l'insufflation.

## Instruments

Les différents plans sont traversés successivement à l'aide d'instruments téléchirurgicaux de base (pinces Maryland®, ciseaux, etc.) dotés d'une fonction de coagulation mono ou bipolaire. Certains instruments spécifiques (clips à hémostase, lac de repérage) peuvent être utilisés en fonction des tissus rencontrés. Lorsque la cible est atteinte, le temps microchirurgical peut commencer. Les instruments du robot sont interchangeables pour des pinces et ciseaux microchirurgicaux non spécifiques (pinces Black Diamond®, ciseaux de Pott®). Une instrumentation microchirurgicale spécifique est ensuite introduite soit à travers le trocart du bras instrumental opposé (clamp vasculaire démontable, fils de microchirurgie, etc.), soit à travers un Cathlon® traversant la peau pour atteindre la chambre de travail (électro-stimulateur, système de dissection à eau pulsée, colle biologique, etc.) (fig. 4).

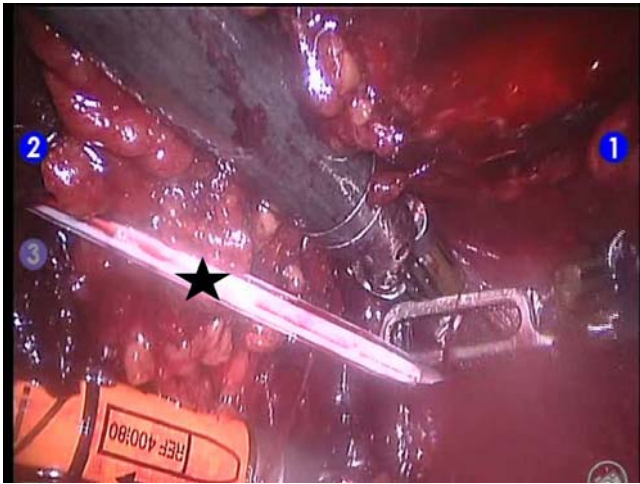


Figure 4. Des instruments divers peuvent être introduits dans la chambre de travail à travers un ou plusieurs Cathlon®, ici dans la région supra-claviculaire (étoile noire).

## Indications

La microchirurgie endoscopique trouve son indication principale dans la microchirurgie des nerfs périphériques (8).

En microchirurgie conventionnelle, les neurolyses, les neurotisations et les greffes nerveuses requièrent de grandes voies d'abord et de larges dissections pour atteindre le ou les nerfs à réparer. Ces dissections extensives ont des inconvénients esthétiques, fonctionnels et algiques. Sur le plan esthétique, l'avantage de la chirurgie endoscopique est évident, en diminuant considérablement la taille des incisions. Sur le plan fonctionnel, l'avantage théorique de la chirurgie endoscopique est de limiter la dévascularisation des plans de glissement et du milieu environnant le tissu nerveux. Le résultat attendu est une amélioration de la repousse nerveuse, bien que le recul actuel soit insuffisant pour apporter un niveau de preuve puissant.

Les indications dépendent de la localisation du nerf à réparer. Au niveau du plexus brachial supra-claviculaire, il apparaît possible de réaliser une neurolyse pour un syndrome du défilé des scalènes, une greffe des racines C5 et C6, une neurotisation du nerf supra-scapulaire ou du nerf musculocutané par le nerf accessoire. Au niveau du plexus brachial infra-claviculaire il apparaît possible de réaliser une neurolyse du nerf axillaire ou une neurotisation de sa branche antérieure par la branche motrice du nerf radial destinée à la longue portion du triceps. Au niveau brachial, il apparaît possible de réaliser une neurolyse ou une transposition des troncs nerveux, ou encore une neurotisation de la branche motrice du nerf musculocutané par un fascicule moteur du nerf ulnaire. Au niveau anté-brachial, il apparaît possible d'aborder le nerf médian pour le neurolyser ou le greffer.

## Résultats

La microchirurgie endoscopique a déjà fait l'objet de publications de travaux expérimentaux destinés à en démontrer la faisabilité et de travaux cliniques qui rapportent les résultats des premiers cas ou premières séries de cas.

Au niveau supra-claviculaire, la faisabilité de l'abord du plexus brachial a été démontrée sur cadavre par Mantovani et al. (9). Ces auteurs ont décrit trois voies cutanées sous-claviculaires, une centrale pour la caméra, et deux de part et d'autre pour les trocarts instrumentaux. Ils ont accédé aux racines de C4 à C7, et réalisé une résection-greffe de la racine C5 avec du fil de nylon 10/0. Liverneaux et Mantovani (10) ont rapporté leur expérience de deux cas cliniques de



Figure 5. Installation du robot télémanipulateur Da Vinci® en microchirurgie endoscopique pour une chirurgie du plexus brachial. Noter la position originale du bras n°3 dit « opposé » à la caméra, au-dessous du bras n°2.

paralysie complète du plexus brachial traités par greffe de C5 et du nerf accessoire sur le nerf musculocutané. Le recul actuel, inférieur à 1 an, est trop court pour juger du résultat. Nous rapportons ici un nouveau cas de greffe de nerf accessoire sur le nerf musculocutané où pour la première fois le quatrième bras a été placé en opposition à la caméra (fig. 5). Au niveau infra-claviculaire, nous avons démontré expérimentalement la faisabilité de l'abord endoscopique du nerf axillaire sur un cadavre frais (fig. 6). Notre expérience clinique repose sur huit cas dont deux neurolyses du nerf axillaire et six neurotisations de sa branche antérieure par la branche motrice du nerf radial destinée à la longue portion du triceps. Une conversion à ciel ouvert a été réalisée systématiquement en raison de la difficulté à identifier la branche du nerf radial.

