

RECUPERATION DE LA FONCTION MUSCULAIRE DES MEMBRES INFERIEURS APRES TROIS SERIES D'EXERCICE DES SPRINTS REPETES CHEZ LES FOOTBALLEURS

Résumé

Le but de cette étude est d'étudier l'effet de la récupération de la fonction musculaire après des sprints répétés chez les footballeurs. L'étude est de type expérimental. Elle concerne douze (12) footballeurs. Les résultats obtenus montrent que les qualités physiques au countermovement jump (CMJ) en hauteur et puissance sont respectivement de $46,24 \pm 4,71$ cm et $54,58 \pm 15,23$ w.kg⁻¹. L'énergie dépensée pendant les séries d'exercices de sprints répétés est de $118,71 \pm 19,40$ Kcal. Cependant, l'évolution de la performance au test de CMJ avant, après, 24 heures et 48 heures des séries d'exercices de sprint répétés (SESR) montre des différences significatives. La fonction musculaire des membres inférieurs récupère mieux après 48 heures d'une séance des séries d'exercices de sprints répétés qu'après 24 heures.

Mots clés : Récupération, musculaire, Sprints répètes, Footballeur.

Abstract

The purpose of this article is to study the effect of recovery of muscle function after repeated sprints in soccer. It is of the experimental type and concerns twelve (12) footballers. The results obtained show that the physical qualities at countermovement jump (CMJ) qualities in height and power are respectively 46.24 ± 4.71 cm and 54.58 ± 15.23 w.kg⁻¹. The energy spent during the repeated sprint exercise series is 118.71 ± 19.40 Kcal. However, the evolution of the performance in the CMJ test before, after 24 hours and 48 hours of the series of repeated sprint exercises (SESR) shows significant differences. The muscular function of the lower limbs recovers better after 48 hours from a series of repeated sprint exercises than after 24 hours.

Key words: Recovery, Muscular, Repetitive Sprints, Footballer.

Introduction

Le football est un sport complexe qui nécessite plusieurs actions et de manière répétée comme au handball, le sprint et le saut (Impellizzeri & al., 2008). Les Séquences de Sprints Répétés (SSR) reproduisent plus fidèlement la performance des sports à caractère intermittent (Buchheit & al., 2011). En effet, en se basant sur les données de la littérature spécifique à l'analyse des exigences physiques du football, Carling et al. (2012) ont défini la répétition des séquences de sprints comme la succession d'un minimum de trois *sprints*, avec une courte période de récupération de 21 secondes entre les répétitions chez les footballeurs. Chez les footballeurs de haut niveau, des corrélations significatives ont été signalées entre les distances parcourues pendant le match et les temps de sprint moyen sur un test CSR (Capacité de Sprints Répétés ou Capacité à Répéter des Sprints) (Rampinini & al., 2007). Cette relation a confirmé la découverte de nombreuses autres études, signalant que la CSR est fortement liée à la capacité aérobie (VO₂max) des footballeurs (Impellizzeri & al., 2008 ; Rampinini & al., 2007). D'un point de vue physiologique, la CSR est une qualité complexe liée à la performance neuromusculaire et les facteurs métaboliques (Glaister, 2005). Par conséquent, la durée et la nature des récupérations entre les sprints lors d'un test CSR peuvent affecter la vitesse maximale du sprint et la fonction métabolique, et donc influencer les performances du test CSR. Comme la récupération lors d'un test CSR est importante, il semblerait intéressant d'évaluer son impact sur la performance CSR (Padulo & al., 2014). La CSR est en effet de plus en plus reconnue comme un facteur de performance critique dans le jeu de sport, en particulier dans le basketball (Dawson, 2012). Certaines études ont également été consacrées aux stratégies de développement et d'amélioration de la CSR chez les athlètes ou les personnes actives (Bishop & al., 2011 ; Edge & al., 2006). Une revue de ces études par Bishop & al. (2011) a révélé deux stratégies principales, toutes deux basées sur le développement des principales capacités déterminantes dans la CSR, à savoir la vitesse maximale, le sprint isolé et la force des membres inférieurs. Il est cependant permis qu'une séance d'exercices de sprints répétés soit suivie d'une diminution de la capacité de performance physique induite par l'épuisement / la fatigue. Par exemple, Lattier & al. (2004) ont observé une diminution moyenne de 7% de la puissance maximale volontaire pendant les contractions isométriques exécutées après un exercice très intense. Le premier problème fondamental à résoudre est ainsi de connaître l'impact de chaque type d'entraînement qui vise à développer la CSR, sur les capacités musculaires des membres inférieurs du joueur de football.

La question fondamentale qui se pose est donc de savoir le nombre d'heures nécessaires pour que la fonction musculaire des membres inférieurs récupère après une séance d'exercices de sprints répétés. Pour répondre à cette préoccupation nous formulons l'hypothèse suivante :

La fonction musculaire des membres inférieures récupère mieux 48 heures après une séance de séries d'exercices de sprints répétés qu'après 24 heures.

Objectifs assignés à cette étude sont :

- ✓ Mesurer la hauteur et la puissance musculaire des jambes au test countermovement jump des footballeurs avant et après, 24 heures et 48 heures des trois séries d'exercice des sprints répétés.
- ✓ Comparer la performance au test countermovement jump suivant les quatre modalités (avant, après, 24 heures et 48 heures).
- ✓ Apprécier chez les mêmes footballeurs le taux de restauration de la fonction musculaire après 48 heures.

