Recherche

La chirurgie robot-assistée en chirurgie plastique

RÉSUMÉ : La chirurgie robot-assistée est largement utilisée en chirurgie urologique, digestive et gynécologique. L'intérêt de l'utilisation du robot en chirurgie plastique, qui s'opère le plus souvent en surface, n'est pas évident à première vue. Néanmoins, les premières applications à la chirurgie plastique de la chirurgie robot-assistée sont en train d'émerger : reconstruction des pertes de substance oropharyngées postérieures, mastectomie conservatrice de l'aréole, comblement d'exentérations pelviennes, couverture de pertes de substance des extrémités et microchirurgie.

S. STRUK
Service de Chirurgie plastique,
Gustave Roussy, VILLEJUIF.

La chirurgie robot-assistée était initialement destinée à un usage militaire. L'objectif était de développer un système de chirurgie robot-assistée permettant l'exécution d'interventions chirurgicales à distance. En 1994, Phil Green, Richard Satava, Joe Rosen et le *Stanford Research Institute* (SRI) mettent au point le *Green Telepresence Surgery System*, un système constitué de bras robotiques destinés à être commandés à distance par l'intermédiaire d'une console, à l'aide d'une connexion sans fil [1]. Ce système était destiné à équiper un véhicule de combat (*Medical Forward Area Surgical Team*, MEDFAST). La console devait permettre à un chirurgien d'opérer depuis un hôpital mobile (*Mobile Advanced Surgical Hospital*, MASH) un blessé installé dans un MEDFAST, jusqu'à 35 km de distance.

La même année, le chirurgien Jon Bowersox [2] effectue la première intervention par téléchirurgie, une anastomose digestive *ex vivo* sur un intestin de porc, depuis une console de travail intégrée dans un MASH et contrôlant l'unité chirurgicale montée sur un véhicule MEDFAST, lors d'un exercice de combat. Cette technologie sera utilisée par la suite pour la réalisation d'anastomoses vasculaires [3]. En 1996, Frederick Moll, chirurgien et entrepreneur américain, acquière la technologie développée par Phil Green au SRI et fonde la société *Intuitive Surgical* (Sunnyvale, CA) qui va mettre au point le robot Da Vinci. La première version du robot da Vinci est commercialisée en 1999. La chirurgie robot-assistée s'est depuis imposée dans de nombreuses spécialités chirurgicales et elle commence à émerger en chirurgie plastique [4].

Le robot da Vinci

La première version du robot da Vinci obtint l'autorisation de la FDA en 2000 pour un certain nombre d'interventions de chirurgie digestive et d'urologie. En 2003, le robot fut doté d'un quatrième bras (da Vinci SP). En 2006, la version S obtint l'autorisation pour la chirurgie urologique, digestive, gynécologique, pédiatrique et thoracique. En 2009, le da Vinci Si apporta la possibilité d'être équipé de deux consoles, ce qui facilite la formation. Enfin, la dernière version du robot a été commercialisée en 2014 (da Vinci Xi). L'architecture des bras est modifiée pour faciliter la chirurgie multi-quadrants sans avoir à repositionner le chariot patient.

Recherche

Le robot da Vinci est constitué de trois éléments (***fig. 1***) :
– la console du chirurgien ;
– le chariot patient porteur des bras articulés ;
– la tour d'imagerie.

Le chariot patient est composé de trois (da Vinci Si) à quatre bras (da Vinci Xi). Un bras supporte la caméra et les autres bras sont dédiés aux instruments. Les instruments sont munis d'une articulation à leur extrémité (Endowrist) possédant 7 degrés de liberté (***fig. 2***). Ils doivent être remplacés après un certain nombre d'utilisations.

La console du chirurgien est constituée d'un système de vision binoculaire stéréoscopique en haute définition. L'endoscope embarque deux caméras qui transmettent chacune l'image à un œil différent, offrant ainsi une image tridimensionnelle du champ opératoire. Un capteur infrarouge détecte lorsque la tête du chirurgien entre dans la console et débloque l'utilisation des bras du robot. Les manettes transmettent les mouvements des mains du chirurgien pour la commande des instruments et de l'optique (***fig. 3***). Il s'y associe un système de démultiplication des mouvements (*motion scaling*) variant d'un rapport 1:1 à 5:1, ainsi qu'un module de filtration permettant de supprimer le tremblement physiologique. Le pédalier comporte plusieurs pédales dédiées à différents types de coagulation (monopolaire, bipolaire, à ultrasons), à la gestion des mouvements de la caméra et à un dispositif de débrayage permettant le repositionnement optimal des instruments. La console de l'opérateur peut être couplée à une deuxième console de travail qui peut prendre la main à tout moment sur décision de l'opérateur. Un chirurgien novice peut être ainsi accompagné par un mentor lors d'une intervention, augmentant la sécurité et raccourcissant la courbe d'apprentissage.

Fig. 1 : Le robot da Vinci Xi avec de gauche à droite : le chariot patient, la tour d'imagerie et la console du chirurgien.

Fig. 2 : Technologie Endowrist.

