

[**Video-assisted surgery in children: Current progress and future perspectives**].

Matthieu Peycelon, B. Parmentier, Claire Raquillet, N. Louvet, Georges Audry, Frédéric Auber

► **To cite this version:**

Matthieu Peycelon, B. Parmentier, Claire Raquillet, N. Louvet, Georges Audry, et al.. [Video-assisted surgery in children: Current progress and future perspectives].. Archives de Pédiatrie, Elsevier, 2013, 20 (5), pp.509-16. <10.1016/j.arcped.2013.02.073>. <inserm-00825077>

HAL Id: inserm-00825077

<http://www.hal.inserm.fr/inserm-00825077>

Submitted on 22 May 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

VIDEOCHIRURGIE CHEZ L'ENFANT : PROGRES ACTUELS ET PERSPECTIVES FUTURES

VIDEO-ASSISTED SURGERY IN CHILDREN: CURRENT PROGRESS AND FUTURE PERSPECTIVES

M. Peycelon^{1,2,3}, B. Parmentier¹, C. Raquillet¹, N. Louvet^{2,4}, G. Audry^{1,2}, F. Auber¹

1 *AP-HP, Hôpitaux Universitaires Est Parisien, Hôpital Trousseau, Service de Chirurgie Viscérale Pédiatrique, F-75012, Paris, France*

2 *UPMC Univ Paris 06, UFR de Médecine Pierre et Marie Curie, F-75005, Paris, France*

3 *AP-HP, Hôpitaux Universitaires Est Parisien, Hôpital Trousseau, Service de Cytogénétique et d'Embryologie Médicales, INSERM UMRS_933, Paris, France*

4 *AP-HP, Hôpital Trousseau, Service d'Anesthésie Pédiatrique, F-75012, Paris, France*

Mots-clés : vidéo-chirurgie, cœlioscopie, chirurgie mini-invasive, enfants, robotique, NOTES

Key Words (MeSH): Laparoscopy, Minimally Invasive Surgical Procedures, Child, Robotics

Nombre de mots : résumé (250), texte (3653).

*Auteur correspondant :

Mathieu Peycelon

Hôpitaux Universitaires Est Parisien, Hôpital Trousseau, Service de Chirurgie Viscérale Pédiatrique

26, avenue du Docteur Arnold-Netter

75571 PARIS Cedex 12, France

Tel : (+33) 1 44 73 65 90

Fax : +33) 1 44 73 69 79

Email : matthieu.peycelon@yahoo.fr

RESUME

(250 mots)

L'objectif de ce travail est de réaliser une mise au point sur la place de la chirurgie vidéo-assistée en chirurgie viscérale pédiatrique et de discuter les perspectives d'avenir dans ce domaine. Les techniques de vidéo-chirurgie ont permis de minimiser l'impact esthétique et traumatique des interventions en chirurgie viscérale et sont en constant développement chez l'adulte comme chez l'enfant. La formation plus précoce des chirurgiens à ces techniques, associée aux progrès anesthésiques et aux améliorations technologiques, a permis d'augmenter le savoir-faire et de pratiquer des interventions plus complexes par cette voie d'abord. Si la plupart des interventions viscérales ont déjà été réalisées par voie cœlioscopique, la littérature peine à la définir comme un « *gold standard* », notamment en raison des difficultés à démontrer des bénéfices esthétiques ou sur la douleur. L'intérêt de la cœlioscopie pour la cholécystectomie est désormais admis en termes de suites opératoires sans augmenter les complications. Pour le traitement chirurgical du reflux gastro-œsophagien et pour la splénectomie, aucune étude pédiatrique ne conclut à la supériorité de la cœlioscopie mais des données chez l'adulte la suggèrent. L'abord en lomboscopie permet de réaliser des interventions urologiques en évitant de larges lombotomies. La cœlioscopie peut servir également d'outil diagnostique, comme lors des testicules non palpables, et permettre un geste thérapeutique si nécessaire. L'appendicectomie reste encore sujette à débat. Les études sont contradictoires et la chirurgie ouverte garde une place importante, mais la proportion de cœlioscopie dans cette indication semble augmenter. La cœlioscopie reste toutefois controversée pour la chirurgie oncologique pédiatrique.

VIDEO-ASSISTED SURGERY IN CHILDREN: CURRENT PROGRESS AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT

(204 words)

This review presents the evidence of the video-assisted surgery in the pediatric population and discusses future progress in this field. Videosurgery allows minimizing the cosmetic impact and the pain induced by open procedures and has been in constant development in adults and children. Earlier training of the surgeons and the residents combined with advances in anesthetic and technology led to the expanding use of videosurgery for more complex interventions. Although most feasible surgical procedures have been performed by laparoscopy, the literature hardly defined it as the “gold standard” for most interventions, especially because of the lack of evidence for many of them. However laparoscopy for cholecystectomy is now the preferred approach with excellent postoperative outcomes and a few complications. Despite the fact that no evidence has been demonstrated in children, laparoscopy has shown to be superior in adults for gastro-esophageal reflux disease and splenectomy. Laparoscopic appendectomy remains controversial. Nevertheless meta-analyses have concluded to moderate but significant advantages on pain, cosmetic features and recovery for the laparoscopic approach. Laparoscopy is now adopted for undescended testes and allows both localization and surgical treatment if necessary. For benign conditions videosurgery can be an excellent tool for nephrectomy and adrenalectomy. However laparoscopy remains controversial in pediatric surgical oncology.

