

■ Revues générales

Les robots chirurgicaux en pédiatrie : quels progrès en attendre ?

RÉSUMÉ : Les techniques de chirurgie assistée par robot sont en plein essor depuis dix ans. Il s'agit principalement d'interventions gynécologiques, urologiques ou digestives de patients adultes. Progressivement, toutes les disciplines chirurgicales y compris pédiatriques se sont intéressées à ces nouveaux outils et, actuellement, les indications sont multiples dans pratiquement toutes les spécialités.

L'indication pédiatrique la plus admise concerne la chirurgie de réimplantation urétérale et la chirurgie du reflux gastro-œsophagien. Dans les deux cas, la courbe d'apprentissage est raisonnable et les résultats sont comparables aux chirurgies réalisées par voie conventionnelle. D'autres indications existent en neurochirurgie, en ORL ou en orthopédie. Pour l'instant, les résultats concernent un petit nombre de patient et ne permettent pas de définir de recommandations définitives.

La formation des chirurgiens pédiatres, comme les chirurgiens d'adultes, va se tourner de plus en plus vers ces nouvelles techniques d'assistance robotique à la chirurgie, ce qui permettra d'en préciser mais également d'en élargir les indications et de gagner en fiabilité et en rapidité lors du geste chirurgical.



R. VIALLE

Département Hospitalo-Universitaire
"Maladies Musculo-squelettiques
et Innovations Thérapeutiques",
DHU-MAMUTH, Sorbonne Université,
Service de Chirurgie orthopédique
et réparatrice de l'enfant,
Hôpital Armand Trousseau, PARIS.

De puis presque 20 ans, la robotique s'est progressivement imposée comme une avancée technologique dans la réalisation des interventions chirurgicales. Actuellement, elle permet dans certaines disciplines de réaliser différents types d'intervention chirurgicale en reproduisant les gestes d'une intervention classique mais de manière plus précise, moins invasive et plus reproductible. Dans tous les cas, le robot reste totalement contrôlé par le chirurgien qui, le plus souvent, est confortablement assis à distance du patient et manipule les différents instruments par l'intermédiaire d'une console.

L'indication la plus classique concerne la réalisation d'interventions sous laparoscopie ou thoracoscopie. Dans ce cas, le système est équipé d'une ou plusieurs caméras, ce qui permet de donner une vision très nette, très précise et parfois en trois dimensions du champ opératoire. Les instruments de chirurgie sont

adaptés au bras du robot et peuvent ainsi être manipulés par l'intermédiaire d'incisions très courtes, ce qui limite le risque de complications et permet une récupération plus rapide des patients [1].

Dès le début des années 2000, les indications de chirurgie assistée par des technologies de robotique chirurgicale ont concerné majoritairement les interventions de chirurgie gynécologique [2], urologique [3] ou digestive [4]. Progressivement, toutes les disciplines chirurgicales se sont intéressées à ces nouveaux outils et, actuellement, les indications sont multiples dans pratiquement toutes les spécialités.

La chirurgie infantile, qu'elle soit digestive, urologique ou orthopédique, a bien entendu également une carte à jouer dans ce domaine mais, du fait du nombre plus réduit de centres, de praticiens et de patients concernés, les premières applications en pratique clinique

Revue générale

courante commencent à peine. En pédiatrie comme pour l'adulte, les bénéfices attendus sont importants, tant pour la qualité du geste chirurgical que pour la qualité des suites opératoires.

Indications et résultats en fonction des différentes disciplines de chirurgie pédiatrique

1. En chirurgie urologique pédiatrique

Les publications les plus nombreuses et les plus récentes concernent de loin la chirurgie de réimplantation urétérale. Ainsi, une série multicentrique importante portant sur plus de 150 enfants opérés met en évidence la très grande qualité des résultats, que cette intervention soit réalisée en coelioscopie conventionnelle ou en coelioscopie assistée par robot. La durée opératoire est significativement plus longue lorsque le robot est utilisé, mais avec un taux de complications qui reste extrêmement faible et des résultats tout à fait excellents [5].

En pédiatrie, l'évolution technologique apportée par la robotique est également complétée par le développement de nouveaux instruments de laparoscopie, avec notamment des instruments plus petits pouvant être utilisés par l'intermédiaire de trocars de 5 mm de diamètre. Cela permet d'élargir les indications à des enfants toujours plus petits avec des poids plus faibles, tout en améliorant le résultat cosmétique des différentes cicatrices des incisions faites pour faire pénétrer les instruments dans la cavité abdominale [6].

