

# Estimation des contraintes articulaires lors du service au tennis par modélisation musculo-squelettique

*Nicolas Bideau, Caroline Martin, Guillaume Nicolas, Richard Kulpa, Benoit Bideau*

Laboratoire M2S, Université de Rennes 2 / ENS Cachan

[nicolas.bideau@uhb.fr](mailto:nicolas.bideau@uhb.fr)

La plupart des études expérimentales sur le tennis se focalisent sur l'organisation segmentaire en lien avec la vitesse de balle sans prendre en considération les traumatismes engendrés. L'objectif de cette étude est donc de comparer les contraintes articulaires au niveau du membre supérieur, chez des joueurs professionnels et des joueurs de niveau régional lors du service au tennis. Les valeurs de forces, de puissance et de travail des forces internes (en valeur absolue) sont calculées pour les 3 articulations (épaule, coude, poignet) à l'aide d'un modèle musculo-squelettique. Les résultats montrent que les joueurs professionnels, en comparaison avec les joueurs de niveau régional, produisent des puissances et des travaux des forces internes supérieurs pour chaque articulation. Ces résultats pourraient expliquer l'apparition des traumatismes de la ceinture scapulaire, particulièrement retrouvés chez les joueurs de haut niveau.

**Mots clés :** Tennis, modélisation musculo-squelettique, dynamique inverse, contrainte articulaire

## INTRODUCTION

Le succès d'une tâche de frappe au tennis est conditionné par (au moins) deux aspects : la vitesse de la balle et la précision de la frappe lors de l'impact (Crespo et Miley, 1999). Des valeurs de vitesses de balles supérieures à 200 km/h au service et de l'ordre de 180km/h lors du coup droit ont ainsi pu être reportées. Ces vitesses élevées résultent d'une organisation segmentaire spécifique, largement décrite dans la littérature (e.g., Elliott et al., 2003) du point de vue cinématique (e.g., angles aux articulations, vitesses, accélérations, succession des pics de vitesse articulaires...) dynamique (e.g., forces de réaction au sol), ou cinétique (e.g., moment cinétique). D'autre part, plusieurs études en traumatologie rapportent de nombreuses douleurs musculo-tendineuses au niveau de la ceinture scapulaire (Kibler, 1995). Une hypothèse couramment avancée en lien avec ces traumatismes est la sollicitation répétée de l'articulation glénohumérale et les pics de forces importants. Dans cette étude, nous proposons de comparer les contraintes articulaires chez des joueurs professionnels et des joueurs de niveau régional lors du service au tennis.

## METHODE

18 joueurs âgés de 20 à 30 ans ont été considérés dans cette étude et divisés en deux catégories. 11 sujets étaient des joueurs professionnels et 7 joueurs étaient des joueurs de niveau régional. Chaque sujet était équipé de 42 marqueurs réfléchissants disposés sur des repères anatomiques et 5 marqueurs étaient positionnés sur la raquette. Le système VICON MX 40 composé de 12 caméras infrarouges dont la fréquence d'acquisition était réglée à 300 Hertz permettait l'enregistrement des trajectoires articulaires en 3D. Le traitement des données effectuées sous le logiciel IQ (Vicon) a permis de reconstruire en 3D le mouvement du joueur ainsi que la trajectoire de la balle. Les valeurs de forces, de puissance et de travail des forces internes (en valeur absolue) sont calculées pour les 3 articulations (épaule, coude, poignet) à l'aide du logiciel de modélisation musculo-squelettique AnyBody Modeling System 5.0 (Anybody Technology A/S, Aalborg, Danemark). Les données cinématiques issues de la capture de mouvement sont importées dans le modèle musculo-squelettique permettant le calcul des forces de réactions articulaires (Damsgaard et al., 2006). Le travail des forces internes est obtenu en intégrant les valeurs de puissance des forces de réaction articulaire entre l'amorce du mouvement et l'impact.

## RESULTATS

Les résultats montrent que les joueurs professionnels, en comparaison avec les joueurs de niveau régional, produisent des vitesses de balle, des puissances et des travaux des forces internes supérieurs pour chaque articulation (Tableau 1). On peut également observer la

diminution de la valeur du travail des forces internes de l'articulation distale vers l'articulation proximale.

	Travail des forces internes à l'épaule (J) *	Travail des forces internes au coude (J) *	Travail des forces internes au poignet (J) *
Groupe professionnel	218.3	87.8	71.2
Groupe régional	162.7	59.4	38.5

**Tableau 1 : valeurs moyennes du travail des forces internes calculé à l'épaule, au coude et au poignet (\* en valeur absolue).**

## **DISCUSSION**

Cette étude a pu montrer des différences significatives au niveau du travail des forces internes pour deux groupes d'expertise différents. Ces résultats pourraient expliquer l'apparition des traumatismes de la ceinture scapulaire, particulièrement retrouvées chez les joueurs de haut niveau au cours du mouvement de service au tennis. Une perspective à ce travail serait de tester différentes fonctions objectif dans un modèle musculo-squelettique afin de vérifier quel critère (fatigue, puissance, ...) est optimisé lors du service au tennis.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Crespo, M., Miley, D. (1999). *Advanced coaches manual*. London: ITF Ltd.
- Damsgaard, M., Rasmussen, J., Christensen, S.T., Surma, E., de Zee, M. (2006). Analysis of musculoskeletal systems in the Anybody Modeling System. *Simulation Modeling : Practice and Theory*, 14, 1100-1111.
- Elliott, B., Fleisig G., Nicholls, R., Escamilla, R. (2003). Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6, 76-87.
- Kibler, W.B. (1995). Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities. *Clinics in Sports Medicine*, 14(1), 79-85.