1. Matériel et méthodes

1.1. Champs d'investigation et sujets

L'étude menée au stade d'entraînement de l'équipe Mbila Sport situé dans le quartier Emile Bienyenda arrondissement I Makélékélé (Brazzaville) en mai 2017. Cette étude de type expérimental selon un plan à simple groupe unique quasi-expérimental 1 x 4, c'est-à-dire le plan classique en test-retest avec un suivi dans le temps.

1.2. Population étudiée

Elle est constituée des footballeurs de l'équipe Mbila Sport de la première division départementale de la saison sportive 2016-2017. Cette équipe a été choisie par le simple fait qu'elle est en deuxième position au championnat et qu'elle présente des structures appropriées.

1.2.1. Echantillonnage

La taille de l'échantillon a été déterminée par le logiciel G*Power (Faul & al., 2007) qui lie la puissance statistique du test et la taille de l'échantillon. Pour le besoin de la représentativité de l'échantillon, le test de Student pour échantillon apparié a été utilisé par ce logiciel en fixant une taille d'effet de 0,6, un niveau de significativité $\alpha = 0,05$ et une puissance statistique $1-\beta = 0,90$ et a donné une puissance statistique actuelle $1-\beta = 0,9082645$ et une taille de 26 sujets.

1.2.1.1. Sélection de l'échantillon

En tenant compte de la taille d'échantillon déterminée ci-dessus, nous avons considéré uniquement l'équipe type (12 joueurs) qui a l'habitude de commencer les rencontres.

1.2.1.2. Critères de sélection

Critères d'inclusion

- Etre footballeur de l'équipe Mbila Sport et en bonne santé ;
- Etre habituellement sélectionné parmi les 12 joueurs qui participent aux rencontres ;
- Etre âgé de plus de 18 ans ;
- Participer au moins une fois au championnat départemental ;
- Avoir signé un consentement éclairé.

Critères de non inclusion

- Etre footballeurs participant pour la première fois au championnat en cours ;
- Avoir un repos médical d'au moins trois mois ;
- Avoir quelques traumatismes musculaires, articulaires et ligamentaires.

Critère d'exclusion

Sujets démissionnaires, blessés ou autres problèmes survenus pendant la phase expérimentale.

1.3. Procédure expérimentale

L'expérimentation a porté sur douze (12) footballeurs. Une séance de familiarisation aux tests des sprints répétés et saut vertical. L'expérimentation était constituée uniquement d'un test de countermovement jump (CMJ) et d'un test des sprints répétés (TSR). Les paramètres anthropométriques (âge, poids et taille) ont été recueillis. Un échauffement général et spécifique suivi des exercices d'étirement. L'expérimentation a commencé par un test de CMJ suivi d'un test des sprints répétés de 6 x 35m avec une récupération de 10 secondes entre les sprints et des CMJ à la fin du TSR. Le premier test de CMJ a été réalisé en deux essais au maximum avec une récupération d'une minute entre le deuxième essai. Après ce test, les sujets ont récupéré trois minutes avant de réaliser

le TSR. A la fin du TSR, le deuxième test de CMJ a été réalisé trois minutes après. 24 heures et 48 heures après le TSR, les sujets ont réalisé le test de CMJ à la même heure que le premier jour. Au cours de l'expérimentation, les encouragements verbaux ont été adressés aux sujets. Les sujets ont été informés trois jours avant l'expérimentation de la qualité de repas qu'ils devraient consommer. Aussi, ils ont été informés de manger trois heures avant le post test.

La phase expérimentale a suivi un schéma défini dans le plan expérimental. L'expérimentation a commencé par la mesure des paramètres anthropométriques (âge, taille et poids) suivi d'un échauffement.

Le plan expérimental de l'étude est présenté sur cette figure n°1.

