

INNOVATIONS 2019 EN CHIRURGIE CARDIO-THORACIQUE

La chirurgie cardio-thoracique mini-invasive a été développée pour réduire la lourdeur liée aux approches de la chirurgie cardio-thoracique conventionnelle. La chirurgie robotique, dernière évolution de la chirurgie mini-invasive améliore le champ de vision peropératoire grâce à des caméras 3D ultra-performantes permettant une immersion complète du chirurgien dans le champ chirurgical. La précision du geste chirurgical est également améliorée grâce à la plus grande amplitude de mouvement des instruments et une dextérité extrêmement fine. De plus, le confort du chirurgien est également amélioré grâce à une ergonomie optimisée à la console.

La chirurgie robotique est utilisée pour plusieurs pathologies en chirurgie cardiaque, principalement pour la chirurgie mitrale mais également pour la chirurgie coronarienne, la chirurgie de la valve tricuspide, des pathologies congénitales comme la communication inter-auriculaire et pour des résections de tumeurs intra-cardiaques. Elle est également utilisée en chirurgie thoracique pour les résections pulmonaires, curages ganglionnaires et tumeurs médiastinales.

Emiliano Navarra, Valérie Lacroix

MOTS-CLÉS ► Chirurgie cardiaque robotique, réparation mitrale robotique, robotique, thoracique, lobectomie

2019 INNOVATIONS IN CARDIOTHORACIC SURGERY

Minimally-invasive cardiothoracic surgery has been developed to reduce the invasiveness related to conventional cardiothoracic approaches. Robotic technologies, which are among the latest advances in minimally-invasive approaches, have been introduced to improve the operative surgical vision. This objective is achieved by means of extremely performant 3D cameras and full immersion set, enabling an extremely fine dexterity and wider degree of freedom. Using robotic technology, there is an improved comfort for the surgeon owing to improved console ergonomics, in comparison with other minimally-invasive techniques. Concerning thoracic surgery, robotic technologies are currently used to perform lung, lymph nodes, and mediastinal tumor resections.

KEY WORDS

Robotic cardiac surgery, robotic mitral repair, robotic, thoracic, lobectomy

SOMMAIRE

La chirurgie robotique cardiaque

Emiliano Navarra, MD

La chirurgie robotique thoracique

Valérie Lacroix, MD, PhD

CORRESPONDANCE

Dr. Emiliano NAVARRA

Dr. Valérie Lacroix

Cliniques universitaires Saint Luc

Service de chirurgie cardiovasculaire et thoracique

Avenue Hippocrate 10

B-1200 Bruxelles

LA RÉPARATION ROBOTIQUE DE LA VALVE MITRALE

La chirurgie de la valve mitrale a été la plus influencée par la chirurgie mini-invasive (1-4). Lors du début de la chirurgie cardiaque assistée par robot, les technologies *Automatic Endoscopic System for Optimal Positioning* (AESOP; Computer Motion Inc., Goleta, CA, USA) et ZEUS robotic system (Computer Motion Inc.) ont été utilisées.

En 1998, Carpentier a décrit la première plastie mitrale complètement robotique en utilisant le Da Vinci Surgical System (5), qui est actuellement le robot le plus utilisé en chirurgie. L'enthousiasme initial pour la chirurgie mini-invasive a été tempéré par la crainte d'avoir une exposition trop limitée dans des opérations complexes et des temps opératoires prolongés au détriment de la sécurité du patient.

