

INNOVATIONS 2020

EN CHIRURGIE ET TRANSPLANTATION ABDOMINALE

Nous décrivons un projet pilote associant chirurgiens hépatiques et radiologues dans la modélisation d'objet tridimensionnel de planification chirurgicale du foie. Le modèle s'applique à des patients présentant une maladie colorectale métastatique hépatique : l'objet extrapolé des examens d'imagerie classique est imprimé en 3 dimensions et utilisé en per-opératoire pour améliorer la visualisation spatiale des tumeurs par rapport aux structures vasculaires et biliaires du foie.

Douglas Lacomblez, MD¹, Mike Salavracos, MD¹, Etienne Danse, MD, PhD¹, Laurent Coubeau, MD²

MOTS-CLÉS ► Métastase hépatique de cancer colorectal, hépatectomie, Impression 3D, épargne parenchymateuse hépatique.

Surgical planning using 3D modeling and 3D printing of the liver: progress made in managing patients with multiple colorectal cancer-related metastases

We herein describe a pilot project that involves liver surgeons and radiologists and concerns the modeling of three-dimensional objects for liver surgery planning. The model is being applied to patients suffering from metastatic colorectal liver disease, with the object extrapolated from conventional imaging examinations being printed in three dimensions and used intraoperatively, with the ultimate aim to improve the spatial visualization of tumors in relation to vascular and biliary hepatic structures.

KEY WORDS

Hepatic metastases of colorectal cancer, hepatectomy, 3D printing, parenchymal sparing

SOMMAIRE

Planification chirurgicale par modélisation et impression 3D du foie : avancée dans la prise en charge des patients avec métastases multiples de cancer colorectal

AFFILIATIONS

1. Service de Radiologie, Cliniques universitaires Saint-Luc, Université catholique de Louvain, B-1200 Bruxelles, Belgique
2. Service de Chirurgie et Transplantation Abdominale, Cliniques universitaires Saint-Luc, Université catholique de Louvain, B-1200 Bruxelles, Belgique

CORRESPONDANCE

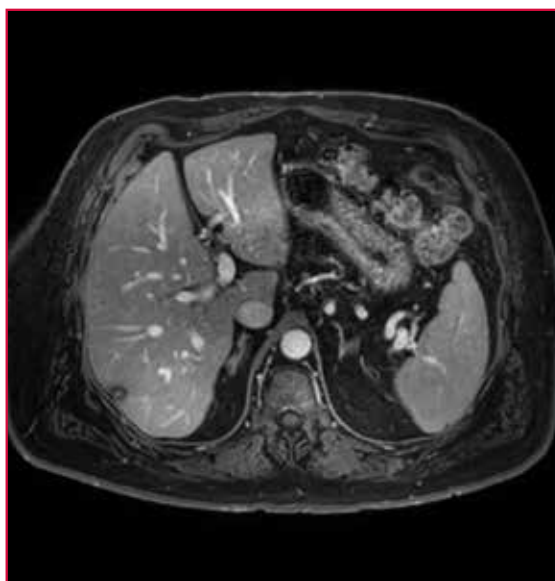
Dr. Laurent Coubeau
Cliniques universitaires Saint-Luc
Service de Chirurgie et Transplantation Abdominale
Université catholique de Louvain,
B-1200 Bruxelles, Belgique

Planification chirurgicale par modélisation et impression 3D du foie : avancée dans la prise en charge des patients avec métastases multiples de cancer colorectal

Le cancer colorectal est le troisième cancer le plus fréquemment diagnostiqué chez l'homme et le deuxième chez la femme avec plus d'un million huit cent mille nouveaux cas et presque 850.000 décès par an dans le monde (OMS). L'incidence et la mortalité varient considérablement de pays en pays (1,2) et cette pathologie touche des patients de plus en plus jeunes (3). Les métastases hépatiques (CRMets) sont présentes chez 15 à 20 % des patients au moment du diagnostic et 20 à 25% des patients non métastatiques développeront des CRMets dans les trois ans qui suivent leur chirurgie de tumeur colique primitive (4,5). La chirurgie hépatique reste la pierre angulaire de la prise en charge de ces patients mais moins de 25% d'entre eux s'avèrent résecables d'emblée (6). La réponse aux chimiothérapies actuelles a considérablement augmenté la résecabilité par diminution du volume tumoral hépatique. Les avancées médico-chirurgicales des dernières années ont donc modifié la prise en charge des patients atteints d'un cancer colo-rectal avec métastases hépatiques. Après résection de CRMets, le risque de récurrence reste cependant majeur (50-80%) , le foie étant le site de récurrence premier dans la moitié des cas (7,8). Le principe chirurgical axiomatique est donc d'appliquer des gestes les plus sélectifs possibles préservant un maximum le parenchyme sain (*Parenchyma Sparing*).

