

CHIRURGIE LAPAROSCOPIQUE PAR ROBOT: FAISABILITÉ

A propos de 78 cas

G.B. Cadière, J. Himpens, O. Germy, N. Lupinc, M. Degueldre, J. Vandromme, R. Izizaw, J. Bruyns

avec le soutien de la

Fondation pour l'Étude et la Prévention des Maladies de Civilisation ASBL

Bruxelles - BELGIQUE

La chirurgie laparoscopique apporte de nombreux avantages pour le patient mais pose un certain nombre de problèmes au chirurgien. En chirurgie laparoscopique, le chirurgien manipule à l'extérieur de l'abdomen de longs instruments effilés au travers d'orifices de trocarts fixes limitant les degrés de liberté. Cette manipulation est sous le contrôle d'un écran de télévision bidimensionnel qui ne se trouve pas toujours dans l'axe de travail [1, 2, 3].

Toutes ces contraintes limitent la dextérité du geste chirurgical et mettent souvent le chirurgien dans une position ergonomique difficile [4, 5, 6].

L'utilisation d'une interface mécanique informatisée, autrement dit d'un robot, permet :

- de récupérer les degrés de liberté perdus grâce à une articulation à l'intérieur de l'abdomen,
- de contrôler la manipulation des instruments par une vision tridimensionnelle située dans l'axe de travail,
- de moduler l'amplitude des mouvements en les démultipliant ou en les stabilisant,
- de travailler à distance du patient.

L'ensemble de ces progrès permet d'améliorer la qualité du geste chirurgical [7, 8] et de travailler dans une position ergonomique parfaite. L'introduction d'un ordinateur dans l'interface entre le chirurgien et son patient va entraîner en chirurgie une révolution semblable à celle introduite par l'informatique en aéronautique.

Le but de cet article est d'évaluer la faisabilité de l'utilisation d'un robot en chirurgie laparoscopique chez l'homme.

MOTS CLÉS : Chirurgie laparoscopique, Thérapie, Robotique, Chirurgie assistée par ordinateur, Chirurgie assistée par robot.

□ MATÉRIEL ET MÉTHODE

Soixante-dix-huit patients ont subi une intervention par chirurgie laparoscopique assistée par robot, après approbation du Comité d'éthique et après avoir signé une lettre de consentement éclairé.

Nous avons réalisé ces interventions à Bruxelles, Paris et Mexico.

La première intervention sur l'homme a eu lieu en mars 1997 [9]. Entre mars 1997 et janvier 2000 nous avons réalisé de manière non consécutive 24 chirurgies antireflux, 29 cholécystectomies, 9 reperméabilisations tubaires, 4 gastropplasties pour obésité, 3 hernies inguinales, 2 fistules artério-veineuses, 3 procédures transrectales, 1 sympathectomie lombaire, 1 hystérectomie, 1 exploration laryngée et 1 résection de varicocèle.

Depuis 1997 nous travaillons avec les ingénieurs de la Compagnie Intuitive Surgical à l'amélioration du système.



Fig. N° 1

Premier prototype :
la vue tridimensionnelle est restituée par des lunettes.
Les manettes sont semblables à des pinces classiques



Fig. N° 2 *Robot Mona: le robot nécessite encore un ingénieur pour gérer l'ordinateur. La vision est binoculaire.*

Le robot a subi de nombreuses évolutions. Les principales étant le passage du prototype "Mona" au système Da Vinci® supprimant la nécessité de la présence d'un ingénieur durant les interventions et améliorant à la fois l'ergonomie de la console, l'informatique, la dimension des bras du robot, et l'adaptation des instruments aux différentes interventions.