VIDEOCHIRURGIE CHEZ L'ENFANT : PROGRES ACTUELS ET PERSPECTIVES FUTURES

1/ Introduction

Vidéo-chirurgie est un terme générique regroupant des techniques chirurgicales diverses, utilisant la combinaison d'un moyen de vision vidéo avec des instruments chirurgicaux, manipulés depuis l'extérieur de l'organisme afin de réaliser un geste diagnostique ou thérapeutique à l'intérieur du corps humain. La vidéo-chirurgie regroupe des termes divers comme cœliochirurgie, cœlioscopie, laparoscopie, thoracoscopie, lomboscopie, rétropéritonéoscopie. Plus largement, toutes les techniques de chirurgie endoscopique peuvent être regroupées sous ce terme.

Les techniques de vidéo-chirurgie ont été développées grâce aux innovations technologiques réalisées dans le domaine de l'ingénierie médicale d'une part, et dans le traitement et la transmission de l'image d'autre part. Cette évolution s'est accompagnée de progrès dans le domaine de l'anesthésie. Les techniques de vidéo-chirurgie ont été développées initialement dans des disciplines telles que la gynécologie, l'oto-rhino-laryngologie (ORL), la chirurgie digestive, l'orthopédie, et font maintenant partie de l'arsenal technique à la disposition des chirurgiens de toutes les disciplines.

Le développement des techniques de vidéo-chirurgie a permis de répondre à plusieurs préoccupations des chirurgiens : d'une part, ces techniques ont permis de diminuer la taille des voies d'abord, minimisant ainsi l'agression physique, les phénomènes douloureux et les séquelles esthétiques ; d'autre part, les phénomènes douloureux et pro-inflammatoires ont été amoindris en diminuant les efforts d'écartement ; enfin, elles ont permis de réaliser des gestes techniques sur des zones du corps humain particulièrement difficiles d'accès à ciel ouvert.

Cet article a pour objectif de présenter les progrès actuels de la vidéo-chirurgie dans le domaine des pathologies viscérales de l'enfant d'une part, et d'exposer les perspectives de développement de ces techniques dans le futur proche.

2/ Méthode

Une revue de la littérature concernant la vidéo-chirurgie de l'enfant a été réalisée à partir du catalogue de la National Library of Medicine consulté sur le site internet PUBMED. Les mots clés (termes MeSH) suivants ont été utilisés en combinaison :

- « videosurgery » ou « minimally invasive surgery » ou « laparoscopy » ou « thoracoscopy » ou « lumboscopy » ;
- « children » ou « child ».

Les articles rapportant les résultats d'études évaluant la vidéo-chirurgie chez l'enfant ont été identifiés par la lecture des titres et abstracts. La version intégrale de ces articles a été analysée. Quatre-vingt-sept articles ont pu être ainsi sélectionnés et les résultats des méta-analyses et des essais randomisés et contrôlés chez l'enfant ont été privilégiés pour évaluer le niveau de preuve en faveur de la vidéo-chirurgie. Un tableau reprenant le niveau de preuve scientifique selon la Haute Autorité de Santé (HAS) a été établi, résumant les recommandations de la vidéo-chirurgie chez l'enfant (Tableau 1).

3/ Résultats

Le champ d'application des techniques de vidéo-chirurgie s'est considérablement étendu durant les dix dernières années et des indications chirurgicales privilégiées ont été reconnues pour ces techniques. En chirurgie viscérale, pour quasiment toutes les techniques

conventionnelles réalisées classiquement « à ciel ouvert », il existe une alternative utilisant partiellement ou complètement la vidéochirurgie. Un panorama exhaustif des interventions réalisables sous cœliochirurgie chez l'enfant serait hors des objectifs et des contraintes d'espace de cet article. Les développements de la vidéochirurgie dans les disciplines telles que l'ORL, la chirurgie maxillo-faciale, la neurochirurgie ou l'orthopédie ne seront pas abordés, mais ces développements sont illustrés par l'évolution de la vidéochirurgie en chirurgie viscérale.

Pour les pathologies chirurgicales viscérales les plus fréquentes, de nombreuses études existent maintenant, permettant de comparer les techniques chirurgicales à ciel ouvert et les techniques réalisées sous vidéochirurgie. La majorité des études publiées rapporte des résultats obtenus sur des populations d'adultes. Toutefois, de nombreuses études ont également été réalisées chez l'enfant. Dans certaines indications, la vidéochirurgie est maintenant reconnue comme une technique de référence, un « *gold standard* ».

3.1/ Lithiase vésiculaire non compliquée et cholécystite aiguë

La cholécystectomie sous cœlioscopie a été rapidement et largement adoptée, aussi bien par les chirurgiens d'adultes que par les chirurgiens pédiatres [1]. Le nombre d'études randomisées chez l'adulte ou chez l'enfant est faible ; toutefois, les bénéfices observés en termes de diminution des douleurs, de rapidité de récupération et de diminution des cicatrices ont été si nets que la cholécystectomie sous cœlioscopie est devenue le « *gold standard* », en l'absence de rares contre-indications, chez l'adulte comme chez l'enfant [2,3]. Un risque supérieur de plaie de la voie biliaire principale, par voie cœlioscopique par comparaison à la technique à ciel ouvert dans des études anciennes chez l'adulte, avait été observé mais la proportion restait faible (moins de 0,5%) et avait tendance à diminuer avec le temps et l'expérience [4]. Une méta-analyse récente chez l'adulte a constaté

un taux de complication comparable mais une réhabilitation plus rapide après cholécystectomie par cœlioscopie (niveau I / grade A) [3]. Des controverses existent concernant le bénéfice éventuel de la réalisation d'une opacification peropératoire des voies biliaires systématique ou sélective [5]. En cas de calculs du cholédoque ou de la voie biliaire principale, les modes de prise en charge ne font pas l'objet d'un consensus, mais le traitement cœliosopique est possible si l'opérateur possède une bonne expertise en vidéo-chirurgie, même chez l'enfant [5,6]. Dans tous les cas où une cholécystectomie sous cœlioscopie est envisagée, il est recommandé de réaliser la veille de l'intervention une échographie des voies biliaires à la recherche d'une dilatation de celles-ci, ou d'un calcul du cholédoque ou de la voie biliaire principale (III/C) [5].

