

# Influence de la fatigue sur la performance et l'activité musculaire du membre supérieur.

Samuel Rota et Christophe Hautier.

Université de Lyon, France.

## RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était d'examiner l'effet de la fatigue sur la précision, la vitesse de balle et l'activité musculaire du bras en service et en coup droit. Le protocole de fatigue a entraîné une dégradation de la vitesse de balle en service et de la précision en coup droit, associée à une diminution de l'activation de certains muscles. Les joueurs fatigués semblent adopter une stratégie d'adaptation différente selon le type de coup, sans toutefois modifier leur coordination inter-musculaire. Ces résultats permettent d'envisager un travail de résistance à la fatigue spécifique en fonction des coups et des groupes musculaires.

Mots clés: Fatigue, Vitesse de balle, Précision, Stratégie d'adaptation.

Article reçu: 6 juin 2012.

Article accepté: 8 octobre de 2012.

Auteur correspondant: Samuel Rota, Université de Lyon, France.

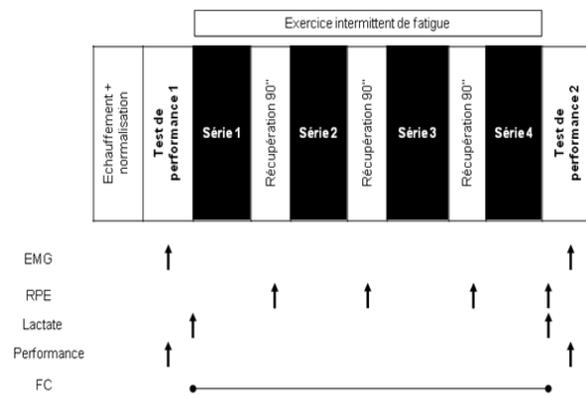
Email: [samuel.rota@fft.fr](mailto:samuel.rota@fft.fr)

## INTRODUCTION

Au vu de la dimension physique du tennis moderne, la fatigue devient une problématique indissociable de la performance en compétition. S'il existe un consensus sur l'importance de la fatigue en tennis et son influence sur l'issue du match, il reste nécessaire d'en appréhender les causes afin d'en limiter les effets. Plusieurs études scientifiques ont permis de confirmer les observations des entraîneurs sur la dégradation des frappes et des déplacements, et les mauvais choix tactiques survenant en situation de fatigue (Davey et al., 2002). Une synthèse des résultats publiés dans ce domaine a été réalisée par Horner et al. (2007). Il a été montré que la fatigue issue d'un test de tennis jusqu'à épuisement menait à une détérioration de 69% de la précision des frappes de fond de court et à une baisse de 30% de la vitesse de balle au service (Davey et al., 2002). De même, un entraînement intense de 2h entraînait une diminution de la vitesse et de la précision des frappes de fond de court et de la seconde balle de service, ainsi qu'une augmentation du pourcentage d'erreur de cette dernière (Vergauwen et al., 1998). Enfin, l'activité électromyographique (EMG) et la force maximale isométrique du quadriceps diminuaient significativement lors de matches simulés (Girard et al., 2006, 2008). Selon Girard et al. (2008), la détérioration de la fonction neuromusculaire durant un match de tennis de longue durée pourrait s'expliquer par une défaillance à la fois au niveau central (commande motrice) et périphérique (couplage excitation/ contraction).

En revanche, malgré une fatigue ressentie importante, certains joueurs conservent leur vitesse maximale et leur précision au service (Horner et al., 2007). Il semble donc que des stratégies

neuromusculaires compensatoires lors du service puissent survenir en situation de fatigue (Girard et al., 2009) pour maintenir le niveau de performance. Par conséquent, il nous a semblé intéressant d'étudier ces adaptations musculaires au niveau du membre supérieur lors de la fatigue en tennis.



**Figure 1: Déroulement du protocole expérimental et les différents paramètres mesurés. (EMG : électromyographie de surface ; RPE : perception de l'effort ; Performance : mesures de la précision et vitesse de balle ; FC : fréquence cardiaque)**

## METHODE

Suite à un échauffement standardisé de 20 min, 8 joueurs de tennis adultes (15 à -4/6) ont réalisé un test de performance de frappes avant et après un exercice intermittent conduisant à la fatigue (Figure 1).