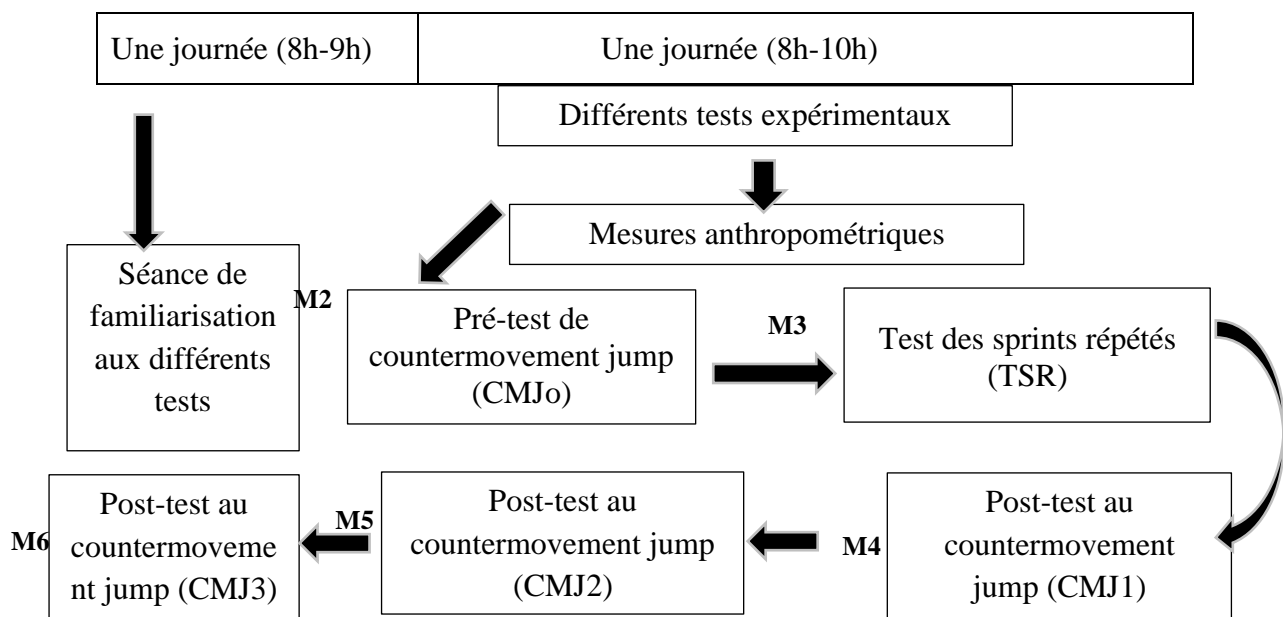


Figure n° 1 : Plan expérimental

Mesures effectuées avant et après le test des sprints répétés : paramètres anthropométriques : âge, taille et masse corporelle ; Pré-test : Countermovement jump (CMJ) et Deuxième test : Test de sprints répétés. Mesures effectuées avant le test de sprints répétés : M1 (âge, poids et taille) et M2 (hauteur et puissance de CMJ). Mesures effectuées pendant le test des sprints répétés : M3 (temps, dépense énergétique). Mesures effectuées après le test de sprints répétés : M4, M5 et M6 (hauteur et puissance de CMJ).

1.3.1. Paramètres anthropométriques

L'âge des sujets était enregistré à partir d'un questionnaire de récolte des données. La taille était mesurée par une toise traditionnelle d'une précision de 0,1 cm près : le sujet debout, les bras le long du corps et le regard fixé vers l'avant. Une planche perpendiculaire à la planche verticale de la toise était déposée sur la tête. La mesure était prise à partir d'un mètre ruban gradué du bas vers le haut.

La masse corporelle était enregistrée à l'aide d'un pèse personne électronique de marque Seca d'une portée maximale de 150 kg et ayant une précision de 0,1 kg près.

1.3.2 Echauffement

Tous les sujets ont effectué un échauffement avant de commencer les séances d'entraînement. Ils ont réalisé une course à rythme modéré pendant une période de 10 minutes et une série d'étirements spécifiques pendant cinq minutes. Ils ont enfin effectué deux sprints submaximaux sur 40 m (environ 80% de vitesse maximale).

1.3.3. Mesures des tests

1.3.3.1. Test de saut vertical

Chaque footballeur a réalisé au maximum trois tests essais de sauts CMJ. Ce test a été rendu possible grâce à l'utilisation du Myotest SA (1950 Sion / Switzerland). Le Myotest, équipé d'un accéléromètre permet de mesurer la puissance, la vitesse, la force des membres supérieurs et inférieurs et la hauteur du saut. Il était placé sur la ceinture autour des hanches à travers la ceinture du Myotest. La validité et la fiabilité de cet appareil ont été démontrées par les études de Comstock & al., (2011) et Casartelli & al., (2010).

Au cours du CMJ, le Myotest est placé au niveau de la taille du sujet. Le sujet debout, mains aux hanches, regard droit devant et dans une position immobile. Au bip court, le sujet réalise un mouvement d'élan libre (flexion des genoux) et saute le plus haut possible (en gardant les mains au contact de la taille). La réception se fait de manière souple et amortie. Après réception, le sujet revient en position debout et attend le prochain bip pour répéter le saut. Après cinq répétitions, le double bip signale la fin du test. Les résultats sont affichés automatiquement à l'écran après le test et représentent la moyenne des trois meilleures répétitions. La meilleure performance de la hauteur du saut des trois essais était utilisée pour les calculs statistiques.

1.3.3.2. Test des sprints répétés (TSR)

Le test des sprints répétés a consisté en six sprints répétés de 35 mètres à pleine vitesse avec un temps de récupération de 10 secondes entre chaque sprint (Zagatto & al., 2009). Le sujet commence le test en mettant un pied sur la ligne de départ, buste incliné en arrière. Le départ du test est à volonté. Après le premier sprint, le sujet est invité à récupérer pendant 10 secondes et à reprendre la même procédure pendant les cinq sprints restants. Nous avons considéré une série comme étant la réalisation de 6 x 35 m. Les sujets ont eu à réaliser trois séries [3 x (6 x 35 m)] avec une récupération de trois minutes entre séries.

1.4. Analyse statistique

Les données ont été traitées par le logiciel IBM SPSS Statistics 21.0. Les moyennes et les écarts-types étaient utilisés pour toutes les variables. La normalité de la distribution des variables a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Le niveau de confiance a été fixé à 95% et les 5% représentant le niveau de signification de tous les tests statistiques ($p < 0,05$).