3.2/ Intervention anti-reflux gastro-œsophagien

Des études chez l'adulte suggèrent que le traitement chirurgical du reflux gastro-œsophagien (RGO) est comparable ou supérieur au traitement médical pour contrôler les symptômes (I/A) [7,8]. En l'absence d'études comparatives similaires chez l'enfant, le traitement du RGO de l'enfant reste médical en première intention. Chez l'adulte, quand un traitement chirurgical est indiqué, c'est la technique cœliosopique qui est recommandée (I/A) [4]. Chez l'enfant, il est difficile d'évaluer les techniques chirurgicales de montage anti-reflux car les indications, les techniques opératoires et l'expérience du chirurgien sont des facteurs très hétérogènes d'une étude à l'autre [9]. Si une intervention chirurgicale anti-reflux est envisagée, les données de la littérature suggèrent que la technique cœliosopique serait comparable à la technique à ciel ouvert en termes de contrôle du reflux et serait supérieure en termes de confort post-opératoire. Toutefois, un effet important de l'expertise en vidéo-chirurgie a été mis en évidence avec une courbe d'apprentissage

relativement longue (20 à 50 cas pour la cœlioscopie, cinq à dix cas pour la chirurgie robot-assistée) [10–12].

3.3/ Pathologie splénique d'origine hématologique

Malgré l'absence d'essai comparatif randomisé, la voie cœlioscopique est recommandée pour la splénectomie chez l'adulte (II/B) [4]. Les résultats des études rétrospectives chez l'adulte ont montré des bénéfices nets de la voie cœlioscopique en cas de splénectomie pour pathologie hématologique, en termes de confort post-opératoire et de retour à une activité normale. Un taux élevé de conversion a été observé en cas de splénomégalie [4], d'obésité et de pathologies malignes avec un taux de décès peropératoire observé à 0,4% [13]. Chez l'enfant, aucun essai randomisé n'a pas été publié mais de nombreuses études rétrospectives sont en faveur de la voie cœlioscopique par comparaison à la voie conventionnelle pour réaliser une splénectomie totale (IV/C) [14,15]. La réalisation d'une splénectomie partielle sous cœlioscopie est également possible chez l'enfant, à condition que l'opérateur possède une très bonne expertise en vidéo-chirurgie (IV/C) [14,15].

3.4/ Ectopie testiculaire avec testicule impalpable

La cœlioscopie est largement reconnue comme étant la procédure de référence en cas de testicule non palpable (III/C) [16]. Malgré les progrès de l'imagerie, en particulier l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la cœlioscopie reste recommandée en première intention pour pouvoir identifier un testicule intra-abdominal ou confirmer l'absence de testicule dans les cas où celui-ci a involué. La cœlioscopie permet également d'analyser l'aspect du testicule, de réaliser une orchidectomie en cas de testicule anormal, ou un abaissement testiculaire en un ou plusieurs temps en cas de testicule viable (procédure de Fowler-Stephens) [16].

3.5/ Pathologies bénignes du rein

Pour les néphrectomies indiquées en cas de pathologies bénignes, la voie lomboscopique a largement remplacé la voie conventionnelle pour la réalisation des néphrectomies, chez l'adulte comme chez l'enfant (III/C) [17]. Ceci est particulièrement le cas pour les enfants de plus de trois ans, pour lesquels l'abord lomboscopique permet d'éviter une large lombotomie latérale, et donc diminue considérablement les phénomènes douloureux post-opératoires. Chez l'enfant de moins de trois ans, pour lesquels la voie d'abord lombaire postérieure est possible, les bénéfices de la lomboscopie sont moins francs. En effet, la voie lombaire postérieure respecte les muscles latéraux de l'abdomen, ce qui diminue les douleurs observées après lombotomie latérale, et ne laisse qu'une cicatrice horizontale esthétique et de petite taille [18]. La voie lomboscopique n'est pas recommandée actuellement en cas de néphrectomie pour raison oncologique (en particulier pour le néphroblastome).

Au-delà des indications ci-dessus, largement reconnues, la vidéo-chirurgie peut être utilisée pour un nombre toujours plus grand d'indications, mais pour lesquelles des controverses persistent, en particulier pour l'appendicectomie.

3.6/ Appendicite aigue

L'appendicectomie sous cœlioscopie est une des plus anciennes interventions pratiquée grâce aux techniques de vidéo-chirurgie. L'appendicectomie sous cœlioscopie a été rapportée pour la première fois par Kurt Semm en 1983 et cette technique s'est progressivement répandue aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant. Malgré son ancienneté, l'appendicectomie sous cœlioscopie reste une technique controversée qui n'a pas été adoptée par l'ensemble de la communauté des chirurgiens pédiatres viscéraux. Les

données françaises manquent concernant l'utilisation de la cœlioscopie pour traiter les appendicites aiguës de l'enfant en France. En Grande Bretagne, sur des données d'une large étude réalisée au sein du National Health Service entre avril 1996 et mars 2006 concernant 89497 appendicectomies chez l'enfant de moins de quinze ans, seulement 2689 ont été réalisées sous cœlioscopie (3%) [19]. Dans cette étude, la proportion de cœlioscopie réalisée pour l'appendicectomie chez l'enfant de moins de quinze ans était passée de 0,6% en 1996 à 8,4% en 2006 [19].