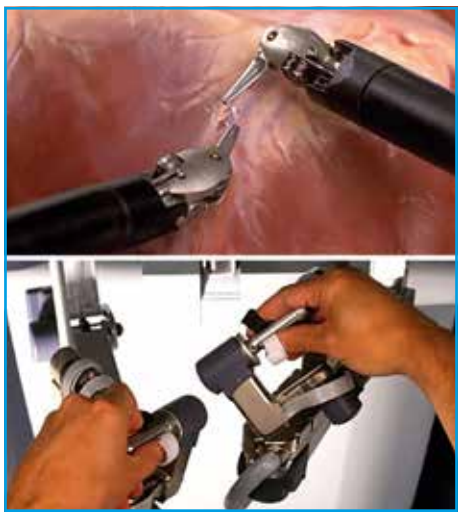

Fig. 3 : Commandes des instruments à la console de l'opérateur.

La tour d'imagerie comporte un insufflateur de CO_2 et une source lumineuse. Elle est également surmontée d'un écran de contrôle destiné à transmettre l'image du champ opératoire à l'assistance et au personnel se trouvant aux côtés du patient.

Les avantages du système da Vinci (par rapport à l'endoscopie conventionnelle) sont :
– la vision stéréoscopique : le système da Vinci est équipé d'une technologie permettant au chirurgien de visualiser le champ opératoire en trois dimensions. Bove *et al.* [5] ont montré que les suites opératoires étaient améliorées dans le cas de la prostatectomie radicale laparoscopique, lorsque l'intervention était réalisée avec une vision tridimensionnelle du champ opératoire. De plus, la vision stéréoscopique compense en partie l'absence de retour de force des systèmes robotiques actuels, et donc l'absence d'informations tactiles du chirurgien assis à sa console de travail [6] ;
– dextérité : les mouvements des instruments sont facilités par des poignets

articulées permettant 7 degrés de liberté (technologie Endowrist). Cette technologie permet de pallier le manque de maniabilité et les difficultés d'exposition liés aux contraintes de l'incision et d'opérer dans des conditions favorables ;
– précision : la démultiplication des mouvements du chirurgien (jusqu'à un rapport 5:1) et la magnification du champ opératoire (jusqu'à un grossissement × 10) améliorent la précision du geste. En outre, un module filtre les tremblements éventuels du chirurgien ;
– apprentissage plus rapide de l'endoscopie : la vision stéréoscopique, la technologie Endowrist, la démultiplication des mouvements et la possibilité de coupler une deuxième console (pour un chirurgien novice par exemple) à la console de l'opérateur accélèrent l'apprentissage de l'endoscopie robot-assistée [7].

Les limites actuelles du système da Vinci sont :
– le coût : le système da Vinci est vendu entre 1,5 et 2 millions d'euros. La maintenance annuelle représente 100 000 à 200 000 euros et les consommables coûtent entre 1 000 et 2 000 euros par intervention. Le personnel (chirurgiens, IBODE) doit être formé à l'utilisation de ce système. La durée d'occupation du bloc opératoire est souvent plus longue que pour une intervention conventionnelle. Cependant, le surcoût associé à l'utilisation de ce système doit être mis en balance avec les bénéfices qu'il peut engendrer. Les bénéfices de la chirurgie robot-assistée en ce qui concerne les suites opératoires sont en cours d'évaluation pour diverses interventions. L'augmentation de la visibilité et de l'attractivité d'un centre proposant des interventions robot-assistées est également un paramètre important difficile à évaluer [8] ;
– l'absence de retour de force et l'absence de sensation tactile : il n'existe aucune indication sur la force exercée sur les instruments en dehors des informations visuelles (déformation de l'environnement). En outre, la palpation d'une lésion est impossible ;
– l'encombrement : le système da Vinci avec ses trois composantes (console de travail, chariot patient et tour d'imagerie) est très encombrant ;
– le temps d'installation : l'arrimage (*docking*) du robot dépend de l'expérience de l'équipe. L'arrimage du robot est un temps capital car une mauvaise installation du robot engendre des conflits entre les bras qui peuvent compliquer le déroulement de l'intervention.

Applications de la chirurgie robot-assistée en chirurgie plastique

Ses premières applications en chirurgie plastique sont :
– la chirurgie reconstructrice transorale robot-assistée [9-11] ;
– la mastectomie conservatrice de la plaque aréolo-mamelonnaire (PAM) avec reconstruction mammaire immédiate (RMI) par prothèse [12-14] ;
– le prélèvement mini-invasif de lambeaux musculaires purs pédiculés ou libres [15-19] ;
– la microchirurgie robot-assistée [4, 20-22].

1. La chirurgie reconstructrice transorale robot-assistée

Le robot da Vinci a obtenu l'agrément de la FDA en 2009 pour la chirurgie transorale en carcinologie cervico-faciale. La chirurgie transorale robot-assistée a été développée pour diminuer la morbidité associée à l'exérèse de tumeurs oropharyngées [23-25], autrefois accessibles uniquement par des voies délabrantes. En effet, les tumeurs oropharyngées postérieures, basses et étendues nécessitent des abords sectionnant la lèvre et la mandibule (bucco-pharyngectomie trans-mandibulaire, ***fig. 4***) avec des conséquences fonctionnelles et esthétiques majeures [26]. La série de 103 patients de Nam *et al.* [26] retrouve un taux de complications lié à la voie d'abord de 18,4 % avec 6,7 % de pseudarthrose mandibulaire, 4,9 % d'ostéoradionécrose et 2,9 % d'orostome. D'autre part, les séquelles esthétiques liées à la section de la lèvre inférieure ne sont pas négligeables.

