

# La vitesse du service et les forces de réaction au sol sont-elles modifiées suite à une session de tennis prolongée?

Olivier Girard, Grégoire P. Millet et Jean-Paul Micallef.

Hôpital d'Orthopédie et de Médecine Sportive du Qatar, Centre de Recherche et de Formation, Doha, Qatar.

## RÉSUMÉ

La performance au service est susceptible de se détériorer lorsque les joueurs se fatiguent, et puisque la fatigue induit une diminution de la force musculaire au niveau des jambes, la contribution des membres inférieurs à la réalisation du coup peut être affectée. Le but de cette étude était d'évaluer ce phénomène en étudiant l'impact d'une session de tennis prolongée sur la vitesse du service et sur les forces verticales maximales lors de la première balle (à plat ou slicée) et de la deuxième balle (liftée). Les résultats sont analysés et des suggestions sont faites pour entraîner les joueurs à gérer les effets de la fatigue.

**Mots clés:** Fatigue, Service, Membres inférieurs.

**Article reçu:** 21 Décembre 2011

**Article accepté:** 31 Janvier 2012

**Auteur correspondant:** Olivier Girard, Hôpital d'Orthopédie et de Médecine Sportive du Qatar, Centre de Recherche et de Formation, Doha, Qatar.

**Email:** [oliv.girard@gmail.com](mailto:oliv.girard@gmail.com)

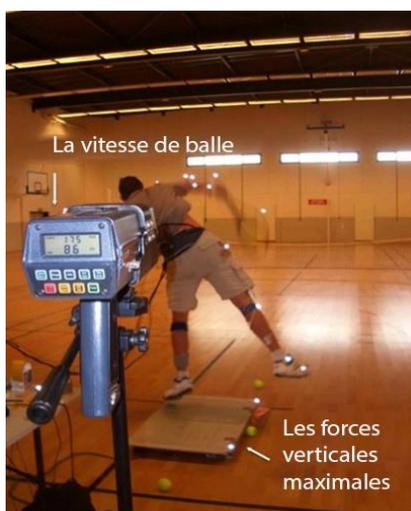
## INTRODUCTION

De récentes analyses biomécaniques du service au tennis se focalisant sur la cinématique des membres inférieurs (mouvements/ geste), sur les forces de réaction au sol ou encore sur l'activité EMG de muscles spécifiques de la jambe,

ont mis en évidence l'importance de la puissance de la poussée des membres inférieurs dans la production de coups efficaces (Bonney et al 2009; Girard et al 2005; Reid et al 2008). Une diminution dans la force isométrique maximale volontaire des extenseurs du genou (Girard et al. 2008) et des fléchisseurs plantaires (Girard et al. 2011) a été signalée après une session de tennis prolongée (3-h). Toutefois, les pertes de force liées à la fatigue (telles que mesurées à partir de contractions isolées de muscles de la jambe) ne reflètent pas nécessairement un changement dans la participation des membres inférieurs au cours de mouvements dynamiques, fonctionnels, complexes et multi-segmentaires tels que ceux impliqués dans la production des coups du tennis (Wilson et Murphy, 1996). Par conséquent, il est difficile de savoir si la fatigue altère véritablement l'efficacité des coups à cause d'une modification dans la contribution des membres inférieurs lors du service. Le but de cette étude était d'examiner l'impact d'une session de tennis prolongée sur la vitesse de la balle et sur les forces verticales maximales de réaction au sol pour trois types de services différents.

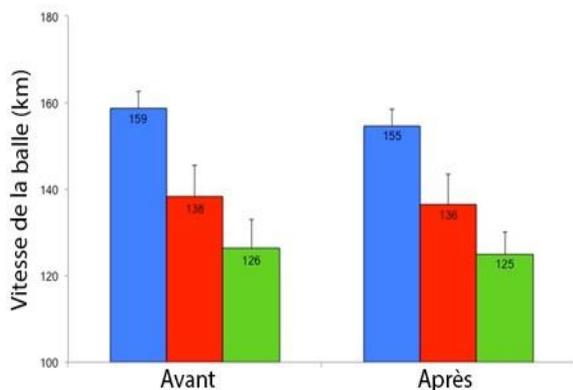
## MÉTHODE

Neuf joueurs de tennis de compétition (moyenne  $\pm$  écart type: âge  $26,1 \pm 4,7$  ans; taille  $181,5 \pm 6,8$  cm; masse corporelle  $76,3 \pm 7,6$  kg) concourant du niveau régional au niveau national (classement ITN de 2 à 4) ont participé à l'étude. Ils ont exécuté



**Figure 1.** Les forces verticales maximales et la vitesse de balle après l'impact ont été déterminées respectivement au moyen d'une plateforme de force et d'un radar.