De nombreux essais randomisés ont été réalisés comparant voie ouverte conventionnelle et voie cœlioscopique. Chez l'adulte, une conférence de consensus de la Société Française de Chirurgie Digestive (adulte) a recommandé la voie conventionnelle à ciel ouvert selon Mac Burney en 2006 [4]. A l'opposé, une méta-analyse de la Cochrane Collaboration en 2010 et une conférence de consensus de l'Association Européenne de Chirurgie Endoscopique en 2008 ont recommandé la cœlioscopie en cas d'appendicite [20,21]. Chez l'adulte, bien que le taux d'infection post-opératoire intra abdominale était plus élevé après appendicectomie cœlioscopique, il a été montré une diminution du taux d'abcès de paroi, une diminution des douleurs le premier jour post-opératoire, une durée d'hospitalisation plus courte, et une reprise plus rapide d'une activité normale après appendicectomie par cœlioscopie par comparaison avec la voie « ouverte » (I/A) [20]. Toutefois, l'amplitude des différences observées était faible [20]. Cette méta-analyse de la Cochrane Collaboration montrait également des bénéfices comparables à l'adulte pour l'appendicectomie cœlioscopique chez les enfants (I/A) [20]. Une méta-analyse récente comparant voie « ouverte » et voie cœlioscopique chez l'enfant a suggéré qu'une diminution significative des complications post-opératoires dans le groupe cœlioscopie [22]. Toutefois, cette méta-analyse incluait des études rétrospectives, des études prospectives non contrôlées et des études randomisées. Une analyse en fonction du type de complication et en prenant en

compte seulement les essais randomisés n'a pas mis en évidence de différence significative entre les deux groupes dans cette méta-analyse [22]. Globalement, les résultats en termes de taux de complications et de durée d'hospitalisation sont comparables entre les deux techniques [19]. En pratique, le choix de la technique dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels l'expérience de l'opérateur, le matériel disponible, les comorbidités du patient, le poids de l'enfant, le stade évolutif, le degré de certitude diagnostique et parfois le choix des parents. Bien qu'il ait été constaté une augmentation non significative d'abcès post-opératoire en cas de cœlioscopie, cette technique permet de réaliser un lavage plus complet de la cavité abdominale en cas de péritonite appendiculaire récente. Les hypothèses pouvant expliquer les abcès post-opératoires profonds après traitement cœlioscopique d'une appendicite compliquée sont non équivoques : mauvaise aspiration du liquide de lavage, aérosolisation du liquide purulent, etc... La chirurgie ouverte est peut-être plus aisée pour les abcès appendiculaires cloisonnés et les plastrons. Mais un traitement en deux temps (antibiothérapie puis appendicectomie cœlioscopique à distance) a montré son intérêt [23]. Ainsi, si l'opérateur est expérimenté, toute appendicite peut être traitée par cœlioscopie, mais les indications privilégiées sont le surpoids du patient, les péritonites généralisées et l'exploration chirurgicale pour doute diagnostique persistant malgré l'imagerie, en particulier chez la fille.

3.7/ Cœlioscopie du nouveau-né et du nourrisson

a. Sténose hypertrophique du pylore

Les conclusions rapportées par plusieurs essais randomisés étaient contradictoires, certaines études montrant des résultats comparables et d'autres favorisant l'une ou l'autre technique [24–26]. Une méta-analyse récente suggère que la voie cœlioscopique diminue l'incidence des complications post-opératoires et permet un retour plus rapide au domicile (I/A) [26]. Toutefois, le bénéfice de la voie cœlioscopique en termes

de durée d'hospitalisation était modeste : la réduction moyenne de la durée d'hospitalisation était de 5,71 heures [26].

b. Hernie de coupole diaphragmatique

Voici l'évolution des publications concernant la cure de hernie de coupole diaphragmatique par voie thoracoscopique : premiers « case reports » décrivant la technique chez des enfants en dehors de la période néonatale en 1995 ; premières séries néonatales de patients sélectionnés (moins de dix patients par série) en 2003 ; premières séries néonatales de patients sélectionnés (plus de dix patients par série) en 2006 ; première série néonatale de patients non sélectionnés en 2009. Il est encore trop tôt pour savoir si la technique thoracoscopique apporte réellement un bénéfice par comparaison avec la voie conventionnelle car les biais de sélection des patients et les biais de publications sont considérables [27–30].

3.8/ Tumeurs

Les indications pour pathologie tumorale ont été peu ou non évaluées en pédiatrie. Aucun consensus n'existe à propos de l'exérèse des cancers de l'enfant par vidéo-chirurgie. Des études ont montré la faisabilité de cette technique pour les biopsies diagnostiques et les neuroblastomes thoraciques et surrenaliens [31]. L'exérèse de tumeurs surrenaliennes de petite ou moyenne taille est même devenue classique [32,33]. Mais aucune étude prospective n'a été encore réalisée [34]. Il est indispensable d'avoir une évaluation multidisciplinaire, en particulier chirurgicale et radiologique, pour exclure de ces indications les tumeurs présentant des facteurs de risque chirurgicaux [35,36]. Certains auteurs ont proposé la cœlioscopie pour le traitement des tumeurs ovariennes bénignes. Toutefois, tout critère de malignité doit être recherché en préopératoire en raison du risque plus important de rupture par cœlioscopie par rapport à la voie conventionnelle [37].

3.9/ Indications peu évaluées

De nombreuses études rapportent également la faisabilité ou les résultats des techniques de vidéochirurgie chez l'enfant pour une très grande variété d'indications en chirurgie viscérale (comme l'invagination intestinale aiguë ou la hernie inguinale [38]), thoracique (lobectomies), urologique (reflux vésico-urétéral, syndrome de jonction pyélo-urétérale) et néonatale (maladie de Hirschsprung, malformations anorectales [39], hernie de coupole diaphragmatique [27], atrésie de l'œsophage). Les contraintes d'espace de cet article ne nous permettent pas d'aborder l'ensemble de ces techniques. Les études rapportées pour ces indications sont essentiellement rétrospectives ou prospectives mais non comparatives. Il est donc pour l'instant difficile d'établir des recommandations pour l'utilisation à grande échelle de ces techniques, pour ces indications [28,29].

