



Tendances et innovations en chirurgie viscérale : retour sur le congrès EAES 2024

Alexandre Franquet (ingénieur biomédical)¹, Arnaud Lorimier (ingénieur biomédical)²

1. Centre hospitalier universitaire de Saint-Étienne, hôpital Nord, 42055 Saint-Étienne, France
2. Hôpitaux universitaires de Genève, rue Gabrielle Perret Gentil 4, 1205 Genève, Suisse

Correspondance :

Arnaud Lorimier, hôpitaux universitaires de Genève, rue Gabrielle Perret Gentil 4, 1205 Genève, Suisse.
arnaud.lorimier@hug.ch

■ Résumé

Le congrès de l'Association européenne de chirurgie endoscopique (EAES) s'est tenu en juin 2024 à Maastricht a permis de prendre connaissance des principales tendances technologiques apparaissant dans les différentes étapes du parcours patient en chirurgie viscérale. L'intelligence artificielle ainsi que la combinaison de différentes modalités d'imagerie optique sont apparues comme des axes de développements privilégiés annonçant des perspectives intéressantes notamment pour la formation chirurgicale.

Introduction

Le congrès de l'Association européenne de chirurgie endoscopique (EAES) s'est tenu en juin 2024 à Maastricht et a offert un aperçu des développements les plus récents dans le domaine de la chirurgie mini-invasive. Cette société savante est active depuis près de 35 ans dans le développement des techniques endoscopiques appliquées à la chirurgie viscérale et digestive et compte environ 3500 membres issus de 110 pays. Même si sa mission première reste la formation continue et la promotion de l'assurance qualité chirurgicale, elle est également très active dans le suivi et l'adoption des innovations technologiques. À ce titre, l'association est dotée depuis 1995 d'un comité technologique organisé en groupes de travail sur la robotique, la chirurgie guidée par l'image, l'endoscopie souple et l'intelligence artificielle. Cette dernière était d'ailleurs omniprésente dans l'ensemble du congrès que ce soit à travers les conférences, les ateliers ou sur l'exposition technique où plus de

60 industriels étaient présents. Cependant, malgré de nombreuses conférences à ce sujet, moins de 2 % des projets connus sont en phase d'évaluation clinique indiquant la difficulté de valider ce type de technologie. Les très nombreuses thématiques abordées couvraient l'ensemble de la chronologie de prise en charge des patients en chirurgie de la préparation des interventions à l'analyse des données disponibles postopératoires.

Planification et analyses préopératoires

L'évaluation des patients candidats à une chirurgie et l'analyse des caractéristiques des opérations bénéficient de l'abondance des informations médicales disponibles et en particulier des données d'imagerie. Ainsi, pour améliorer la préparation des interventions chirurgicales complexes et guider les équipes médicales à travers des simulations, des solutions numériques permettent des reconstructions précises des structures anatomiques du patient. Ces modèles 3D, créés généralement par segmentation, sont adaptés au besoin chirurgical et diffèrent

des reconstructions volumiques issues des stations de modalités d'imagerie avec la possibilité d'ajouter des points d'intérêt et de matérialiser les plans de dissection. Certaines sociétés proposent la création de ces modèles et des services connexes en paiement par patient. C'est le cas de la société INNER SIGHT maintenant propriété de STORZ ou de la société espagnole CELLA SOFTWARE. En plus de la navigation en accès web dans les spécificités anatomiques du patient, il est possible de simuler les voies d'abord en réalité virtuelle ou en réalité augmentée. Il est également possible d'imprimer en 3D ces modèles avec des matériaux dont la texture se rapproche des tissus rencontrés. La session intitulée « 3D Printing in Surgery » a d'ailleurs illustré l'importance croissante de cette pratique dans la planification des interventions. À noter qu'elle est également utilisée dans d'autres disciplines pour créer des guides chirurgicaux spécifiques à chaque patient, assurant une plus grande précision lors des incisions ou des poses d'implants. Dès cette phase de prise en charge, l'intelligence artificielle (IA) commence à être utilisée notamment pour la segmentation énoncée ci-dessus. De même, l'abondance des données de santé permet également la mise au point de modèles d'IA permettant de prédire certaines composantes de la prise en charge comme la difficulté de l'intervention, la durée de séjour ou le risque de complications postopératoires. Cependant, malgré la démonstration de la faisabilité ainsi que la qualité des résultats présentés, il ne s'agissait encore que de prototypes dont l'évaluation et la validation restent à réaliser.