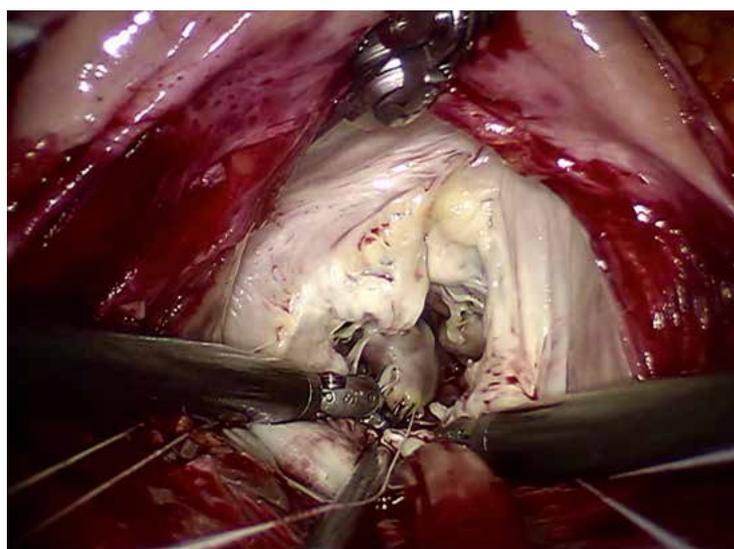
Cependant, grâce aux innovations récentes en techniques de perfusion, à l'amélioration de l'échographie trans-oesophagienne et aux développements de la technologie robotique et d'instruments chirurgicaux adaptés, la chirurgie cardiaque a pu développer la chirurgie mini-invasive.

Aujourd'hui, la plupart des interventions au niveau de la valve mitrale sont réalisables par voie robotique. Malgré les avantages évidents en terme de cosmétique, et d'abord moins traumatiques, l'utilisation du robot est restée limitée

de crainte de sa complexité, de son temps opératoire prolongé, de la qualité de la réparation valvulaire et de son coût élevé (6-7). Mihalic et al. (8) ont comparé dans une étude avec « propensity score matching » les résultats de la chirurgie mitrale robotique aux résultats de plastie par sternotomie classique, sternotomie partielle et mini-thoracotomie. Ils ont montré que la qualité de la réparation valvulaire mitrale était semblable entre les groupes comparés. Il n'y a pas eu de mortalité hospitalière. Les complications neurologiques, pulmonaires et rénales étaient semblables entre les différents groupes (P-value >.1). Par contre, les temps opératoires étaient plus longs de manière significative dans les réparations robotiques (P-value <.0001), liés à la plus grande complexité de la préparation anesthésiologique et de la technique chirurgicale.

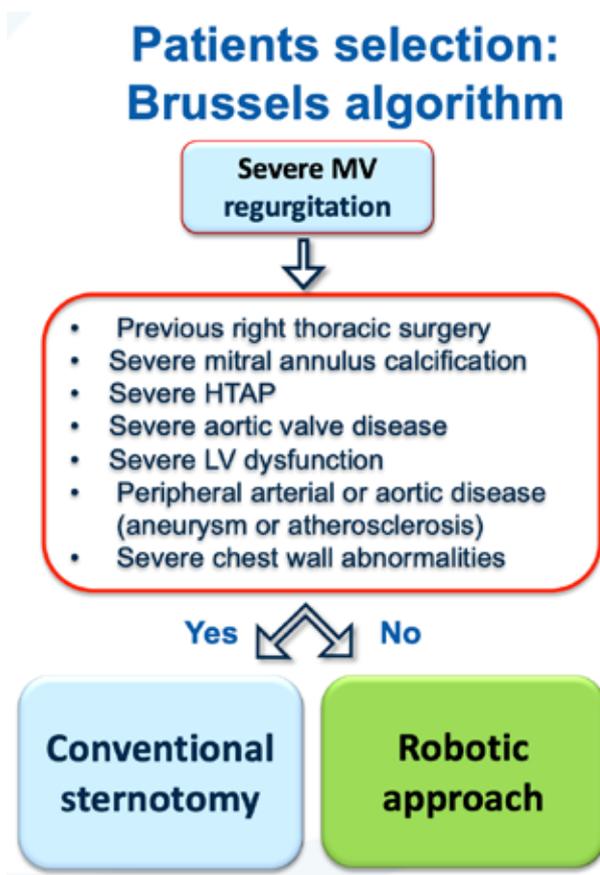
Cependant, la complexité technique et les temps opératoires plus longs étaient balancés par un moindre traumatisme corporel, moins d'épisodes de fibrillation auriculaire post-opératoire et moins d'épanchements pleuraux, permettant un temps d'hospitalisation raccourci par rapport aux autres techniques. Cette technique mini-invasive améliore également la qualité de vie post-opératoire (QoL) et permet un retour plus rapide aux activités normales, comparée aux techniques conventionnelles (9).