Au niveau brachial, la faisabilité d'une transposition du nerf ulnaire au coude a été démontrée sur un cadavre, puis réalisée à ciel ouvert sur un cas clinique (11). Une série de 4 neurotisations de la branche motrice du nerf musculocutané par un fascicule moteur du nerf ulnaire a donné d'excellents résultats (12). Seul un patient avait été opéré par microchirurgie endoscopique.

Au niveau anté-brachial, Lequint et al. ont montré qu'il est possible d'aborder le nerf médian pour le neurolyser ou le suturer (13) (fig. 7).

## Conclusion et perspectives

Il est paradoxal de constater qu'actuellement la microchirurgie nécessite pour certaines indications des voies d'abord larges, alors que les gestes qu'elle permet d'accomplir se focalisent sur un champ opératoire très restreint. Le concept de microchirurgie endoscopique apparaît donc logique à mettre en œuvre. Il nécessite le développement d'un robot et d'une instrumentation spécifiques ainsi que la mise au point de nouvelles voies d'abord chirurgicales. La microchirurgie endoscopique devra faire appel à la réalité augmentée pour repérer les structures anatomiques cibles des gestes chirurgicaux à réaliser.

Les indications de microchirurgie endoscopique sont celles de la microchirurgie conventionnelle, avec l'avantage esthétique, fonctionnelle et algique des voies d'abord mini-invasives. De nouvelles indications pourraient voir le jour, comme l'exploration en urgence des paralysies traumatiques du plexus brachial (10) ou la supermicrochirurgie (7).

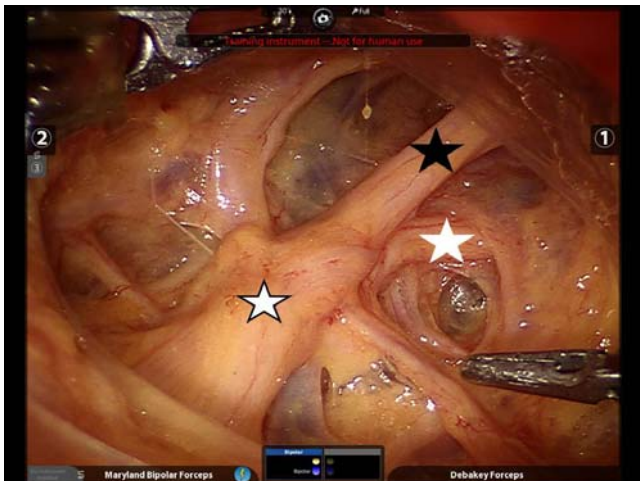


Figure 6. Abord endoscopique du nerf axillaire droit (étoile blanche et contour noir) et de ses branches antérieure (étoile noire) et postérieure (étoile blanche) sur un cadavre frais.

### Remerciements

Monsieur le professeur Jacques Marescaux, IRCAD, Institut Européen de Téléchirurgie de Strasbourg.

### Discussion en séance

#### Intervention d'Y. Chapuis :

Je n'ai pas qualité pour prendre la parole s'agissant de microchirurgie robot assistée. Je peux cependant, à la lumière d'une étude aussi approfondie que possible de la littérature et parmi celle-ci de trois rapports américains canadien et belge à laquelle je me suis livré pour la préparation d'un récent séminaire, faire part de mes réflexions et participer, comme le dit P Liverneaux à un sujet polémique. Un détail auparavant : faut-il continuer d'employer les mots laparoscopie ou cœlioscopie pour un acte avec création d'un espace de travail qui s'applique à tous les secteurs de l'organisme ? Je préfère, pour ma part, celui de vidéo-endoscopie.

Il est incontestable que pour des gestes de microchirurgie, la chirurgie par télémanipulateur est un atout considérable. Les rares études comparatives consacrées à d'autres gestes (en urologie, chirurgie gynécologique et pédiatrique) confirme son intérêt sans pour autant démontrer formellement son avantage sur la chirurgie vidéo-endoscopique. C'est pourquoi dans tous les domaines des études prospectives et comparatives sont préconisées.

Auparavant trois éléments doivent être pris en compte.

1/ La formation associant « robotique », rapide, vidéo-endoscopie, plus longue et chirurgie ouverte pour réparer en cas d'ennui.

2/ Le coût à mettre en balance avec les autres modalités techniques.

3/ Les contraintes organisationnelles.