Étape peropératoire

Robotique chirurgicale

Plusieurs plateformes robotiques étaient exposées ou promues à travers le congrès. INTUITIVE SURGICAL exposait évidemment l'un de leur modèle de robots viscéraux multi-bras DA VINCI Xi (le plus répandu dans les établissements du monde entier). MEDTRONIC, plus récemment arrivé sur le marché mondial, permettait de découvrir l'ergonomie de la plateforme HUGO (2023), concurrente directe du DA VINCI Xi dans un camion destiné à cet effet. La société japonaise MEDICAROID, émanation de KAWASAKI et de SYSMEX, présentait le modèle HINOTORI (figure 1), un robot aux fonctionnalités similaires et annonçait un marquage CE avant l'été 2025 ainsi qu'une phase d'évaluation à l'IRCAD à partir d'octobre 2024. DISTAL MOTION était également présente avec l'ambition de diffuser largement la chirurgie robotique avec sa solution DEXTER notamment en colorectale. Des conférences présentaient le retour d'expérience du robot VERSIUS de CMR. Moins présente en Europe, ASENSUS SURGICAL, désormais propriété de la société STORZ, sponsorisait la journée dédiée à l'intelligence artificielle. En effet, sa plateforme SENHANCE (figure 2) intègre une interface basée sur l'IA et qui permet de standardiser les gestes chirurgicaux et de fournir des évaluations en temps réel des performances du chirurgien. Contrairement aux systèmes robotiques traditionnels,



FIGURE 1
Robot Hinotori Medicaroid



FIGURE 2
Robot Senhance Asensus avec retour haptique

SENHANCE utilise des capteurs haptiques pour offrir un retour tactile au chirurgien, renforçant ainsi le contrôle et la précision des mouvements (à noter que les nouvelles générations de robots multi-bras arrivant sur le marché, dont le DA VINCI dv5 remplaçant du Xi, seront également dotées d'un retour haptique). Cette technologie permet également de réduire la fatigue du chirurgien en automatisant certaines tâches répétitives et en offrant une assistance active pendant l'opération. Le robot EASE de ENDOQUEST SURGERY (figure 3), dédié aux techniques « NOTES » (*Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery*) et « single port », a également été mis en avant comme une innovation significative dans le domaine de la chirurgie mini-invasive. Utilisant ainsi des voies d'abord naturelles (orale, ombilicale, anale et vaginale), cette procédure permet de réduire les lésions des tissus et favorise une récupération plus rapide des patients. Le robot EASE exploite des instruments endoscopiques à 7 degrés de liberté pour une manipulation délicate des organes tout en offrant une



FIGURE 3
Robot EASE d'EndoquestSurgery

visualisation améliorée. Ce robot ne dispose pas encore d'un marquage CE mais est commercialisé aux États-Unis depuis décembre 2023.

D'autres plateformes en phase d'évaluation et de développement étaient également présentées. C'était le cas du système miniature ANOVO (figure 4) de la société MOMENTIS SURGICAL qui n'est pas doté d'un statif patient et qui permet aussi de réaliser des techniques avec les voies d'abord NOTES et monotrocard. En effet, le module comportant les instruments se fixe directement sur la table d'opération minimisant ainsi l'empreinte au sol. La flexibilité continue des bras est inspirée des capacités humaines de mouvements combinés des articulations de l'épaule, du coude et du poignet.

