



3D printing comes to veterinary medicine

L'impression 3D fait son apparition en médecine vétérinaire

3D printing is a method of producing a physical object from a digital model by adding a succession of thin layers of material. In one type of 3D printing a filament of the material (the ink) is melted then deposited in a layer, then cooled rapidly. Another type of 3D printer uses a stereolithography (SLA) process, which begins with a liquid, typically a photosensitive thermoset polymer, and creates the object by using a UV laser beam to selectively cure the polymer resin layer by layer. Thermoplastics are commonly used in 3D printing but liquids, powders, metals, ceramics or living cells are also used. Major advantages of this method of manufacture are that it is accurate and repeatable with high speed and low cost.

3D printers are now used to create a wide range of products including toys, foods, jewelry, automobile parts and aircraft parts. Some 5 years ago massive 3D printers and quick drying concrete were used to build 10 houses in China in a single day at a cost of less than \$5000 each.

The first applications of 3D printing in medicine occurred in the 1990s and involved the production of dental implants and custom prosthetics. Other areas in medicine in which 3D printing is having an impact include surgical planning, education and training, research and drug delivery (1).

The study of 3D printed patient-specific organ replicas substantially improves planning for complex surgeries by allowing exploration of various surgical approaches and permitting hands-on experience prior to the surgery (1). Use of these models shortens the duration of surgery and improves the outcome. Educators have used 3D printing to produce models of organs and structures that assist students in anatomy and physiology. Printing of human organs (organoids) from living cells is predicted to find a major place in drug screening, toxicology and oncology research. The combination of stem cell technology and 3D printing has led to the development of organoids that mimic the corresponding organ in structure and function and can play

L'impression 3D est une méthode permettant de produire un objet physique à partir d'un modèle numérique en superposant de fines couches de matériau. Dans un type d'impression 3D, un filament du matériau (l'encre) est fondu, déposé en une couche, puis refroidi rapidement. Un autre type d'imprimante 3D utilise un processus de stéréolithographie (SLA), qui crée un objet à partir d'un matériau liquide, généralement un polymère photosensible thermodurci, en utilisant un faisceau laser UV pour solidifier la résine de polymère couche par couche. Les thermoplastiques sont couramment employés en impression 3D mais des liquides, des poudres, des métaux, des céramiques ou des cellules vivantes sont aussi utilisés. Les principaux avantages de cette méthode de fabrication sont qu'elle est précise et reproductible à haute vitesse et à faible coût.

Les imprimantes 3D sont désormais utilisées pour créer un vaste éventail de produits, notamment des jouets, des produits alimentaires, des bijoux, ainsi que des pièces d'automobiles et d'avions. Il y a environ 5 ans, d'immenses imprimantes 3D et du béton à séchage rapide ont permis de construire 10 maisons en Chine en une seule journée, pour un coût inférieur à 5000 \$ chacune.

L'impression 3D a servi en médecine pour la première fois dans les années 1990 pour la production d'implants dentaires et de prothèses sur mesure. Les autres domaines de la médecine dans lesquels l'impression 3D joue un rôle comprennent la planification chirurgicale, l'enseignement et la formation, la recherche, et l'administration de médicaments (1).

L'examen de répliques d'organes de patients imprimées en 3D améliore considérablement la planification d'opérations complexes en permettant l'exploration de diverses approches chirurgicales et une expérience pratique avant l'intervention (1). Le recours à ces modèles réduit la durée de la chirurgie et améliore les résultats. Les enseignants ont utilisé l'impression 3D pour créer des modèles d'organes et de structures qui aident

Use of this article is limited to a single copy for personal study. Anyone interested in obtaining reprints should contact the CVMA office (hbroughton@cvma-acmv.org) for additional copies or permission to use this material elsewhere.

L'usage du présent article se limite à un seul exemplaire pour étude personnelle. Les personnes intéressées à se procurer des réimpressions devraient communiquer avec le bureau de l'ACMV (hbroughton@cvma-acmv.org) pour obtenir des exemplaires additionnels ou la permission d'utiliser cet article ailleurs.

a role in regenerative medicine. A sheep model has shown the feasibility of using a hand-held device (biopen) to deposit cultured cells and a bioscaffold into a cartilage defect *in vivo*. In the future, printed organs or portions of organs will likely be used for transplantation into humans. There is considerable research on the use of 3D printing for drug delivery (1). The technique permits printing of specific doses for an individual, creating pills that contain immediate release and sustained release layers, and producing pills that incorporate several drugs with different release profiles in a single pill.

