15 NOV 2017
Article de recherche
TECHNOLOGIES DE LA SANTÉ

Imprimer un estomac 3D pour mieux éduquer en chirurgie bariatrique

Vincent Pelletier · Yvan Petit · Vladimir Brailovski · Ronald Denis · Anne-Sophie Studer · Éric Wagnac

RÉSUMÉ:

L'obésité est une maladie complexe qui affecte 23 % de la population canadienne, soit plus de 8 millions de personnes. La chirurgie bariatrique est un moyen couramment utilisée pour traiter l'obésité. La technique chirurgicale la plus populaire, appelée gastrectomie en manchon ou « sleeve gastrique », consiste à couper l'estomac et à retirer de 70 à 80 % de son volume total. À l'heure actuelle, il est difficile pour les médecins d'expliquer clairement cette opération à leur patient en raison de sa grande complexité. Cet article présente une nouvelle approche visant à améliorer l'efficacité des rencontres médecins-patients. L'approche se base sur les plus récentes technologies de fabrication additive pour imprimer en 3D un estomac humain de taille réelle, dans un matériau imitant son comportement mécanique. Deux méthodes de fabrication sont abordées et discutées. À l'heure actuelle, la méthode indirecte, qui consiste à fabriquer un moule par fabrication additive et à couler un matériau flexible à l'intérieur du moule pour obtenir un modèle physique d'estomac, s'avère la mieux adaptée pour ce type d'application.

Mots clés : Chirurgie bariatrique, impression 3D, fabrication additive

L'obésité fait aujourd'hui partie de la vie courante de nombreuses personnes. En effet, une augmentation d'environ 4 % de la population canadienne obèse a été observée entre 2001 et 2011 [1]. Aujourd'hui, plus de 23 % de la société canadienne souffre d'obésité, ce qui représente environ 8 millions de Canadiens ayant un IMC de plus de 30. Il existe heureusement plusieurs moyens de traiter l'obésité dont l'exercice physique, la diète alimentaire et la chirurgie bariatrique.

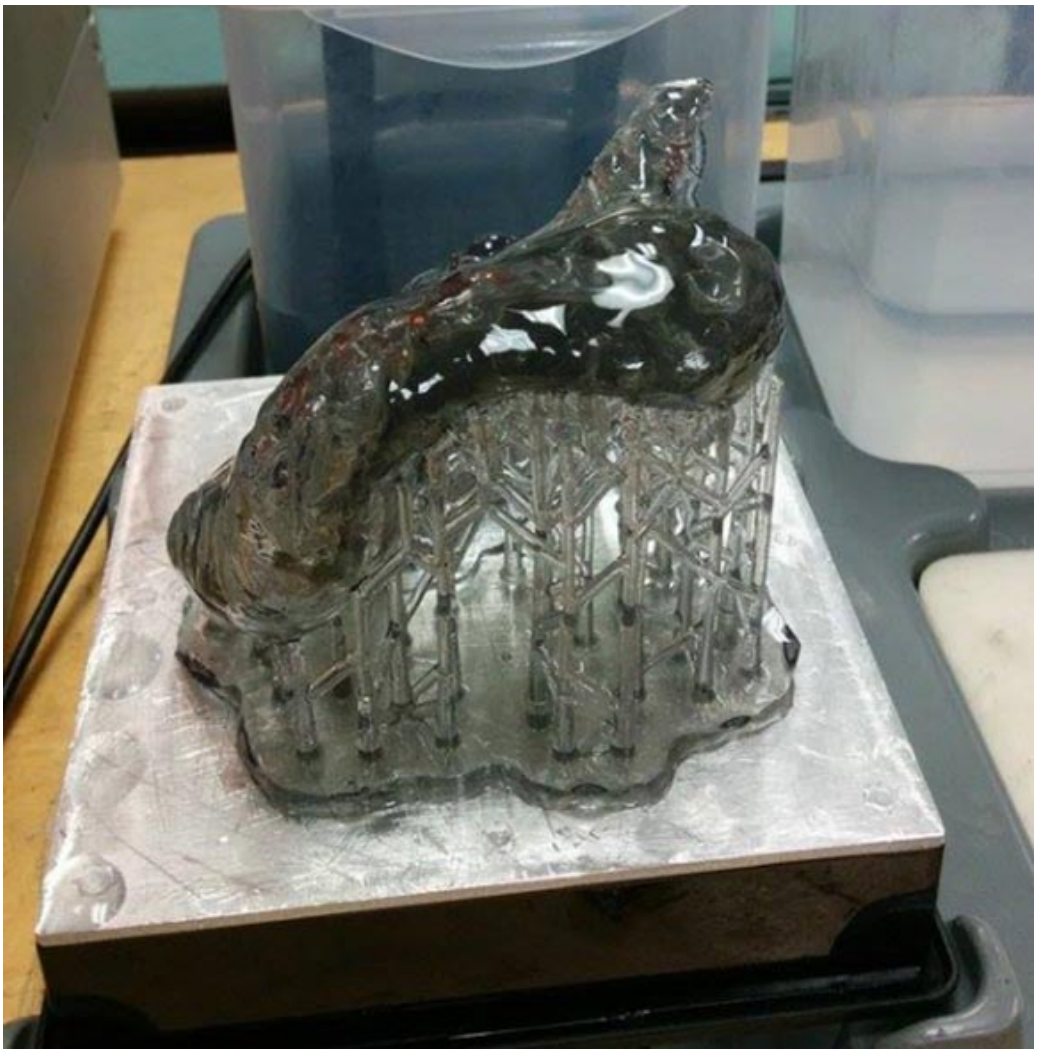
La gastrectomie en manchon (ou « sleeve gastrique ») est la chirurgie bariatrique la plus populaire. Elle consiste à couper l'estomac le long de la grande courbure, retirant ainsi 70 à 80 % de son volume total. Le tout se déroule sous anesthésie générale par coeliochirurgie, une approche chirurgicale qui consiste à explorer la cavité abdominale à l'aide d'un dispositif muni d'une micro-caméra. Lors de l'intervention, le chirurgien effectue de petites incisions au niveau de l'abdomen et insère la micro-caméra. Il introduit ensuite dans l'estomac un guide de coupe de forme cylindrique, appelé « bougie », qui déplie l'estomac, en forme de « J » à l'origine. Il retire ensuite le gras autour de l'estomac et découpe le long de la bougie avec un outil chirurgical capable de découper, cicatriser la plaie et agrafer le tout.

