

[Highlight anniversaire: chirurgie](#)

La laparoscopie comme base pour le développement de la robotique et de l'intelligence artificielle

Dr méd. Simone N. Zwicky, Prof. Dr méd. Guido Beldi

Universitätsklinik für Viszerale Chirurgie und Medizin, Inselspital Bern, Bern

Au cours des 20 dernières années, les voies d'abord chirurgicales ont été minimisées: de grandes opérations à travers de petites incisions. Ce développement a jeté les bases pour les prochaines étapes dans la chirurgie: le soutien par des algorithmes.

La laparoscopie comme base

Tous les débuts sont difficiles. Le Prof. Kurt Semm s'en est également rendu compte il y a 40 ans, lorsqu'il a pratiqué la première appendicectomie laparoscopique au sein du département de gynécologie de l'Hôpital universitaire de Kiel. Le gynécologue, qui fut plus tard acclamé comme le fondateur de la chirurgie laparoscopique, a initialement essuyé de vives critiques. Pour quelle raison faudrait-il remplacer la chirurgie ouverte, qui est sûre, par une technique inconnue peut-être dangereuse faisant appel à des instruments plus coûteux et prenant plus de temps? Philippe Mouret a subi le même sort, lorsqu'il a pratiqué la première cholécystectomie vidéo-laparoscopique en 1987 [1].

Il aura fallu attendre 1989 et la présentation par les Américains Saye, Reddick et Olsen de la cholécystectomie laparoscopique lors du congrès annuel du «American College of Surgeons» pour que la laparoscopie suscite un intérêt mondial [2]. Une vague d'enthousiasme pour la chirurgie mini-invasive et pour les nouvelles techniques et les nouveaux instruments a alors déferlé au sein de la communauté chirurgicale. Au cours des années suivantes, pratiquement toutes les opérations de chirurgie viscérale ont été expérimentées par voie laparoscopique et bon nombre d'entre elles se sont imposées dans la routine, tout d'abord pour les maladies bénignes, puis pour les affections malignes. C'est lorsque les craintes de métastases pour les voies d'abord laparoscopiques se sont révélées infondées et que les premiers résultats à long terme d'études randomisées ayant porté sur la résection laparoscopique de cancers du côlon ont été publiés que la laparoscopie s'est définitivement établie, après l'entrée dans le nouveau millénaire [1, 3–5]. L'essor et l'acceptation de la

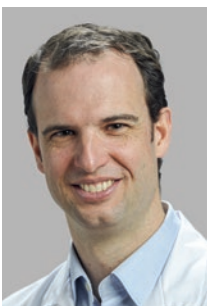
chirurgie mini-invasive ainsi que la nécessité de continuer à la perfectionner ont constitué les bases pour le développement de la chirurgie robotique.

La robotique, une idée divine née de la laparoscopie

Le concept initial de la chirurgie robotique émane de l'armée. Les soldats gravement blessés devaient être traités à une distance sûre via téléchirurgie alors qu'ils étaient encore au front. La course à l'espace à partir des années 1950 a ouvert un nouveau scénario où la téléchirurgie était nécessaire et a conduit à la promotion publique et privée de développements techniques dans ce domaine. En 1994, le premier bras robotique pour la chirurgie laparoscopique a été autorisé, permettant de positionner le laparoscope au moyen d'une pédale. A peine quatre ans plus tard, des opérations étaient pratiquées au moyen du premier système chirurgical robotique complet, baptisé «ZEUS». Le système était composé de trois bras, un pour l'endoscope et deux pour les instruments chirurgicaux, qui étaient commandés par le chirurgien au moyen d'une console en se basant sur un moniteur vidéo [6]. En 2001, l'opération Lindbergh a marqué une nouvelle étape décisive. Ce fut la première chirurgie transatlantique, lors de laquelle une équipe de chirurgiens basée à New York a réalisé une cholécystectomie robot-assistée sur une patiente située à Strasbourg [7]. Environ à la même période, le système robotique qui a sans doute connu le plus grand succès jusqu'à aujourd'hui, le système chirurgical «Da Vinci», a été introduit en Europe et il a été le premier système robotique à être autorisé aux Etats-Unis, en l'an 2000. Le terrain était ainsi préparé pour l'«ère robotique» subséquente [6].