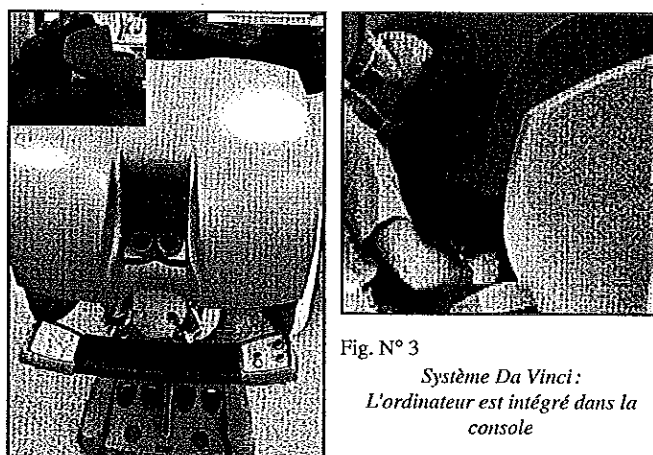
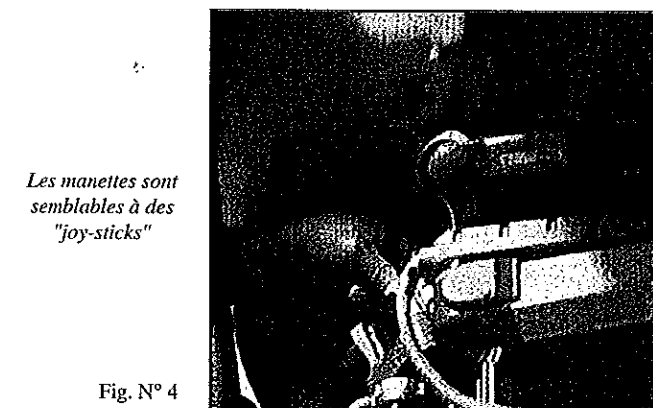


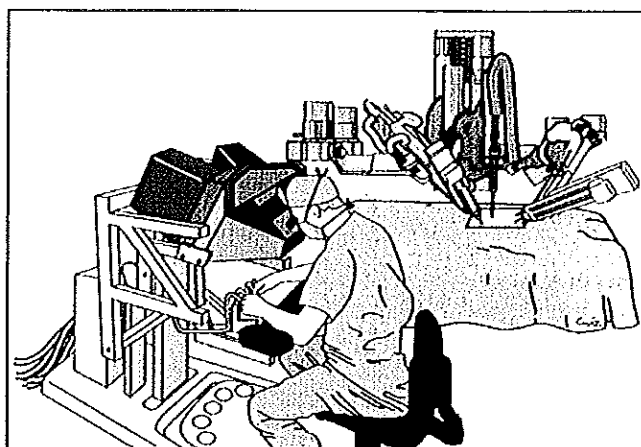
Fig. N° 3 *Système Da Vinci: L'ordinateur est intégré dans la console*

Le système Da Vinci comporte une console et un chariot qui soutient trois bras articulés du robot. Le chirurgien est assis face à la console. Il manipule des

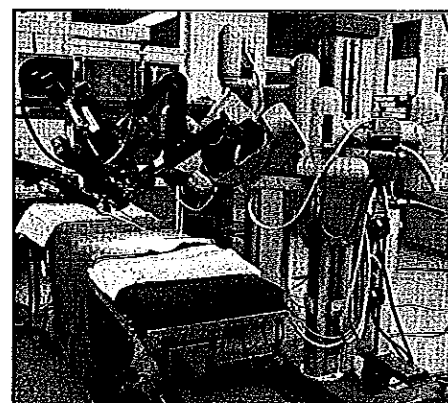


Les manettes sont semblables à des "joy-sticks"

Fig. N° 4



manettes semblables à des "joy-sticks" sous le contrôle d'une authentique vue tridimensionnelle via un dispositif binoculaire. Les manipulations des manettes sont transmises à l'ordinateur. Celui-ci peut moduler ces données en réduisant l'amplitude des mouvements dans un rapport réglable de 5/1 à 2/1 et en supprimant les tremblements physiologiques. Il délivre un influx qui, transmis à distance par un câble de 10 mètres, actionne les trois bras articulés du robot.