Figure 1. Vue du champ opératoire en chirurgie cardiaque robotique (réparation mitrale). Figure 2. Console du chirurgien robotique



Récemment, l'équipe de la Cleveland Clinic a présenté les résultats à court terme de leur expérience en chirurgie robotique. Ils ont montré que la plastie mitrale robotique est efficace et sûre pour corriger une insuffisance mitrale avec une faible mortalité et morbidité post-opératoire et presque 100% de réparation mitrale satisfaisante (10). Une plastie mitrale a pu être réalisée chez 99,5% des patients prévus pour une réparation valvulaire. 97,9% de ces patients avaient une insuffisance discrète ou pas d'insuffisance à la sortie. Ces excellents résultats dans une grande cohorte de patients, similaires aux autres études, confirment que les résultats de la chirurgie robotique sont reproductibles. Les auteurs ont souligné l'importance de créer une équipe expérimentée dédiée à la chirurgie robotique et de bien sélectionner les patients candidats pour le robot afin de garantir d'excellents résultats (Figure 3).

Figure 3. Algorithme pour la sélection des candidates à la chirurgie robotique



Dans notre institution, l'équipe chirurgicale a commencé la chirurgie valvulaire mitrale par voie robotique en 2012 après un entraînement spécifique et une longue préparation. Récemment, nous avons publié notre expérience initiale en réparation de la valve mitrale par voie mini-invasive robotique (11). Sept ans après le début de l'utilisation de cette technologie, nous avons pu constater que les résultats sont comparables à ceux publiés par d'autres auteurs et que la réparation robotique de l'insuffisance mitrale dégénérative est une excellente technique chirurgicale.

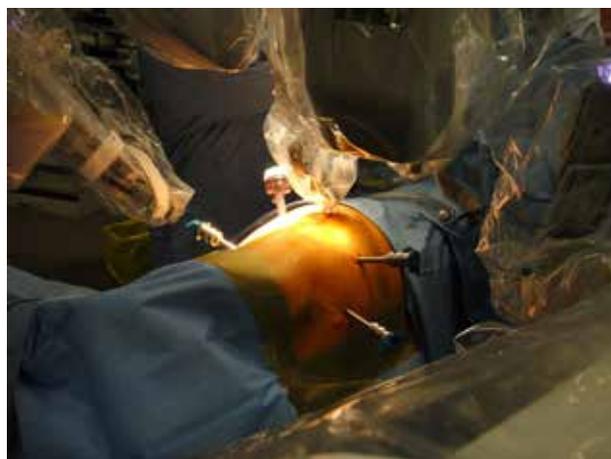
La qualité de réparation est comparable à celle obtenue par sternotomie conventionnelle, avec un risque faible de complication et de récurrence de régurgitation mitrale. Actuellement, dans notre institution, tous les patients présentant une insuffisance mitrale d'origine dégénérative sont adressés pour une réparation par voie robotique, indépendamment de la complexité des lésions de la valve mitrale ou de la nécessité d'une chirurgie concomitante de la valve tricuspide et/ou d'ablation de fibrillation auriculaire. De plus, avec l'expérience accrue, nous avons observé, comme d'autres auteurs, une amélioration progressive des résultats cliniques et la réduction des temps opératoires. Le succès de notre programme robotique a été possible grâce à une équipe dédiée bien entraînée, un haut volume opératoire et des chirurgiens expérimentés spécialisés en réparation mitrale. La plastie mitrale robotique est maintenant devenue une intervention de routine dans notre pratique chirurgicale. L'utilisation occasionnelle de la chirurgie robotique devrait être évitée car elle ne permet pas d'atteindre un niveau de sécurité et de qualité de réparation valvulaire suffisant. De plus, elle ne permet pas d'avoir la cohésion dans l'équipe chirurgicale nécessaire à la réussite d'un programme robotique.