Cette approche passe par une planification détaillée du geste opératoire. Classiquement, l'équipe chirurgicale se base sur les images 2D des CTscanners (figure 1) et acquisitions par résonance magnétique (IRM).

Figure 1. IRM dans le bilan des métastases hépatique : visualisation d'une lésion au niveau du segment VII



L'utilisation de reconstructions multi-planaires permet de planifier le geste chirurgical (figures 2 et 3) ; le but étant de visualiser au mieux dans l'espace les lésions et leurs rapports avec les structures vasculaires et biliaires. Cette vision virtuelle reste complexe à apprécier et ce malgré l'utilisation de modèles tridimensionnels informatiques.

Figure 2. Feuille de planification "classique" faite par le chirurgien

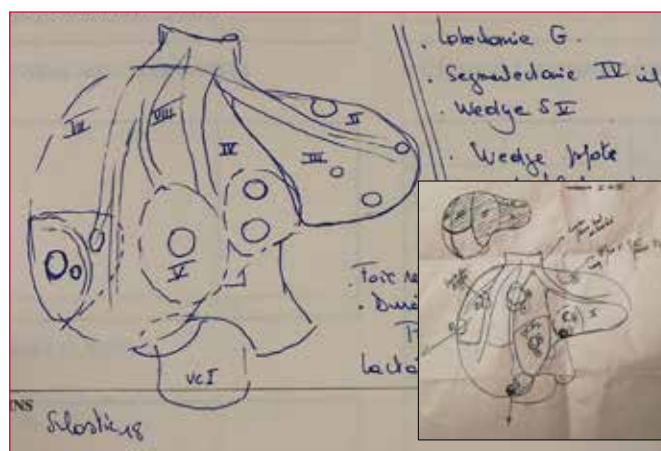
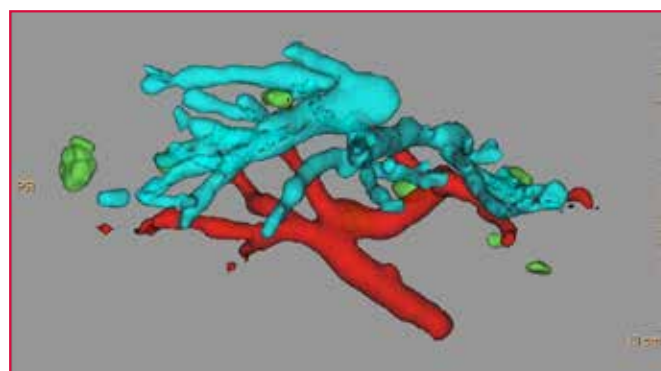


Figure 3. Modélisation tridimensionnelle du foie avec ses structures vasculaires et les métastases



L'équipe de chirurgie hépato-biliaire et le service de radiologie des Cliniques universitaires Saint-Luc, ont décidé de développer et d'évaluer l'impression physique de modèles 3D du foie des patients prévus pour résection de CRMets. Le but est d'évaluer l'apport de l'objet imprimé dans la planification et l'exploration chirurgicale des métastases hépatiques.

L'impression 3D s'est développée dans de multiples domaines des soins de santé, notamment en orthopédie et en chirurgie maxillo-faciale. Elle est peu adoptée en routine de la chirurgie générale et abdominale (8). Il existe une littérature croissante sur le sujet, mais peu d'études portent sur des larges cohortes (9,10). Il a été récemment

montré que l'utilisation des modèles 3D dans les chirurgies hépatiques diminuait le risque opératoire et augmentait le taux de réussite dans la résection des hépatocarcinomes (11). Le projet a vu le jour dans ce contexte. Il s'agit d'évaluer l'intérêt réel de l'impression 3D de modèles hépatiques pour la chirurgie de résection de métastases.