Bien que le confort de l'opérateur et sa précision soient excellents, la méta-analyse des résultats publiés en chirurgie robotisée pour le traitement du reflux vésico-urétéral ne permet pas encore de démontrer la supériorité de cette technique comparée aux techniques laparoscopiques classiques, voire même aux techniques



Réalisation d'une intervention de chirurgie gynécologie à l'aide du robot Da Vinci. Vue du poste chirurgical de commande.



Vue générale de la patiente installée avec les différents instruments coelioscopiques actionnés au moyen des bras du robot.

à ciel ouvert. Cela est notamment dû à la courbe d'apprentissage lorsque cette intervention est réalisée par voie robotisée [7].

L'urologie pédiatrique reste malgré tout la discipline dans laquelle la communauté chirurgicale est la plus active dans le domaine de l'innovation liée à



Intervention de chirurgie ORL réalisée par voie endoscopique avec l'aide du robot RobOtol.

la robotique chirurgicale. L'analyse de la littérature récente le confirme, avec un volume très important de publications notamment sur des séries courtes et des cas cliniques, mais également sur l'évaluation multicentrique des différents gestes réalisés à l'aide d'outils robotiques (chirurgie pyélique, néphrectomie totale ou partielle, chirurgie vésicale) [8-10].

2. En chirurgie digestive pédiatrique

Au-delà de la simple chirurgie urologique, la chirurgie robotisée semble pouvoir être utilisée pour le traitement des tumeurs du rétropéritoine mais également des tumeurs digestives au sens large. Le bénéfice concerne là encore une meilleure précision du geste tout autant que la qualité du résultat cosmétique au niveau de la voie d'abord. Les retours d'expérience sont encore rares dans la littérature à ce sujet [11].

La chirurgie robot-assistée du reflux gastro-œsophagien est une indication très prometteuse en chirurgie pédiatrique. Une étude multicentrique a ainsi

démonstré la grande qualité des résultats obtenus par cette technique, au même niveau que les techniques classiques par laparoscopie. La courbe d'apprentissage semble tout à fait raisonnable avec une diminution significative de la durée opératoire à partir du 20^e patient opéré par voie robot-assistée [12].

3. En neurochirurgie pédiatrique

La majorité des indications concerne actuellement la chirurgie cérébrale. Plusieurs équipes rapportent l'utilisation d'un bras robotisé pour le placement des électrodes de détection profonde des zones épileptogènes. Le placement des électrodes serait donc ainsi plus précis. Il s'agit néanmoins d'une chirurgie délicate avec un nombre de complications élevé et, pour l'instant, l'utilisation d'un bras robotisé n'a pas permis de démontrer une réduction de la morbidité du geste chirurgical [13-15].

L'utilisation de la chirurgie robotisée semble performante pour le placement et l'implantation définitive des électrodes

de stimulation cérébrale profonde, notamment chez les enfants souffrant de dystonie. Cette indication reste malgré tout assez exceptionnelle [16].

L'utilisation du robot pour la réalisation des ventriculocisternostomies est également une option désormais tout à fait envisageable [17].

4. En chirurgie ORL pédiatrique

L'utilisation du robot chirurgical permet de réaliser des chirurgies thyroïdiennes chez des adolescents par des voies d'abord très inhabituelles, rétro-auriculaires ou axillaires. Dans ce cas, le bénéfice cosmétique est réel pour le patient. Le geste chirurgical semble pouvoir être réalisé par ces différentes voies dans de bonnes conditions sans augmentation du risque de complication, avec toutefois une durée opératoire relativement élevée [18].

5. En chirurgie orthopédique

Pour la chirurgie adulte, plusieurs systèmes robotiques d'assistance chirurgicale sont disponibles sur le marché. La majorité d'entre eux cible l'aide au positionnement des prothèses articulaire, ce qui concerne assez peu la pédiatrie [19, 20].

L'indication la plus évidente transposable à la pédiatrie serait donc l'aide au placement de vis pédiculaires au niveau du rachis, notamment pour la correction des déformations de la colonne vertébrale comme les scolioses ou les cyphoses. Pour l'instant, les données de la littérature sont rares sur ce sujet, probablement en raison de la durée opératoire déjà importante pour ces opérations chirurgicales et qui serait d'autant plus allongée par l'utilisation du robot. Cela augmenterait probablement le risque de complications infectieuses et l'importance du saignement peropératoire.