Un chariot soutient les trois bras articulés

Fig. N° 5

Sur deux de ces bras des instruments disponibles, comportant une articulation distale, sont placés sur la partie terminale des bras puis introduits dans l'abdomen au travers de trocarts solidarisés aux bras. Le troisième bras supporte un scope à double optique restituant à chaque œil son image.

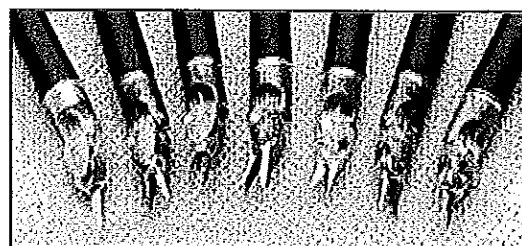


Fig. N° 6 *Instruments disponibles encliquetés sur les bras articulés*

Pour chaque intervention nous avons dû déterminer la position du robot par rapport à la table d'opération et la disposition des trocarts en fonction du volume des bras articulés.

La stratégie de dissection a été réévaluée en fonction de la nouvelle disposition des trocarts, du profil des instruments et des articulations intra-abdominales.

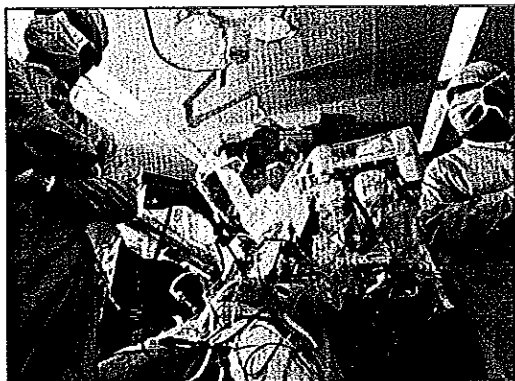


Fig. N° 7 Disposition du robot en fonction de la nouvelle disposition des trocarts

La durée opératoire, la morbidité périopératoire et la durée d'hospitalisation ont été étudiées par des observateurs extérieurs au service. La durée opératoire a été mesurée entre le moment où le robot est placé au-dessus du malade et le retrait des trocarts.

Interventions	Nb.	Temps opératoire médian/minute	Durée hospital. médian/jour
Cholécystectomies	29	64 (20 - 135)	1 (1 - 7)
Nissen	24	90 (54 - 270)	2 (1 - 4)
Reperméabilisations tubaires	9	144 (109 - 244)	1,5 (1 - 2)
Gastroplasties	4	100, 90, 60, 55	2, 2, 2, 2
Hernies	3	60, 50, 79	1, 1, 1
Chirurgie rectale	3	60, 70, 60	1, 1, 2
Hystérectomie	1	120	3
Appendicectomie	1	40	2
Laryngoscopie	1	30	1
Varicocèle	1	27	1
Sympathectomie lombaire	1	40	5

Tableau I

□ RÉSULTATS

Les durées opératoires et durées d'hospitalisation moyennes des différentes interventions pratiquées sont analysées dans le tableau I.

• Opération de Nissen

24 chirurgies antireflux ont été réalisées. La disposition optimale de l'axe du robot était la suivante (Fig. N° 8): son support (le chariot) est disposé à la droite de la tête du patient, son axe faisant avec la table d'opération un angle de 45°.

La disposition des trocarts est montrée sur la figure 9: outre les trois trocarts du robot, deux autres trocarts servent à la rétraction du foie et à un instrument manipulé par l'assistant.