Simone N. Zwicky



Guido Beldi

L'implémentation de la laparoscopie conventionnelle était limitée avant tout pour les interventions complexes, comme par exemple les résections d'organes parenchymateux tels que la prostate, le pancréas et le foie, en raison de l'absence de vision stéréoscopique sur les écrans vidéo bidimensionnels, de degrés de liberté limités des instruments, ainsi que d'une coordination œil-main limitée. Les développements de la chirurgie robot-assistée ont ouvert de nouvelles perspectives. La vision stéréoscopique tridimensionnelle fortement grossie du champ opératoire, le contrôle autonome de l'endoscope et des instruments ayant des degrés de liberté plus élevés ne sont que quelques-uns des progrès apportés par la chirurgie robot-assistée et de nouvelles techniques opératoires sont ainsi devenues possibles [6].

Au début des années 2000, des «case reports» d'opérations réalisées pour la première fois par chirurgie robotique ont été publiés. Initialement, les systèmes robotiques étaient avant tout utilisés dans le domaine de l'urologie [8]. Grâce à la chirurgie robot-assistée, les chirurgiens non initiés à la laparoscopie ont eux aussi pu rapidement passer de la chirurgie ouverte à la technique mini-invasive [9]. Au cours des années suivantes, la robotique a de plus en plus été utilisée dans la chirurgie générale pour des opérations très complexes d'affections bénignes et malignes.

Dans la chirurgie viscérale, la robotique a initialement été utilisée pour les maladies colorectales. Les avantages de la méthode dans ce domaine reposent sur la complexité des interventions et sur les espaces restreints.

Toutefois, seules quelques rares études randomisées et contrôlées prospectives sont pour l'instant disponibles [10–12]. La grande étude «ROLARR» n'a cependant pas montré de différence significative entre les deux techniques en termes de taux de conversion et de morbidité [12]. La robotique présente de nombreux avantages pour le chirurgien, mais à ce jour, il n'existe pas de preuve scientifique indiquant que le patient retire des avantages évidents des systèmes actuels.

Evaluation

L'établissement définitif de la laparoscopie au début des années 2000 a constitué la base du développement et de l'acceptation de la robotique dans la chirurgie générale au cours des 20 dernières années. Les opérations robot-assistées offrent des avantages clairs pour le chirurgien (visibilité, coordination, manipulation des tissus), ainsi que des avantages potentiels pour le patient, tels qu'un traumatisme chirurgical moindre avec une convalescence plus rapide. Bien que le nombre d'opérations robot-assistées augmente d'an-