La précision de placement des vis pédiculaires réalisé au moyen d'outils robotiques semble tout à fait bonne

Revue générale

POINTS FORTS

- En pédiatrie, l'évolution technologique apportée par la robotique est complétée par le développement de nouveaux instruments de laparoscopie plus petits pouvant être utilisés par l'intermédiaire de trocars de 5 mm de diamètre. Cela permet d'élargir les indications à des enfants toujours plus petits avec des poids plus faibles, tout en améliorant le résultat cosmétique des différentes cicatrices.
- La chirurgie robot-assistée du reflux gastro-œsophagien est une indication très prometteuse en chirurgie pédiatrique. La courbe d'apprentissage semble tout à fait raisonnable avec une diminution significative de la durée opératoire à partir du 20^e patient opéré par voie robot-assistée.
- La précision de placement des vis pédiculaires réalisée au moyen d'outils robotiques semble tout à fait bonne et comparable aux autres techniques comme la technique classique à main levée ou les techniques utilisant un guidage radiologique.
- L'essor de la chirurgie robotisée dans beaucoup de disciplines chirurgicales pour adultes doit inciter les chirurgiens pédiatres à saisir cette nouvelle opportunité. Les bénéfices attendus seront certainement importants, permettant une chirurgie plus précise, moins douloureuse, avec des cicatrices moins grandes.

et comparable aux autres techniques, comme la technique classique à main levée ou les techniques utilisant un guidage radiologique [21].

Dans un grand nombre de protocoles associant le robot au placement des vis pédiculaires, la nécessité d'utiliser un contrôle peropératoire, soit par radiographie soit par scanner, pose également un gros problème en chirurgie pédiatrique. En effet, il est parfaitement démontré que l'irradiation supplémentaire pour le patient comme pour le personnel du bloc opératoire est alors tout à fait significative. Cela pose d'autant plus problème pour la réalisation de procédures complexes de correction de scolioses ou de cyphoses, avec une exposition prolongée aux rayonnements ionisants durant le geste [22].

Par ailleurs, le placement d'un implant métallique au contact de structures

à risque comme la moelle épinière nécessite de pouvoir contrôler de façon permanente l'absence d'effraction du canal vertébral ou la trop grande proximité du tissu nerveux. Il est donc nécessaire de développer en même temps que les techniques de placement robotisé les techniques de surveillance adaptées, comme le neuro-monitoring [23].

Conclusion et perspectives

L'enjeu actuel de l'utilisation des techniques robotisées pour la réalisation d'interventions chirurgicales dépasse très largement le seul cadre de la chirurgie pédiatrique. Le faible nombre de patients pédiatriques pouvant aujourd'hui bénéficier de ces nouvelles technologies justifie que les outils de chirurgie robotique, souvent coûteux, sont utilisés sur des plateaux mixtes

dédiés à la chirurgie pour enfants et pour adultes.

Il en est de même pour la formation des jeunes chirurgiens qui doivent pouvoir accéder à des plateformes de simulation et d'entraînement afin d'appréhender au mieux la courbe d'apprentissage et de se former à ces nouvelles techniques [24].

Le questionnement de beaucoup de chirurgiens, encore en formation et même parfois en activité depuis longtemps, est toujours le même lorsqu'une nouvelle technique vient perturber le champ des possibles dans leur discipline : dois-je me former à nouveau ? Attendre un peu ? Ou tourner le dos à cette nouvelle technique qui n'est peut-être finalement qu'un nouvel "effet de mode" [25] ?

L'essor de la chirurgie robotisée, qui est actuellement en pleine expansion dans beaucoup de disciplines chirurgicales pour adultes, doit inciter les chirurgiens pédiatres à saisir cette nouvelle opportunité. Les bénéfices attendus seront certainement importants, permettant une chirurgie plus précise, moins douloureuse et avec des cicatrices moins grandes.

La question de la durée opératoire reste posée mais, grâce à l'évolution des techniques et à la formation de plus en plus poussée des chirurgiens dans ce domaine, il y a fort à parier que l'utilisation de techniques robotisées ne soit bientôt plus considérée comme un obstacle à la réalisation d'un geste rapide. Tout comme les premières interventions sous coelioscopie à la fin des années 1990, la robotique chirurgicale est une nouvelle façon de pratiquer la chirurgie, sans doute complémentaire des techniques conventionnelles dans bon nombre de cas, mais augurant certainement aussi de nouvelles avancées médicales.

L'auteur remercie les Drs C. Uzan, Y. Nguyen et G. Canlorbe pour leur contribution précieuse à l'iconographie de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