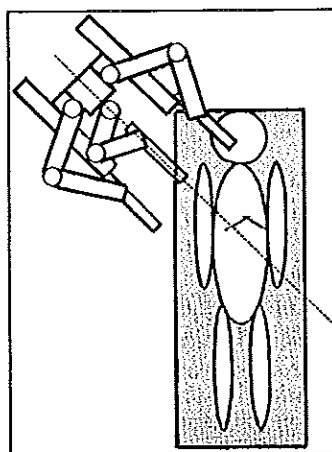


Fig. N° 8

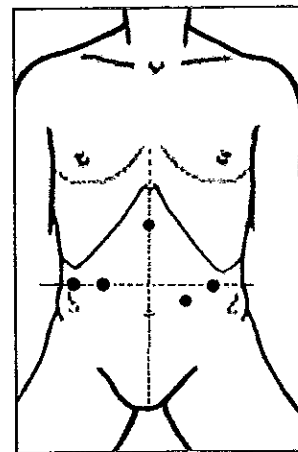


Fig. N° 9

Le temps opératoire médian était de 90 minutes (54-270). Il y a eu 2 complications: un trocart qui a perforé l'estomac nécessitant une suture, et une hémorragie de la grande courbure qui a nécessité une conversion en laparoscopie classique. La durée médiane d'hospitalisation était de 2 jours (1-4).

• Cholécystectomie

29 cholécystectomies ont été réalisées. La disposition optimale du robot était la suivante (Fig. N° 10). Le chariot est disposé à la gauche de la tête du patient, son axe faisant avec la table d'opération un angle de 45°.

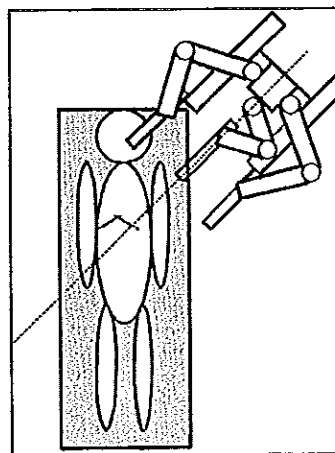


Fig. N° 10

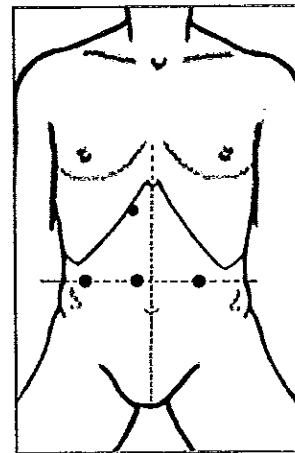


Fig. N° 11

La disposition des trocarts est montrée sur la figure 11 : en plus des 3 trocarts du robot, 1 trocart additionnel sert à la rétraction du foie.

Le temps opératoire médian des 15 dernières cholécystectomies réalisées à l'Hôpital Saint-Pierre avec le système Da Vinci® est de 51 minutes (20-135) malgré la présence de 4 cholécystites aiguës (tableau II). On note une complication : une hémorragie (hémoglobine à 8 g/dl qui a nécessité une transfusion). La durée médiane d'hospitalisation était de 1 jour (1-7).

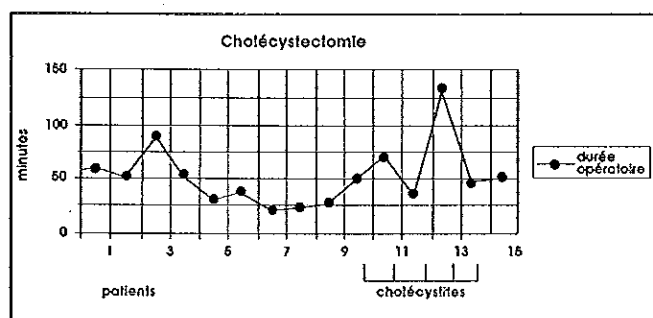


Tableau II

• **Reperméabilisation tubaire**

Une reperméabilisation bilatérale des trompes de Fallope a été réalisée chez 9 patientes. La durée opératoire médiane pour la réanastomose des deux trompes était de 144 minutes (244-109). Il n'y a pas eu de morbidité opératoire. La durée médiane d'hospitalisation était de 1,5 jour (1-2).

