

**Effets d'une Méthode de Potentialisation de l'entraînement de Sprint avec
Traîneau de Résistance sur les Performances Mécaniques en Sprint Chez Des
Jeunes Footballeurs.**
**Effects of a Potentiation Method of Resisted Sled Sprint Training On
Mechanical Sprint Performance in Young Soccer Players**

ZAHIDI Soufiane ¹, AIT ALI BRAHAM Mounir ²

^{1,2} Université Sorbonne Paris Nord-UFR SMBH-France,

¹ soufiane.zahidi@edu.univ-paris13.fr, ² mounir.aitalibraham@edu.univ-paris13.fr

<p>INFORMATION SUR L'ARTICLE REÇU-LE : 03/01/2022 ACCEPTE-LE : 19/04/2022 PUBLIE-LE : 01/06/2022</p> <p>MOTS CLES : SPRINT ; VITESSE ; ACCELERATION FOOTBALL ; TRAINEAU DE RESISTANCE</p> <p>Auteur correspondant : AIT ALI BRAHAM Mounir, mounir.aitalibraham@edu.u niv-paris13.fr</p>	<p>RESUME : Cette étude a comparé les effets de deux entraînements avec chariot lesté, d'un poids de $\pm 15\%$ de la masse corporelle du sujet, sur l'accélération et la vitesse maximale des jeunes footballeurs (N=16). Les joueurs on était répartis aléatoirement dans trois groupes, un groupe contrôle (C), un groupe effectuant un entraînement combiné (C+S) ou effectuant un entraînement avec chariot seul (CH). Le programme d'entraînement consiste en deux entrainements de sprint par semaines durant quatre semaines. Suite aux programmes les groupes C+S et CH ont eu des gains significatifs sur 0-30 ($p=0,02$) et ($p=0,04$) respectivement. Le groupe CH a également eu un gain significatif sur 0-20 ($p=0,04$). Sans autres améliorations des autres groupes. Pour conclure, la méthode avec chariot seul semble permettre les meilleurs gains de performance en sprint</p>
<p>Keywords : Sprint ; Speed ; Acceleration Soccer ; Resistance sled</p>	<p>Abstract This study compared the effects of two training sessions with a resistance sled, weighing $\pm 15\%$ of the subject's mass, on the acceleration and maximum speed of young footballers (N = 16). the players on were randomly divided into three groups, a control group (C), a group carrying out combined training (C + S) or carrying out training with a sled only (CH). The training program consists on two sprint workouts per week for four weeks. Following the programs, the C + S and CH groups had significant gains on 0-30 ($p = 0.02$) and ($p = 0.04$) respectively. The CH group also had a significant gain on 0-20 ($p = 0.04$). Without further improvement of the other groups. To conclude, the method with the sled alone seems to allow the best performance.</p>

doi.org/10.5281/zenodo.1527774

1.Introduction:

La performance au football moderne d'un point de vue physico-physiologique dépend d'un profile phénotypique mixte intégrant les métabolismes aérobie et anaérobie. Durant un match de football, on note en moyenne 79 % de la distance parcourue composée de marche, de course à basse intensité et de course à moyenne intensité, 11 % de course à haute intensité, 5 % de sprint et 5 % de course arrière (Dellal,2017). Bien que le pourcentage des efforts à haute intensité soit bas, ils restent très importants car ils sont généralement les facteurs de la performance et les moments-clés d'un match (Dellal,2017). On note également que les séquences à haute intensité dans un match de football sont essentiellement caractérisées par des sprints courts, des accélérations, des décélérations rapides, des changements de direction, des sauts (Bangsbo & Michalsik, 2002). On retrouve donc trois qualités physiques importante qui sont l'accélération, étant la capacité d'un joueur à atteindre sa vitesse maximale le plus rapidement possible, la vitesse maximale qui est la vitesse la plus haute que peu atteindre un joueur lors d'une course, et la vivacité qui permet de démarrer, de s'arrêter et de changer de direction rapidement. De ce fait, l'amélioration de l'accélération et de la vitesse maximale semble primordiale pour un footballeur (Gambetta, 1996 ; Haugen et al.,2014).