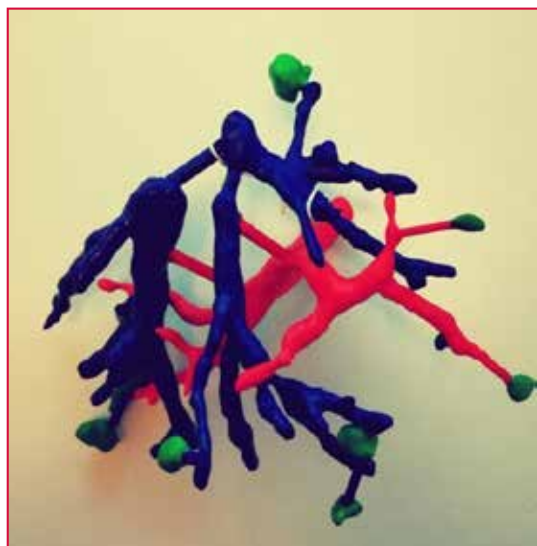
L'objectif secondaire est d'évaluer l'apport de cette «super-relecture» des images 2D nécessaire à la création de modèle 3D, pour l'affinement du diagnostic radiologique (localisation des lésions et rapports vasculaires).

Il est cependant nécessaire de prendre en compte les limitations intrinsèques au processus de création et d'impression des modèles 3D. Le choix du composé a un impact sur le coût : filament (FDM) ou résine (DLP). D'autres points seront à prendre en considération, tels que la résistance du matériel, l'utilisation de différentes couleurs sur le modèle, l'adhésion des couleurs, et le temps d'impression parfois considérable.

Le procédé a été récemment appliqué au premier patient : l'impression 3D a été effectuée avec l'aide du logiciel de reconstruction de la firme Philips (Intellispace Portal). Il s'agit d'un patient de 51 ans présentant des métastases hépatiques multiples bilobaires synchrones à une néoplasie rectale pT3N1M1a. Un bilan d'imagerie par CT Scanner et IRM hépatique a été réalisé pour documenter ces lésions et apprécier leur résécabilité. L'indication chirurgicale est confirmée en concertation multidisciplinaire oncologique.

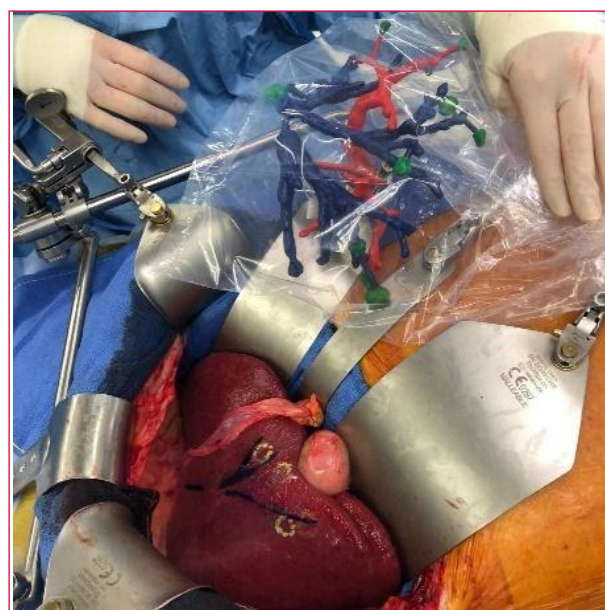
Les données d'imagerie ont été extraites et transférées vers une station de post-traitement pour réaliser la reconstruction 3D des lésions hépatiques ainsi que des vaisseaux portes et des veines sus-hépatiques à partir d'images du scanner et d'IRM. L'ensemble des fichiers a été exporté sous format standard (STL). Une imprimante 3D de la marque Ultimaker a été utilisée avec un composant en résine dure extrudé type PLA (figure 4); ceci a été réalisé en collaboration avec l'équipe de la société Spentys.