Pour les corrections de malformations congénitales graves (malformations anorectales, hernie de coupole diaphragmatique, atrésie de l'œsophage), la miniaturisation des instruments a permis de franchir des étapes et de développer des techniques de vidéochirurgie dans ces indications. Toutefois, l'utilisation de ces techniques est encore marginale et réservée à des opérateurs ayant une expertise très importante en vidéochirurgie. Il a d'ailleurs été montré dans de nombreuses études l'importance de la courbe d'apprentissage dans la maîtrise des techniques de vidéochirurgie, même par des chirurgiens expérimentés [10,40]. Quelle que soit l'indication, le choix de la technique, « ouverte » ou vidéochirurgie, doit être adapté en fonction du niveau d'expertise de l'opérateur.

4/ Discussion

4.1/ Prérequis et complications

Un prérequis indispensable pour envisager une intervention sous vidéo-chirurgie est une bonne connaissance des répercussions physiologiques induites par ces techniques. Au cours d'une cœlioscopie, le pneumopéritoine et le positionnement du patient vont entraîner des modifications physiologiques hémodynamiques, pulmonaires, rénales, splanchniques et endocrines durant toute la durée de la procédure [41]. Une bonne connaissance de ces répercussions physiologiques est nécessaire aussi bien pour l'équipe chirurgicale que pour les anesthésistes. Un plateau technique et du matériel adapté à l'enfant sont indispensables, ainsi que des personnels médicaux et paramédicaux familiarisés aux techniques de vidéo-chirurgie.

Une bonne compétence spécifique de la cœlioscopie est nécessaire car les complications ne sont pas rares : barotraumatisme, accident de trocart, douleur post-opératoire, pneumopéritoine avec risque d'hypercapnie, brûlure par arc électrique et enfin, même si c'est rare, l'embolie gazeuse.

4.2/ Innovations, robotique

Les technologies utilisées pour la vidéo-chirurgie sont en constante évolution. Les instruments sont miniaturisés. Des nouveaux procédés de dissection et d'hémostase sont développés. Un arsenal de matériels innovants est à la disposition des chirurgiens : applicateurs de clips, pinces permettant d'agrafer et de couper automatiquement les tissus, procédés de fusion des tissus ou de dissections à l'aide de générateurs d'ultrasons. Ces développements permettent de repousser les limites d'âge et de poids et permettent d'augmenter la fiabilité et la rapidité des techniques de vidéo-chirurgie.

Des innovations technologiques sont en cours : le développement de trocars avec plusieurs canaux opérateurs, et le développement d'instruments articulés, permettent dans certaines indications de réaliser des interventions en utilisant un trocart unique. Plus innovant encore, la chirurgie réalisée à travers des orifices naturels, la technique « N.O.T.E.S. » (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery), est en cours de développement chez l'adulte [42].

La chirurgie robotique, bien que d'indication encore marginale, connaît un développement important en urologie adulte, mais est encore très peu utilisée chez l'enfant. Quelques publications ont déjà rapporté l'utilisation du robot Da Vinci[®] pour réaliser des interventions chez l'enfant [43–45]. Une limitation à l'utilisation de la chirurgie robotique pour les enfants est représentée par la taille des trocars et des instruments, relativement larges pour des petits enfants. Toutefois, des équipes ont déjà réalisées les adaptations nécessaires pour réaliser des interventions chez les petits enfants [46]. Par ailleurs, les progrès de la miniaturisation vont rapidement faire disparaître cette limitation relative. Le frein principal au développement de cette technologie en est le coût extrêmement important, en termes d'investissement initial (1,5 millions d'euros), mais aussi pour la maintenance. Pour l'opérateur, la chirurgie à l'aide d'un robot est une avancée véritablement révolutionnaire. Avec certains systèmes robotiques, le chirurgien bénéficie d'une vision binoculaire en trois dimensions (3D) (au lieu des deux dimensions des écrans de vidéo-chirurgie « classique ») et d'un véritable poignet endo-corporel (six degrés de liberté au lieu de quatre en vidéo-chirurgie « classique »). Pour l'opérateur, l'apprentissage de la chirurgie robotique est plus rapide et les mouvements plus précis, grâce à la vision magnifiée en 3D, par comparaison avec la vidéo-chirurgie « classique » [47]. Les bénéfices pour les patients ne sont pas démontrés pour l'instant. Un tel investissement sera-t-il récompensé par de meilleurs résultats pour les

patients ? Il est trop tôt pour le dire. Il sera indispensable d'évaluer rigoureusement les résultats obtenus avec ces nouvelles techniques.

4.3/ Evaluation

L'analyse de l'évolution des techniques de vidéo-chirurgie met en lumière la différence et les délais, entre la démonstration de la faisabilité d'une technique et la confirmation, ou non, des bénéfices susceptibles d'être obtenus pour les patients. Un certain déterminisme technologique conduit à développer des techniques chirurgicales innovantes, grâce aux progrès exponentiels de l'ingénierie. Une évaluation rigoureuse de ces techniques est indispensable pour justifier les investissements considérables nécessaires à leur développement puis leur utilisation pratique pour le bénéfice des patients. Il est possible de s'interroger sur le caractère « durable » de ces développements, compte tenu de l'inflation des investissements nécessaires, en particulier en regard des bénéfices dégagés en termes de santé publique. Des recommandations, « the IDEAL Recommendations », ont été émises récemment pour l'évaluation rigoureuse des innovations chirurgicales [48].