Une autre technologie en développement présentée le robot SARAS (figure 5), un assistant chirurgical autonome développé dans le cadre du projet européen SARAS (*Smart Autonomous Robotic Assistant Surgeon*). Ce robot est conçu pour assister les chirurgiens dans des interventions laparoscopiques complexes en exécutant des tâches répétitives et précises, tout en étant capable de s'adapter aux situations imprévues grâce à l'IA. L'objectif est de rendre la chirurgie plus accessible et de pallier le manque de chirurgiens expérimentés dans certaines régions, un défi particulièrement urgent dans des pays comme le Japon qui fait face à une crise de recrutement dans le domaine de la

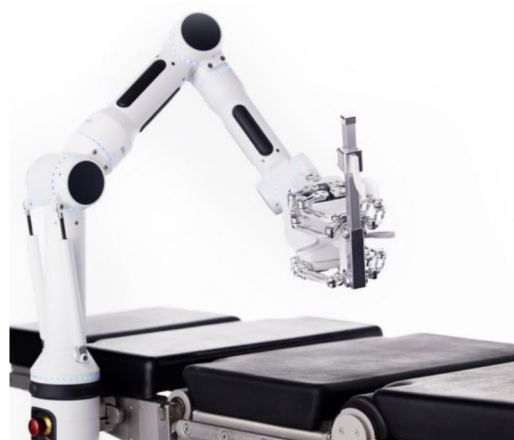


FIGURE 5
Projet SARAS (*Smart Autonomous Robotic Assistant Surgeon*)

chirurgie en parallèle d'une augmentation majeure des besoins en interventions (vieillesse de la population).

Fluorescence

Le recours à l'imagerie par fluorescence (par extension nommé ICG – *Indocyanine Green* –) en peropératoire a également connu une large adoption et a été mis en lumière durant le congrès. L'imagerie par ICG, basée sur le principe du *Near Infrared Imaging* (NIR) (figure 6), permet de mieux visualiser les tissus vasculaires et lymphatiques en temps réel, ce qui est particulièrement utile dans les cas de chirurgie oncologique. Cette méthode aide à identifier les marges tumorales et les tissus sains pendant la résection, augmentant ainsi les chances de succès des opérations. Elle est également largement utilisée pour vérifier l'absence de fuite lors des anastomoses.

Une des études récentes les plus influentes sur l'usage de l'ICG a montré que cette technologie améliore significativement les résultats cliniques dans les interventions oncologiques en permettant une résection plus précise des tumeurs et en réduisant le taux de récurrence [1]. À ce titre, de nouveaux acteurs comme



FIGURE 4
Robot sans statif Anovo de Momentis Surgical (<https://www.momentissurgical.com>)



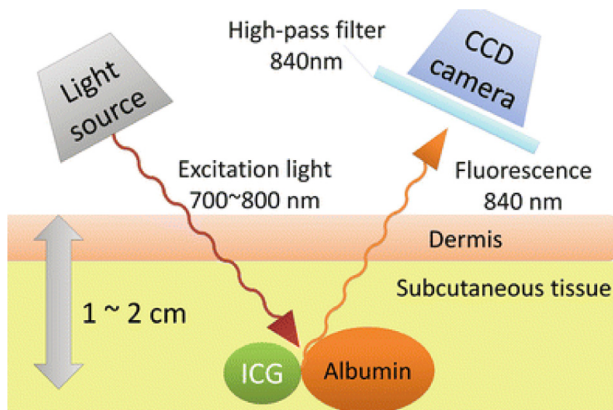


FIGURE 6
Principe de du NIR et de l'ICG (<https://radiologykey.com/>)

MINDRAY ou SONOSCAPE faisaient la promotion de leur nouvelle technologie en la matière.