Au cours d'un match on observe en moyenne 70 à 110 accélérations par joueur et en moyenne 30 sprint d'une distance totale de 900m (Dellal, 2017). La répétition des sprints courts et les changements de direction avec ou sans ballon, représente environ 6 à 13 % de la distance totale parcourue durant le match et selon les postes (Cazorla et al.,2009). La vitesse et l'accélération sont donc des qualités importantes à développer chez les jeunes footballeurs dont la pratique est essentiellement caractérisée par des efforts intermittents à haute intensité dont des courses à haute intensité et sprint sur de courtes distances (Haugen et al.,2014).

D'un point de vue biomécanique, l'accélération lors d'un sprint est déterminé par trois forces externes qui sont : la force de réaction au sol (GRF), la force gravitationnelle et la résistance au vent. Parmi ces trois facteurs, la force de réaction au sol (GRF) est le paramètre le plus déterminant, plus particulièrement la composante horizontale de la force de réaction au sol (FH) qui est définie comme le facteur clé de la performance durant un sprint (Hunter et al.,2005 ; Morin et al.,2011). Lors de la phase

d'appui la composante horizontale de la force de réaction au sol (FH) est caractérisée par une phase d'amortis, où la force de réaction au sol suivant l'axe antéro-postérieur est négative puis une phase de propulsion où la force de réaction au sol suivant l'axe antéro-postérieur est positive. De plus seule la FH est lié à la performance en sprint, la composante verticale (FV) et les résultants totaux ne le sont pas (Morin et al.,2011 ; Morin et al.,2012).

Il est admis que le développement de la vitesse et de l'accélération corporelle vers l'avant nécessite une grande production de force horizontale (Morin et al., 2011). Hunter et al. (2005) ont démontré qu'une légère augmentation de 0.04 m/s de l'impulsion horizontale a conduit à une augmentation de 0.26 m/s de la vitesse en sprint. De plus durant la phase de propulsion, seule la composante horizontale de la force (axe antéro-postérieur) permet un déplacement vers l'avant, la composante verticale n'a aucun effet sur le déplacement. (Morin et al., 2011).

De nombreuses méthodes visant un gain de force horizontale ou verticale permettent un gain de vitesse et d'accélération. On retrouve parmi ces méthodes : la musculation avec charge additionnelle, la pliométrie et les sprints avec résistances qui consiste à faire courir le sportif sur quelques mètres en tractant ou en poussant une charge. Cette résistance peut-être créer avec un chariot (traîneau), un élastique ou encore un parachute (Young et al., 2001).

L'une des techniques les plus utiliser par les équipes de football afin de développer la force et essentiellement la capacité à développer la composante de force horizontale est l'utilisation de sprint avec résistance (Morin et al., 2017). De nombreuses études ont comparé spécifiquement les effets d'un entraînement de sprint avec chariot lesté selon différentes charges. L'équipe de Petrakos et al. (2016) ont relevé plusieurs points sur le travail de sprint avec chariot lesté : l'entraînement avec chariot lesté d'une charge comprise entre 12 et 43 % de la masse corporel du sujet permet une amélioration de la performance en sprint, de plus une résistance supérieure à 20 % du poids de corps permettrait une amélioration essentiellement de l'accélération et les résistances inférieures à 20% du poids de corps permettraient d'améliorer la vitesse maximale.

Selon Alcaraz et al. (2018) la charge utilisée durant les sprints avec résistance, devrait être adapté en fonction de l'objectif recherché. Cependant la charge tractée ne doit jamais être supérieur à 20 % de la masse corporelle

pour ne pas compromettre la bonne cinématique du sprint. De plus la résistance supplémentaire ressentie par l'athlète durant le sprint avec résistance provient principalement de la force de friction entre la base du traîneau et la surface de course. Cette force de friction est approximativement proportionnelle au poids total du traîneau, donc plus le poids ajouté sur le traîneau est important, plus la friction est importante, ce qui réduit l'accélération et la vitesse maximale atteinte par l'athlète (Alcaraz et al.2018).