La chirurgie transorale robot-assistée permet désormais d'extirper ces tumeurs en passant directement par l'oropharynx. Un écarteur buccal spécifique (***fig. 5***) est mis en place et permet d'introduire dans l'oropharynx l'endoscope et deux bras instrumentaux qui vont être utilisés pour l'exérèse. La perte de substance secondaire à l'exérèse d'une tumeur oropharyngée peut être laissée en cicatrisation dirigée, comblée par un lambeau local ou par un lambeau libre [10,28]. Les principaux facteurs pris en compte pour décider du type de recons-

Fig. 4 : Exemple de bucco-pharyngectomie transmandibulaire, d'après Qassemyar *et al.* [27].

Recherche

Fig. 5 : Écarteur buccal utilisé en chirurgie trans-orale robot-assistée, d'après Qassemyar *et al.* [27].

truction sont : la localisation et la taille de la tumeur, les antécédents de radiothérapie, l'exposition éventuelle de vaisseaux et l'existence d'une communication entre le pharynx et le cou [10, 28]. La reconstruction par lambeau libre est réalisée majoritairement à l'aide du lambeau antébrachial radial [18, 29]. Le lambeau antérolatéral de cuisse prélevé dans le plan du *fascia superficialis* peut être également utilisé [27]. La conformation et la suture du lambeau au niveau de la paroi postérieure de l'oropharynx sont réalisées à l'aide du robot (***fig. 6***). Le pédicule du lambeau est passé dans le cou à l'aide d'une pharyngotomie cervicale et les anastomoses vasculaires sont réalisées à ciel ouvert au niveau du cou, par la voie d'abord du curage [27].

Les indications actuelles pour la chirurgie trans-orale robot-assistée concernent les tumeurs de l'oropharynx T1 et T2 dont l'exérèse et la reconstruction sont impossibles sans une voie d'abord sectionnant la lèvre inférieure et la mandibule (FDA).

Enfin, la chirurgie transorale robot-assistée est également en cours d'évaluation dans la chirurgie des fentes vélo-palatines [30-32].

2. La mastectomie conservatrice de la PAM avec RMI par prothèse

La mastectomie conservatrice de la PAM est actuellement la technique de référence en chirurgie prophylactique et ses indications sont en cours d'évaluation en chirurgie curative (essai clinique MAPAM 01). La mastectomie conservatrice de la PAM est techniquement plus exigeante que la mastectomie conservatrice de l'étui cutané car l'exposition est plus difficile. Le choix de la voie d'abord est donc capital. Il conditionne la sécurité oncologique du geste. En effet, des difficultés d'exposition peuvent entraîner des exérèses incomplètes [33]. Le choix de la voie d'abord conditionne également le succès de la reconstruction.

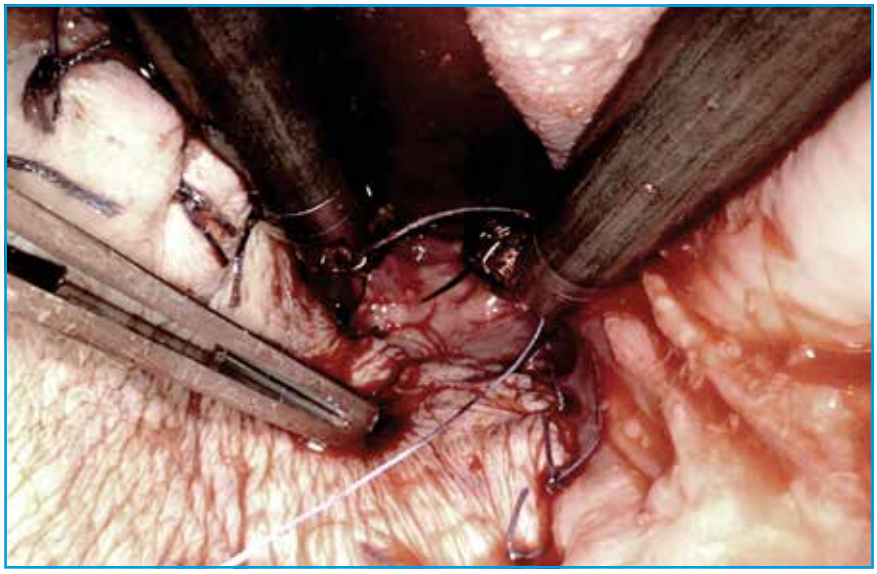

Fig. 6 : Suture du lambeau à l'aide du robot, d'après Qassemyar *et al.* [27].

Toute incision sur le sein interrompt la vascularisation du lambeau cutané de mastectomie et augmente donc le risque de nécrose cutanée et de nécrose de la PAM. C'est le cas des incisions hémi-péri-aréolaires [33]. Des difficultés d'exposition peuvent entraîner l'utilisation prolongée des écarteurs fragilisant le lambeau cutané de mastectomie et augmentant ainsi le risque de nécrose cutanée ou de la PAM. Enfin, certaines incisions sont associées à des déformations ou des dystopies secondaires de la PAM, c'est le cas notamment des incisions radiaires externes [34] et hémi-péri-aréolaires [35].