Le traitement statistique des données de l'étude était basé sur la différence de la moyenne de la performance au test de CMJ avant et après le SSR était obtenue par le test t pour les échantillons appariés. Une analyse de variance (anova) à un facteur (temps) était utilisée pour déterminer les différences significatives entre les performances mesurées avant, après, 24 heures et 48 heures des SSR

2. Résultats

Tableau n°1: Caractéristiques anthropométriques et physiques des sujets

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Age (an)	19,00	28,00	23,33	2,71
Taille (m)	1,65	1,82	01,74	0,05
Poids (kg)	52,20	68,30	62,57	5,42
IMC (kg.m ⁻²)	18,89	21,92	20,48	1,19
Hcmj (cm)	33,30	52,00	46,24	4,71
Pcmj (w.kg ⁻²)	28,00	72,00	54,58	15,23

IMC : Indice de masse corporelle ; Hcmj : Hauteur countermovement jump ; Pcmj : Puissance countermovement jump ; Eg_SESR : Energie des séries d'exercice des sprints répétés.

Les footballeurs sont âgés en moyenne de $23,33 \pm 2,71$ ans, ont une taille moyenne de $1,74 \pm 0,05$ m, un poids moyen de $62,57 \pm 5,42$ kg et un indice de masse corporelle de $20,48 \pm 1,19$ kg.m⁻² (tableau I). Les qualités physiques au countermovement jump en hauteur et puissance sont respectivement de $46,24 \pm 4,71$ cm et $54,58 \pm 15,23$ w.kg⁻¹. L'énergie dépensée pendant les séries d'exercice de sprints répétés est de $118,71 \pm 19,40$ Kcal.

Tableau n°2 : Coefficient de corrélation intra-classe (CCI) et intervalle de confiance (IC)

	CCI	IC
H_{CMJ}	0,96	0,95 - 0,99
P_{CMJ} (w.kg⁻¹)	0,93	0,94 - 0,98

CCI : Coefficient de corrélation intra-classe ; IC : Intervalle de confiance ; H_{CMJ} : Hauteur countermovement jump ; P_{CMJ} : Puissance countermovement jump ; Hcmj : Hauteur countermovement jump ; Pcmj : Puissance countermovement jump

Evolution de la performance au test de CMJ avant, après, 24 heures et 48 heures des SESR montre des différences significatives entre eux. La hauteur atteinte juste après les SESR diminue significativement de -7,62% ($p = 0,033$) par rapport à la hauteur atteinte avant les SESR, celle atteinte 24 heures après les SESR est réduite significativement de -10,25% ($p = 0,008$) par rapport à celle mesurée avant les SESR et enfin, une légère amélioration de (CMJ) non significative de +3,08% ($p = 0,443$) par rapport à celle mesurée avant les SESR. Il est constaté une diminution significative de -2,64% ($p = 0,025$) entre la hauteur mesurée juste après les SESR et celle mesurée 24 heures après les SESR. De même, une amélioration significative de +4,53 ($p = 0,0001$) entre la hauteur mesurée juste après les SESR et celle mesurée 48 heures après les SRSR. Enfin, la hauteur mesurée 24 heures après les SESR augmente significativement de +7,17% ($p = 0,0001$) par rapport à celle mesurée 48 heures après les SESR

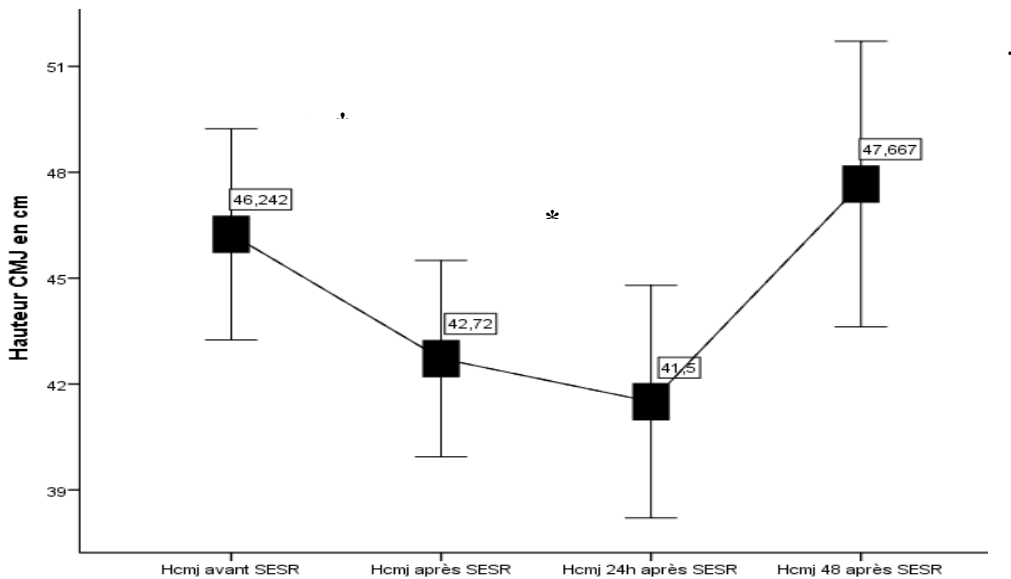


Figure n° 2 : Evolution de la hauteur CM

*Hcmj avant SESR : Hauteur countermovement jump avant les séries d'exercice des sprints répétés ; Hcmj après SESR : hauteur countermovement jump après les séries d'exercice des sprints répétés ; Hcmj 24h après SESR : hauteur countermovement jump 24 heures après les séries d'exercice des sprints répétés ; Hcmj 48h après SESR : hauteur countermovement jump 48 heures après les séries d'exercice des sprints répétés ; * : Différence significative à $p < 0,05$; † : Différence significative à $p < 0,01$; ‡ : Différence significative à $p < 0,001$.*