L'introduction de l'imagerie hyper-spectrale (HSI) des structures tissulaires profondes donnait un aperçu des axes de développement de la chirurgie guidée par l'image. Associée à l'intelligence artificielle, elle semble particulièrement prometteuse pour les interventions complexes, notamment en oncologie. Cette technologie permet de capturer un spectre de lumière plus large que les systèmes d'imagerie conventionnels, offrant ainsi une différenciation beaucoup plus fine des types de tissus (figure 7). L'HSI, couplée à des algorithmes d'IA, peut analyser ces spectres pour identifier les tissus cancéreux en temps réel, facilitant ainsi une résection plus précise des tumeurs.

Les résultats d'études sur l'HSI montrent qu'il est possible d'utiliser cette technologie pour identifier les marges tumorales avec une précision inégalée, notamment dans les cancers gastro-intestinaux et cérébraux [2]. Des essais cliniques sont en cours pour valider ces résultats et étendre leur utilisation à d'autres types de cancers.

L'intégration des technologies de sonde spectrale et de gamma-caméra représente une avancée importante pour la détection des cancers en chirurgie. Ces outils, actuellement en phase de développement clinique, combinent des données de spectrométrie et de radiation gamma pour identifier les tissus cancéreux avec une précision accrue, y compris dans les zones difficiles d'accès. Lors du congrès, plusieurs études ont été présentées sur l'utilisation combinée de l'ICG (vision surfacique) et de sondes gamma (« vision » en profondeur) pour améliorer la visualisation des cancers, notamment dans les cancers du sein et du foie. Ces technologies permettent non seulement d'optimiser les marges tumorales mais également d'assurer que tous les tissus cancéreux ont été retirés, réduisant ainsi le risque de récurrence.

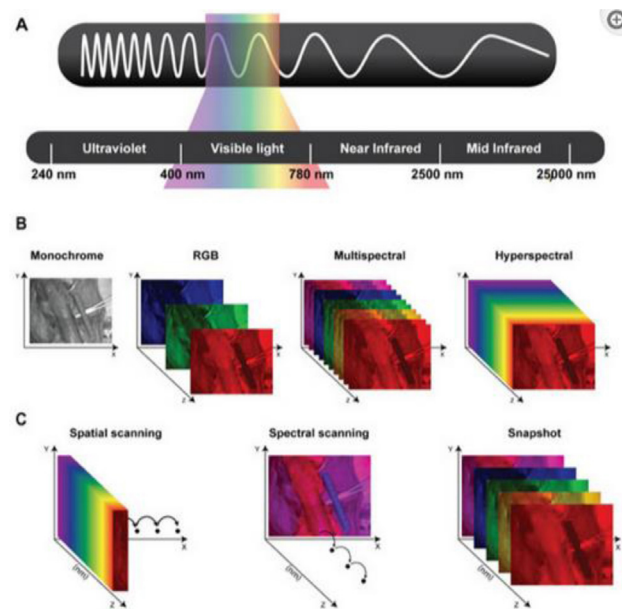


FIGURE 7
Principe du HSI (*Hyperspectral Imaging*) issu de [2]

Intelligence artificielle

L'IA commence également à s'inviter au cœur des procédures chirurgicales avec l'ajout en temps réel d'informations d'aide et d'alerte au geste chirurgical [3]. Le système EUREKA (figure 8) de la société japonaise ANAUT, dont la commercialisation débute au Japon, est l'une des premières solutions interopérables basées sur un modèle d'IA supervisé. Branché sur une sortie SDI d'un processeur vidéo de caméra d'endoscopie, il permet de colorer de manière différente les tissus en surimpression. Cette représentation en temps réel apporte un confort supplémentaire en allumant en bleu les tissus conjonctifs ou encore en vert les nerfs et sécurise ainsi la dissection des plans anatomiques. D'autres conférences confirmaient cette tendance en présentant le résultat d'IA supervisée à différencier les zones chirurgicales à risque, des zones où le geste est recommandé [4]. Ceci est rendu possible grâce à un apprentissage basé sur les annotations de nombreuses vidéos chirurgicales par des opérateurs experts. De même, les résultats d'un prototype de suppression des fumées chirurgicales par IA générative de l'image peropératoire étaient également présentés [5]. Ce procédé assez impressionnant n'était cependant pas encore possible en temps réel.