La technique de mastectomie conservatrice de la PAM par voie endoscopique a été développée [36-38] pour tenter de palier ces inconvénients. Cependant, cette technique n'a jamais été adoptée en pratique du fait de contraintes techniques [36, 39]. Les instruments droits et rigides utilisés en coelioscopie sont inadaptés pour travailler le long des courbes naturelles de la glande mammaire. Toesca *et al.* [12, 13] ont été les premiers à décrire la mastectomie conservatrice de la PAM robot-assistée avec reconstruction mammaire immédiate par prothèse. La vision stéréoscopique en haute définition avec magnification du champ opératoire, la démultiplication des mouvements (*motion scaling*), l'amélioration de la dextérité à l'aide d'instruments pourvus de 7 degrés de liberté pourraient permettre de surmonter les difficultés rencontrées en endoscopie [13] et d'améliorer les résultats oncologiques et esthétiques de la mastectomie conservatrice de la PAM. La voie d'abord latéro-thoracique associe une cicatrice supérieure verticale de 3 à 4 cm et une cicatrice inférieure verticale centimétrique (***fig. 7***). La cicatrice supérieure permet d'introduire deux trocarts, d'extérioriser la glande en fin d'intervention et d'introduire la prothèse pour la reconstruction mammaire immédiate. La cicatrice inférieure est utilisée pour insérer le troisième trocart et pour extérioriser le drain. Ces deux cicatrices verticales sont situées sur

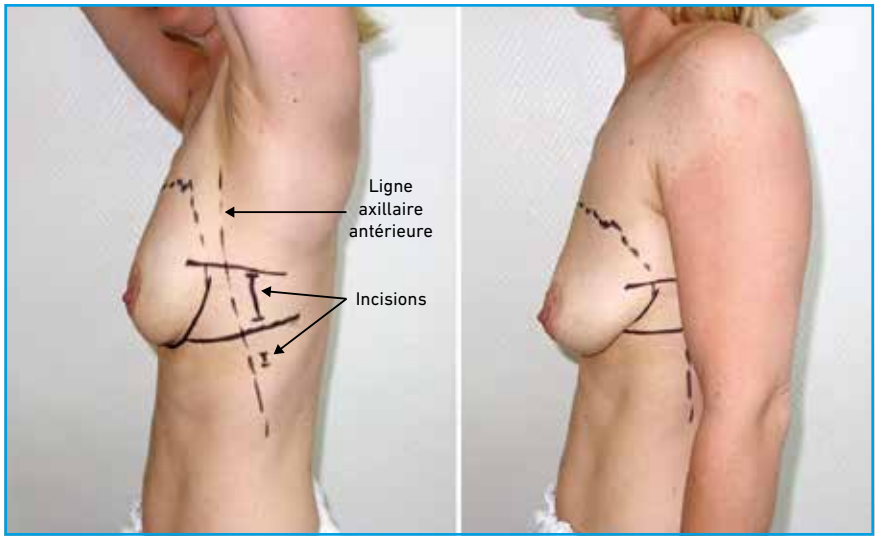

Fig. 7 : Voie d'abord.

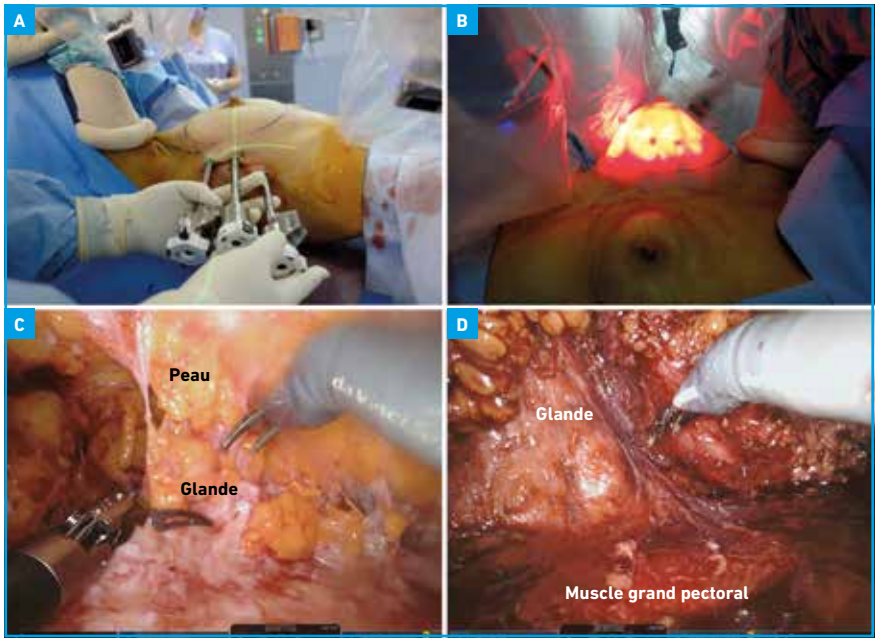

Fig. 8 : Mastectomie conservatrice de la PAM robot-assistée. Arrimage du robot (**A**). Insufflation de CO_2 dans le sein (**B**). Décollement de la glande dans le plan des crêtes de Duret (**C**). Décollement de la glande du muscle grand pectoral (**D**).

le même axe dans la région thoracique latérale, en arrière du pilier axillaire antérieur. Elles doivent être cachées par le bras de la patiente lorsque celle-ci est de profil avec le bras le long du corps. La mastectomie et la reconstruction par prothèse sont réalisées par cette voie d'abord (***fig. 8***).

