

Titre : Base du crâne osseuse en impression 3D: méthodes de validation géométrique et mécanique pour le choix du matériau, perspectives et applications.

V. Favier^{1,5}, N. Zemiti², O. Caravaca², G. Subsol¹, G. Captier⁴, L. Crampette⁵, M. Mondain⁵, B. Gilles^{1,3}

1 LIRMM, équipe ICAR, CNRS, Montpellier, France

2 LIRMM équipe DEXTER, CNRS, Montpellier, France

3 Anatoscope SA, Montpellier, France

4 Laboratoire d'anatomie, Université Montpellier, France

5 Service d'ORL, CHU Montpellier, Hôpital Gui de Chauliac, France

Introduction: Développer la simulation en santé est un objectif majeur de l'apprentissage médical au XXI^e siècle. Un rapport de la Haute Autorité de la Santé datant de 2012 faisait état d'un très faible développement de la simulation chirurgicale en France. En chirurgie basicrânienne par voie endoscopique, plusieurs modèles procéduraux existent mais leur fiabilité anatomique et mécanique ne sont que rarement évaluées ou disponibles [1]. Le but de ce travail était de réaliser un modèle d'entraînement à la chirurgie sinusienne et basicrânienne par voie endoscopique, avec un matériau rigoureusement validé pour ses propriétés mécaniques et géométriques proches de l'os humain.

Matériel et Méthodes: Nous avons évalué 4 matériaux disponibles au grand public en prototypage rapide: le polycarbonate (PC), l'hémihydrate de sulfate de calcium (multicolore), le polyamide (PA) et la résine. Plusieurs prélèvements d'échantillons osseux de base du crâne cadavérique ont été imagés par scanner (CT) et micro-CT, segmentés puis reconstruits en 3D (maillages) avant d'être imprimés en 4 matériaux. Ces objets imprimés ont également bénéficié d'acquisition CT. La précision géométrique était évaluée par comparaison des distances moyennes de leurs maillages à ceux de l'os témoin. Les caractéristiques mécaniques étaient évaluées selon la force nécessaire à leur rupture ainsi que l'énergie nécessaire à leur fraisage. Les tests mécaniques étaient réalisés avec le matériel chirurgical classiquement utilisé dans ces indications.

Résultats : Les distances moyennes entre maillages (précision globale) étaient de 0.083mm (écart-type 0.076mm) pour le PC, 0.194mm (écart-type 0.124) pour le multicolore, 0.211mm (écart-type 0.108mm) pour la résine et 0.127mm (écart-type 0.079mm) pour le PA. La précision locale était meilleure pour le PC (0.09mm) et le PA (0.15mm). La moyenne des forces exercées pour la rupture était de 33.71N (écart-type 12.35N) pour l'os, 84,06N (écart-type 22.31N) pour le PC et 102.82N (écart-type 52.25N) pour le multicolore. Les résultats n'étaient pas reproductibles pour les autres matériaux. Le mode macroscopique de fracture était similaire pour le PC et l'os humain. L'énergie dépensée durant le fraisage était 1.6 et 2.6 fois plus importante pour l'os que le PC et le multicolore.

Discussion: La précision géométrique du PC était supérieure aux autres matériaux. Les tests mécaniques étaient représentatifs des gestes utilisés en chirurgie endoscopique de la base du crâne : la rupture de parois fines à l'aspiration chirurgicale simulait une procédure d'ethmoidectomie alors que le fraisage simulait l'abord de la sellaire ou parasellaire. Le PC avait un comportement mécanique le plus proche de l'os humain cadavérique. Cette validation géométrique et mécanique du PC démontre sa fiabilité dans la création de modèles d'entraînement à la chirurgie endoscopique basicrânienne.

Conclusion: Le PC est un bon substitut à l'os cadavérique basicrânien pour la création de modèles d'entraînement à la chirurgie endoscopique. Il permet la réalisation de modèles spécifiques dédiés à l'anatomie du patient pour l'entraînement des étudiants, la planification et la simulation pré-opératoire, le développement de nouvelles voies d'abord chirurgicales. Nous sommes convaincus que l'utilisation de ces modèles permettra d'améliorer la sécurité du patient au bloc opératoire.

[1] PLoS ONE 2015 Sep 2; 10 (9) 999-1011