

SpineKit : conception et validation pédagogique d'un simulateur modulaire imprimé en 3D pour la chirurgie du rachis lombaire.

Léonard Chatelain* ¹, Emil Haikal ², Khoa Tran ², Blerta Budani ², Renaud Lafage ², Jonathan Elysee ², Antonia Blanié ³, Dan Benhamou ³, Christian Garreau de Loubresse ¹, Pierre Guigui ¹, Emmanuelle Ferrero ¹, Virginie Lafage ²

¹ Hôpital Européen Georges Pompidou, Orthopédie, Paris, France

² Lenox Hill Hospital, Northwell Health, Clinical Research, New York, United States

³ Hôpital Bicêtre, Anesthésie - Réanimation, Le Kremlin-Bicêtre, France

INTRODUCTION

Les pathologies dégénératives du rachis lombaire sont une cause majeure de morbidité, et la formation pratique des internes à la chirurgie du rachis lombaire reste limitée. Les formations sur sujet anatomique sont coûteuses et difficiles à organiser, tandis que les simulateurs haute fidélité demeurent onéreux et peu durables. L'impression 3D offre une alternative accessible pour le développement de modèles pédagogiques à faible coût.

Dans ce contexte, un simulateur lombaire modulaire, open-source et imprimé en 3D a été développé. La procédure de TLIF (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion) a été choisie pour l'évaluation pédagogique, car elle mobilise de nombreux gestes techniques fondamentaux de la chirurgie du rachis. L'objectif de cette étude était d'évaluer la validité de construit de ce simulateur et son intérêt pédagogique auprès d'internes en chirurgie orthopédique.

MATÉRIEL ET MÉTHODE :

Le simulateur a été conçu à partir d'un scanner lombaire L3-S1 segmenté et modélisé sous Blender®. Les arcs postérieurs L4-L5 ont été rendus amovibles via un système de clips afin de ne remplacer que les éléments détruits à chaque simulation. Les tissus mous étaient reproduits par une combinaison de matériaux organiques (peau de banane pour le ligament jaune, oranges pour les masses musculaires) et synthétiques (ballons remplis d'eau pour la dure-mère et les racines, mouchoir humide pour le disque, peau synthétique). Les composants étaient imprimés en PLA et assemblés dans un socle rigide, cachés dans une boîte (Figure 1).

Une étude prospective multicentrique a été menée auprès d'internes réalisant une procédure complète de TLIF sur le modèle. Les performances étaient évaluées par le score OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills) et le temps opératoire. Un questionnaire post-simulation évaluait réalisme, utilisabilité, valeur pédagogique et satisfaction.

RÉSULTATS :

Le simulateur comprenait 13 pièces, nécessitant 6 h 52 d'impression pour un coût total de 5.5 \$ et un poids de 220 g. Chaque session nécessitait uniquement le remplacement des arcs postérieurs, imprimés en 51 minutes pour un coût de 0.3 \$.

Vingt-et-un internes ont participé à l'étude. Le score OSATS moyen était de 24.4 ± 6.7 et le temps opératoire moyen de 21.2 ± 6.8 minutes. Les internes avancés opéraient significativement plus rapidement ($p = 0.012$) et le score OSATS était corrélé au temps d'expérience en chirurgie du rachis ($\rho = 0.48$; $p = 0.028$). Les scores de satisfaction étaient élevés, notamment pour la valeur pédagogique et la volonté de réutilisation ($4.8 \pm 0.4/5$).

CONCLUSION :

Le simulateur SpineKit constitue un modèle modulaire imprimé en 3D, à très faible coût et réutilisable, permettant un entraînement réaliste à la procédure de TLIF. Il a démontré une validité de construit et une forte acceptabilité auprès des internes. Son accessibilité et sa conception open-source en font un outil particulièrement adapté à l'entraînement répété et aux environnements à ressources limitées.