• **Chirurgie rectale par voie transanale**

L'articulation distale des instruments a rendu faisable une dissection perpendiculaire à la paroi rectale malgré l'abord tangent et convergent des instruments.

□ **DISCUSSION**

Toutes les interventions que nous avons réalisées à l'aide d'un robot manipulé à distance constituent à notre connaissance des premières chirurgicales [9, 10, 11]. Il était donc important d'une part d'expliquer au patient les implications possibles de cette nouvelle technologie, et d'autre part de confirmer rapidement l'absence de morbidité spécifique.

Les durées opératoires de la cholécystectomie et du Nissen dépendent d'un nombre important de paramètres :

- 1) l'absence d'unité de lieux (Paris, Bruxelles, Mexico),
- 2) l'adaptation des assistants médicaux et infirmiers à de nouvelles compétences induites par cette nouvelle technologie,
- 3) la courbe d'apprentissage du chirurgien dans cette nouvelle manière d'opérer,
- 4) les améliorations technologiques introduites progressivement au niveau de l'ergonomie de la console, du logiciel de l'ordinateur et des instruments qui ont rendu le système de plus en plus performant.

Les autres types d'interventions ont par contre tous été réalisés dans le même lieu (Hôpital Saint-Pierre de Bruxelles) par le système dans la dernière version Da Vinci®.

Concernant l'intervention de Nissen le temps opératoire médian de 90 minutes est donc un temps acceptable par rapport à la laparoscopie classique.

Le passage autour et derrière l'œsophage a semblé plus aisé grâce aux articulations intra-abdominales du robot, et cela permet d'envisager une dissection moindre des attaches péritonéales du cardia comme en chirurgie ouverte [12].

Durant la mobilisation de la grande courbure le contrôle des vaisseaux au crochet coagulateur est devenu plus aisé grâce aux articulations. En revanche, l'optique alors utilisée ne permettant pas une largeur de champ importante, la continuelle nécessité de changer l'angle de vue interrompant la dissection, et l'absence de vue de l'ensemble de la grande courbure dans le champ opératoire a été à l'origine de notre complication hémorragique nécessitant une conversion en



Fig. N° 13a Disposition des bras articulés



Fig. N° 13b Début de la dissection



Fig. N° 13c Exérèse de l'adénocarcinome rectal

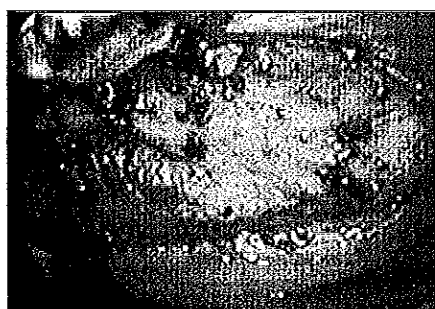


Fig. N° 13d Fin de l'exérèse : vue du plan musculaire

laparoscopie classique. Dans ce cas, nous avons également été gênés par le fait que l'aspiration est réalisée par l'assistant et non par soi-même comme en laparoscopie classique.

La suture de la valve est plus précise et la mobilité du porte-aiguille permet de passer sans contrainte la courbure de l'aiguille dans les tissus. La réalisation des nœuds intracorporels est beaucoup plus aisée. En revanche, on doit apprendre à évaluer la force de serrage en l'absence de perception tactile.

La modulation de l'amplitude des mouvements n'a pas apporté dans nos mains l'impression d'améliorer la qualité du geste chirurgical dans les différentes étapes du Nissen.

Concernant la cholécystectomie, la gestion des bras articulés à l'extérieur de l'abdomen nous a fait changer radicalement la disposition des trocarts. La dissection des feuillets péritonéaux postérieur et antérieur du triangle de Callot et la squelettisation de l'artère et du canal cystique sont rendues plus faciles grâce à l'adaptation du crochet de Dubois entièrement mobile sur une articulation intra-abdominale. Le canal cystique est facilement contrôlé par une ligature, comme en chirurgie ouverte, plutôt que par un clip.