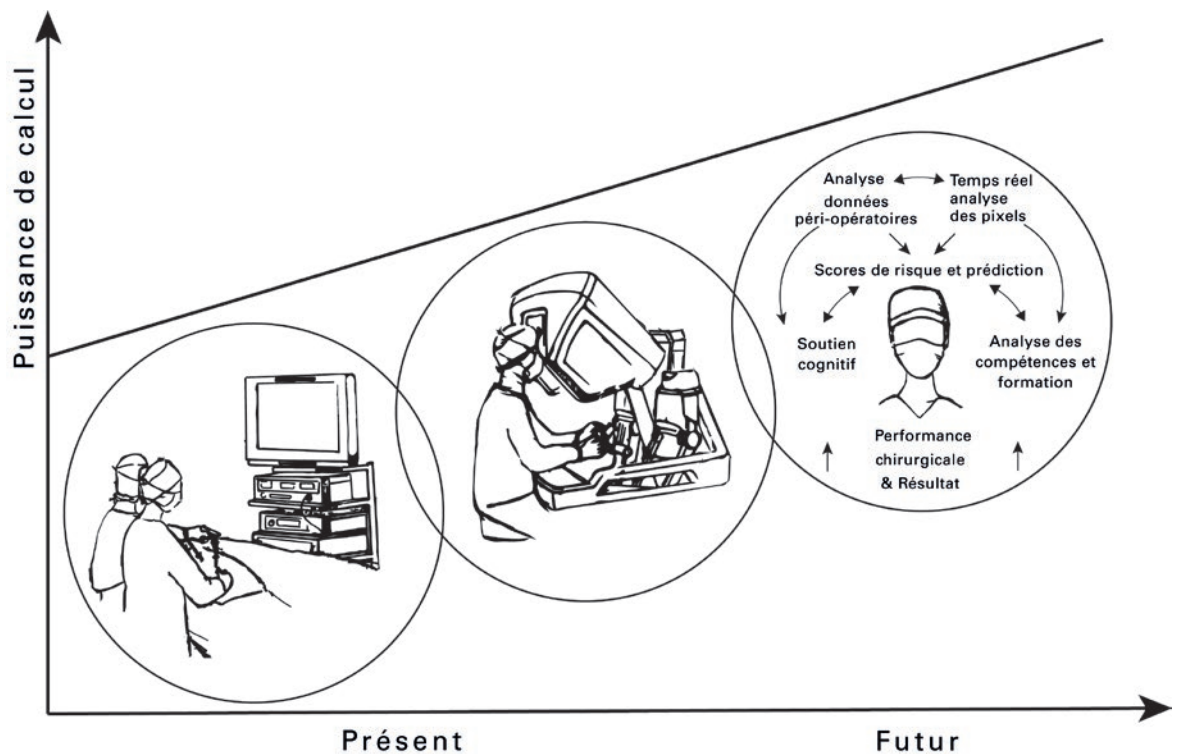


Figure 1: Evolution de la chirurgie au cours des 20 dernières années et future: l'augmentation de la puissance de calcul et de la résolution des images ont rendu possible la laparoscopie et la chirurgie assistée par robot et permettront, grâce à l'intelligence artificielle, d'aider encore davantage les chirurgiens.

née en année, aujourd'hui, environ 20 ans après la commercialisation des premiers systèmes robotiques, seule une fraction des opérations de chirurgie générale sont réalisées avec une assistance robotique. Cela est avant tout imputable aux coûts élevés, aux durées opératoires plus longues et à la perception tactile limitée. En outre, des études randomisées et contrôlées multicentriques démontrant la supériorité de la chirurgie robot-assistée actuelle par rapport à la laparoscopie conventionnelle font pour l'heure défaut [10]. Les évolutions les plus récentes montrent que les limitations décrites de la chirurgie robot-assistée parviendront à être surmontées progressivement au cours des prochaines années. Des modèles moins onéreux avec de nouvelles fonctions, comme par exemple un feedback haptique (perception tactile des tissus), mis au point par différentes entreprises stimulent la concurrence et donc le développement. Ainsi, la robotique trouvera inéluctablement le chemin de la routine clinique. Les développements de ces 20 dernières années nous accompagneront donc dans le futur.

Opérations assistées par des algorithmes à l'avenir

A côté de la robotique, l'intelligence artificielle permettra elle aussi de réaliser des opérations chirurgicales de façon plus sûre et plus précise. Les opérations automatisées, qui sont au fond la chirurgie robotique au sens propre, sont certes encore loin d'être à notre portée, mais l'intelligence artificielle assistera déjà dans un futur proche les chirurgiens grâce à une résolution d'image et une puissance de calcul croissantes (fig. 1). Les développements actuels intègrent la localisation et le mouvement des instruments en temps réel afin d'identifier ainsi les étapes critiques d'une opération [13]. Les structures anatomiques qui ne sont pas visibles peuvent être représentées. Les possibilités qui permettent de détecter automatiquement la fatigue ou l'habileté de l'opérateur continuent également à être perfectionnées [14]. Ces développements techniques futurs ne sont qu'une petite partie des possibilités pour améliorer la prise en charge chirurgicale globale des patients. L'objectif ne sera pas tant de parvenir à

une chirurgie totalement automatisée avec un remplacement de l'homme par le robot, mais de soutenir et d'élargir les possibilités thérapeutiques chirurgicales au moyen de l'intelligence artificielle et de la robotique.

