

# Modélisation musculosquelettique : combiner un modèle complexe d'épaule et un modèle polyarticulé du rachis thoracique, à quelle vertèbre rattacher l'articulation scapulothoracique ?

Antoine RAUD<sup>1</sup>, Maxime BOURGAIN<sup>1,2</sup>, Christophe SAURET<sup>1,3</sup>, Hélène PILLET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (IBHGC), Arts et Métiers Institute of Technology, Paris, France

<sup>2</sup>EPF Graduate School of Engineering, Cachan, France

<sup>3</sup>Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés, Institution Nationale des Invalides, Paris, France

Antoine.raud@ensam.eu

**Objectifs :** Ces dernières années, les modèles musculosquelettiques du tronc et de l'épaule ont gagné en complexité : l'épaule est modélisée par une chaîne cinématique fermée incluant un ellipsoïde pour l'articulation scapulothoracique et le rachis par une chaîne ouverte de vertèbres, chacune ayant des mobilités avec ses vertèbres adjacentes. La combinaison de ces modèles impose de définir quel élément modélisant le thorax va accueillir le centre de l'ellipsoïde.

**Question de recherche :** Sur quel segment vertébral du rachis thoracique l'ellipsoïde doit-il être rattaché pour minimiser l'erreur de reconstruction cinématique ?

**Méthode :** Trois participants ont réalisé une session de capture du mouvement à l'aide d'un système optoélectronique à marqueurs passifs (Nexus Vicon, 100Hz). Assis, il leur a été demandé de réaliser à vitesse réduite six élévations humérales dans le plan scapulaire avec : tronc droit, puis en flexion, flexions latérales, et rotations interne et externe. Le mouvement de la scapula a été capturé par un Scapula Locator. Un modèle musculosquelettique composé d'un bassin, d'un tronc poly-articulé et d'une épaule avec 3 segments (clavicule, scapula, humérus) a été décliné en 4 modèles en modifiant pour chacun le site de fusion : en prenant respectivement les tranches thoraciques correspondants aux vertèbres T1 à T4. Pour chaque modèle une calibration de l'ellipsoïde est réalisée par optimisation. Les marqueurs scapulaires obtenus par cinématique inverse ont été comparés aux marqueurs du scapula locator. Les erreurs de position et d'orientation de l'ensemble des sujets ont été comparées à l'aide d'un test ANOVA puis d'un test post hoc lorsque nécessaire.

**Résultats :** Les résultats montrent des erreurs moyennes significativement différentes pour tous les sites de fusion ( $p < 0.05$ ) exceptés T1 et T4 en orientation.

Site de Fusion	T1	T2	T3	T4
Erreur d'orientation moyenne (°)	4.6	6.8	5.4	3.7
Ecart type associé	3.1	4.9	4.6	2.1
Ecart de position moyen (mm)	8.1	10.7	9.2	8.1
Ecart type associé	3.6	6.3	5.4	3.1

**Conclusions :** La fusion en T4 semble à privilégier parmi les 4 vertèbres testées. Des sites de fusions en dessous de T4 pourrait être envisagés.