L'étude de McMorro et al. (2019) ont comparé l'utilisation des charge lourde (30 % de la masse corporelle) durant un entraînement de sprint avec résistance (RSS) et utilisation d'un entraînement de sprint sans résistance (URS) chez des footballeurs professionnels durant un protocole de 6 semaine en période compétitive sur les performances en sprint et en changement de direction. Leurs résultats ont montré un effet significatif sur les performances temporelles en sprint et en changement de direction chez les deux groupes. Les améliorations sont de l'ordre de 2 à 5% pour les deux groupes avec une légère différence entre les deux méthodes en faveur du groupe RSS (amélioration de 5,0% chez RSS contre 3,9% chez URS sur 10 m et amélioration de 3,0% dans RSS contre 2,9% d'amélioration en l'URS sur 20 m) démontrant ainsi l'efficacité de la charge lourde en sprint sur la phase d'accélération (McMorro et al.,2019)

Selon Petrakos et al. (2016) Un entraînement combinatoire (sprint avec résistance + sprint sans résistance) permet un meilleur développement de l'accélération qu'un entraînement de sprint utilisant une seule méthode. Ce constat à été approuvé par l'étude de West et al. (2013) qui ont mené une étude sur des joueurs de rugby professionnels composé de deux groupes. Un groupe effectuant uniquement des sprints sans résistance, et un groupe effectuant un programme combinant des sprints avec et sans résistances (1 série avec chariot lesté + 1 série sans résistance). La charge utilisée du chariot lesté était de 12,6% du poids de corps, étant considéré comme le poids optimal afin d'avoir un stimulus suffisant tout en évitant de détériorer la technique de courses des sportifs (Lockie et al., 2003). Les résultats de cette étude à relevé des améliorations de vitesse sur 10 et 30 m pour les deux groupes mais le programme combiné semble permettre de meilleurs gains de vitesse (West et al., 2013).

Durant ces dernières années de nombreuses études ont montré une amélioration de l'accélération et de la vitesse après un programme de sprint

avec résistance, ces améliorations diffèrent cependant selon la charge utilisée, le volume d'entraînement ou la population étudiée. (Petraikos et al., 2016). La majorité des recherches menées sur ce sujet traite de manière dissociée le travail de sprint avec et sans résistance.

A notre connaissance aucune étude n'a effectué une analyse des effets de cette méthode d'entraînement en contraste de charge (sprint avec résistance + sprint sans résistance dans une seule répétition). Il nous a donc paru intéressant d'étudier les effets d'un programme de sprint en contraste de charge sur les qualités de vitesse et d'accélération, afin d'observer s'il était possible d'avoir des gains significatifs aussi bien en vitesse maximale qu'en accélération suite à cette méthode de potentialisation dans l'entraînement de sprint avec résistance. Ce qui permettra de proposer aux entraîneurs, une méthode permettant de développer l'accélération et la vitesse maximale au cours d'un même programme et peut-être avoir de meilleurs gains qu'un programme avec résistance seule.

Nous émettons l'hypothèse que le programme en contraste de charge procurera des gains en accélération grâce à l'utilisation du chariot lesté comme l'on montré les études citées précédemment, tout en améliorant également la phase de vitesse maximale grâce à la séquence de sprint sans charge. Nous nous attendons à avoir des gains identiques sur les vingt premiers mètres pour les deux groupes mais une vitesse maximale améliorée chez le groupe effectuant le travail en contraste de charge.