Comment expliquer clairement à un patient la chirurgie de gastrectomie en manchon? C'est la question que le Dr Ronald Denis, chirurgien à l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, et Anne-Sophie Studer, chirurgienne au Centre hospitalier du Pays d'Aix en France, ont posé à notre équipe de chercheurs de l'ÉTS.« En ce moment, nous expliquons la chirurgie de gastrectomie en manchon par le biais d'illustrations sur papier ou de modèles physiques rigides peu représentatifs de la réalité, sans grand succès. Avoir un modèle physique d'estomac réaliste à partir duquel montrer et simuler la chirurgie serait un atout majeur », expliquent les Dr. Denis et Studer.

Toutefois, l'estomac est une structure flexible et vide, de géométrie complexe, qui peut difficilement être fabriquée par les méthodes de fabrication classiques. L'équipe a donc tenté d'exploiter les plus récentes technologies de fabrication additive, couramment appelées impression 3D, pour concevoir un estomac humain de taille réelle, dans un matériau qui imiterait le comportement mécanique de l'estomac humain. Dans le cadre de cette étude, la fabrication additive désigne un ensemble de procédés par addition de matière permettant de fabriquer un objet complexe à partir de modèles virtuels 3D.

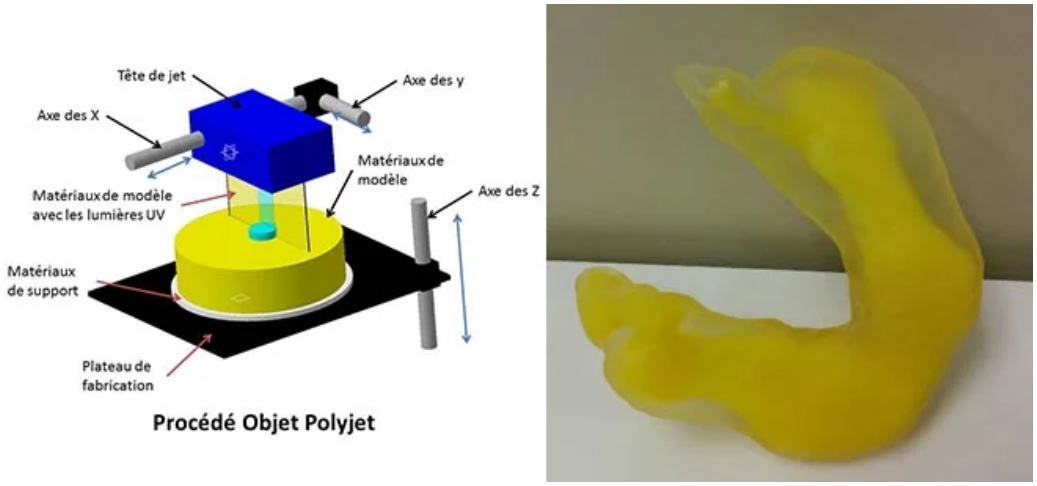
Impression de l'estomac