Le temps médian opératoire des 15 dernières interventions (51 minutes) est surtout dépendant du degré d'inflammation de la vésicule. Malgré tout on observe une réduction de ce temps opératoire, avec l'amélioration des nouveaux instruments et une plus grande expérience du chirurgien. Dans les cas de cholécystites, nous avons été aidés par l'utilisation du robot.

La technique de référence dans la reperméabilisation tubaire reste la chirurgie microscopique ouverte. L'abord laparoscopique simple n'est pas suffisamment performant pour permettre des anastomoses aussi minutieuses. Par robot le temps opératoire pour une anastomose est comparable au temps nécessaire pour une chirurgie microscopique par voie ouverte et le temps d'hospitalisation est diminué. La démultiplication de l'amplitude des mouvements introduite par l'ordinateur et la stabilité du porte-aiguille ont semblé améliorer facilité de réalisation de la suture.

Dans la chirurgie de l'obésité l'épaisseur de la paroi diminue la mobilité des trocarts et des instruments laparoscopiques classiques. Par contre dans l'approche assistée par robot, l'articulation intra-abdominale permet de récupérer les degrés de liberté.

Les dimensions extérieures de l'abdomen obèse accentuent la difficulté pour l'opérateur à trouver une position ergonomique satisfaisante au-dessus du patient. En opérant à distance on supprime cet inconvénient.

Le système a été utilisé dans les procédures extra-péritonéales (sympathectomie rétropéritonéale, cure de hernie par voie préperitonéale). Le système n'a pas actuellement apporté d'avantages substantiels, excepté la

mobilité dans un espace restreint et la facilité de déroulement de la prothèse dans la cure de hernie.

La chirurgie dans le rectum au travers de l'anus est difficile parce que les instruments sont tangents à la lésion. Grâce aux articulations distales les instruments peuvent atteindre un angle d'attaque de 90°. Le problème réside actuellement dans le volume des instruments et de l'optique au travers de l'anus.

D'une manière générale la durée d'hospitalisation est similaire à celle de la laparoscopie classique. Il n'y a pas eu de morbidité opératoire significative spécifique à l'utilisation du robot.

La durée opératoire totale dépend du temps de dissection et du temps d'installation du système. Celui-ci doit être impérativement sous la supervision d'un technicien clinique.

CONCLUSION □

Cette étude a démontré la faisabilité de plusieurs types d'interventions par le robot sans morbidité spécifique, ni temps opératoire exagéré.

Le système semble déjà très efficace pour une microchirurgie à l'intérieur de l'abdomen ou dans de petits champs opératoires.

La position ergonomique du chirurgien et la mobilité récupérée de l'extrémité de ses instruments sont appréciables pour les interventions courantes de la chirurgie digestive, bien que le système optique et la forme de certains instruments doivent encore être adaptés à ce type d'intervention.

Le système impose une nouvelle disposition des trocarts et une nouvelle stratégie opératoire.

Centre Hospitalier Universitaire Saint-Pierre
Département de Chirurgie Digestive
Rue Haute, 322
1000 Bruxelles - Belgique

RÉSUMÉ

L'assistance d'un ordinateur dans la commande d'un système mécanique autorise : 1) de récupérer un certain nombre de degrés de liberté perdus, grâce aux articulations intra-abdominales, 2) d'obtenir un meilleur contrôle visuel du jeu des instruments grâce à la vision en trois dimensions, 3) de moduler l'amplitude des gestes chirurgicaux par démultiplication et stabilisation, 4) de travailler à distance du patient. Ces progrès permettent d'améliorer la qualité des gestes chirurgicaux et, pour beaucoup, grâce à une meilleure ergonomie.