Le test de performance portait sur la vitesse, mesurée par un radar, et la précision du service et du coup droit croisé. Les sujets devaient frapper un service puissant et précis, en recherchant l'ace sur le « T ». Les coups droits étaient joués contre une machine à balle (3 secondes par coup). La précision des coups était évaluée par le biais de cibles, dont la plus petite rapportait le plus de points (Figure 2), une balle retombée en dehors des zones cibles ne rapportant aucun point. Le pourcentage d'erreur était calculé par le ratio nombre de coups dans les cibles/nombre total de coups joués. L'activité électrique de huit muscles du membre supérieur dominant a été enregistrée par l'EMG de surface lors de la réalisation des frappes. Les débuts, fins, durées et niveaux d'activation de chaque muscle ont été calculés.

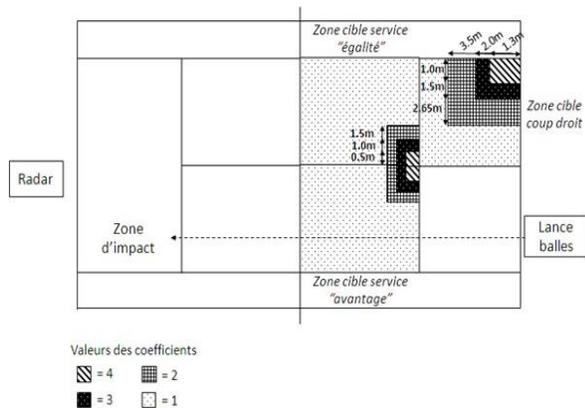


Figure 2. Schéma du test de performance et les valeurs de coefficients associées aux zones cibles (carrées pour le service).

L'exercice fatiguant était composé de 4 séries de 12 répétitions de 1 service + 8 coups droits croisés (2 secondes par coup). Une récupération de 20 secondes (semi-active) entre les répétitions et de 90 secondes (assise) entre les séries étaient autorisées (Figure 1). Les joueurs devaient frapper à intensité maximale et se replacer au centre entre chaque coup droit. La fréquence cardiaque (FC), la lactatémie ([La]s) et la perception de l'effort (RPE) étaient mesurées au cours du test.

Une ANOVA à mesures répétées et un test-t de Student ont été utilisés pour évaluer les différences avant et après fatigue entre les différents indicateurs.

RESULTATS

La FC moyenne restait constante entre les séries (174.7 bpm ± 10.6) alors que le [La]s augmentait significativement de 2.8 mmol.l-1 à 5.7 mmol.l-1 (p = 0.04). Les valeurs de RPE augmentaient entre chaque série (p < 0.02), excepté entre les séries 3 et 4. Les joueurs percevaient leur effort comme « dur » (RPE= 14,5) lors de la première série, puis « très dur » (RPE= 17,5) durant la dernière série de l'exercice.

	VITESSE (M.S-1)		PRÉCISION		RÉGULARITÉ (%)	
	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post
Service	38.9 (10)	37.8 (10) *	1.3 (0.4)	1.1 (0.4)	43.4 (15.4)	48.6 (15.2)
C o u p droit	26.9 (10)	26.9 (10)	1.3 (0.3)	1.0 (0.2) *	41.7 (15.4)	49.9 (15.2)

Valeurs: moyenne (écart-type). \* différence significative entre pré- et post-test (p < 0.05)

Tableau 1. Critères de performance en service et en coup droit en pré- et post-fatigue.

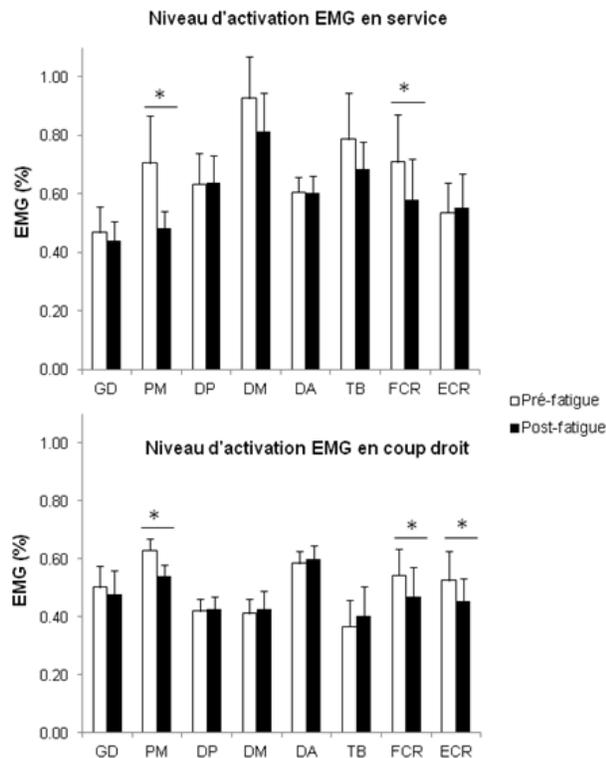
Des diminutions significatives ont été observées au niveau de la vitesse en service (3.2%) et de la précision en coup droit (21.1%) après l'exercice fatiguant (Tableau 1). Le pourcentage d'erreur tendait également à augmenter, particulièrement en coup droit (27.6%) (p = 0.056)

