

S10-Modélisation musculo-squelettique

Organisateurs : Eric Berton et Franck Multon

¹Université de la Méditerranée, ISM EJ Marey, Faculté des Sciences du Sport, Marseille, France, UMR 6233, 13288, Marseille.

²M2S, Université Rennes2, av. Charles Tillon, CS24414, 35044, Rennes.
eric.berton@univmed.fr

L'EMG a longtemps été le seul outil abordable d'estimation des coordinations et des activations musculaires. Cependant, cet outil a des limites : faible nombre de muscles mesurés, souvent limité aux muscles de surface, problèmes de normalisation des données... Les modèles musculo-squelettiques sont donc arrivés comme une promesse pour lever ces verrous et fournir des données pour tous les muscles impliqués, à partir de mesures simples et de dispositifs non-invasifs. Depuis le début des années 1990, de nombreux chercheurs, dans diverses disciplines, ont donc cherché à modéliser et à simuler les tensions/activations des principaux muscles mis en cause dans une performance donnée. On trouve des contributions en biomécanique, en robotique, en informatique... Chaque domaine scientifique contribuant à faire avancer ces approches tant sur le plan des modèles que des résolutions numériques. Cependant, ces approches offrent de multiples défis :

- savoir modéliser finement le système ostéo-articulaire et musculaire, de l'individualiser à la population étudiée,
- passer d'une mesure du mouvement des os grâce à des marqueurs externes, à une évaluation des tensions/activations musculaires impliquées,
- poser le problème sous une forme résolvable car la proposition d'une solution analytique unique n'est pas possible,
- proposer des contraintes additionnelles afin de gérer le problème de redondance des actionneurs (un nombre très élevé des muscles en rapport avec le nombre de degrés de liberté du squelette à contrôler),
- affiner les modèles de muscles, de tendons, de ligaments afin de tenir compte de caractéristiques individuelles ayant un impact fort sur la motricité (cas du handicap par exemple),
- valider les résultats sachant que les moyens d'exploration directs restent limités à quelques muscles de surface alors que l'estimation des tensions passe par une résolution globale du système musculaire,
- et maîtriser la portée pratique de ce type d'estimations dans de grands nombre d'applications.

L'objectif de ce symposium est de faire un point sur cette technique et de contribuer au débat sur la richesse et les limites de ces approches dans différentes applications type.

Le premier article de Rao et coll. propose un modèle multi-échelles pour représenter avec le plus de finesse possible la zone du pied soumise à des contraintes mécaniques. Le deuxième article de Colloud et coll. propose une approche pour retrouver les paramètres articulaires liés au mouvement des os à partir de mesures externes ; ces données doivent être le plus juste possibles pour piloter un modèle musculo-squelettique.

Le troisième article présenté par Bideau et coll. montre une application des modèles musculo-squelettiques dans le cas particulier du service de tennis qui est bien connu pour générer des stress importants au niveau de l'épaule.

Enfin, le dernier article présenté par Chèze et coll. présente un état de l'art concernant l'usage de ces approches dans le domaine clinique, pour la marche. L'idée est aussi de montrer les limites de ces modèles dans le cas d'applications médicales, et en particulier chirurgicales.

Pendant longtemps, le domaine de la biomécanique a été scindé en deux grandes parties : la modélisation fine des différents tissus et l'approche globale (aussi appelée analyse du mouvement). La modélisation musculo-squelettique a permis à ces deux parties de se rejoindre en cherchant un lien causal entre les phénomènes externes observables et ceux à l'origine de la mobilité du système ostéo-articulaire. De récents travaux tendent même à aller vers le domaine de la physiologie et de la neurophysiologie tant la tentation est forte d'aller encore plus loin dans cette relation causale. Les défis sont immenses mais les impacts aussi bien fondamentaux que pratiques le sont tout autant.