3D printing is also finding application in veterinary medicine. In late 2018, Dr. Michelle Oblak at the Ontario Veterinary College made news around the world because of her use of a 3D printed customized part of the skull of a dog with a massive brain tumor (2). Dr. Oblak remarked on how well-prepared she and her Cornell University colleague, Dr. Galina Hayes, were when they walked into the operating room — because they had been able to study the 3D model of the dog's head and tumor and to have the 3D printed skull replacement on hand. Earlier this year a 3D printed indirect lens adapter was described as part of an inexpensive system for funduscopy in dogs and cats (3). The other parts of the system were a smart phone and an indirect ophthalmoscopy lens. This system is suitable for acquiring, archiving, and sharing images of the retina by veterinary ophthalmologists and general practitioners.

les étudiants en anatomie et en physiologie. L'impression d'organes humains (organoides) à partir de cellules vivantes devrait occuper une place importante dans la recherche sur le dépistage des drogues, la toxicologie et l'oncologie. La combinaison de la technologie des cellules souches et de l'impression 3D a mené au développement d'organoides imitant la structure et la fonction des organes reproduits et peut jouer un rôle en médecine régénérative. Un modèle de mouton a montré qu'il était même possible d'utiliser un dispositif portable (BioPen) pour déposer des cellules en culture et une biomatrice dans une lésion cartilagineuse *in vivo*. À l'avenir, des organes imprimés, partiels ou complets, seront probablement utilisés pour transplantation chez l'humain. Il y a beaucoup de recherche sur le recours à l'impression 3D pour l'administration de médicaments (1). Cette technique permet d'imprimer des doses spécifiques pour un individu, en créant des comprimés formés de couches à libération immédiate et à libération prolongée ou des comprimés contenant plusieurs médicaments à caractéristiques de libération différentes.

L'impression 3D a également des applications en médecine vétérinaire. À la fin de l'année 2018, la D^{re} Michelle Oblak de l'Ontario Veterinary College a fait les manchettes dans le monde entier en remplaçant une partie du crâne d'un chien souffrant d'une énorme tumeur crânienne par une plaque réalisée sur mesure par impression 3D (2). La D^{re} Oblak a souligné à quel point elle et sa collègue de l'Université Cornell, la D^{re} Galina Hayes, étaient bien préparées lorsqu'elles sont entrées dans la salle d'opération, parce qu'elles avaient pu étudier le modèle 3D de la tête et de la tumeur du chien ainsi que l'implant de remplacement fabriqué par impression 3D. Plus tôt cette année, un adaptateur imprimé en 3D a été utilisé avec un téléphone intelligent et une lentille d'ophtalmoscopie indirecte pour créer

Other applications of 3D printing in veterinary medicine have been reported. Patient-specific drill guides have been shown to be effective in a variety of procedures including placement of pedicle screws in vertebrae and stabilization of fractures in dogs. 3D printing has also been used for making a customized implant for treatment of canine cruciate ligament by tibial tuberosity advancement, for producing a small animal immobilizer for radiotherapy, for creating rhino horns, and for producing custom ballistic vehicles for drug delivery to wildlife. Within a few years I expect that many veterinary practices will have a 3D printer in the office.

References

1. Paul GM, Rezaenia A, Wen P, et al. Medical applications for 3D printing: Recent developments. *Mo Medicine* 2018;115:75–81.
2. Ducharme J. Veterinarians 3D-Printed Part of a Skull for a Dog With Cancer. Available from: <http://time.com/5406699/dog-cancer-3d-printed-skull/> Last accessed August 6, 2019.
3. Espinheira Gomes F, Ledbetter E. Canine and feline fundus photography and videography using a nonpatented 3D printed lens adapter for a smartphone. *Vet Ophthalmol* 2019;22:88–92. ■

Carlton Gyles

(Opinions expressed in this column are those of the Editor)

un système peu coûteux pour l'examen du fond de l'œil chez le chien et le chat (3), qui fonctionne pour l'obtention, la sauvegarde et le partage d'images de la rétine par des ophtalmologistes vétérinaires et des médecins vétérinaires généralistes.

D'autres applications de l'impression 3D en médecine vétérinaire ont aussi été décrites. Les guides chirurgicaux sur mesure se sont révélés efficaces dans diverses interventions, notamment pour la mise en place de vis pédiculaires dans les vertèbres et la stabilisation des fractures chez le chien. L'impression 3D a également été utilisée pour la fabrication d'un implant sur mesure pour le traitement d'une rupture du ligament croisé crânial par avancement de la tubérosité tibiale, pour la fabrication d'un immobilisateur d'animal de compagnie pour la radiothérapie, pour la fabrication de cornes de rhinocéros, et pour la production de dispositifs d'administration de médicaments aux animaux de la faune. Je crois que d'ici quelques années, de nombreux établissements vétérinaires seront équipés d'une imprimante 3D.

Renvois

1. PAUL GM, REZAIENIA A, WEN P, *et al.* Medical Applications for 3D Printing: Recent Developments. *Mo Medicine* 2018;115:75–81.
2. DUCHARME J. «Veterinarians 3D-Printed Part of a Skull for a Dog With Cancer». Disponible au : <http://time.com/5406699/dog-cancer-3d-printed-skull/> Dernière consultation le 6 août 2019.
3. ESPINHEIRA GOMES F, LEDBETTER E. Canine and feline fundus photography and videography using a nonpatented 3D printed lens adapter for a smartphone. *Vet Ophthalmol* 2019;22:88–92. ■

Carlton Gyles

(Les opinions exprimées dans cette rubrique sont celles du rédacteur en chef.)