



La fatigue neuromusculaire au tennis: Prédominance des facteurs nerveux sur les facteurs musculaires?

Olivier Girard.

Université de Lausanne, Suisse.

RÉSUMÉ

Pour réussir dans les tournois auxquels ils participent, les joueurs de tennis doivent accélérer, décélérer, changer de direction, effectuer des déplacements rapides, maintenir leur équilibre et sans cesse exécuter des frappes d'une qualité optimale, et ce, pendant plusieurs heures d'affilée. Dans cet article, nous allons étudier comment la fatigue se manifeste pendant un match de tennis de longue durée et nous évoquerons les différents facteurs nerveux et musculaires qui sont susceptibles d'altérer les compétences et les performances des joueurs. En nous appuyant sur les résultats de recherches scientifiques, nous vous proposerons des conseils pratiques pour aider les joueurs à mieux résister à la fatigue pendant des matchs de tennis à la fois longs et intenses.

Mots clés: Fonction neuromusculaire, Fatigue, Altération des performances.

Article reçu: 10 Janvier 2014.

Article accepté: 8 Juin 2014.

Auteur correspondant: Olivier Girard, Université de Lausanne, Suisse.

Email: oliv.girard@gmail.com

INTRODUCTION

La fatigue musculaire est souvent définie d'un point de vue quantitatif comme étant une diminution de la force maximale qu'un muscle peut exercer, mais son étiologie est complexe, en particulier dans le cadre d'une activité intermittente de haute intensité sollicitant l'ensemble du corps, à l'image du tennis. L'incapacité à générer ou à maintenir la force requise, incapacité qui risque d'altérer les déplacements sur le court et l'exécution des frappes, peut être attribuée à divers mécanismes potentiels se déroulant depuis les aires corticales jusque dans les éléments contractiles des cellules musculaires. Cependant, jusqu'à récemment, les ajustements neuromusculaires face à la fatigue n'avaient fait l'objet que d'un nombre limité d'études dans le domaine du tennis.

MANIFESTATION DE LA FATIGUE

Protocoles de recherche fondés sur les caractéristiques propres au tennis

Au cours des dernières décennies, plusieurs études ont permis d'apporter des preuves scientifiques pour étayer les observations des entraîneurs, selon lesquelles la fatigue nuit aux performances comme en témoignent les erreurs de timing (c.-à-d. puissance et précision) et l'altération des déplacements sur le court (c.-à-d. vitesse et placement par rapport à la balle). Des protocoles de fatigue ont été élaborés en vue de déterminer les effets de la fatigue sur l'exécution des frappes dans des conditions spécifiques, similaires à celles rencontrées en compétition (Davey et al. 2002; Hornery et al. 2007a; Vergauwen et al. 1998). Ces études ont mis en lumière des

résultats contradictoires quant aux modifications observées en termes de vitesse et de précision des frappes. À titre d'exemple, Davey et al. (2002) ont constaté une diminution importante de la précision des coups joués (baisse d'environ ~69 % et 30 % pour les coups de fond de court et le service, respectivement) lors d'un test de simulation de tennis épuisant, alors que, selon les résultats d'une autre étude, la précision des coups diminuait à peine (coups de fond de court) ou restait identique (service) après une intense séance d'entraînement sur le court de deux heures (Vergauwen et al. 1998). Cependant, l'absence de sensibilité analytique et la grande variabilité des variables sélectionnées limitent considérablement la généralisation de ces conclusions. Ces études présentent aussi une autre faille: il n'a pas été possible de reproduire dans le cadre de ces protocoles les niveaux de fatigue ressentis par les joueurs pendant les matchs (format du protocole, utilisation d'un lance-balles pour les évaluations des compétences sur le court avant et après les phases de fatigue; Davey et al. 2002). Par exemple, il semble légitime de se demander comment un test intermittent menant à un épuisement volontaire en ~35 minutes pourrait induire un niveau de tension psychologique comparable à celui ressenti en compétition.

