
Comparer des systèmes de captures du mouvement 3D par imagerie avec et sans marqueurs en gymnastique

Maxime Truchon*¹, Frédéric Puel¹, Baptiste Toussaint-Malard^{1,2}, Lucile Lemaire¹,
Nicolas Tordi^{3,4}, Arnaud Gouelle¹, and Nicolas Houel¹

¹URCA PSMS, UFR STAPS Reims – Université de Reims Champagne Ardenne (URCA) – France

²Université de Poitiers, CeRCA, Institut PPRIME – Université de Poitiers – France

³Fédération Française de Gymnastique – Fédération Française de Gymnastique – France

⁴Université Marie et Louis Pasteur, EFS, INSERM UMR1098 RIGHT – Université de Besançon – France

Résumé

Introduction : L'analyse du mouvement humain basée sur la capture 3D est en plein développement dans les sciences du sport et de la santé (Desmarais et al., 2021). Parmi les outils disponibles, les systèmes de reconstruction 3D avec marqueurs sont considérés comme un " gold standard " (Song et al., 2023). Le coût, la logistique, la complexité d'utilisation et l'altération possible du mouvement illustrent des contraintes de ces systèmes (Dobos et al., 2022; Song et al., 2023). Les systèmes d'acquisition sans marqueur offrent une opportunité pour les recherches en situation écologique, avec toutefois une erreur moyenne d'environ 20 mm par articulation par rapport aux méthodes actuelles de métrologie (Dobos et al., 2022 ; Song et al., 2023). A notre connaissance, ces études n'ont pas pris en considération des mouvements sportifs impliquant des rotations du sujet humain corps entier. Ce travail vise à comparer les trajectoires des centres articulaires et des angles intersegmentaires obtenus via un système sans marqueur (Theia3D) et un système avec marqueurs (Qualisys), lors de la réalisation d'un appui tendu renversé (ATR).

Méthodes : Vingt sujets masculins (âge : $22,9 \pm 2,0$ ans) ont participé à cette étude. Chacun devait réaliser 3 ATR, dans un environnement équipé de deux dispositifs de capture. Le système à base de marqueurs comprenait 4 caméras Qualisys Miquis M3 (Résolution : 1824x1088, Fréquence : 85 Hz) et 6 caméras Qualisys Miquis Hybrid (1920x1080, 85 Hz). Quarante-sept marqueurs rétro réfléchissants de 14 mm ont été placés afin d'estimer les positions des centres articulaires utilisés dans le modèle Theia3D. Le système sans marqueur utilisait 6 caméras Qualisys Miquis Vidéo et 4 caméras Qualisys Miquis Hybrid (1920x1080, 85 Hz). La reconstruction sans marqueur s'est effectué a posteriori via le logiciel Theia3D.

Résultats : Les résultats montrent une forte corrélation (Spearman, $r = 0.94 \pm 0.1$) entre les positions calculées à partir des données de chacun des deux systèmes, pour la majorité des centres articulaires (méthode des angles entre deux vecteurs). Cependant, certains centres articulaires présentent des valeurs de corrélation plus faibles, notamment au niveau de la main dans l'axe vertical ($r = 0,48$). L'erreur quadratique moyenne (RMS) reste inférieure à 25 mm pour la plupart des centres articulaires du modèle, à l'exception des hanches dans

*Intervenant

l'axe vertical (RMS= 163,1 mm) et de la tête dans l'axe dans l'axe transverse (RMS= 170,7 mm). Le test de Wilcoxon révèle cependant des différences significatives pour la majorité des articulations ($p < 0,05$), à l'exception du genou sur l'axe vertical ($p = 0,11$). Concernant les angles intersegmentaires, les corrélations sont fortes pour les genoux, chevilles, coudes ($\rho > 0,83$) et la tête ($\rho = -0,74$), modérées pour les épaules et poignets ($0,5 < \rho < 0,6$). Les RMS varient de 12° à 16° pour les chevilles et les genoux, de 21° à 25° pour les coudes, et excèdent 25° pour les épaules, les poignets et la tête. Les différences sont significatives pour l'ensemble des angles ($p < 0,05$).

Discussion : En gymnastique artistique, les déductions en lien avec des positions imprécises ou une déviation par rapport à la position de référence dépendent des angles intersegmentaires. Par exemple, 0.1 point est retranché pour une petite flexion de bras, 0.3 pour une flexion moyenne et 0.5 pour une flexion importante. Une erreur potentielle de 25° compromet l'utilisation du système markerless. Une erreur d'angle de cette ampleur peut fausser l'évaluation du geste. L'amplitude du mouvement observé dépasse les valeurs pertinentes pour l'analyse de ces mouvements.

Conclusion : Cette étude visait à évaluer le potentiel de Theia3D comme alternative à QTM pour analyser un mouvement gymnique. Les résultats, cohérents avec ceux de Dobos et al. (2022), montrent toutefois des écarts notables sur certaines articulations entre les deux approches. La technologie sans marqueur offre des avantages en termes de praticité et de visualisation du mouvement, mais reste limitée pour des mesures angulaires précises.

Références

Desmarais, Y., et al. (2021). A review of 3D human pose estimation algorithms for markerless motion capture. Computer Vision and Image Understanding, 212, 103275.

Dobos, T, et al. (2022). Validation of pitchAI markerless motion capture using marker-based 3D motion capture. Sports Biomechanics, 1-21.

Song, K., et al. (2023). Markerless motion capture estimates of lower extremity kinematics and kinetics are comparable to marker-based across 8 movements. Journal of Biomechanics, 157, 111751.