Les niveaux d'activation EMG du pectoral majeur (PM) et des fléchisseurs radial du carpe (FCR) diminuaient significativement durant les services et coups droits, tandis que celui des extenseurs radial du carpe (ECR) baissait en coup droit (p < 0.04). Aucune différence n'était obtenue pour les débuts, fins et durées d'activité musculaire, quel que soit le muscle.

DISCUSSION

Cette étude a montré un effet négatif de la fatigue sur la vitesse en service et la précision en coup droit, ainsi qu'une baisse significative de l'amplitude EMG du PM, FCR et ECR. En revanche, le pattern temporel de coordination inter-musculaire ne semble pas modifié. Au vu de la fréquence cardiaque moyenne, de la lactatémie et de l'évaluation de la fatigue perçue (RPE), le protocole de fatigue imposait une charge de travail supérieure à celle d'un match, se rapprochant de celle d'un échange intense (Kovacs, 2006).

La fatigue spécifique observée engendrait des stratégies d'adaptation différentes selon le coup joué. En effet, les joueurs diminuaient leur vitesse au service probablement dans le but de conserver une précision élevée et un faible pourcentage d'erreur. En revanche, la préservation de la vitesse en coup droit serait préférée au détriment de la précision et de la régularité. Malgré les différences de protocole entre les études, nos résultats rejoignent ceux des travaux précédents (Hornery et al., 2007). Cette stratégie consciente ou inconsciente renvoie au conflit vitesse-précision de Fitts, qui pourrait expliquer les évolutions inverses entre la vitesse de balle et la précision des frappes.



**Figure 3. Niveau d'activation EMG normalisé des muscles du membre supérieur au service et en coup droit en pré- et post-fatigue. (GD : grand dorsal ; PM : pectoral majeur ; DP : deltoïde postérieur ; DM : deltoïde moyen ; DA : deltoïde antérieur ; TB : triceps brachial ; FCR : fléchisseurs radial du carpe ; ECR : extenseurs radial du carpe**

Le service est considéré comme l'un des éléments les plus importants du jeu de tennis (Elliott, 2001) et a une incidence significative sur les résultats d'un match de tennis moderne (Gillet et al., 2009). Ainsi, que ce soit à l'entraînement ou en compétition, la précision et la régularité en service sont perçues par les joueurs comme primordiales. Concernant le coup droit, il a été qualifié de coup clé du tennis moderne (Brabenc, 2000) et représente souvent une arme offensive permettant de réaliser des points gagnants. Son travail à l'entraînement repose sur des exercices impliquant des zones cibles beaucoup plus larges que celles du service et basé davantage sur la recherche de puissance que sur la précision. Ainsi, ces exigences d'entraînement, liées à la nature de la frappe, pourraient influencer les stratégies adoptées par rapport au conflit vitesse-précision en situation de fatigue.

La fatigue serait susceptible d'entraîner un remodelage de la coordination inter-musculaire, afin de maintenir la performance de la tâche. Cependant, aucune modification du pattern temporel d'activation n'a été observée dans notre étude. En revanche, la perte de vitesse au service pourrait s'expliquer en partie par la diminution de l'activité de deux muscles producteurs de vitesse, les PM et FCR, qui semblent être déterminants dans la phase d'accélération (Morris et al., 1989 ; Ryu et al., 1988). Ils participent respectivement à la