S'agissant de microchirurgie assistée par télémanipulateur P Liverneaux peut-il nous dire s'il dispose d'une expérience personnelle et celle d'autres équipes dans le monde qui permette d'évaluer son bénéfice ?

#### Réponse

La microchirurgie assistée par télémanipulateur doit être séparées en deux principes différents, à ciel ouvert et sous endoscopie.

La microchirurgie assistée par télémanipulateur à ciel ouvert est déjà une technique utilisée par de nombreuses disciplines. La chirurgie de reconstruction par lambeau oropharyngée évite les mandibulotomies, comme l'a montré Jessie Selber au MD Anderson center de Dallas. La chirurgie urologique utilise également cette technique et plusieurs équipes pratiquent la vasectomie réverse, comme celle de Sijo Parekattil à

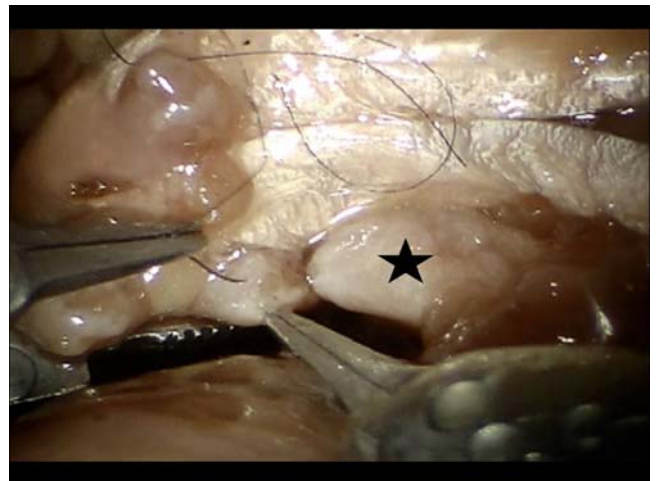


Figure 7. Suture du nerf médial au niveau anté-brachial sur un modèle de cadavre frais. L'aiguille d'un fil de 10/0 pénètre le bout distal du nerf médian. L'étoile est placée sur le bout proximal du nerf médian.

Winterhaven en Floride ou celle de Georges Antoine de Boccard à Genève. Nous avons également une expérience de plusieurs cas de microchirurgie nerveuse ou vasculaire des membres à notre actif.

La microchirurgie assistée par télémanipulateur endoscopique est encore très confidentielle. On peut citer l'expérience de John Pedersen à Akron dans l'Ohio qui pratique la chirurgie de reconstruction du sein par lambeau de *latissimus dorsi* avec trois minuscules incisions et nous même dans le chirurgie du plexus brachial.

### Références

1. Germain M. La microchirurgie dans le monde. Paris : Glyphe ; 2011.
2. Neugebauer EAM, Sauerland S, Fingerhut A, Millat B, Buess GF. EAES guidelines for endoscopic surgery. Twelve years evidence-based surgery in Europe. Berlin : Springer ; 2006.
3. Kumar S, Marescaux J. Telesurgery. Berlin : Springer ; 2008.
4. Liverneaux P, Nectoux E, Taleb C. The future of robotics in hand surgery. Chir Main 2009 ; 28 : 278-85.
5. Panchulidze I, Berner S, Mantovani G, Liverneaux P. Is haptic feedback necessary to microsurgical suturing? Comparative study of 9/0 and 10/0 knot tying operated by 24 surgeons. Hand Surg 2011 ; 16 : 1-3.
6. Taleb C, Nectoux E, Liverneaux P. Telemicrosurgery: a feasibility study in a rat model. Chir Main 2008 ; 28 : 104-8.
7. Todokoro T, Koshima I. Supermicrosurgery. In: Telemicrosurgery, Liverneaux P (ed). Paris : Springer Verlag (in press).
8. Nectoux E, Taleb C, Liverneaux. Nerve repair in telemicrosurgery: an experimental study. J Reconstr Microsurg 2009 ; 4 : 261-5.
9. Mantovani G, Liverneaux P, Berner S, Bednar M, Mohr C. Endoscopic Exploration and Repair of Brachial Plexus with Tele-Robotic Manipulation: a cadaver trial. J Neurosurg 2011 ; 8 : 1-6.
10. Liverneaux P, Mantovani G. Brachial Plexus: Use of the Da Vinci Robot. In: The Art of Microsurgical Hand Reconstruction, David J. Slutsky (ed). New York : Thieme Medical Publishers (in press).
11. Garcia JC Jr, Mantovani G, Gouzou S, Liverneaux P. Telerobotic anterior translocation of the ulnar nerve. J Robotic Surg 2011 ; 5 : 153-6.
12. Naito K, Facca S, Lequent T, Liverneaux P. Oberlin's procedure for restoration of elbow flexion with Da Vinci robot: 4 cases; Plast reconstruct Surg 2012 ; 129 : 707-11.
13. Lequent T, Naito K, Nectoux E, Facca S, Liverneaux P. Set up portals, insufflations, retractors. In: Telemicrosurgery, Liverneaux P (ed). Paris : Springer Verlag (in press).