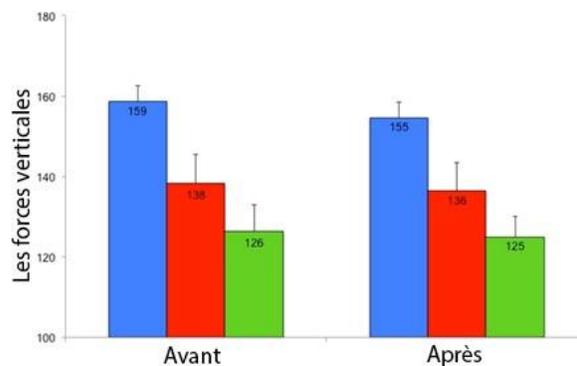
au hasard 10 services à plat (première balle), 5 services slicés (première balle) et 5 services liftés (deuxième balle) avant et après un match de tennis de 150 min contre un adversaire de niveau similaire. Tous les tentatives de service ont été réalisées depuis le côté égalité. Les forces verticales maximales et la vitesse de balle après l'impact ont été déterminés pour chaque essai par l'intermédiaire d'une plateforme de force (dimension: 100 x 80 x 7 cm; Captels, France) et d'un radar (précision: 0,1 km.h<sup>-1</sup>; Stalker, USA) fixé sur un trépied haut de 2,5 m situé deux mètres derrière les joueurs (figure 1). La fréquence cardiaque a été enregistrée en continu et sa moyenne a été calculée toutes les cinq secondes pendant le match à l'aide de télémesures radio à courte portée (S610; Polar Electro Oy, Kempele, Finlande). Les valeurs correspondent aux moyennes  $\pm$  écart type, et ont été comparées par ANOVA.



**Slicés (barres rouges) et liftés (barres vertes) avant et après une session de tennis prolongée (150 min).**

## RÉSULTATS

La vitesse de la balle n'a pas changé entre l'avant et l'après-match pour tous les types de services (figure 2). Au cours de l'état de fatigue, les forces verticales maximales ont été plus élevée de 8,2% ( $P < 0,05$ ) pour les services liftés, mais sont demeurées inchangées pour les services slicés et les services à plat (Figure 3). Il n'y a pas eu de corrélation significative entre les variations des forces verticales et la vitesse de balle ( $0,03 < r < 0,62$ ;  $P > 0,05$ ) entre l'avant et l'après-match. Au cours des 150 minutes de match, la fréquence cardiaque moyenne était de  $140 \pm 8$  battements par minute, ce qui représente une intensité moyenne de  $75 \pm 7\%$  de la fréquence cardiaque maximale (estimée à 220-âge).



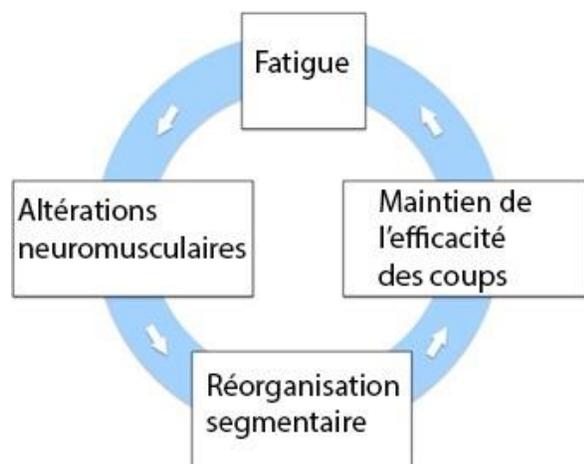
**Figure 3. Les forces verticales maximales pour les services à plat (barres bleues), slicés (barres rouges) et liftés (barres vertes) avant et après une session de tennis prolongée (150 min). \*  $P < 0,05$ , variation significative.**