Étape postopératoire

Bénéficiant de la collecte de l'ensemble des données cliniques générées lors de la prise en charge, c'est la phase postopératoire qui va bénéficier probablement le plus rapidement des bénéfices de l'IA. D'abord, par la mise au point de système permettant de prédire les suites chirurgicales et capable d'analyser

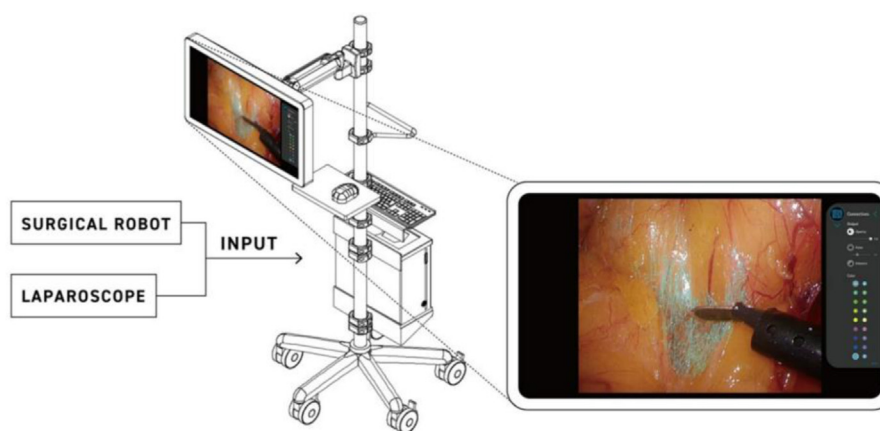


FIGURE 8

Système Eureka Anaut avec colorisation temps réel des tissus, ici en blanc tissu conjonctif (<https://anaut-surg.com>)

aussi bien des profils cliniques que les vidéos opératoires issues de la chirurgie. La fiabilité de ces prédictions aura un impact sur la surveillance des patients postopératoires mais aussi sur la gestion de l'hospitalisation [6]. Mais c'est le domaine de l'évaluation et de la formation aux pratiques chirurgicales qui va probablement être le plus rapidement impacté. En effet, la convergence des environnements robotiques et de l'analyse des vidéos opératoires va permettre des évaluations très fines de la qualité des actes opératoires [7]. Cette dernière fait d'ailleurs l'objet de beaucoup de travaux afin de déterminer des mesures standards permettant de l'objectiver. Ce sont les résultats de ces consensus qui seront la base des données d'apprentissage des IA. On assiste à une véritable intégration des données issues de dimensions différentes : les vidéos opératoires sont décortiquées et segmentées en phases correspondantes aux temps opératoires. Les niveaux de saignements et de fumées laparoscopiques sont également reconnus ainsi que la nature des instruments utilisés à chaque étape. L'activation de l'électrochirurgie et le cas échéant, le niveau de retour haptique peut être également intégré. Ceci permet alors de réaliser une véritable cartographie de l'intervention chirurgicale préfigurant des outils d'évaluation et de formation sans précédent [8].

Conclusion

La participation au 32^e congrès de l'EAES fut l'occasion de constater le dynamisme de l'évolution de la chirurgie endoscopique et notamment la large adoption des technologies robotiques avec la multiplication des plateformes. Trois tendances fortes semblent s'être dégagées des nombreuses thématiques abordées :

- une chirurgie guidée par l'image multimodalités : l'adoption massive de la fluorescence en plus de l'imagerie conventionnelle précède l'émergence d'autres technologies qui seront potentialisées par l'IA. On aura aussi constaté une faible représentation des systèmes 3D (hors robot) dans toutes

les présentations auxquelles nous avons pu assister. À ce titre, les industriels et les laboratoires poursuivent leurs efforts sur les nouveaux types de visualisation qui ne semblent toutefois pas encore fonctionner en routine clinique ;

