

Enseigner l'otoscopie à l'aide de la technologie de l'impression 3D

I Abstract

Introduction : L'otoscopie est une compétence essentielle pour la plupart des médecins, en particulier les médecins généralistes et les pédiatres. Cependant, l'enseignement basé sur la simulation est difficile, car il y a une grande variété de maladies du tympan à connaître, qui doivent être interprétées en trois dimensions. L'objectif de cette étude était de développer et de valider un simulateur d'otoscopie utilisant l'impression 3D, afin de surmonter ces deux difficultés majeures.

Méthodes : Les images d'un scanner d'os temporal normal ont été anonymisées et segmentées. Les éléments anatomiques obtenus à partir de la segmentation ont été reconstruits à l'aide d'un logiciel de CAD (Computer-Aided Design). Plusieurs membranes tympaniques pathologiques (30) ont été conçues à partir de photos réelles de membranes tympaniques : les textures ont été appliquées sur les membranes tympaniques et les reliefs ont été créés grâce aux indications données par les photos et à l'expertise d'un otologiste expert. Le modèle a été imprimé en 3D à l'aide de la technologie Polyjet qui permet d'imprimer en multi-matériaux et multi-couleurs.

Le réalisme du simulateur a été validé en analysant les retours d'expérience d'otologues seniors (oto-rhino-laryngologistes), de pédiatres seniors et d'étudiants en médecine. Les diagnostics corrects et le score de satisfaction ont été analysés. Le simulateur a également été utilisé à grande échelle pour l'évaluation en examen ECOS. Des questionnaires de satisfaction ont été envoyés.

Résultats : Un simulateur comprenant une oreille externe, un conduit auditif et une cavité tympanique a été développé. La membrane tympanique, ainsi que le malleole et l'enclume, ont été imprimés comme un élément séparé. Trente membranes tympaniques différentes ont été développées et pouvaient être interchangeables et insérées dans le modèle, dont 6 otites moyennes aiguës et 6 otites moyennes avec épanchement. Les 30 tympons ont été examinés au préalable par 4 otologues seniors, qui ont diagnostiqué correctement les tympons dans 29 cas (d'abord à l'aide d'un otoscope, puis d'un microscope). Les 5 cas restants ont été améliorés en fonction du retour d'information et validés par les experts. Le nouveau jeu de tympons a été utilisé avec 10 pédiatres seniors et 20 étudiants en médecine. Le score de Likert pour le réalisme était de 4/5, 4/5 et 4/5 pour les otologues, les pédiatres et les étudiants, respectivement. Le score pour la facilité d'utilisation était de 5/5, 4/5 et 5/5 ; le score pour la robustesse était de 4/5, 5/5 et 5/5. A la question "ce simulateur est-il adapté à l'enseignement de l'otoscopie", les scores étaient respectivement de 5/5, 5/5 et 5/5.

Lors de l'ECOS, 145 réponses au questionnaire de satisfaction ont été recueillies. Les étudiants ont évalué la facilité d'utilisation à 3,5/5 et les évaluateurs à 4,6/5. La robustesse à 3,9/5 et 4,8/5. Les étudiants et évaluateurs étaient majoritairement en faveur d'une généralisation du dispositif pour l'enseignement et l'évaluation en situation clinique.

Conclusion : Le simulateur d'otoscopie "Tympano-Train" représente correctement la réalité de l'examen de la membrane tympanique. La technologie d'impression 3D a permis de produire une grande variété de tympons, représentant les maladies les plus courantes. La couleur réelle et la forme 3D de chaque maladie ont été reproduites.