Des différences significatives ont été observées dans la puissance des membres inférieurs développée au cours de CMJ avant, après, 24 heures et 48 heures des SESR (figure 9). La puissance atteinte juste après les SESR augmente significativement de 14,34% ($p = 0,022$) par rapport à la puissance atteinte avant les SESR. De même que la puissance développée 24 heures après les SESR est légèrement élevée mais pas de façon significative de 6,29% ($p = 0,483$) par rapport à la puissance développée avant les SESR. 48 heures après les SESR, la puissance développée est légèrement améliorée mais pas de manière significative de 1,07% ($p = 0,746$). Par contre, cette puissance est significativement élevée de 8,73% ($p = 0,041$) et 15,57% ($p = 0,043$) respectivement par rapport à la puissance développée 24 heures après les SESR et celle développée avant les SESR.

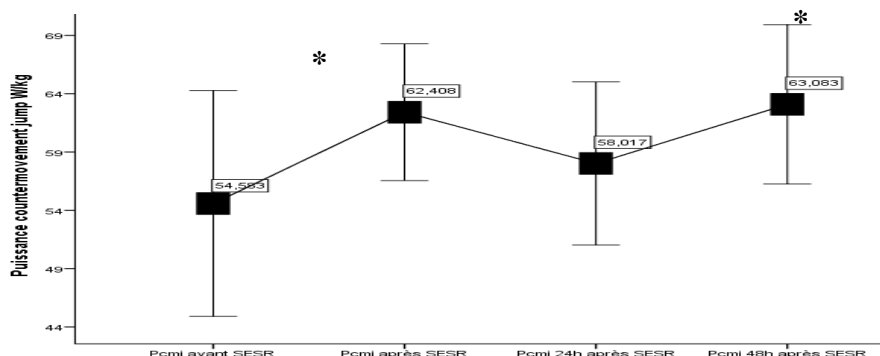


Figure 3 : Evolution de la puissance CMJ

*Pcmj avant SESR : Puissance countermovement jump avant les séries d'exercice des sprints répétés ; Pcmj après SESR : Puissance countermovement jump après les séries d'exercice des sprints répétés ; Pcmj 24h après SESR : Puissance countermovement jump 24 heures après les séries d'exercice des sprints répétés ; Pcmj 48h après SESR : Puissance countermovement jump 48 heures après les séries d'exercice des sprints répétés ; * : Différence significative à $p < 0,05$.*

3. Discussion

3.1. Caractéristiques anthropométriques et coefficient de corrélation interclasse

Le but de la présente étude était d'étudier l'effet de la récupération de la fonction musculaire des membres inférieurs après des exercices de sprints répétés chez les footballeurs. Il existe des limites potentielles dans cette étude. La population utilisée est très modeste ($n = 12$). Une équipe de football standard est souvent composée de 20-25 joueurs. En effet, certains joueurs blessés et incapables de s'entraîner cela réduit l'effectif de l'échantillon. La taille de l'échantillon dans cette étude représente donc une taille réaliste que les entraîneurs et les praticiens peuvent rencontrer dans le monde réel. Il est également représentatif des tailles d'échantillons souvent utilisées dans les études pilotes génétiques (Loy & *al.*, 2015). Enfin, le résultat d'une vitesse de récupération lente est rare, avec environ un seul sujet pour les douze personnes censées être dans cette catégorie. Cela nécessite des tailles d'échantillon très importantes afin de recruter suffisamment de sujets dans cette catégorie. Il est donc raisonnable de penser que les joueurs utilisés dans cette étude ont en moyenne un bon niveau de condition physique aérobie. Comparé à celui rapporté par Esco & Williford (2011) qui était de $46,2 \pm 6,9$ ml / min / kg, la valeur enregistrée dans notre série apparaît plus élevée.

3.2. Evolution de la capacité de saut après l'exercice de sprints répétés

Les joueurs ont enregistré une diminution de leur performance CMJ significativement de -7,62% ($p = 0,033$) et une augmentation de la puissance de manière significative de 1,07% ($p = 0,746$), après les SESR. Il est bien connu que la capacité des muscles à générer de la force-vitesse diminue après une séance d'entraînement intense (Miles & *al.*, 1997). La réduction de la hauteur de saut au CMJ enregistrée dans cette étude arrondissant les 12,6% est observée par Delextrat & *al.*, (2012) dans les joueurs de basket féminins espagnols et fermés aux 11,9% rapportés dans un groupe de femmes soumises à une session de plyométrie (Jakeman & *al.*, 2010). La diminution de la performance de saut enregistrée à la fin de la session peut alors être associée à des lésions musculaires causées par les contractions abruptes et intenses requises par les marges de roulement multi-sauts et de sauts réalisés à la vitesse maximale (Clarkson & Hubal, 2002). Les principaux marqueurs indirects de ces lésions musculaires et du processus inflammatoire induit par l'exercice (Pyne, 1994) sont la créatinekinase, la protéine C-réactive (CRP) et la myoglobine.