- beaucoup de développements autour de l'IA : le potentiel semble important à toutes les étapes de la prise en charge chirurgicales mais il faudra encore patienter sur la diffusion d'applications considérées comme des dispositifs médicaux ou aillant un impact direct sur le patient du fait de la complexité de validation et de certification ;
- généralisation des écosystèmes robotisés : la multiplication de l'offre robotisée, tendance déjà observée ces dernières années, semble se poursuivre. L'ajout de fonctionnalités basées sur l'IA conduit à l'apparition de véritables écosystèmes numériques permettant d'exploiter la quantité colossale de données produites pendant la chirurgie et de générer des prédictions à chaque étape de la prise en charge. Ceci préfigure l'apparition de nombreux outils numériques d'assistance et d'alerte dans les blocs opératoires qui bénéficieront à la sécurité et la qualité des actes chirurgicaux. Grâce à la production d'informations possible par la maîtrise complète des environnements, l'apprentissage et la formation chirurgicale vont être standardisés par la démocratisation d'outils d'évaluation basés sur l'IA. C'est d'ailleurs probablement ce domaine qui va bénéficier le plus rapidement de l'apprentissage numérique n'ayant pas de conséquence directe sur les patients.

La question de l'interopérabilité entre les plateformes, avec l'intégration de données d'équipements tiers, n'est à ce stade pas l'axe de développement le plus présenté lors du congrès. L'adoption de standards de protocoles d'échanges reste en effet un défi majeur que l'ensemble des industriels devront parvenir à dépasser dans les prochaines années afin que les établissements de soins puissent bénéficier d'environnements moins rigides et fermés.

Déclaration de liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Srinivasan A, Kaminskaite V, Winter SC. The use of fluorescent markers to detect and delineate head and neck cancer: a scoping review. *Clin Otolaryngol* 2025;50:220–40. doi: [10.1111/coa.14263](https://doi.org/10.1111/coa.14263).
- [2] Barberio M, Benedicenti S, Pizzicannella M, et al. Intraoperative guidance using hyperspectral imaging: a review for surgeons. *Diagnostics* 2021;11:2066. doi: [10.3390/diagnostics11112066](https://doi.org/10.3390/diagnostics11112066).
- [3] Protserov S, Hunter J, Zhang H, et al. Development, deployment and scaling of operating room-ready artificial intelligence for real-time surgical decision support. *NPJ Digit Med* 2024;7:231. doi: [10.1038/s41746-024-01225-2](https://doi.org/10.1038/s41746-024-01225-2).
- [4] Madani A, Namazi B, Altieri MS, et al. Artificial intelligence for intraoperative guidance: using semantic segmentation to identify surgical anatomy during laparoscopic cholecystectomy. *Ann Surg* 2022;276(2):363–9.
- [5] Rodler S, et al. Generative artificial intelligence in surgery. *Surgery* 2024;175(6):1496–502.
- [6] van de Sande D, van Genderen ME, Verhoef C, et al. Optimizing discharge after major surgery using an artificial intelligence-based decision support tool (DESIRE): an external validation study. *Surgery (United States)* 2022;172(2):663–9. doi: [10.1016/j.surg.2022.03.031](https://doi.org/10.1016/j.surg.2022.03.031).
- [7] Knudsen J, Ghaffar U, Ma R, et al. Clinical applications of artificial intelligence in robotic surgery. *J Robotic Surg* 2024;18:102. doi: [10.1007/s11701-024-01867-0](https://doi.org/10.1007/s11701-024-01867-0).
- [8] Brandenburg JM, Jenke AC, Stern A, et al. Active learning for extracting surgomic features in robot-assisted minimally invasive esophagectomy: a prospective annotation study. *Surg Endosc* 2023;37:8577–93. doi: [10.1007/s00464-023-10447-6](https://doi.org/10.1007/s00464-023-10447-6).