RÉFÉRENCES

1. Navia JL, Cosgrove DM. Minimally invasive mitral valve operations. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62:1542-1544.
2. Cohn LH, Adams DH, Couper GS, *et al.* Minimally invasive cardiac valve surgery improves patient satisfaction while reducing costs of cardiac valve replacement and repair. *Ann Surg.* 1997; 226(4):421-428.
3. Carpentier A, Loulmet D, Carpentier A, *et al.* Open heart operation under videosurgery and minithoracotomy First case (mitral valvuloplasty) operated with success. *CR Acad Sci.* 1996;319(3):219-223.
4. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Walther T, van Son JA, Autschbach R. Minimally invasive port-access mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;115(3):567-576.
5. Carpentier A, Loulmet D, Aupècle B, *et al.* Computer assisted open heart surgery First case operated on with success. *CR Acad Sci III.* 1998;321:437- 42.
6. Diodato MD Jr, Damiano RJ Jr. Robotic cardiac surgery: overview. *Surg Clin North Am.* 2003;83:1351-67. ix.
7. Robicsek F. Robotic cardiac surgery: quo vadis? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:623-4.
8. Mihaljevic T, Jarrett CM, Gillinov AM, *et al.* Robotic repair of posterior mitral valve prolapse versus conventional approaches: potential realized. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;141:72-80.e1-4.
9. Suri RM, Antiel RM, Burkhart HM, *et al.* Quality of Life after early mitral valve repair using conventional and robotic approaches. *Ann Thorac Surg.* 2012;93:761-9.
10. Gillinov AM, Mihaljevic T, Javadikasgari H, *et al.* Early results of robotically assisted mitral valve surgery: Analysis of the first 1000 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:82-91
11. Navarra E, Mastrobuoni S, De Kerchove L, Glineur D, Watremez C, Van Dyck M *et al.* Robotic mitral valve repair: a European single-centre experience. *Interact CardioVasc Thorac Surg.* 2017;25:62-7.

La chirurgie robotique thoracique connaît un essor significatif depuis une dizaine d'années (1). Elle permet la réalisation de résections pulmonaires, curages ganglionnaires et résection de tumeurs médiastinales (2). Des techniques plus complexes de résection-anastomose bronchique et/ou vasculaire ont été décrites (3). Basée sur les acquis de la chirurgie vidéo-assistée, cette nouvelle technicité apporte principalement la vision en 3D et les instruments articulés, permettant certainement d'améliorer la précision et la sécurité des gestes chirurgicaux (4).

Figure 1. Vue du champ opératoire en chirurgie thoracique robotique



Les résultats cliniques relatifs ont été évalués favorablement par rapport aux techniques existantes (thoracotomie et chirurgie vidéo-assistée), et la technique robotique est actuellement reconnue comme un standard de prise en charge chirurgicale des pathologies thoraciques (5).

Les procédures de résection pulmonaire pour affections tumorales de stade précoce (cancer non à petites cellules de stade I-II), principalement représentées par les lobectomies, ont été évaluées en termes d'événements post-opératoires et d'efficacité oncologique. Ces résultats ont été confrontés à ceux des techniques par thoracotomie et vidéo-assistée.

Les techniques minimales invasives (vidéo-assistée ou robotique) ont rapidement démontré un gain en termes de complications post-opératoires par rapport aux techniques de thoracotomie sans épargne musculaire et/ou costale (6). Une large étude comparative (7) a démontré un taux de complications significativement plus faible, un séjour hospitalier plus court et taux de mortalité plus faible suite aux procédures de lobectomie robotique comparées aux procédures par thoracotomie. Comparé à la chirurgie vidéo-assistée, le taux de conversion et de complications postopératoires des procédures robotiques était significativement plus faible avec un séjour hospitalier plus court.