Disclosure Statement

SNZ n'a pas déclaré de conflits d'intérêts potentiels. GB déclare que pour l'une de ses études cliniques réalisées au cours des 36 derniers mois, l'infirmière impliquée a bénéficié du soutien de Caresyntax.

Références

- 1 Antoniou SA, Antoniou AI, Granderath FA. Past, Present, and Future of Minimally Invasive Abdominal Surgery. *JLS*. 2015;19(3):e2015.00052.
- 2 Kelley WE, Jr. The evolution of laparoscopy and the revolution in surgery in the decade of the 1990s. *JLS*. 2008;12:351-7.
- 3 Lacy AM, Garcia-Valdecasas JC, Delgado S, Castells A, Taurá P, Piqué JM, Visa J. Laparoscopy-assisted colectomy versus open colectomy for treatment of non-metastatic colon cancer: a randomised trial. *Lancet*. 2002;359:2224-9.
- 4 Veldkamp R, Kuhry E, Hop WCJ, Jeekel J, Kazemier G, Bonjer HJ, et al. Laparoscopic surgery versus open surgery for colon cancer: short-term outcomes of a randomised trial. *Lancet Oncol*. 2005;6:477-84.
- 5 Lacy AM, Delgado S, Castells A, Prins HA, Arroyo V, Ibarzabal A, Piqué JM. The long-term results of a randomized clinical trial of laparoscopy-assisted versus open surgery for colon cancer. *Ann Surg*. 2008;248:1-7.
- 6 Morrell ALG, Morrell-Junior AC, Morrell AG, Mendes JMF, Tustumi F, DE-Oliveira-E-Silva LG, Morrell A. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*. 2021;48:e20202798.
- 7 Marescaux J, Leroy J, Gagner M, Rubino F, Mutter D, Vix M, Butner SE, Smith MK. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature*. 2001;413:379-80.
- 8 Boggi U, Vistoli F, Amorese G. Twenty years of robotic surgery: a challenge for human limits. *Updates Surg*. 2021;73.
- 9 Thiel DD, Winfield HN. Robotics in urology: past, present, and future. *J Endourol*. 2008;22:825-30.
- 10 Stoffels B, Glowka TR, von Websky MW, Kalf J, Vilz TO. Roboterassistierte Operationen in der Viszeralchirurgie. *Chirurg*. 2020;91:190-4.
- 11 Hoshino N, Sakamoto T, Hida K, Takahashi Y, Okada H, Obama K, Nakayama T. Difference in surgical outcomes of rectal cancer by study design: meta-analyses of randomized clinical trials, case-matched studies, and cohort studies. *BJS open*. 2021;5(2):zraa067.
- 12 Jayne D, Pigazzi A, Marshall H, Croft J, Corrigan N, Copeland J, et al. Effect of Robotic-Assisted vs Conventional Laparoscopic Surgery on Risk of Conversion to Open Laparotomy Among Patients Undergoing Resection for Rectal Cancer: The ROLARR Randomized Clinical Trial. *Jama*. 2017;318:1569-80.
- 13 Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Ann Surg*. 2018;268:70-6.
- 14 Lavanchy JL, Zindel J, Kirtac K, Twick I, Hosgor E, Candinas D, Beldi G. Automation of surgical skill assessment using a three-stage machine learning algorithm. *Sci Rep*. 2021;11:5197.

Correspondance:
Prof. Dr méd. Guido Beldi
Universitätsklinik für Viszerale Chirurgie und Medizin
Inselspital,
Bauchzentrum Bern
Freiburgstrasse
CH-3010 Bern
Guido.Beldi[at]insel.ch