rotation interne de l'épaule et à la flexion du poignet, qui contribue chacune à 40% et 30% de la vitesse totale du service (Elliott, 2006). En situation de fatigue, les joueurs diminueraient l'activation de ces muscles, entraînant une baisse de vitesse. Cette adaptation pourrait avoir pour but de limiter le risque de blessure en réduisant l'amplitude et les forces du mouvement (Kovacs, 2006). La dégradation de la précision en coup droit pourrait se justifier par la diminution du niveau d'activation EMG du FCR et ECR, dans la mesure où la baisse d'activation de ces muscles peut conduire à un faible contrôle de la raquette (Wu et al., 2010). Ce déclin de l'activité musculaire entraînerait une altération du maintien de la raquette, de la stabilisation du poignet (Morris et al., 1989), de l'amortissement du choc à l'impact et des vibrations (Chow et al., 2007). Les modifications de l'activité EMG des muscles FCR et ECR observées en coup droit, associées aux douleurs ressenties par certains joueurs dans l'avant-bras confirment que les forces de préhension élevées générées à l'impact lors des coups de fond de court entraînent des contraintes importantes sur les avant-bras du joueur (Davey et al., 2002) et peuvent générer une fatigue très localisée.

## CONCLUSION

Cette étude met en évidence l'intérêt du travail de la vitesse au service et de la précision en coup droit en situation de fatigue. Il semble également utile de développer l'endurance musculaire du PM et des muscles de l'avant-bras, qui apparaissent les plus sensibles à la fatigue. Ainsi, en s'appuyant sur ces résultats, les entraîneurs et joueurs pourront mettre en place un programme d'entraînement spécifique visant à repousser l'apparition de la fatigue et à développer des stratégies efficaces de maintien de la performance, en réduisant le risque de blessure.



## RÉFÉRENCES

- Brabenec, J. (2000) Why the forehand is a key stroke. *ITF Coaching and Sport Science Review* 21, 11-13.
- Chow, J.W., Knudson, D.V., Tillman, M.D. & Andrew, D.P. (2007) Pre- and post-impact muscle activation in the tennis volley: effects of ball speed, ball size and side of the body. *Br J Sports Med* 41(11), 754-9. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037184>
- Davey, P.R., Thorpe, R.D. & Williams, C. (2002) Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci* 20(4), 311-8. <https://doi.org/10.1080/026404102753576080>
- Elliott, B. (2006) Biomechanics and tennis. *Br J Sports Med* 40(5), 392-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023150>
- Elliott, B. (2001) The serve. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 24, 3 - 4.
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvenecq, R. & Stein, J.F. (2009) A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. *J Strength Cond Res* 23(2), 532-9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818ef29>
- Girard O., Guerin P., Teulier C., Millet G.P., Micallef J.P. (2009) Effets de la fatigue sur les coordinations segmentaires au service en tennis : étude préliminaire. pp. 353-360 in Cronier L., Bayle E. (eds.) *Le tennis dans la société de demain*. AFRAPS.
- Girard, O., Lattier, G., Maffioletti, N.A., Micallef, J.P. & Millet, G.P. (2008) Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: Application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol* 18(6), 1038-46. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.05.005>
- Girard, O., Lattier, G., Micallef, J.P. & Millet, G.P. (2006) Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med* 40(6), 521-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023754>
- Hornery, D.J., Farrow, D., Mujika, I. & Young, W. (2007) Fatigue in tennis: mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med* 37(3), 199-212. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00002>
- Kovacs, M.S. (2006) Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med* 40(5), 381-5; discussion 386. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023309>
- Morris, M., Jobe, F.W., Perry, J., Pink, M. & Healy, B.S. (1989) Electromyographic analysis of elbow function in tennis players. *Am J Sports Med* 17(2), 241-7. <https://doi.org/10.1177/036354658901700215>
- Ryu, R.K., McCormick, J., Jobe, F.W., Moynes, D.R. & Antonelli, D.J. (1988) An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *Am J Sports Med* 16(5), 481-5. <https://doi.org/10.1177/036354658801600509>
- Vergauwen, L., Spaepen, A.J., Lefevre, J. & Hespel, P. (1998) Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 30(8), 1281-8. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00016>
- Wu, C.L., Shih, M.C., Yang, C.C., Huang, M.H. & Chang, C.K. (2010) Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. *J Int Soc Sports Nutr* 7, 33. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-33>

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF TENNIS ICOACH (CLIQUEZ)



Droits d'auteur (c) 2012 Samuel Rota et Christophe Hautier.

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](#)