3.3. Evolution de la capacité de saut après 24 et 48 heures de l'exercice de sprints répétés

Après la récupération de 48 heures suite à la séance d'exercices de sprints répétés, la puissance développée est légèrement améliorée mais pas de manière significative de 1,07% ($p = 0,746$) et CMJ augmente significativement de +7,17% ($p = 0,0001$). Cette restauration plus ou moins complète de la fonction musculaire des membres inférieurs peut être associée à la nature des multi-sauts effectués pendant la séance d'ESR, qui nécessitent des contractions excentriques. En raison des lésions musculaires qui suivent souvent l'excentrique des exercices, la restauration de la fonction musculaire peut en effet durer plusieurs jours (Sesboüé & Guincestre, 2006). Les données relatives à la restauration de la performance CMJ corroborent celles d'Eston & *al.*, (2003) qui ont remarqué qu'il restait souvent à restaurer de 10 à 15% après une reprise de 72 heures à la suite de l'exercice dégâts musculaires. Plus tôt, Hortobagyi & *al.*, (1991) et Chambers & *al.*, (1998) ont également signalé la même observation après un ultra-marathon, suite à un intense exercice pliométrique. Il faut reconnaître que les participants à cette étude jouent au niveau de l'université. Ils sont donc modérément formés et ne sont pas habitués à ce type de formation impliquant un renforcement musculaire. Ce niveau d'entraînement modéré, associé à l'inexpérience, constitue des facteurs susceptibles d'expliquer la longue durée de la restauration des performances (pour les contractions explosives et plyométriques) des muscles les plus demandés (Bishop & *al.*, 2008 ; Sayers & Clarkson, 2001).

La capacité de prédire le temps de récupération nécessaire après un exercice intense peut être utile pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il garantit qu'un temps de récupération optimal peut être donné

aux athlètes individuels, ce qui réduit la fatigue qui s'accumule dans un programme de formation. Cela garantira que l'athlète ne risque pas de subir de blessures, dont le risque augmente en cas de fatigue et peut se prémunir contre le développement d'un syndrome de sous-performance inexpliqué. Il peut également être utile lors de la planification de la dernière séance de conditionnement physique avant une compétition, avec des joueurs génétiquement prédisposés à des vitesses de récupération plus lentes ayant une période de repos plus longue avant la compétition. Enfin, cela peut accroître la motivation des joueurs à mener à bien les modalités de récupération appropriées après la formation ou la post compétition, en particulier si elles ont une vitesse de récupération plus lente. L'identification des athlètes qui peuvent être génétiquement prédisposés à augmenter des temps de récupération peuvent conduire à l'utilisation de modalités de récupération ciblées. Des résultats similaires ont été rapportés dans d'autres études (Satoshi & al., 1989 ; Jouris & al., 2011 ; Satchek & al., 2003). D'autres interventions susceptibles d'améliorer la récupération comprennent l'immersion à l'eau froide (IEF) et l'utilisation de vêtements de compression, bien que les résultats soient actuellement équivoques (Leeder & al., 2012 ; Bleakley & Davison, 2009 ; Ascensao & al., 2011 ; Jakeman & al., 2009 ; Duffield & al., 2008). Cela devrait être à noter que l'adaptation à l'exercice repose sur l'application du stress au corps, et l'utilisation de suppléments antioxydants et d'IEF peut compromettre cette adaptation ou, dans certains cas, réduire la vitesse de récupération. Les études de Sedano et al. 2009 ; Markovic & al., 2007 ont montré des augmentations significatives de la hauteur et puissance squat jump et countermovement jump respectivement de $p < 0,001$, $p < 0,05$ et $p < 0,01$. A cet effet, l'amélioration de la hauteur de sauts indique les adaptations liées à l'augmentation de la puissance musculaire des jambes ont eu lieu. Des améliorations significatives sont observées en puissance countermovement jump dans le groupe expérimental respectivement. Bien que Markovic & al., (2007) n'ont pas utilisé un programme d'entraînement combiné, leurs résultats montrent une augmentation de la puissance musculaire des jambes en countermovement jump. Handi, (2013). La potentialisation post-activation a été définie comme une augmentation de la production de force à des niveaux d'activation sous-maximaux, due à l'activation des fibres musculaires squelettiques à contraction rapide (Brown & Loeb, 1999) ou à l'amélioration des forces observées après l'activation répétitive des muscles squelettiques (Binder & al., 2002). D'autre part, la fatigue est considérée comme reflétant l'incapacité des muscles squelettiques à générer un niveau de force attendu et la performance mesurée après l'activité musculaire est l'équilibre net entre la fatigue et la potentialisation post-activation (Hodgson & al., 2005). Par conséquent, il y avait un effet positif des sprints répétés jusqu'à la troisième série. Il est généralement mesuré par des tests de saut Kotzamanidis pour jauger le pouvoir musculaire des membres inférieurs, ceci est une exigence importante pour la performance de la détente verticale comme horizontale chez le football (Svensson & al., 2005 ; Siegler & al., 2003). La fatigue altère la performance de saut chez les joueurs de football (Oliver & al., 2008), donc il pourrait être utile de surveiller la fatigue. Immédiatement après la correspondance, la performance du saut de contre-mouvement (CMJ) diminue (Andersson & al., 2008 ; Magalhães & al., 2010 ; Oliver & al., 2007), bien que plusieurs études n'aient pas signalé de décroissements significatifs (Krustrup & al., 2010 ; Thorlund & al., 2009) probablement en raison d'un effet « échauffement ». Les diminutions de la performance du saut vertical peuvent rester 24 heures (Ispirlidis & al., 2008 ; Fatouros & al., 2010), 48 heures (Hoyo & al., 2016) et 72 heures après l'exercice (Magalhães & al., 2010) mais, quoi qu'il en soit, 48 heures après les séries d'exercices de sprints répétés semblent être suffisantes pour revenir aux niveaux de référence (Ispirlidis & al., 2008 ; Fatouros & al., 2010). Par conséquent, les sauts peuvent également être utilisés pour surveiller indirectement la récupération du statut musculaire, le test CMJ est le plus approprié pour la surveillance de la fatigue neuromusculaire chez les joueurs de football.