La première intervention assistée par robot, chez l'homme, fut réalisée en mars 1997 par notre équipe. Soixante-dix-huit patients ont été soumis à une chirurgie laparoscopique assistée par robot. Entre mars 1997 et janvier 2000 les auteurs ont réalisé une série non consécutive de 24 procédures antireflux, 29 cholécystectomies, 9 reperméabilisations tubaires, 4 gastroplasties pour obésité, 3 cures de hernie inguinale, 2 fistules artério-veineuses, 3 interventions rectales transanales, 1 sympathectomie, 1 hystérectomie, 1 exploration laryngée et 1 cure de varicocèle. Le robot (Da Vinci system Intuitive Surgical, Mountain View, Ca) comprend une console et un chariot portant trois bras articulés robotisés. Le chirurgien est assis devant la console, il manipule des "joy-sticks" tout en observant le champ opératoire grâce à une vue binoculaire restituant une vision tridimensionnelle. L'ordinateur est capable de moduler les mouvements en éliminant le tremblement physiologique et en démultipliant l'amplitude des gestes.

L'étude démontre la faisabilité de diverses interventions robotisées. La morbidité et le séjour hospitalier sont comparables à la laparoscopie classique. Le système est particulièrement efficace pour la microchirurgie intra-abdominale et pour les manipulations dans un espace très réduit. Une ergonomie optimisée associée à une mobilité accrue de l'extrémité des instruments représente un bénéfice réel dans un certain nombre d'interventions de chirurgie abdominale.

SUMMARY

A computer interface in command of a mechanical system (robot) allows : 1) to recuperate a number of lost degrees of freedom, thanks to intra-abdominal articulations, 2) to obtain better visual control of instrument manipulation thanks to three-dimensional vision, 3) to modulate the amplitude of surgical motions by downscaling and stabilisation, 4) to work at a distance from the patient. These advances allow to improve the quality of surgical tasks, not the least because of markedly better ergonomics.

The first robot-assisted procedure in man was performed in March 1997 by our team. Seventy-eight patients underwent robot-assisted laparoscopic surgery : between March 1997 and January 2000 a non-consecutive series was performed consisting of 24 antireflux procedures, 29 cholecystectomies, 9 tubal reperméabilisations, 4 gastroplasties for obesity, 3 inguinal hernias, 2 arteriovenous fistulas, 3 transrectal procedures, 1 lumbar sympathectomy, 1 hysterectomy, 1 laryngeal exploration and 1 varicocele.

The robot (Da Vinci system, Intuitive Surgical, Mountain View, Ca) consists of a console and a tower that supports three articulated robot arms. The surgeon is sitting in front of the console. He manipulates joystick-like handles while observing the operative field through binoculars that provide a three-dimensional picture. This computer is capable of modulating these data by eliminating physiologic trembling and by downscaling the amplitude of motions by a factor 5 or 3 to one. This study has demonstrated the feasibility of several robotic procedures. Morbidity and hospital stay were within acceptable limits. The system seems the most efficient for intra-abdominal micro-surgery or for manipulations in a very small space.

Optimised ergonomics together with increased motility of the instrument tips are beneficial in many abdominal surgical procedures.