L'efficacité oncologique du curage ganglionnaire est évaluée par le nombre d'adénopathies réséquées mais aussi par l'upstage ganglionnaire. Le curage ganglionnaire a été décrit comme techniquement plus aisé à réaliser par voie robotique comparativement à la technique vidéo-assistée (8,9). Une étude rétrospective (10) n'a pas démontré de différence significative d'upstage ganglionnaire pour les techniques robotique et vidéo-assistée.

Une étude comparative ajustée (11) des 3 techniques chirurgicales a démontré un nombre équivalent de ganglions réséqués avec un upstage ganglionnaire le plus élevé pour la thoracotomie, suivi de la robotique puis de la technique vidéo-assistée. En analyse multivariée, l'upstage ganglionnaire ne diffère pas entre les techniques par thoracotomie ou robotique et était le plus faible pour la technique vidéo-assistée. Aucune différence en terme d'upstage des stations médiastinales centrales n'a été identifiée entre ces techniques.

La littérature démontre que la procédure de lobectomie robotique est associée à une survie à long terme et une survie sans maladie équivalentes à celles des techniques VATS et thoracotomie (6,12).

Les études comparatives évaluant la douleur post-opératoire ont démontré un avantage significatif des techniques minimales invasives ou d'épargne musculaire/costale en période post-opératoire précoce, permettant des protocoles d'analgésie plus légers. Cet avantage semble disparaître à moyen terme (6 mois post-opératoire) (13,14).

L'évaluation de la qualité de vie est rendue difficile du fait d'interactions importantes avec la douleur et la fonction respiratoire. Les études ont montré que les chirurgies minimales invasives sont au moins non-inférieures à la thoracotomie concernant la qualité de vie, et qu'elles semblent contribuer à une meilleure appréciation des patients de leur santé (15-17). Des études complémentaires sont nécessaires pour démontrer une supériorité.

Une meilleure récupération respiratoire postopératoire a été décrite pour les techniques minimales invasives comparées à la technique par thoracotomie, bien que les thoracotomies d'épargne et les voies d'abord antérieures objectivent des résultats équivalents (18,19). Ce bénéfice ne semble pas persister à moyen et long terme (20). La thoracotomie postérolatérale a l'effet néfaste le plus prononcé sur la fonction respiratoire.

Par rapport aux coûts liés à la technique robotique, on retient de la littérature que la période d'apprentissage de la technique robotique est liée à des coûts plus élevés comparativement à la chirurgie vidéo-assistée (21). Cependant, cette différence devient non significative avec l'expérience et le volume d'activité majorés. Comparée à la thoracotomie, le coût de la chirurgie robotique devient alors comparable, si pas moins important ou même profitable (22).

En conclusion, la chirurgie robotique thoracique est actuellement une technique chirurgicale validée sur le plan clinique et oncologique. Elle permet une réduction

du traumatisme chirurgical, apportant les avantages des techniques minimales invasives, tout en améliorant la précision et la sécurité des gestes chirurgicaux.