Conclusion

Cette recherche visait à évaluer l'impact de six sprints répétés sur la récupération de la fonction musculaire chez les footballeurs et de connaître le taux de restauration après 48 heures de repos. Il est apparu qu'une séance de formation qui combine des sprints courts, un renforcement musculaire et une formation par intervalle ($VO_2\max$), induit une diminution de la capacité des muscles les plus demandés. La période de repos de 48 heures généralement importante pour la récupération des joueurs après les séries d'exercices de sprint et la restauration complète des capacités musculaires après ce type d'entraînement. Ceci permet de suggérer aux entraîneurs et préparateurs physiques doivent prendre en compte ces résultats pour organiser les blocs d'entraînement spécifiques basés sur l'utilisation d'exercices combinés visant à développer la capacité de sprints répétés.

Nous pouvons dire que notre hypothèse est confirmée car : « La fonction musculaire des membres inférieurs récupère 48 heures après une séance de séries d'exercices de sprints répétés induit le taux de restauration de la fonction musculaire supérieur à celui de 24 heures. Les résultats de cette étude nous orientent de mener dans les jours futurs des batteries des études explorant les effets de l'exercice de sprints répétés en moyen et long terme sur non seulement la puissance anaérobie mais aussi sur la puissance aérobie.

Références bibliographiques

- Andersson, H., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc*; 40(2): 372-80.
- Ascensao, A., Leite, M., Rebelo, A.N., Magalhães, S., Magalhães, J. (2011) Effects of cold water Immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*; 29(3):217-25.
- Binder-Macleod S.A., Dean J.C., Ding J. (2002) Facteurs de stimulation électrique dans la potentialisation du quadriceps femoral humain. *Muscle Nerve.*, 25 (2) : 271-279.
- Bishop, P.A., Jones, E., Woods, A.K. (2008) Recovery from training: A brief review. *J StrengthCondRes*; 22(3):101524.
- Bishop, D., Girard, O., Mendez-Villanueva, A. (2011) Repeated-sprint ability - part II: Recommendations for training. *Sports Med* ; 41(9) :741-756
- Bleakley, C.M., Davison, G.W. (2010) What is the biochemical and physiological rationale for using Cold Water Immersion in Sports Recovery? A Systematic Review. *British Journal of Sports Medicine*. 2010; 44(3):179-87.
- Brown I.E., Loeb G.E., (1999) Propriétés mesurées et modélisées du muscle squelettique des mammifères.I. Les effets de la potentialisation post-activation sur les dépendances temps-vitesse de la production de force. *J. Muscle Res. Cell Motil.*, 20 (5-6) : 443-456.
- Buchheit, M., Horobeanu, C., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B.M., Bourdon Pitre, C. (2011). Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players. *J Sports Sci* ; 29(6) :591-8.
- Carling, C., Le Gall, F., Dupont, G. (2012) Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *J Sports Sci*; 30(4):325-36.
- Casartelli, N., Müller, R., Maffiuletti, N.A. (2010) Validity and reliability of the myotest accelerometric system for the assessment of vertical Jump Height. *J Strength Cond Res* ; 24(11) :3186-93.