Le modèle physique résultant montre que ce procédé permet d'obtenir une géométrie fidèle à la réalité. Cependant, l'estomac fabriqué en utilisant cette technologie n'est pas suffisamment flexible pour résister aux efforts de tension et de flexion requis pour déplier l'estomac et insérer la bougie. De plus, il est difficile de retirer manuellement les supports en raison des ouvertures trop fines de l'estomac.



Estomac fabriqué par photopolymérisation

Le jet de matériau est un procédé utilisant des têtes d'impression pour déposer couche par couche de fines gouttelettes d'une résine photosensible. Pour l'estomac, l'impression a été réalisée sur une machine Objet260 Connex 2 (Stratasys, États-Unis), avec le matériau le plus flexible pouvant actuellement être utilisé pour ce procédé (Tango Plus). Tout comme la photopolymérisation en cuve, le modèle physique obtenu affiche une géométrie fidèle, mais une rigidité trop importante et une résistance mécanique insuffisante pour simuler une gastrectomie. De plus, il est difficile de retirer complètement les supports pour les mêmes raisons évoquées pour la photopolymérisation en cuve.

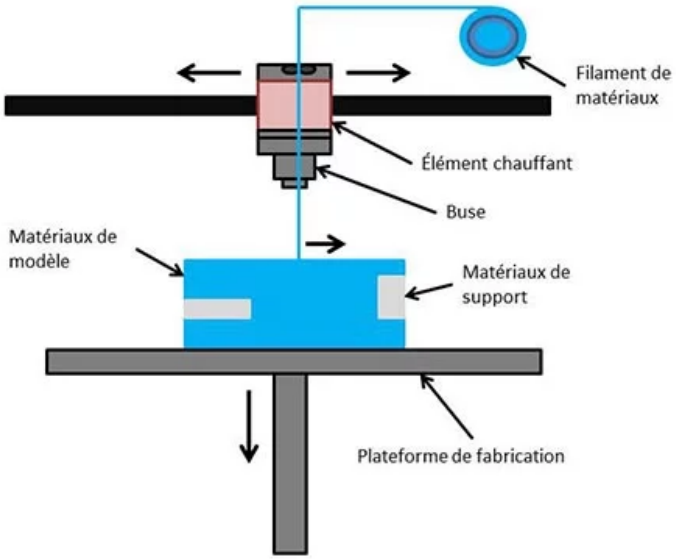


Procédé de jet de matériau et estomac obtenu par cette méthode

Méthode indirecte

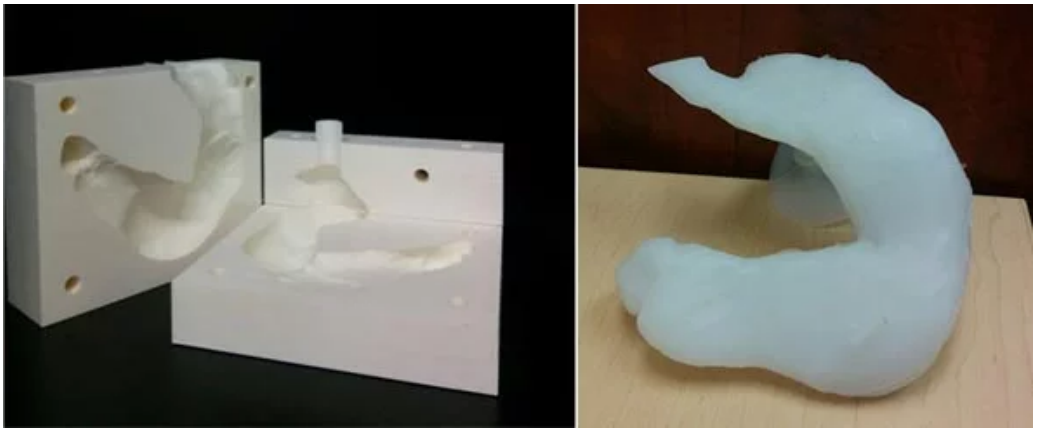
Pour tester la méthode indirecte, le modèle 3D du moule a été créé à partir du modèle 3D de l'estomac, et imprimé en un thermoplastique rigide (ABS) sur une machine Fortus 250 mc (Stratasys, États-Unis) fonctionnant selon le principe d'extrusion de filament de matériaux. Le moule contient aussi un noyau représentant le volume interne de l'estomac, qui a été imprimé avec le même procédé mais dans un matériau soluble à l'eau.