Les avantages de cette technique sont : l'absence de cicatrice sur le sein, une cicatrice finale mesurant 3 à 4 cm et cachée sous le bras, une meilleure exposition pour réaliser le geste oncologique, une diminution du risque de désunion cicatricielle car la cicatrice n'est pas sous tension, l'absence de risque d'exposition de l'implant en cas de désunion cicatricielle car la cicatrice est à distance de l'implant. Cette voie d'abord n'interrompt pas la vascularisation du lambeau cutané de mastectomie car l'incision est réalisée en dehors du sein. Nous espérons ainsi montrer que cette technique diminue les risques de nécrose cutanée et de l'aréole, de déformation et de dystopie de l'aréole.

L'utilisation du système da Vinci n'est cependant pas encore autorisée en chirurgie mammaire (absence d'agrément de la FDA, absence de marquage CE dans cette indication). La mastectomie conservatrice de la PAM robot-assistée ne peut donc être réalisée en dehors d'un essai clinique (essai clinique "MARCI" à Gustave Roussy).

L'intervention est réalisable pour toutes les patientes ayant une indication de mastectomie conservatrice de la PAM (en chirurgie prophylactique et en chirurgie carcinologique selon les critères MAPAM 01), avec un bonnet inférieur ou égal à C et présentant au maximum une ptose modérée (stades I et II de la classification de Regnault). En cas de ptose mammaire sévère, l'assistance du robot n'a plus aucune indication car l'étui cutané doit être réduit (cicatrice en T inversé). La nécessité d'associer un geste ganglionnaire n'est pas une contre-indication car il peut être réalisé par la même cicatrice.

3. Le prélèvement de lambeaux musculaires purs pédiculés ou libres

La chirurgie robot-assistée peut être utilisée pour diminuer la morbidité liée au prélèvement de lambeaux musculaires purs.

Le muscle grand dorsal peut être prélevé à travers la voie d'abord d'une mastectomie conservatrice de l'étui cutané ou d'une mastectomie conservatrice de la PAM [16, 18], pour être ensuite utilisé en RMI ou en RMI différée, en association ou non avec une prothèse. L'avantage

Recherche

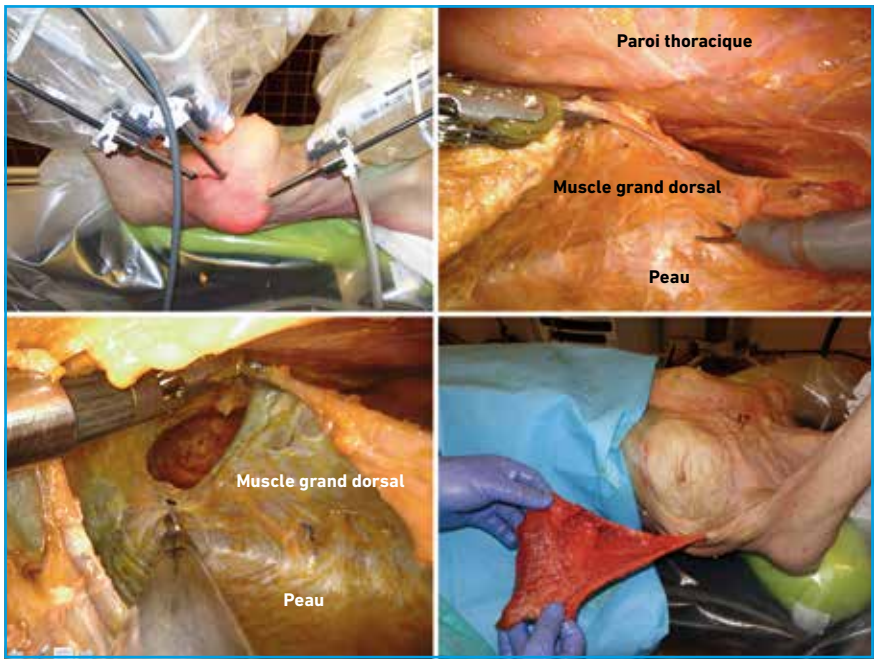

Fig. 9 : Prélèvement d'un lambeau de grand dorsal musculaire pur sur sujet anatomique en décubitus dorsal.

est de diminuer la rançon cicatricielle du prélèvement. Dans la série de Selber *et al.* [20], le prélèvement était réalisé en décubitus latéral et durait 111 minutes en moyenne. Nous avons développé à Gustave Roussy une technique associant mastectomie conservatrice de la PAM et prélèvement du muscle grand dorsal robot-assistés en une seule position et par une cicatrice unique, qui pourrait permettre de diminuer la durée opératoire (***fig. 9***). Par ailleurs, l'injection de graisse autologue dans le lambeau et dans le muscle grand pectoral pourrait être utilisée pour augmenter le volume de la reconstruction et surseoir à l'utilisation d'une prothèse [40-41]. Le prélèvement robot-assisté du muscle grand dorsal libre a également été décrit pour la couverture de pertes de substance des membres ou du scalp [18]. Le prélèvement était réalisé à travers une cicatrice axillaire mesurant entre 5 et 8 cm et durait un peu moins de deux heures.