Objectif: créer un simulateur 3D pour l'otoscopie

II Méthodes

- Financement: **Appel à projet HEADSOFF (2019)**
 - > porté par le Pr Hossein KHONSARI
 - > Partenariat iLumens et Université Paris Cité
 - > Création de simulateurs 3D de la tête (CMF, ORL, Ophtalmo)

- Financement 70 000€ auprès de l'ARS (simulation en santé)

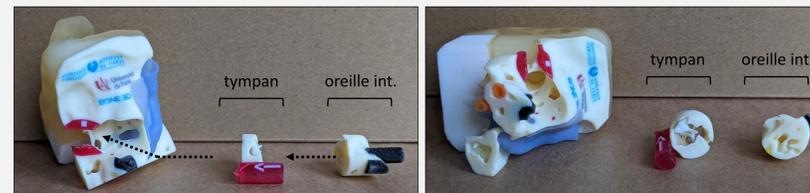
• Prestataire de conception

- > Collaboration avec ingénieur (J Prebot)
- > Segmentation de scanner de rocher
- > Reconstruction avec logiciel CAD
- > Création des tympons à partir de photos et ajout reliefs
- > Impression multi-matériaux PolyJet (Stratasys J735)



III Résultats

- Impression 3D d'un os temporal
- Tympan sain avec osselets et possibilité paracentèse
- 30 tympons pathologiques interchangeables
- Tympan et oreille interne s'insèrent dans l'os temporal

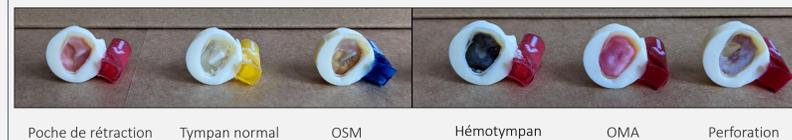


Les tympons

Face profonde
> Osselets



Face tympanique visible par le conduit (ici: perforation)



Aspect en otoscopie



Installation finale sur un socle malléable + ventouse

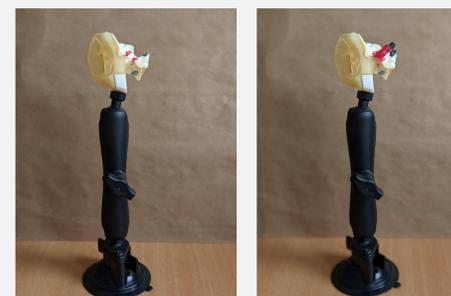
YouTube



Comment installer le modèle?



Comment réaliser l'examen otoscopique avec le modèle?



IV Validation

- Par des 4 experts ORL en otologie:**
 - > Examen des 30 tympons à l'aveugle à l'otoscope portable et au microscope, sans contexte clinique
 - > Bon diagnostic à l'otoscope: 23/30
 - > Bon diagnostic au microscope 29/30
 - > Modification et amélioration de 5 tympons difficiles
 - > Score Likert: réalisme: 4,2/5
 - > Score Likert facilité d'utilisation: 4,3/5
 - > Score Likert intérêt pédagogique 2^{ème} cycle: 4,8/5
 - > Score Likert intérêt pédagogique 3^{ème} cycle: 4,0/5
- ECOS blanc facultaire à l'université de Paris: cas d'OMA**
 - > 260 étudiants avec simulateur vs 264 avec photo de tympan
 - > Note au cas: 12,8 vs 11,3
 - > Diagnostic correct d'OMA: 47% vs 72%
 - > 43% des étudiants ne tenaient pas l'otoscope correctement
 - > 145 réponses au questionnaire de satisfaction post-ECOS
 - Facilité d'utilisation: 3,5/5 (étudiants) et 4,6/5 (évaluateurs)
 - Robustesse: 3,9/5 (étudiants) et 4,8/5 (évaluateurs)

V Perspectives

- Enseignement**
 - > Module d'enseignement à l'Université Paris Cité
 - > DES de pédiatrie ou MG – DES d'ORL phase socle
- ECOS**
 - > Facultaires et de fin de stage hospitalier
 - > Utilisation nationale ?
- Commercialisation:**
 - > PI co-détenue par Université Paris Cité et APHP
 - > Licence d'exploitation avec M3dPrint
- Poursuite du développement:**
 - > Création de nouveaux tympons
 - > Améliorer le modèle en fonction des retours à grande échelle