Conditions de match

Afin de venir à bout de ces limites, plusieurs chercheurs ont évalué les effets de la fatigue sur les performances dans des conditions reproduisant les situations rencontrées en match. À titre d'exemple, Mitchell et al. (1992) ont observé que la fatigue après un match de tennis d'une durée de trois h se manifestait par une diminution de la vitesse du service et par un

ralentissement de l'exécution des courses navettes propres au tennis. Girard et al. (2006) ont récemment constaté une diminution progressive de la force maximale volontaire (~10-13 % dans les quadriceps) et de la raideur des jambes, fortement reliées à un renforcement de la perception subjective de l'effort et des douleurs musculaires au cours d'un match de tennis de trois heures, tandis que la force explosive restait au même niveau, ne diminuant qu'après l'exercice. Immédiatement après l'exercice, une perte de force d'une ampleur similaire (-15 %) a été observée au niveau des fléchisseurs plantaires, selon le même protocole de match (Girard et al. 2011). Cependant, le déroulement chronologique de ces adaptations diffère entre les muscles extenseurs du genou (adaptation progressive) et les muscles fléchisseurs plantaires (schéma biphasique avec perte marquée après 90 min.), comme illustré à la figure 1.

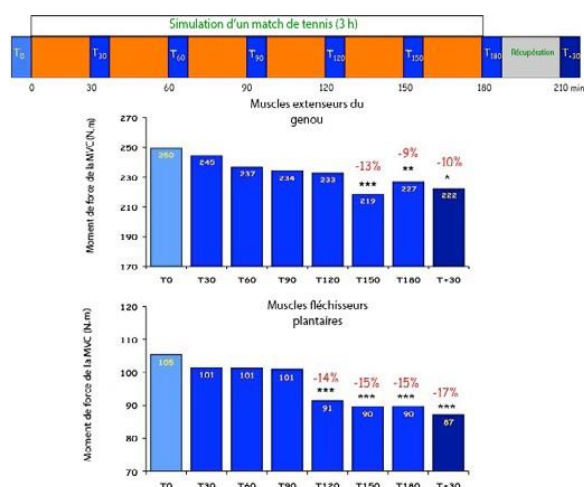


Figure 1. Moment de force lors de la contraction maximale volontaire (MVC) isométrique des muscles extenseurs du genou et des muscles fléchisseurs plantaires avant (T0), pendant (T30: 30e min; T60: 60e min; T90: 90e min; T120: 120e min; T150: 150e min), immédiatement après (T180), et 30 minutes après (T+30) un match de tennis d'une durée de trois heures (voir Girard et al. 2008 et Girard et al. 2011).



FACTEURS À L'ORIGINE DE LA FATIGUE

Définition et analyse quantitative de la fatigue neuromusculaire

La fatigue est un phénomène complexe, dont l'étiologie dépend des caractéristiques de la tâche réalisée (principe de dépendance à une tâche). L'incapacité à générer ou à maintenir la force requise peut être attribuée à divers mécanismes potentiels, se déroulant depuis les aires corticales (facteurs nerveux) jusque dans les éléments contractiles (facteurs musculaires). Chacune des étapes de la fatigue représente un possible facteur limitant pour la production de force et, au final, pour la performance sur le court. Selon l'approche traditionnelle utilisée pour déterminer les causes de la fatigue musculaire, on fait la distinction entre les mécanismes « centraux » (c.-à-d. une diminution de la force musculaire induite par l'exercice en raison d'une réduction du recrutement musculaire) et les mécanismes « périphériques » (c.-à-d. une diminution de la force en raison d'une baisse de la contractilité des fibres musculaires, essentiellement induite par des événements métaboliques se produisant à l'intérieur du muscle). Pour ce faire, on applique un stimulus électrique au nerf périphérique (nerf tibial ou fémoral) et on analyse les changements observés dans les électromyogrammes ainsi que dans les forces volontaire et évoquée (figure 2). Grâce à cette approche, il a été possible de prouver que des mécanismes nerveux (dégradation de l'activation musculaire) tout autant que contractiles (contractilité musculaire) contribuent à l'altération de la fonction neuromusculaire au fur et à mesure du déroulement du match, et ce, après trois h d'effort (Girard et al. 2008; Girard et al. 2011).