4.4/ Formation

Il est clairement établi que les bénéfices clairs des techniques de vidéo-chirurgie ont été mis en évidence dans certaines indications, alors que les bénéfices n'ont pas été démontrés pour d'autres. Il ressort de cette évolution, que, au-delà des développements technologiques, la généralisation de ces techniques au bénéfice des patients dépend également de leur évaluation par la recherche clinique d'une part, et de la formation des chirurgiens et anesthésistes d'autre part. Sur ce dernier point, on peut noter des différences dans l'acquisition des nouvelles techniques par différentes générations de praticien, les plus jeunes générations de chirurgiens étant, en pratique, familiarisées très

précocement aux techniques de vidéo-chirurgie, dont on trouve des vidéos facilement sur Internet sur des sites généralistes (YouTube[®] et Dailymotion[®] par exemple) ou spécialisés (www.websurg.com) [49]. Deux facteurs devraient renforcer l'acquisition de ces techniques par les praticiens : l'obligation de formation médicale continue tout au long de la vie professionnelle d'une part, et le développement de nouvelles méthodes d'apprentissage d'autre part. La participation des praticiens à des ateliers d'entraînement pratique sur cadavres ou chez l'animal, et l'utilisation de techniques de simulation, sont certainement d'excellents moyens permettant d'améliorer l'expertise des opérateurs [50]. Ces méthodes sont encore insuffisamment utilisées. Un frein significatif au développement de ces méthodes d'apprentissage est leur coût, aussi bien pour les étudiants et « apprentis », que pour les investisseurs.

6/ Conclusion : et plus loin ?

En 1966, Richard Fleischer réalisa le film « le voyage fantastique », dans lequel des médecins étaient miniaturisés et placés dans un vaisseau pouvant se déplacer dans le corps d'un patient pour désobstruer un vaisseau sanguin du cerveau. Nous sommes encore loin de pouvoir le faire, mais en décembre 2009, à Londres a été exposé un robot miniaturisé pouvant être dirigé à distance pour se déplacer dans l'intestin et se fixer à la paroi de l'intestin à l'endroit souhaité. Des universités financent des travaux concernant le développement d'interfaces entre le système neuronal humain et des ordinateurs ou des robots, et des scientifiques se sont livrés, sur eux-mêmes, à des expérimentations de cybernétiques. Le jour où les chirurgiens seront connectés directement à leurs instruments n'est pas si loin.

Conflits d'intérêt : aucun

REFERENCES.

- [1] Barkun JS, Aronson JK, Feldman LS, et al. Evaluation and stages of surgical innovations. *Lancet* 2009;374:1089-1096.
- [2] Johnston DE, Kaplan MM. Pathogenesis and treatment of gallstones. *N. Engl. J. Med.* 1993;328:412-421.
- [3] Keus F, Gooszen HG, Van Laarhoven CJ. Open, small-incision, or laparoscopic cholecystectomy for patients with symptomatic cholelithiasis. An overview of Cochrane Hepato-Biliary Group reviews. *Cochrane Database Syst Rev* 2010:CD008318.
- [4] Peschard F, Alves A, Berdah S, et al. [Indications of laparoscopic general and digestive surgery. Evidence based guidelines of the French society of digestive surgery]. *Ann Chir* 2006;131:125-148.
- [5] Williams EJ, Green J, Beckingham I, et al. Guidelines on the management of common bile duct stones (CBDS). *Gut* 2008;57:1004-1021.
- [6] Bonnard A, Segulier-Lipszyc E, Liguory C, et al. Laparoscopic approach as primary treatment of common bile duct stones in children. *J. Pediatr. Surg.* 2005;40:1459-1463.
- [7] Galmiche J-P, Hatlebakk J, Attwood S, et al. Laparoscopic antireflux surgery vs esomeprazole treatment for chronic GERD: the LOTUS randomized clinical trial. *JAMA* 2011;305:1969-1977.
- [8] Wileman SM, McCann S, Grant AM, et al. Medical versus surgical management for gastro-oesophageal reflux disease (GORD) in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2010:CD003243.
- [9] Lobe TE. The current role of laparoscopic surgery for gastroesophageal reflux disease in infants and children. *Surg Endosc* 2007;21:167-174.
- [10] Kane TD, Brown MF, Chen MK. Position paper on laparoscopic antireflux operations in infants and children for gastroesophageal reflux disease. American Pediatric Surgery Association. *J. Pediatr. Surg.* 2009;44:1034-1040.
- [11] Corcione F, Esposito C, Cuccurullo D, et al. Advantages and limits of robot-assisted laparoscopic surgery: preliminary experience. *Surg Endosc* 2005;19:117-119.
- [12] Copeland DR, Boneti C, Kokoska ER, et al. Evaluation of initial experience and comparison of the da Vinci surgical system with established laparoscopic and open pediatric Nissen fundoplication surgery. *JLS* 2008;12:238-240.
- [13] Casaccia M, Torelli P, Pasa A, et al. Putative predictive parameters for the outcome of laparoscopic splenectomy: a multicenter analysis performed on the Italian Registry of Laparoscopic Surgery of the Spleen. *Ann. Surg.* 2010;251:287-291.
- [14] Kühne T, Blanchette V, Buchanan GR, et al. Splenectomy in children with idiopathic thrombocytopenic purpura: A prospective study of 134 children from the Intercontinental Childhood ITP Study Group. *Pediatr Blood Cancer* 2007;49:829-834.
- [15] Héry G, Becmeur F, Méfat L, et al. Laparoscopic partial splenectomy: indications and results of a multicenter retrospective study. *Surg Endosc* 2008;22:45-49.
- [16] Hutson JM, Clarke MCC. Current management of the undescended testicle. *Semin. Pediatr. Surg.* 2007;16:64-70.
- [17] El-Ghoneimi A, Abou-Hashim H, Bonnard A, et al. Retroperitoneal laparoscopic nephrectomy in children: at last the gold standard? *J Pediatr Urol* 2006;2:357-363.
- [18] Ploussard G, Nouira F, Auber F, et al. [To study the safety and effectiveness of heminephroureterectomy by horizontal lumbar posterior approach for duplicated systems in infants]. *Prog. Urol.* 2007;17:992-995.