- Chambers, C., Noakes, T.D., Lambert, E.V., and Lambert, M.I. (1998) Time course of recovery of vertical jump height and heart rate versus running speed after a 90-km foot race. *J Sports ci.* 16(7): 645-651.
- Clarkson, P.M., and Hubal, M.J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil.*, 81 (11 Suppl): S52-69.
- Comstock, B., Solomon-Hill, G., Flanagan, D. (2011) Validity of the Myotest in measuring force and power production in the squat and bench press. *J Strength Cond Res.* ; 25(8) :2293-7.
- Dawson, B. (2012). Repeated-sprint ability: where are we? *Int J Sports Physiol Perform.* 7(3):285-289.
- Delextrat, A., Trochym, E. and Calleja-González, J. (2012). Effect of a typical in-season week on strength jump and sprint performances in national-level female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness.*, 52(2): 128-136.
- Duffield, R., Edge, J., Merrells, R., Hawke, E., Barnes, M., Simcock, D., Gill, N. (2008) The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 3(4):454-68.
- Edge, J., Hill-Haas, S., Goodman, C., And Bishop, D., (2006). Effects of resistance training on H⁺ regulation, buffer capacity and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc.* 38(11): 2004-11.
- Esco, M.R., and Williford, H.N. (2011). Cardiovascular autonomic modulation in collegiate male basketball players. *J Exer Physiol Online.*, 14(1):35-42.
- Eston, R., Byrne, C., and Twist, C. (2003). Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. *J Exer Sci Fitness.*, 1(2):85-96.
- Fatouros, I.G., Chatzinikolaou, A, Douroudos II, et al. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res*; 24(12): 3278-86.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G., Buchner, A. (2007) G*Power 3 : Un programme flexible d'analyse statistique de la puissance pour les sciences sociales, comportementales et biomédicales. *Behavior Research Methods*, ;39 :175-191.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35, 757–777.
- Handi, S. Effet de deux méthodes d'entraînement, la pliométrie et la musculation, sur l'économie à la course et sur l'explosivité chez les joueurs de soccer [En ligne]. Université du Québec à Montréal [Cités le 22 juin 2013].
- Hodgson M., Docherty D., Robbins D. (2005) Potentialisation post-activation : physiologie sous-jacente et implications pour la performance motrice. *Sports Med.*, 35 (7): 585-595.
- Hoyo M, Cohen, D.D., Sañudo, B., et al. (2016) Influence of football match time-motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *J Sports Sci*; 34(14): 1363-70.
- Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(1), 899–905.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med* 2008; 18(5): 423-31.
- Jakeman, J.R., Macrae, R., Eston, R. (2009) A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics.* 52(4):456-60.

- Jakeman, J.R., Byrne, C, Eston, R.G. (2010) Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European Journal of Applied Physiology*; 109(6):1137-44.
- Jouris, K.B., McDaniel, J.L., Weiss, E.P. (2011). The effect of omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. 10(3):432-8.
- Krustrup, P., Zebis, M., Jensen, J.M., Mohr, M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *J Strength Cond Res*; 24(2): 437-41.
- Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A. And Martin, V. (2004). Fatigue and recovery after high-intensity exercise. Part I: neuromuscular fatigue. *Int J Sports Med.*, 25(6): 450-456.
- Leeder, J., Gissane, C., Van Someren, K., Gregson, W., Howatson, G. (2012) Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 46(4):233-40.
- Loy, B.D., O'Connor, P.J., Lindheimer, J.B., Covert, S.F. (2015). Caffeine is ergogenic for adenosine A2A receptor gene (ADORA2A) T allele homozygotes: a pilot study. *Journal of Caffeine Research*. 5(2):73-81.
- Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J.R., Marques, F., Ascensão, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol* ; 108(1) : 39-48.
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., Metikos, D. (2007) Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res.*; 21(2):543-9.
- Miles, M.P., Ives, J.C., and Vincent, K.R. (1997). Neuromuscular control following maximal eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol.*, 76(4): 368-74.
- Oliver, J.L., Armstrong, N., Williams, C.A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform* 2015; 2(2): 137.
- Oliver, J., Armstrong, N., Williams, C. (2008) Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *J Sports Sci*; 26(2): 141-8.
- Padulo, J., Di Giminiani, R., Ibba, G., Zarrouk, N., Moalla, W., Attene, G., Chamari, K. (2014). The acute effect of whole body vibration on repeated shuttle-running in young soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(1), 49–54.
- Pyne, D.B. (1994). Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. *Aust J Sci Med Sport*. 26(3-4): 49- 58.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S.M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 228–235.
- Sacheck, J.M., Milbury, P.E., Cannon, J.G., Roubenoff, R., Blumberg, J.B. (2003). Effect of vitamin E and eccentric exercise on selected biomarkers of oxidative stress in young and elderly men. *Free Radical Biology and Medicine*. 34(12):1575-88.
- Satoshi, S., Kiyoji, T., Hiroyo, K., Fumio, N. (1989). Exercise-induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and after vitamin E supplementation. *International Journal of Biochemistry*. 21(8):835-8.

- Sayers, S.P., and Clarkson, P.M. (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol.*, 84(1-2):122-126.
- Sedano. S., Vaeyens, R., Philippaerts, R.M., Redondo, J.C., Cuadrado, G. (2009). The Anthropometric and anaerobic fitness profile of elite and non-elite female soccer players. *J Sport Med Phys Fitness*; 24(11):3186-93.
- Sesboüé, B. and Guincestre, J.Y. (2006). Mise au point : La fatigue musculaire. *Ann Réadapt Méd Phys*, 49(6)257-264.
- Shellock, F.G., Prentice, W.E. (1985) Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med*; 2(4): 267-78.
- Siegler, J., Gaskill, S., Ruby, B. (2003). Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res*; 17(2): 379-87.
- Spencer M., Bishop D., Dawson B., Goodman C. (2005) Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Med.*, 35(12): 1025-1044.
- Svensson, M., Drust, B. (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*; 23(6): 601-18.
- Thorlund, J.B., Aagaard, P., Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *Int J Sports Med*; 30(4): 273-8.
- Zagatto, A.M., Beck, W.R., Gobatto, C.A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short distance performance. *J Strength Cond Res*; 23:1820-7.