Figure 4. Modèle 3D imprimé sur base de la reconstruction



L'objet 3D a été mis à disposition des chirurgiens avant l'opération, puis il a été mis à disposition en cours d'opération, en condition stérile, dans le champ opératoire (figure 5).

Figure 5. et 6. Utilisation en peropératoire du modèle imprimé



L'équipe chirurgicale a témoigné d'une meilleure compréhension de l'anatomie et de la localisation des lésions à la fois en préopératoire et en peropératoire. En effet, certaines lésions étaient difficilement localisables in-vivo, malgré l'utilisation d'un repérage échographique per-opératoire.

L'utilisation per-opératoire et la manipulation du modèle tridimensionnel offrent des avantages indéniables sur plusieurs aspects : elle permet d'une part d'affiner le type de résection en améliorant la visualisation intuitive des lésions par rapport aux troncs vasculaires ; cet avantage s'inscrivant dans la logique d'épargne parenchymateuse.

Le procédé permet également la résection « géographique » de localisation lésionnelle stérilisée par la chimiothérapie (DLM ou *Disappearing Liver Metastases*). Celles-ci sont repérées sur le modèle extrapolé des résultats par IRM et difficiles de localisation per-opératoire par échographie. Elles sont encore majoritairement le siège de tissu tumoral résiduel.

Enfin, le modèle affiche une vue globale de la maladie métastatique parfois importante et pluri-localisée. Cette

vision d'ensemble oriente la stratégie vers des résections anatomiques de lésions adjacentes et surtout permet la systématisation dans le séquençage des résections.

La gestion chirurgicale hépatique assistée par l'imagerie en 3D s'avère particulièrement prometteuse. Elle encourage à poursuivre le projet dans le but d'apporter les meilleures conditions de réussite du geste chirurgical, au bénéfice du patient.

RÉFÉRENCES

1. Cronin KA, Lake AJ, Scott S, *et al.* Annual Report to the Nation on the Status of Cancer, part I: National cancer statistics. *Cancer*. 2018;124(13):2785-2800.
2. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2019. *CA Cancer J Clin*. 2019;69(1):7-34.
3. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Colorectal Cancer Mortality Rates in Adults Aged 20 to 54 Years in the United States, 1970-2014. *JAMA*. 2017;318(6):572-574.
4. Steele G, Jr., Ravikumar TS. Resection of hepatic metastases from colorectal cancer. Biologic perspective. *Ann Surg*. 1989;210(2):127-138.
5. Blumgart LH, Allison DJ. Resection and embolization in the management of secondary hepatic tumors. *World J Surg*. 1982;6(1):32-45.
6. Adam R, Delvart V, Pascal G, *et al.* Rescue surgery for unresectable colorectal liver metastases downstaged by chemotherapy: a model to predict long-term survival. *Ann Surg*. 2004;240(4):644-657; discussion 657-648.
7. Brown KGM, Koh CE. Surgical management of recurrent colon cancer. *J Gastrointest Oncol*. 2020;11(3):513-25.
8. Moris D, Ronnekleiv-Kelly S, Rahnama-Azar AA, Felekouras E, Dillhoff M, Schmidt C, *et al.* Parenchymal-Sparing Versus Anatomic Liver Resection for Colorectal Liver Metastases: a Systematic Review. *J Gastrointest Surg*. 2017;21(6):1076-85.
9. Soon DSC, Chae MP, Pilgrim CHC, Rozen WM, Spschal RT, Hunter-Smith DJ. 3D haptic modelling for preoperative planning of hepatic resection: A systematic review. *Ann Med Surg*. 2016;10:1-7.
10. Ballard DH, Wake N, Witowski J, Rybicki FJ, Sheikh A. Radiological Society of North America (RSNA) 3D Printing Special Interest Group (SIG) clinical situations for which 3D printing is considered an appropriate representation or extension of data contained in a medical imaging examination: abdominal, hepatobiliary, and gastrointestinal conditions. *3D Print Med*. 2020;6(1):13.
11. Wang JZ, Xiong NY, Zhao LZ, Hu JT, Kong DC, Yuan JY. Review fantastic medical implications of 3D-printing in liver surgeries, liver regeneration, liver transplantation and drug hepatotoxicity testing: A review. *Int J Surg*. 2018;56:1-6.