- [19] Faiz O, Blackburn SC, Clark J, et al. Laparoscopic and conventional appendectomy in children: outcomes in English hospitals between 1996 and 2006. *Pediatr. Surg. Int.* 2008;24:1223-1227.
- [20] Sauerland S, Jaschinski T, Neugebauer EA. Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis. *Cochrane Database Syst Rev* 2010:CD001546.
- [21] Agresta F, Mazzarolo G, Ciardo LF, et al. The laparoscopic approach in abdominal emergencies: has the attitude changed? : A single-center review of a 15-year experience. *Surg Endosc* 2008;22:1255-1262.
- [22] Aziz O, Athanasiou T, Tekkis PP, et al. Laparoscopic versus open appendectomy in children: a meta-analysis. *Ann. Surg.* 2006;243:17-27.
- [23] Keckler SJ, Tsao K, Sharp SW, et al. Resource utilization and outcomes from percutaneous drainage and interval appendectomy for perforated appendicitis with abscess. *J. Pediatr. Surg.* 2008;43:977-980.
- [24] Hall NJ, Pacilli M, Eaton S, et al. Recovery after open versus laparoscopic pyloromyotomy for pyloric stenosis: a double-blind multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009;373:390-398.
- [25] Leclair M-D, Plattner V, Mirallie E, et al. Laparoscopic pyloromyotomy for hypertrophic pyloric stenosis: a prospective, randomized controlled trial. *J. Pediatr. Surg.* 2007;42:692-698.
- [26] Sola JE, Neville HL. Laparoscopic vs open pyloromyotomy: a systematic review and meta-analysis. *J. Pediatr. Surg.* 2009;44:1631-1637.
- [27] Lansdale N, Alam S, Losty PD, et al. Neonatal endosurgical congenital diaphragmatic hernia repair: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Surg.* 2010;252:20-26.
- [28] Durkin ET, Shaaban AF. Recent advances and controversies in pediatric laparoscopic surgery. *Surg. Clin. North Am.* 2008;88:1101-1119, viii.
- [29] Kalfa N, Allal H, Raux O, et al. Multicentric assessment of the safety of neonatal videosurgery. *Surg Endosc* 2007;21:303-308.
- [30] Gomes Ferreira C, Reinberg O, Becmeur F, et al. Neonatal minimally invasive surgery for congenital diaphragmatic hernias: a multicenter study using thoracoscopy or laparoscopy. *Surg Endosc* 2009;23:1650-1659.
- [31] Malek MM, Mollen KP, Kane TD, et al. Thoracic neuroblastoma: a retrospective review of our institutional experience with comparison of the thoracoscopic and open approaches to resection. *J. Pediatr. Surg.* 2010;45:1622-1626.
- [32] Leclair M-D, De Lagausie P, Becmeur F, et al. Laparoscopic resection of abdominal neuroblastoma. *Ann. Surg. Oncol.* 2008;15:117-124.
- [33] St Peter SD, Valusek PA, Hill S, et al. Laparoscopic adrenalectomy in children: a multicenter experience. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2011;21:647-649.
- [34] Gow KW, Chen MK, Barnhart D, et al. American Pediatric Surgical Association New Technology Committee review on video-assisted thoracoscopic surgery for childhood cancer. *J. Pediatr. Surg.* 2010;45:2227-2233.
- [35] Heloury Y, Muthucumar M, Panabokke G, et al. Minimally invasive adrenalectomy in children. *J. Pediatr. Surg.* 2012;47:415-421.
- [36] Brisse HJ, McCarville MB, Granata C, et al. Guidelines for imaging and staging of neuroblastic tumors: consensus report from the International Neuroblastoma Risk Group Project. *Radiology* 2011;261:243-257.
- [37] Chabaud-Williamson M, Netchine I, Fasola S, et al. Ovarian-sparing surgery for ovarian teratoma in children. *Pediatr Blood Cancer* 2011;57:429-434.

- [38] Koivusalo AI, Korpela R, Wirtavuori K, et al. A single-blinded, randomized comparison of laparoscopic versus open hernia repair in children. *Pediatrics* 2009;123:332-337.
- [39] Bailez MM, Cuenca ES, Mauri V, et al. Outcome of males with high anorectal malformations treated with laparoscopic-assisted anorectal pull-through: preliminary results of a comparative study with the open approach in a single institution. *J. Pediatr. Surg.* 2011;46:473-477.
- [40] Rothenberg SS. The first decade's experience with laparoscopic Nissen fundoplication in infants and children. *J. Pediatr. Surg.* 2005;40:142-146; discussion 147.
- [41] Henny CP, Hofland J. Laparoscopic surgery: pitfalls due to anesthesia, positioning, and pneumoperitoneum. *Surg Endosc* 2005;19:1163-1171.
- [42] Chamberlain RS, Sakpal SV. A comprehensive review of single-incision laparoscopic surgery (SILS) and natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) techniques for cholecystectomy. *J. Gastrointest. Surg.* 2009;13:1733-1740.
- [43] Casale P. Laparoscopic and robotic approach to genitourinary anomalies in children. *Urol. Clin. North Am.* 2010;37:279-286.
- [44] Dawrant MJ, Najmaldin AS, Alizai NK. Robot-assisted resection of choledochal cysts and hepaticojejunostomy in children less than 10 kg. *J. Pediatr. Surg.* 2010;45:2364-2368.
- [45] Margaron FC, Oiticica C, Lanning DA. Robotic-assisted laparoscopic Nissen fundoplication with gastrostomy preservation in neurologically impaired children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2010;20:489-492.
- [46] Meehan JJ. Robotic surgery in small children: is there room for this? *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2009;19:707-712.
- [47] Sorensen MD, Johnson MH, Delostrinos C, et al. Initiation of a pediatric robotic surgery program: institutional challenges and realistic outcomes. *Surg Endosc* 2010;24:2803-2808.
- [48] McCulloch P, Altman DG, Campbell WB, et al. No surgical innovation without evaluation: the IDEAL recommendations. *Lancet* 2009;374:1105-1112.
- [49] Becmeur F. Videosurgery--the second generation. *J. Pediatr. Surg.* 2011;46:275-279.
- [50] Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2009:CD006575.