## DISCUSSION

Au cours des deux dernières décennies, les effets de la fatigue sur la performance tennistique ont fait l'objet de plus en plus d'études (Davey et al 2002; Vergauwen et al 1998). Le point de vue dominant qui ressort de ces enquêtes est que la fatigue lors d'un match de tennis ou d'un protocole expérimental se traduit par un mauvais timing des coups (vitesse et précision diminuées). Toutefois, conformément à d'autres écrits (Hornery et al. 2007), dans cette étude, la vitesse de la balle ne change pas après une session de tennis prolongée. Les effets contrastés de la fatigue sur l'efficacité du service au tennis selon les études pourraient être liés aux différents types de services, à la nature du protocole de fatigue ou aux caractéristiques des sujets. Pour étayer ce dernier point, nous pouvons mentionner les études comparatives menées par Aune et al. (2008) concernant l'effet de la fatigue sur les compétences d'attaque en coup droit des joueurs de tennis de table de haut niveau et des joueurs de niveau loisir, lesquelles ont démontré que l'expérience améliorerait le potentiel d'ajustement des stratégies de coordination motrice, permettant ainsi de minimiser les effets négatifs de la fatigue physique.

Au cours de l'état de fatigue, les forces verticales maximales sont restées inchangées pour le service à plat et le service slicé. En accord avec ces constatations, aucun changement significatif dans la force explosive - telle que mesurée à partir de « squat jumps » et de « countermovement jumps » - n'a été observé après un protocole impliquant un match de tennis de durée similaire (Girard et al 2006.). De façon inattendue, nos résultats ont également révélé une augmentation des forces verticales maximales pour le service lifté lors de l'état de fatigue. Etant donné que la vitesse de la balle est restée inchangée, cette implication plus importante des membres inférieurs lors du service lifté suggère que la contribution d'autres segments du corps participant à la chaîne cinétique (tronc, membres supérieurs) pourrait être modifiée avec la

fatigue (figure 4). Cette hypothèse est renforcée par l'absence de corrélation significative entre les variations des forces verticales maximales et de la vitesse de balle entre les périodes d'avant et d'après-match, comme déjà observé en l'absence de fatigue (Girard et al. 2005). Étant donné que l'étiologie de la fatigue musculaire au cours d'une session de tennis prolongée est complexe et susceptible d'inclure à la fois des facteurs musculaires (contractilité des muscles) et neuraux (activation des muscles) (Girard et al 2008; Girard et al 2011), des mécanismes compensatoires à différents niveaux de la chaîne cinématique de coordination peuvent agir pour retarder les effets de la fatigue et maintenir ainsi avec efficacité la vitesse du service. Il est possible que cette compensation au niveau du tronc et/ou des muscles des membres supérieurs puisse être obtenue par une plus grande dépendance à l'égard des membres inférieurs au cours du service lifté. Ce point de vue est compatible avec d'autres études montrant que la coordination segmentaire de mouvements complexes peut se réorganiser sous l'influence de la fatigue. Dans une étude impliquant une fatigue graduelle réalisée avec des jeunes joueurs espoir de water-polo, Royal et al. (2006) ont observé des modifications dans la maîtrise des compétences techniques sans que la précision ou la vitesse des tirs ne soit affectée. Bonnard et al. (1994) ont également réalisé l'étude de mouvements multi-segmentaires lors d'un état de fatigue et ont montré qu'il était possible de sauter à cloche-pied pendant une durée prolongée en utilisant différentes stratégies de coordination.



**Figure 4. Modèle hypothétique de préservation de l'efficacité du service lors d'un état de fatigue.**

## CONCLUSION

Après un match de tennis prolongé, la vitesse de la balle est restée inchangée, tandis que les effets de la fatigue sur la poussée des membres inférieurs étaient différents selon le type de service. Cela peut indiquer une modification de la coordination inter-segmentaire pour maintenir l'efficacité des coups sous l'effet de la fatigue nécessitant davantage de

données EMG (timing, activation des muscles) et cinématiques (vitesses linéaires et angulaires, angles des articulations) au niveau des jambes, du tronc et des bras. Les résultats obtenus pour le service doivent être étendus aux coups de fond de court, avec en parallèle, un contrôle strict de la maîtrise des coups, incluant non seulement des mesures de vitesse mais également des mesures fiables et normalisées de la précision.