Les indications du prélèvement robot-assisté de muscle grand dorsal sont [16-18] :
– la couverture de pertes de substance du scalp ou des extrémités ;
– en reconstruction mammaire immédiate différée : ablation de l'expandeur et reconstruction du volume par un lambeau musculaire pur de grand dorsal en association avec des injections de graisse ;
– en reconstruction mammaire immédiate, dans le cas d'une mastectomie conservatrice de la PAM et en association avec des injections de graisse.

Pedersen *et al.* [15] ont décrit le prélèvement robot-assisté du muscle grand droit de l'abdomen. Dans sa forme pédiculée, le muscle grand droit était utilisé pour le comblement d'exentérations pelviennes et, dans sa forme libre, pour la couverture de pertes de substance du membre inférieur. Le prélèvement durait en moyenne 60 minutes. Le principal avantage de ce type de prélèvement est qu'il préserve le feuillet antérieur de la gaine des muscles grands droits. Dans le contexte d'une chirurgie d'exérèse abdomino-pelvienne, l'utilisation du robot pour prélever un lambeau de grand droit est indiquée si [4] :
– la chirurgie d'exérèse a été réalisée par abord mini-invasif (cœlioscopie, chirurgie robot-assistée) ;
– ni la peau périnéale, ni la muqueuse vaginale ne doivent être reconstruites (palette cutanée inutile) ;
– et l'espace mort à combler dans le pelvis reste modéré et/ou le pannicule adipeux abdominal du patient est très important (patient obèse).

4. La microchirurgie robot-assistée

La robotique devrait permettre de repousser les limites actuelles de la microchirurgie ("supermicrochirurgie") et ouvrir de nouveaux horizons concernant les transferts tissulaires microanastomosés (lambeaux libres *perforator-to-perforator* [42-46]) avec en perspective la réduction de la morbidité des gestes de reconstruction et la diminution des durées opératoires. La microchirurgie robot-assistée devrait également faciliter la chirurgie du lymphoedème [47-48] et la chirurgie microneurale [49-50].

Actuellement, le développement de la microchirurgie robot-assistée est limité par des contraintes technologiques. Le robot da Vinci ne dispose pas d'instruments adaptés à la pratique de la microchirurgie, le degré de magnification du champ opératoire reste encore inférieur à celui des microscopes optiques et il n'existe aucun retour de force. Néanmoins, certains auteurs ont montré que le système da Vinci pouvait être déjà utilisé en l'état pour réaliser des anastomoses microvasculaires [21, 22, 51, 52]. En outre, la courbe d'apprentissage est rapide pour un microchirurgien qui n'est pas formé à la chirurgie robot-assistée [52].

Par ailleurs, plusieurs systèmes robotiques dédiés à la microchirurgie sont en cours de développement (Microsure, Medical MicroInstruments, Gallen Robotics). Certains sont déjà à l'essai sur l'animal [53, 54]. Ces systèmes devraient permettre de démultiplier jusqu'à 20 fois les mouvements du chirurgien, intégrer un dispositif haptique, une instrumentation adaptée et assurer une magnification suffisante du champ opératoire.

Conclusion

Les applications de la chirurgie robot-assistée sont entrain d'émerger dans le domaine de la chirurgie plastique et comprennent actuellement la reconstruction transorale du pharynx, la mastectomie conservatrice de l'aréole avec reconstruction mammaire immédiate et le prélèvement de lambeaux musculaires purs pour la couverture des extrémités, la reconstruction mammaire et le comblement d'exentérations pelviennes. Les nouvelles générations de robots chirurgicaux devraient faire apparaître de nouvelles indications, notamment en microchirurgie. Néanmoins, les bénéfices de la chirurgie plastique robot-assistée restent encore à démontrer.