RÉFÉRENCES

- Zirafa CC, Romano G, Key TH, Davini F, Melfi F. The evolution of robotic thoracic surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019 Mar;8(2):210-217.
- Melfi FM, Fanucchi O, Mussi A. Minimally invasive mediastinal surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016 Jan;5(1):10-7.
- Durand M. Four-arm robotic sleeve right upper lobectomy. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019 Mar;8(2):286-287.
- Melfi FM, Fanucchi O, Davini F, Romano G, Lucchi M, Dini P, *et al.* Robotic lobectomy for lung cancer: evolution in technique and technology. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014 Oct;46(4):626-30.
- Cerfolio RJ. Total port approach for robotic lobectomy. *Thorac Surg Clin*. 2014 May;24(2):151-6.
- O'Sullivan KE, Kreaden US, Hebert AE, Eaton D, Redmond KC. A systematic review and meta-analysis of robotic versus open and video-assisted thoracoscopic surgery approaches for lobectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019;28(4):526-534.
- Oh DS, Reddy RM, Gorrepati ML, Mehendale S, Reed MF. Robotic-Assisted, Video-Assisted Thoracoscopic and Open Lobectomy: Propensity-Matched Analysis of Recent Premier Data. *Ann Thorac Surg*. 2017 Nov;104(5):1733-1740.
- Zirafa C. Nodal upstaging evaluation in NSCLC patients treated by robotic lobectomy. *Surg Endosc*. 2019 Jan;33(1):153-158.
- Cerfolio RJ, Ghanim AF, Dylewski M, Veronesi G, Spaggiari L, Park BJ. The long-term survival of robotic lobectomy for non-small cell lung cancer: A multi-institutional study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;155(2):778-786.
- Lee BE, Shapiro M, Rutledge JR, Korst RJ. Nodal Upstaging in Robotic and Video Assisted Thoracic Surgery Lobectomy for Clinical N0 Lung Cancer. *Ann Thorac Surg*. 2015; 100 (1), 229-33.
- Kneuert PJ, Cheufou DH, D'Souza DM, Mardanzai K, Abdel-Rasoul M, Theegarten D, *et al.* Propensity-score adjusted comparison of pathologic nodal upstaging by robotic, video-assisted thoracoscopic, and open lobectomy for non-small cell lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019 Nov;158(5):1457-1466.
- Liang H, Liang W, Zhao L, Chen D, Zhang J, Zhang Y, *et al.* Robotic versus video-assisted lobectomy/segmentectomy for lung cancer : a metaanalysis. *Ann Surg*. 2018;268:254-9. Kwon ST, Zhao L, Reddy RM, *et al.* Evaluation of acute and chronic pain outcomes after robotic, video-assisted thoracoscopic surgery, or open anatomic pulmonary resection. *J Thorac Cardio-vasc Surg*. 2017; 154: 652-9.
- Van der Ploeg APT, Ayez N, Akkersdijk GP, van Rossem CC, de Rooij PD. Postoperative pain after lobectomy: robot-assisted, video-assisted and open thoracic surgery. *J Robot Surg*. 2019; 29:1-6.
- Lacroix V, Mosala Nezhad Z, Kahn D, Steyaert A, Poncelet A, Pieters T, Noirhomme P. Pain, Quality of Life, and Clinical Outcomes after Robotic Lobectomy. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Aug;65(5):344-350.
- Riszk N, Ghanie A, Hsu M, Bains MS, Downey RJ, Sarkaria IS, *et al.* A prospective trial comparing pain and quality of life measures after anatomic lung resection using thoracoscopy or thoracotomy. *Ann Thorac Surg*. 2014; 98:1160-6.
- Cerfolio RJ, Bryant AS, Skylizard L, Minnich DJ. Initial consecutive experience of completely portal robotic pulmonary resection with 4 arms. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;142:740-6. Nomori H, Ohtsuka T, Horio H, *et al.* Difference in the impairment of vital capacity and 6-minute walking after a lobectomy performed by thoracoscopic surgery, an anterior limited thoracotomy, an anteroaxillary thoracotomy, and a posterolateral thoracotomy. *Surg Today*. 2003; 33: 7-12.
- Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969; 99: 696-702.
- Handy JR Jr, Asaph JW, Douville EC, *et al.* Does video-assisted thoracoscopic lobectomy for lung cancer provide improved functional outcomes compared with open lobectomy? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010; 37: 451-5.
- Kneuert PJ, Singer E, D'Souza DM, Abdel-Rasoul M, Moffatt-Bruce SD, *et al.* Hospital cost and clinical effectiveness of robotic-assisted versus video-assisted thoracoscopic and open lobectomy: a propensity score-weighted comparison. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;157(5):2018-26.
- Kaur MN, Xie F, Shiwcharan A, Patterson L, Shargall Y, *et al.* Robotic versus video-assisted thoracoscopic lung resection during early program development. *Ann Thorac Surg*. 2018;105(4):1050-57.