Mécanismes centraux et périphériques à l'origine de la fatigue

Un lien a été établi entre la réduction de l'activation centrale et des changements dans le métabolisme des neurotransmetteurs ou dans la réponse à la rétroaction sensorielle (c.-à-d. l'inhibition de l'excitabilité des motoneurons), probablement en raison de modifications des propriétés métaboliques ou mécaniques à l'intérieur du muscle (Gandevia, 2001). Concrètement, une commande nerveuse du muscle sous-optimale pourrait altérer la vitesse de développement de la force (c.-à-d. la capacité à atteindre une force musculaire plus élevée pendant la phase initiale de la contraction musculaire), élément considéré comme étant un facteur déterminant de la vitesse des mouvements des membres du corps. Parmi les causes de la fatigue au niveau musculaire, on a suggéré plusieurs facteurs, y compris une diminution de la disponibilité de la phosphocréatine, une hausse de l'acidité musculaire, une diminution des réserves de glucose (glycogène) stockées dans les muscles ou encore une faible glycémie (Fitts, 1994). La fatigue temporaire observée après des périodes d'exercice fatigant, comme de longs échanges ou plusieurs échanges intenses d'affilée, est probablement directement liée à des perturbations de l'homéostasie des ions dans les cellules musculaires, à une altération de la stimulation du sarcolemme (augmentation du potassium extracellulaire) ou à une accumulation de métabolites (c.-à-d. phosphocréatine, lactate).

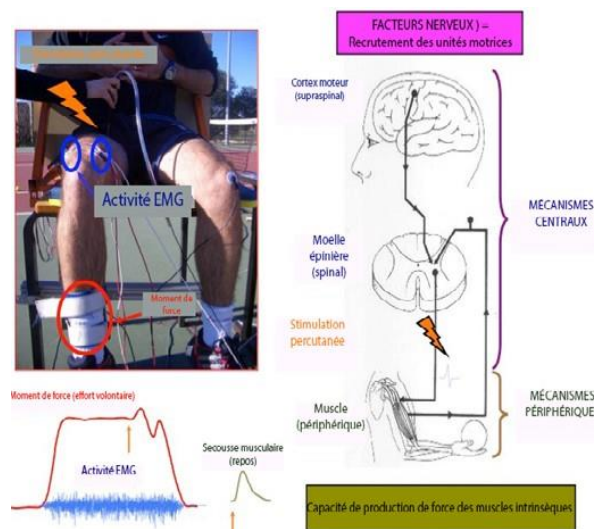


Figure 2. Une évaluation fiable de la fatigue musculaire peut être effectuée à l'aide de la technique de neurostimulation. En comparant, d'un côté, la secousse musculaire surimposée à une contraction volontaire maximale et, de l'autre, la secousse évoquée sur le muscle au repos (c.-à-d. la stimulation supramaximale du nerf fémoral par voie percutanée), la technique de la secousse surimposée, combinée à l'électromyographie de surface (EMG), peut constituer une méthode fiable et non invasive pour caractériser l'activation musculaire (facteurs nerveux). En examinant la modification de la secousse au repos, il est possible de déterminer si une perte des propriétés contractiles du muscle (facteurs musculaires) peut également contribuer à une altération de la fonction neuromusculaire (voir Girard et Millet, 2008).

Autres perturbations homéostatiques

La chaleur et la déshydratation sont deux facteurs qui aggravent la fatigue, tandis que la supplémentation en glucides avant ou pendant les compétitions peut permettre de retarder l'apparition de la fatigue (Hornery et al. 2007b). Lorsqu'un match de tennis se joue en pleine chaleur, il est probable que l'atteinte d'une température centrale élevée ($> 38,5^{\circ}\text{C}$) altère le fonctionnement du système nerveux central, ce qui se traduit par une diminution du niveau de commande nerveuse ou cognitive centrale des muscles (avec notamment de mauvais choix tactiques ou une perte de force). La régulation de la raideur des jambes est considérée comme étant un autre facteur déterminant pour l'optimisation de la performance locomotrice (sprint). La diminution progressive de la raideur des jambes au cours d'un match de tennis d'une durée de 3 heures laisse penser que certaines des dégradations observées au niveau des déplacements sur le court et induites par la fatigue pourraient en partie s'expliquer par des altérations des caractéristiques mécaniques du complexe musculo-tendineux (Girard et al. 2006). De plus, Hornery et al. (2007c) ont signalé une augmentation considérable de la créatine kinase circulante, ce qui semble être le signe d'une détérioration sévère des muscles. Ainsi, la détérioration des muscles causée par les nombreuses contractions excentriques associées aux déplacements sur le court pourrait constituer un facteur important à l'origine de la fatigue observée pendant le déroulement d'un match de tennis.