## IMPLICATIONS EN MATIÈRE D'ENTRAÎNEMENT

Une des caractéristiques principales du système neuromusculaire est son adaptabilité. Lors de la formation des joueurs de compétition il serait donc souhaitable de se concentrer sur l'amélioration de leur capacité à résister à la fatigue, mais, de manière plus importante encore, sur leur capacité à ajuster leur coordination en fonction de la fatigue. En d'autres termes, il est important de développer des mécanismes compensatoires à divers niveaux de la chaîne inter-segmentaire afin de maintenir l'efficacité des coups lors d'une session de jeu prolongée. Afin d'élargir le répertoire de capacités motrices des joueurs, il est recommandé d'utiliser des facteurs de fatigue préalables (sautillements, sauts, exercices pliométriques, médecine-ball) correspondant à des groupes musculaires spécifiques (extenseurs du genou, rotateurs internes de l'épaule), suivis d'un entraînement fractionné de grande intensité sur le court - en utilisant éventuellement la version d'entraînement du test incrémental CREOPP spécifique au tennis (Girard et al 2006).

## RÉFÉRENCES

- Aune TK, Ingvaldsen RP, Ettema GJ. Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Percept Mot Skills*. 2008;106(2):371-386. <https://doi.org/10.2466/pms.106.2.371-386>
- Bonnard M, Sirin AV, Odsson L, Thortensson A. Different strategies to compensate for the effects of fatigue revealed by neuromuscular adaptation processes in human. *Neurosci. Lett*. 1994;166:101-105. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(94\)90850-8](https://doi.org/10.1016/0304-3940(94)90850-8)
- Bonnefoy A, Slawinski J, Leveque JM, Riquet A, Miller C. Relationship between the vertical racquet head height and the lower limb motions of elite players' flat serve. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2009;12(1):55-57. <https://doi.org/10.1080/10255840903065522>
- Girard O, Micallef J-P, Millet GP. Lower-limb activity during the power serve in tennis: influence of performance level. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(6):1021-1029.
- Girard O, Lattier G, Micallef J-P, Millet GP. Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med*. 2006;40(6):521-526. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023754>
- Girard O, Chevalier R, Levêque F, Micallef J-P, Millet GP. Specific incremental test in tennis. *ITF Coaching and Sport Science Review*. 2006;38:13-15. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.05.005>
- Girard O, Lattier G, Maffiuletti NA, Micallef JP, Millet GP. Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(6):1038-1046. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01032.x>

- Girard O, Racinais S, Micallef J-P, Millet GP. Spinal modulations accompany peripheral fatigue during prolonged tennis playing. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(3):455-464.
- Hornery D, Farrow D, Mujikal, Young W. Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *Int J Sports Physiol Perform* 2007;2(4):423-438. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.4.423>
- Reid M, Elliott BC, Alderson J. Lower limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(2):308-315. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815c6d61>
- Royal K, Farrow D, Mujika I, Halson S, Pyne D, Abernethy B. The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *J Sports Sci*. 2006;24(8):807-815. <https://doi.org/10.1080/02640410500188928>
- Vergauwen L, Spaepen AJ, Lefevre J, Hespel P. Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(8):1281- 1288. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00016> <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00017>
- Wilson GJ, Murphy AJ. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med*. 1996;22:19-37. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622010-00003>

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF TENNIS ICOACH (CLIQUEZ)



Droits d'auteur (c) 2012 Olivier Girard, Grégoire P. Millet et Jean-Paul Micallef.

Ce texte est protégé par une licence [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vous êtes autorisé à Partager – copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats – et Adapter le document – remixer, transformer et créer à partir du matériel pour toute utilisation, y compris commerciale, tant qu'il remplit la condition de:

**Attribution:** Vous devez créditer l'Œuvre, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été effectuées à l'Œuvre. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'Offrant vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son Œuvre.

[Résumé de la licence](#) - [Texte intégral de la licence](#)