1. HAN ES, ADVINCULA AP. Safety in minimally invasive surgery. *Obstet Gynecol Clin North Am*, 2019;46:389-398.
2. LAWRIE TA, LIU H, LU D *et al.* Robot-assisted surgery in gynaecology. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019;4:CD011422.
3. CAPOGROSSO P, VENTIMIGLIA E, SALONIA A. Assessing robot-assisted laparoscopic prostatectomy. *Lancet*, 2017;389:800.
4. SEILER R, THALMANN GN. Robot-assisted versus open cystectomy. *Lancet*, 2018;391:2479-2480.
5. ESPOSITO C, VARLET F, RIQUELME MA *et al.* Postoperative bladder dysfunction and outcomes after mis extravesical ureteral reimplantation in children using laparoscopic and robot-assisted approach. results of a multicentric international survey. *BJU Int*, 2019;124:820-827.
6. KAWAL T, SAHADEV R, SRINIVASAN A *et al.* Robotic surgery in infants and children: an argument for smaller and fewer incisions. *World J Urol*, 2019 [Epub ahead of print].
7. GERBER JA, KOH CJ. Robot-assisted laparoscopic ureteral reimplantation in children: a valuable alternative to open surgery. *World J Urol*, 2019 [Epub ahead of print].
8. FERNANDEZ N, FARHAT WA. A comprehensive analysis of robot-assisted surgery uptake in the pediatric surgical discipline. *Front Surg*, 2019;6:9.
9. GRIVAS N, KALAMPOKIS N, LARCHER A *et al.*; J-ERUS/YAU Robotic Urology Working Group. Robot-assisted versus open partial nephrectomy: comparison of outcomes. A systematic review. *Minerva Urol Nefrol*, 2019;71:113-120.
10. ESPOSITO C, MASIERI L, BLANC T *et al.* Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty (RALP) in children with horseshoe kidneys: results of a multicentric study. *World J Urol*, 2019;37:2257-2263.
11. MEIGNAN P, BALLOUHEY Q, LEJEUNE J *et al.* Robotic-assisted laparoscopic surgery for pediatric tumors: a bicenter experience. *J Robot Surg*, 2018;12:501-508.
12. BINET A, FOURCADE L, AMAR S *et al.* Robot-assisted laparoscopic funduplications in pediatric surgery: experience review. *Eur J Pediatr Surg*, 2019;29:173-178.
13. CANDELA-CANTÓ S, APARICIO J, LÓPEZ JM *et al.* Frameless robot-assisted stereoelectroencephalography for refractory epilepsy in pediatric patients: accuracy, usefulness, and technical issues. *Acta Neurochir (Wien)*, 2018;160:2489-2500.
14. MCGOVERN RA, KNIGHT EP, GUPTA A *et al.* Robot-assisted stereoelectroencephalography in children. *J Neurosurg Pediatr*, 2018;23:288-296.
15. DE BENEDICTIS A, TREZZA A, CARAI A *et al.* Robot-assisted procedures in pediatric neurosurgery. *Neurosurg Focus*, 2017;42:E7.
16. CANDELA S, VANEGAS MI, DARLING A *et al.* Frameless robot-assisted pallidal deep brain stimulation surgery in pediatric patients with movement disorders: precision and short-term clinical results. *J Neurosurg Pediatr*, 2018;22:416-425.
17. HOSHIDE R, CALAYAG M, MELTZER H *et al.* Robot-assisted endoscopic third ventriculostomy: institutional experience in 9 patients. *J Neurosurg Pediatr*, 2017;20:125-133.
18. WU EL, GARSTKA ME, KANG SW *et al.* Robotic neck surgery in the pediatric population. *JSLs*, 2018;22.
19. JEON SW, KIM KI, SONG SJ. Robot-assisted total knee arthroplasty does not improve long-term clinical and radiologic outcomes. *J Arthroplasty*, 2019;34:1656-1661.
20. NAKAMURA N, SUGANO N, SAKAI T *et al.* Does robotic milling for stem implantation in cementless THA result in improved outcomes scores or survivorship compared with hand rasping? Results of a randomized trial at 10 years. *Clin Orthop Relat Res*, 2018;476:2169-2173.
21. MACKE JJ, WOO R, VARICH L. Accuracy of robot-assisted pedicle screw placement for adolescent idiopathic scoliosis in the pediatric population. *J Robot Surg*, 2016;10:145-150.
22. SENSACOVIC WF, O'DELL MC, AGHA A *et al.* CT radiation dose reduction in robot-assisted pediatric spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017;42:E417-E424.
23. SHAW KA, MURPHY JS, DEVITO DP. Accuracy of robot-assisted pedicle screw insertion in adolescent idiopathic scoliosis: is triggered electromyographic pedicle screw stimulation necessary? *J Spine Surg*, 2018;4:187-194.
24. CUNDY TP, MAYER EK, CAMPS JI *et al.* Education and training in pediatric robotic surgery: lessons learned from an inaugural multinational workshop. *J Robot Surg*, 2015;9:57-63.
25. CUNDY TP, MARCUS HJ, HUGHES-HALLETT A *et al.* Robotic surgery in children: adopt now, await, or dismiss? *Pediatr Surg Int*, 2015;31:1119-1125.

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