POINTS FORTS

- La chirurgie transorale robot-assistée est indiquée pour les tumeurs oropharyngées postérieures, basses ou étendues, dont l'exérèse nécessiterait la section de la lèvre inférieure et de la mandibule. Lorsqu'une reconstruction est indiquée, le robot est utilisé pour l'exérèse tumorale et pour la conformation du lambeau.
- La mastectomie conservatrice de la plaque aréolo-mamelonnaire (PAM) avec reconstruction mammaire immédiate (RMI) par prothèse peut être réalisée à l'aide du robot sans laisser de cicatrice sur le sein, par une voie d'abord courte et discrète localisée dans la région thoracique latérale.
- L'utilisation du robot présente également un intérêt pour le prélèvement de lambeaux musculaires purs (grand dorsal, grand droit) car elle permet de limiter le préjudice esthétique au niveau du site donneur.
- Les prochaines générations de robot devraient permettre de repousser les limites actuelles de la microchirurgie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Satava RM. Robotic surgery: from past to future--a personal journey. *Surg Clin North Am*, 2003;83:1491-1500.
2. Bowersox JC. Telepresence surgery. *Br J Surg*, 1996;83:433-434.
3. Bowersox JC, Shah A, Jensen J *et al.* Vascular applications of telepresence surgery: initial feasibility studies in swine. *J Vasc Surg*, 1996;23:281-287.
4. Selber JC. Can I Make Robotic Surgery Make Sense in My Practice? *Plast Reconstr Surg*, 2017;139:781-792.
5. Bove P, Iacovelli V, Celestino F *et al.* 3D vs 2D laparoscopic radical prostatectomy in organ-confined prostate cancer: comparison of operative data and pentafecta rates: a single cohort study. *BMC Urol*, 2015;15:12.
6. Guillonneau B. What robotics in urology? A current point of view. *Eur Urol*, 2003;43:103-105.
7. Rassweiler J, Frede T, Seemann O *et al.* Telesurgical laparoscopic radical prostatectomy. Initial experience. *Eur Urol*, 2001;40:75-83.
8. Lee N. Robotic surgery: where are we now? *Lancet Lond Engl*, 2014;384:1417.
9. Selber JC. Transoral robotic reconstruction of oropharyngeal defects: a case series. *Plast Reconstr Surg*, 2010;126:1978-1987.
10. Longfield EA, Holsinger FC, Selber JC. Reconstruction after robotic head and neck surgery: when and why. *J Reconstr Microsurg*, 2012;28:445-450.
11. Selber JC, Sarhane KA, Ibrahim AE *et al.* Transoral robotic reconstructive surgery. *Semin Plast Surg*, 2014;28:35-38.
12. Toesca A, Peradze N, Galimberti V *et al.* Robotic Nipple-sparing Mastectomy and Immediate Breast Reconstruction With Implant: First Report of Surgical Technique. *Ann Surg*, 2015.
13. Toesca A, Peradze N, Manconi A *et al.* Robotic nipple-sparing mastectomy for the treatment of breast cancer: Feasibility and safety study. *Breast Edinb Scotl*, 2017;31:51-56.
14. Sarfati B, Honart JF, Leymarie N *et al.* Robotic-assisted Nipple Sparing Mastectomy: A feasibility study on cadaveric models. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*, 2016;69:1571-1572.
15. Pedersen J, Song DH, Selber JC. Robotic, intraperitoneal harvest of the rectus abdominis muscle. *Plast Reconstr Surg*, 2014;134:1057-1063.
16. Clemens MW, Kronowitz S, Selber JC. Robotic-assisted latissimus dorsi harvest in delayed-immediate breast reconstruction. *Semin Plast Surg*, 2014; 28:20-25.
17. Selber JC, Baumann DP, Holsinger CF. Robotic harvest of the latissimus dorsi muscle: laboratory and clinical experience. *J Reconstr Microsurg*, 2012;28:457-464.
18. Selber JC, Baumann DP, Holsinger FC. Robotic latissimus dorsi muscle harvest: a case series. *Plast Reconstr Surg*, 2012;129:1305-1312.
19. Selber JC. Robotic latissimus dorsi muscle harvest. *Plast Reconstr Surg*, 2011;128:88-90.
20. Ibrahim AE, Sarhane KA, Selber JC. New Frontiers in Robotic-Assisted Microsurgical Reconstruction. *Clin Plast Surg*, 2017;44:415-423.
21. Alrasheed T, Liu J, Hanasono MM *et al.* Robotic microsurgery: validating an assessment tool and plotting the learning curve. *Plast Reconstr Surg*, 2014;134:794-803.
22. Selber JC, Alrasheed T. Robotic microsurgical training and evaluation. *Semin Plast Surg*, 2014;28:5-10.
23. Genden EM, Kotz T, Tong CCL *et al.* Transoral robotic resection and reconstruction for head and neck cancer. *The Laryngoscope*, 2011;121:1668-1674.
24. Cognetti DM, Luginbuhl AJ, Nguyen AL *et al.* Early adoption of transoral robotic surgical program: preliminary outcomes. *Otolaryngol--Head Neck Surg Off J Am Acad*, 2012;147:482-488.
25. Dias FL, Walder F, Leonhardt FD. The role of transoral robotic surgery in the management of oropharyngeal cancer. *Curr Opin Oncol*, 2017.