KEY WORDS : Computer-assisted surgery, Laparoscopic surgery, Robotics, Therapy, Computer-assisted, Robotic-assisted surgery.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - DION Y.M., GAILLARD F. : Visual integration of data and basic motor skills under laparoscopy. Influence of 2-D and 3-D video-camera systems : *Surg. Endosc.*, 1997, Oct., 11, 995-1000.
- 2 - McDOUGALL E.M., SOBLE J.J., WOLF J.S. Jr., NAKADA S.Y., ELASHRY O.M., CLAYMAN R.V. : Comparison of three-dimensional and two-dimensional laparoscopic video systems : *J. Endourol*, 1996, Aug., 10 (4), 371-374.
- 3 - VOORHORST F.A., OVERBEEKE C.J., SMETS G.J. : Spatial perception during laparoscopy : implementing action-perception coupling : *Stud. Health Technol. Inform.*, 1997, 39, 379-386.
- 4 - BERGUER R., RAB G.T., ABU-GHAIDA H., ALARCON A., CHUNG J. : A comparison of surgeons' posture during laparoscopic and open surgical procedures : *Surg. Endosc.*, 1997, Feb., 11 (2), 139-142.
- 5 - CADIÈRE G.B. : Principes généraux de la chirurgie laparoscopique : *Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Elsevier, Paris), Techniques Chirurgicales - Appareil digestif*, 1999, 40-050, 9.
- 6 - WAPPLER M. : Medica rators, a realistic concept ? : *Min. Inv. Ther.*, 1995, 4, 261266.
- 7 - GARCIA-RUIZ A., GAGNER M., MILLER J.H., STEINER C.P., HAHN J.F. : Manual vs robotically assisted laparoscopic surgery in the performance of basic manipulation and suturing tasks : *Arch. Surg.*, 1998, Sep., 133 (9), 957-961.

- 8 - GARCIA-RUIZ A., SMEDIRA N.G., LOOP F.D., HAHN J.F., MILLER J.H., STEINER C.P., GAGNER M.: Robotic surgical instruments for dexterity enhancement in thoracoscopic coronary artery bypass graft: *J. Laparoendosc.*, 1997, *Adv. Surg. Tech. A.*, Oct., 7 (5), 277-283.
- 9 - HIMPENS J., LEMAN G., CADIÈRE G.B.: Telesurgical laparoscopic cholecystectomy: *Surg. Endosc.*, 1998, Aug., 12 (8), 1091.
- 10 - CADIÈRE G.B., HIMPENS J., VERTRUYEN M., FAVRETTI F.: The world's first obesity surgery performed by a surgeon at a distance: *Obesity Surgery*, 1999, 9, 206-209.
- 11 - CADIÈRE G.B., HIMPENS J., VERTRUYEN M., BRUYNS J., FOURTANIER G.: Nissen fundoplication done by remotely controlled robotic technique: *Ann. Chir.*, 1999, 53 (2), 137-141.
- 12 - CADIÈRE G.B., HIMPENS J., BRUYNS J.: How to avoid esophageal perforation while performing laparoscopic dissection of the hiatus: *Surg. Endosc.*, 1995, 9, 450-452.
-

C.E.F.P.C.E.
CENTRE EUROPÉEN DE FORMATION PRATIQUE A LA CHIRURGIE ENDOSCOPIQUE
PERIGUEUX

Directeur de l'Enseignement: Pr. M.A. Bruhat - Responsable du Centre: Dr J.A. Hourcabié

11 et 12 mai - 14 et 15 septembre - 26 et 27 octobre, 14 et 15 décembre

HYSTÉRECTOMIE TOTALE PERCŒLIOSCOPIQUE, MOYENS D'ASSURER UNE PROCÉDURE DE QUALITÉ, RAPIDE ET DE SÉCURITÉ

23 et 24 mars - 15 et 16 juin

CHIRURGIE DES PROLAPSUS URO-GÉNITAUX, RECTAUX, ASSOCIÉS OU NON À L'HYSTÉRECTOMIE TOTALE PERCŒLIOSCOPIQUE

29 juin

HYSTÉROSCOPIE OPÉRATOIRE

20 et 21 avril - 23 et 24 novembre

HYSTÉROSCOPIE D'EXPLORATION ET HYSTÉROSCOPIE OPÉRATOIRE

CŒLIOSCOPIE DE NIVEAU SUS-PÉRITONÉAL

POUR TRAITEMENT DES PATHOLOGIES TUBAIRES, ANNEXIELLES ET DE L'ENDOMÉTRIOSE

Inscriptions: C.E.F.P.C.E., 7 chemin du Halage - 24000 Périgueux

Tél.: 33 (0) 5 53 06 83 30 - Fax: 33 (0) 5 53 06 83 31 - E.mail: hourcabié.endo.chir.@wanadoo.fr