CONCLUSION

La fatigue nuit aux performances des joueurs de tennis et se manifeste par des erreurs de timing, une altération des déplacements sur le court et de mauvais choix cognitifs (c.-à-d. tactiques). L'étiologie de la fatigue musculaire est complexe (distinction entre la fatigue temporaire et la fatigue survenant pendant la phase finale d'une compétition) puisque la fatigue pourrait s'expliquer à la fois par une altération du processus nerveux (activation musculaire sous-optimale) et par une altération du processus contractile (accumulation de métabolites).

Applications pratiques

- Les facteurs nerveux sont en grande partie responsables des gains de force induits par l'entraînement à l'issue de programmes de stimulation électrique neuromusculaire ou de travail de la résistance. En respectant les schémas de déplacement et les exigences spécifiques du jeu (Bennie et Hrysomallis, 2005), de tels programmes d'entraînement pourraient permettre d'améliorer les variables liées au tennis et de retarder la fatigue « centrale ».

- Les joueurs de tennis doivent sans cesse générer énormément de puissance lorsqu'ils exécutent des frappes explosives et des déplacements rapides sur le court. C'est pourquoi on estime que l'amélioration des processus structuraux (p. ex., adaptations hypertrophiques) et biochimiques (p. ex., régulation des taux plasmatiques de potassium, propriétés contractiles de la secousse musculaire) au niveau des muscles peut offrir un avantage en matière de résistance à la fatigue (Behm et St Pierre, 1998).

- Le recours à des exercices pré-fatigants (p. ex., bonds, sauts en contrebas, exercices pliométriques, exercices avec médecine-ball), suivis d'un entraînement par intervalles de forte intensité sur le court, serait efficace pour réduire l'altération observée de la contractilité des muscles (découplage excitation-contraction).

RÉFÉRENCES

- Behm DG, St-Pierre D. The effects of strength training and disuse on the mechanisms of fatigue. *Sports Med.* 1998;25(3):173-189. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00004>
- Bennie J, Hrysomallis C. Resistance training considerations for the sport of squash. *Strength Cond J.* 2005;27(3):30-38. <https://doi.org/10.1519/00126548-200506000-00005>
- Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci.* 2002;20(4):311-318. <https://doi.org/10.1080/026404102753576080>
- Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994;74(1):49-94. <https://doi.org/10.1152/physrev.1994.74.1.49>
- Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81(4):1725-1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- 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, Lattier G, Maffiuletti NA, Micallef JP, Millet GP. Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol.*, 18(6), p. 1038- 1046.
- 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):455-64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01032.x>
- Girard O, Millet GP (2008). Neuromuscular fatigue in racquet sports. *NeurolClin.*, 26(1), p. 181-194. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2007.11.011>
- Hornery D, Farrow D, Mujikal, Young W. Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007a;2(4):423-438. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.4.423>
- Hornery D, Farrow D, Mujika I, Young W. Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med.* 2007b;37(3):199-212. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00002>
- Hornery D, Farrow D, Mujika I, Young W. An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *Br J Sports Med.* 2007c ;41(8):531-536. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.031351>
- Mendez-Villanueva A, Fernandez Fernandez J, Bishop D. Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by single tennis match play with reference to the development of fatigue. *Br J Sports Med.* 2007;41(11):717-22. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037259>
- Mitchell JB, Cole KJ, Grandjean PW, Sobczak RJ. The effect of a carbohydrate beverage on tennis performance and fluid balance during prolonged tennis play. *J Appl Sport Sci Research.* 1992;6(2):174-180. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00006>
<https://doi.org/10.1519/00124278-199208000-00009>
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1992\)006%3C0096:TEOACB%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1992)006%3C0096:TEOACB%3E2.3.CO;2)
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1992\)006%3C0174:TEOACB%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1992)006%3C0174:TEOACB%3E2.3.CO;2)

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>

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF TENNIS ICOACH (CLIQUEZ)



Droits d'auteur (c) 2014 Olivier Girard.



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](#)