L'extrusion de matière créant un effet « escalier » en surface causé par la fabrication par couches, le moule a été trempé dans une solution acrylique pour lisser et boucher les pores en surface.



Extrusion de filament

Une fois le moule terminé, une résine de silicone a été coulée par gravité à l'intérieur du moule. Le modèle physique moulé a ensuite été trempé dans une solution pour retirer le noyau et vider la cavité de l'estomac. Le modèle final présente fidèlement la géométrie d'un estomac vide avant une opération et affiche aussi des propriétés mécaniques similaires à l'estomac. Capable de résister aux manipulations que demande la simulation physique d'une gastrectomie en manchon, le modèle répond donc aux besoins des chirurgiens!



Moule imprimé en 3D et estomac coulé

Conclusion

L'utilisation directe de la fabrication additive est aujourd'hui limitée en ce qui concerne l'impression de matériaux flexibles et présente certaines limites pour bien reproduire le comportement biomécanique de tissus mous tels que l'estomac humain. Toutefois, le monde de l'impression 3D est en pleine expansion et de plus en plus d'entreprises se concentrent sur la fabrication de pièces en matériaux flexibles. Par exemple, la compagnie allemande WACKER semble avoir trouvé un moyen d'imprimer des pièces directement en silicone. Leur technologie n'est toutefois pas en vente à ce jour. Pour l'instant, une approche indirecte permettant de couler une résine de silicone à l'intérieur d'un moule imprimé en 3D offre des résultats très satisfaisants. En plus de son faible coût, cette méthode a l'avantage de produire un moule réutilisable. Très bientôt, les chirurgiens seront en mesure d'expliquer efficacement à leur patient la chirurgie bariatrique qui les attend, voire même de former les futurs médecins, avec des estomacs imprimés en 3D.

Vincent Pelletier

Profil de l'auteur(e)

Vincent Pelletier est étudiant à la maîtrise au Département de génie mécanique de l'ÉTS.

Programme : Génie mécanique

Chaire de recherche : Chaire de recherche ÉTS sur l'ingénierie des procédés, des matériaux et des structures pour la fabrication additive

Laboratoires de recherche : LAMSI – Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents

Yvan Petit

Profil de l'auteur(e)

Yvan Petit est professeur au département de génie mécanique de l'ÉTS. Ses intérêts de recherche portent sur la conception assistée par ordinateur, la biomécanique, les dispositifs médicaux et de protection et la fabrication additive.

Programme : Génie mécanique

Références

1Canadian Institute of health information.

Références images

L'image d'en-tête a été achetée sur Istock.com. Des droits d'auteur la protègent.

Les autres images sont des auteurs. La licence CC de Substance s'applique.

Chaire de recherche : Chaire de recherche du Canada en génie pour l'innovation en traumatologie spinale

Laboratoires de recherche : ÉREST – Équipe de recherche en sécurité du travail LIO – Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie

VB Vladimir Brailovski

Profil de l'auteur(e)

Vladimir Brailovski est professeur au département de génie mécanique de l'ÉTS. Il est spécialiste en conception et en fabrication de dispositifs en alliages à mémoire de forme et de l'ingénierie des procédés pour la fabrication additive.

Programme : Génie mécanique

Chaire de recherche : Chaire de recherche ÉTS sur l'ingénierie des procédés, des matériaux et des structures pour la fabrication additive

Laboratoires de recherche : LAMSI – Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents

RD Ronald Denis

Profil de l'auteur(e)

Ronald Denis est chirurgien à l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal.

AS Anne-Sophie Studer

Profil de l'auteur(e)

Anne-Sophie Studer est chirurgienne au Centre Hospitalier du Pays d'Aix, en France.

Éric Wagnac

Profil de l'auteur(e)

Éric Wagnac est professeur au département de génie mécanique de l'ÉTS. Ses recherches portent sur la biomécanique, la conception par ordinateur, la simulation par éléments finis, les dispositifs de protection et les outils chirurgicaux.

Programme : Génie mécanique

Chaire de recherche :	Chaire de recherche ÉTS sur l'ingénierie des procédés, des matériaux et des structures pour la fabrication additive
Laboratoires de recherche :	LAMSI – Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents
Domaines d'expertise :	Fabrication additive Conception assistée par ordinateur (CAO) Dispositifs médicaux et dispositifs de protection