Indication	Niveau de preuve scientifique (population sur laquelle ont porté les études))	Grade des recommandations
Cholécystectomie	I (adulte)	A (adulte)
Reflux gastro-œsophagien	I (adulte)	A (adulte)
Appendicite aigue	I (adulte / enfant)	A (adulte / enfant)
Sténose hypertrophique du pylore	I (enfant)	A (enfant)
Pathologie splénique d'origine hématologique	II (adulte) / IV (enfant)	B (adulte) / C (enfant)
Ectopie testiculaire avec testicule impalpable	III (enfant)	C (enfant)
Pathologies bénignes du rein	III (enfant)	C (enfant)
Pathologies tumorales malignes de l'enfant	Controversé	Controversé

Tableau 1. Niveaux de preuve scientifique et grade des recommandations en faveur de la vidéochirurgie par comparaison avec la voie « ouverte » chez l'adulte et l'enfant, adaptés du score de Sackett et repris par la Haute Autorité de Santé (HAS). Niveaux de preuve scientifique : I : essais comparatifs randomisés de forte puissance, méta-analyse d'essais comparatifs randomisés, analyse de décision basée sur des études bien menées ; II : essais comparatifs randomisés de faible puissance, études comparatives non randomisées bien menées, études de cohorte ; III : études cas-témoin ; IV : études comparatives comportant des biais importants, études rétrospectives, séries de cas. Grade des recommandations : A : preuve scientifique établie ; B : présomption scientifique ; C : faible niveau de preuve scientifique.

Check-List aux Auteurs

Indiquez vos réponses OUI ou NON dans les cases ci-dessous

1/ Présentation générale	OUI	NON
Police manuscrit : Times New Roman N°12 double interligne	X	
Pagination du manuscrit	X	
Explication systématique de toute abréviation (même les plus courantes) à la première utilisation	X	
Numérotation des paragraphes (1, 2...) et sous-paragraphes (1.1, 1.2...)	X	
Les paragraphes matériels et méthodes ; observations ; résultats sont à rapporter au temps passé de même que les commentaires sur les études publiées	X	

2/ Nombre de pages maximum (texte + illustrations) par rubrique	OUI	NON
21 pour les Mises au Point, les Mémoires Originaux	X	
10 pour les Recommandations		
8 pour les Faits Cliniques et les Editoriaux		
6 pour les imageries (partie Réponse)		
2 pour les Lettres à la rédaction		

3/ Page de titre	OUI	NON
Titre complet	X	
Titre court	X	
Traduction anglaise du titre complet	X	
Initial prénom+ nom des auteurs	X	
Coordonnées complètes de tous les auteurs	X	
Adresse e-mail de l'auteur correspondant	X	
Indications des aides financières ou d'une communication ou publications préliminaires	X	

4/ Résumé et mots clés	OUI	NON
Résumé français	X	
Résumé anglais	X	
Pas de résumé français et anglais pour les Editoriaux, les Lettres à la Rédaction et les Imageries		

5/ Les références	OUI	NON
Signalées entre [] et par ordre d'apparition dans le texte	X	
Vérifiées sur PubMed	X	

Conformes à la convention de Vancouver et aux Recommandations aux auteurs	X	
Suivies de la mention "et al." après 3 auteurs		
Dans la langue originale, en particulier pour les publications françaises	X	

6/ Nombre maximum de références	OUI	NON
50 pour les Mises au Point	X	
50 pour les Recommandations		
30 pour les Mémoires Originaux		
20 pour les Faits Cliniques et les Editoriaux		
5 pour les Lettres à la rédaction et les Imageries		

7/ Les tableaux	OUI	NON
Signalés entre () et par ordre d'apparition dans le texte. Exp.: (Tableau 1)		
Les fournir sur une page séparée en fichier joint		
Titre et légende au-dessus, notes (abréviations) si nécessaires en dessous		
Explication exhaustive des symboles ou abréviations		

8/ Les figures	OUI	NON
Signalés entre () et par ordre d'apparition dans le texte. Exp. : (Figure 1)		
Les fournir sur une page séparée en fichier joint		
Indiquer à la suite du manuscrit les titres et légendes associées		
Explications des symboles ou abréviations		
Formats : Tiff(.tif); PDF (.pdf); EPS (.eps) ; Word ; Excel ; Powerpoint		
Résolution : 300 DPI pour les photos et de 500 à 1000 DPI pour les graphiques ou schémas		
3 figures au maximum pour Question Imagerie et pour Réponse Imagerie		

9/ Conflits d'intérêts	OUI	NON
A préciser obligatoirement pour tous les auteurs, même si il n'y en a pas	X	