Recherche

26. Nam W, Kim H-J, Choi E-C *et al.* Contributing factors to mandibulotomy complications: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2006;101:65-70.
27. Qassemyar Q, Aguilar P, Temam S *et al.* Robotic-assisted reconstruction. *Ann Chir Plast Esthet*, 2017;62:1-7.
28. De Almeida JR, Park RCW, Genden EM. Reconstruction of transoral robotic surgery defects: principles and techniques. *J Reconstr Microsurg*, 2012;28:465-472.
29. Konofaos P, Hammond S, Ver Halen JP *et al.* Reconstructive techniques in transoral robotic surgery for head and neck cancer: a North American survey. *Plast Reconstr Surg*, 2013;131:188-197.
30. Khan K, Dobbs T, Swan MC *et al.* Transoral robotic cleft surgery (TORCS) for palate and posterior pharyngeal wall reconstruction: A feasibility study. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*, 2016;69:97-100.
31. Nadjmi N. Transoral Robotic Cleft Palate Surgery. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc*, 2016;53:326-331.
32. Podolsky DJ, Fisher DM, Wong Riff KWY *et al.* Infant Robotic Cleft Palate Surgery: A Feasibility Assessment Using a Realistic Cleft Palate Simulator. *Plast Reconstr Surg*, 2017;139:455-465.
33. Donovan CA, Harit AP, Chung A *et al.* Oncological and Surgical Outcomes After Nipple-Sparing Mastectomy: Do Incisions Matter? *Ann Surg Oncol*, 2016;23:3226-3231.
34. Wagner JL, Fearmonti R, Hunt KK *et al.* Prospective evaluation of the nipple-areola complex sparing mastectomy for risk reduction and for early-stage breast cancer. *Ann Surg Oncol*, 2012;19:1137-1144.
35. Choi M, Frey JD, Salibian AA *et al.* Nipple-Areola Complex Malposition in Nipple-Sparing Mastectomy: A Review of Risk Factors and Corrective Techniques from Greater than 1000 Reconstructions. *Plast Reconstr Surg*, 2017;140:247-257.
36. Leff DR, Vashisht R, Yongue G *et al.* Endoscopic breast surgery: where are we now and what might the future hold for video-assisted breast surgery? *Breast Cancer Res Treat*, 2011;125:607-625.
37. Tukenmez M, Ozden BC, Agcaoglu O *et al.* Videoendoscopic single-port nipple-sparing mastectomy and immediate reconstruction. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2014;24:77-82.
38. Lai HW, Chen ST, Chen DR *et al.* Current Trends in and Indications for Endoscopy-Assisted Breast Surgery for Breast Cancer: Results from a Six-Year Study Conducted by the Taiwan Endoscopic Breast Surgery Cooperative Group. *PloS One*, 2016;11:e0150310.
39. Ingram D. Is it time for breast cancer surgeons to embrace endoscopic-assisted mastectomy? *ANZ J Surg*, 2008;78:837-838.
40. Niddam J, Vidal L, Hersant B *et al.* Primary Fat Grafting to the Pectoralis Muscle during Latissimus Dorsi Breast Reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2016;4:1059.
41. Zhu L, Mohan AT, Vijayasekaran A *et al.* Maximizing the Volume of Latissimus Dorsi Flap in Autologous Breast Reconstruction with Simultaneous Multisite Fat Grafting. *Aesthet Surg J*, 2016;36:169-178.
42. Hong JP. The use of supermicrosurgery in lower extremity reconstruction: the next step in evolution. *Plast Reconstr Surg*, 2009;123:230-235.
43. Hong JP, Koshima I. Using perforators as recipient vessels (supermicrosurgery) for free flap reconstruction of the knee region. *Ann Plast Surg*, 2010;64:291-293.
44. Koshima I, Yamamoto T, Narushima M *et al.* Perforator flaps and supermicrosurgery. *Clin Plast Surg*, 2010;37:683-689.
45. Kim KN, Hong JP, Park SW *et al.* Overcoming the Obstacles of the Ilizarov Device in Extremity Reconstruction: Usefulness of the Perforator as the Recipient Vessel. *J Reconstr Microsurg*, 2015;31:420-425.
46. Iida T, Yoshimatsu H, Yamamoto T *et al.* A pilot study demonstrating the feasibility of supermicrosurgical end-to-side anastomosis onto large recipient vessels in head and neck reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*, 2016;69:1662-1668.
47. Demirtas Y, Ozturk N, Yapici O *et al.* Supermicrosurgical lymphaticovenular anastomosis and lymphaticovenous implantation for treatment of unilateral lower extremity lymphedema. *Microsurgery*, 2009;29:609-618.
48. Allen RJ, Cheng MH. Lymphedema surgery: Patient selection and an overview of surgical techniques. *J Surg Oncol*, 2016;113:923-931.
49. Nectoux E, Taleb C, Liverneaux P. Nerve repair in telemicrosurgery: an experimental study. *J Reconstr Microsurg*, 2009;25:261-265.
50. Tigan L, Miyamoto H, Hendriks S *et al.* Interest of telemicrosurgery in peripheral nerve tumors: about a series of seven cases. *Chir Main*, 2014;33:13-16.
51. Willems JIP, Shin AM, Shin DM *et al.* A Comparison of Robotically Assisted Microsurgery *versus* Manual Microsurgery in Challenging Situations. *Plast Reconstr Surg*, 2016;137:1317-1324.
52. Clarke NS, Price J, Boyd T *et al.* Robotic-assisted microvascular surgery: skill acquisition in a rat model. *J Robot Surg*, 2017.
53. Feng AL, Razavi CR, Lakshminarayanan P *et al.* The robotic ENT microsurgery system: A novel robotic platform for microvascular surgery. *The Laryngoscope*, 2017.
54. Akst LM, Olds KC, Balicki M *et al.* Robotic microlaryngeal phonosurgery: Testing of a "steady-hand" microsurgery platform. *The Laryngoscope*, 2017.

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