2. Méthodes et outils :

2.1 Sujets & groupes

17 sujets ont été sélectionnés pour participer à l'étude (l'âge : $15,6 \pm 0,6$ ans, taille : $176,1 \pm 6,1$ cm et le poids : $67,8 \pm 8,4$ kg). Tous les sujets sont pratiquants de football au niveau U17 national, qui est le plus haut niveau de leur catégorie d'âge. Les joueurs sont également issus de la même équipe afin qu'ils aient tous les mêmes entraînements. A noté qu'aucun sujet n'a d'expérience sur la méthode d'entraînement avec chariot lesté. Avant le début de l'étude, tous les joueurs ont reçu une note d'information leur expliquant l'objectif, les bénéfices et les risques de l'étude. Après l'inclusion, les sujets ont été répartis aléatoirement dans trois groupes différents. Un groupe chariot (CH) (N=6), un groupe Chariot + sprint (C+S) (N=6) et un groupe contrôle (C) (N=5) effectuant uniquement les entraînements de football. Pour être éligible à l'étude les sujets ne devaient

présenter aucune blessure durant les trois derniers mois et faire partie de l'équipe U17 national du FC Mantois. Ils ont tous accepté de suivre uniquement le programme d'entraînement et leurs entraînements hebdomadaires avec le club durant l'étude.

2.3 Outils

1) *Analyse et enregistrement vidéo :*

Les tests et mesures de vitesse ont été effectués grâce à l'application MySprint, disponible sur iOS. L'application permet de mesurer la force horizontale, la vitesse et la puissance du sujet pendant la course. Elle utilise les données anthropométriques et spatio-temporelles durant la course du sujet pour mesurer les différentes variables grâce à l'utilisation de la dynamique inverse (Silva and al.,2021). Les données spatiotemporelles sont recueillies grâce à l'enregistrement vidéo et à l'isolement des temps à différents passages (départ, 5,57m, 10,28, 15 m, 19,72 m, 24,43 m et 29,5 m) les point de passage ne doivent pas vraiment être placé à tout les cinq mètres pour régler les problèmes d'erreurs dû à l'angle d'observation (parallaxe). L'isolement d'un temps de passage doit se faire lorsque que le piquet mis en place est au niveau du centre de masse du sujet (Samozino et al., 2016). Un iPhone 10 a été utilisé afin de pouvoir utiliser l'application MySprint et de filmer horizontalement et supporter l'enregistrement de la vidéo en 240 images par secondes (IPS).

2) *Equipements sportifs*

Six piquets ont été utilisés afin de baliser toutes les zones de passage pour l'utilisation de MySprint. Le placement des piquets et les délimitations de la zone de course (30 mètres) pour le programme d'entraînement ont été effectués grâce à une roue de mesure odomètre (modèle : MS39, REF : 3663602816409, Magnusson, Paris, France) et à trois plots afin de baliser la ligne de départ, la ligne des trente mètres et la ligne des vingt mètres pour le groupe(C+S). Des chariots lesté (Poids : 5 kg, marque : Dima sport, REF : 00070015) ont été utilisés pour effectuer les sprints. Dix disques (marque : Domyos) de 500 grammes ont également été utilisés pour moduler la charge afin d'être à 15 % (± 1 kg) de la masse corporelle du sujet.

2.4 Protocole

L'étude s'est déroulée sur un total de sept semaines. La première semaine, les sujets ont été sélectionnés et inclus dans l'étude. Suite à l'inclusion, les sujets sélectionnés ont effectué un test de sprint pour se familiariser avec l'évaluation. Le test de performance de vitesse a été effectué durant la deuxième semaine, puis un programme d'entraînement a

été mis en place, de la semaine trois à six. Enfin post-test de vitesse et les analyses statistiques ont été effectués lors de la septième semaine.

2.4.1 Programme d'entraînement

Le programme d'entraînement a duré quatre semaines. Les sujets avaient quatre séances de football hebdomadaire dont deux séances incluant les exercices de sprints (Tableau 1). Les sujets participant à l'étude ont effectué le programme de sprint quarante-cinq minutes avant la séance de football collectif. Notre programme d'entraînement comporte deux séries de quatre sprints les deux premières semaines puis deux séries de cinq sprints les deux dernières semaines. Les sprints étaient effectués sur 30 mètres d'une façon combinée (C+S) ou avec charge seul (CH). Les sujets du groupe (C+S) devaient sprinter sur vingt mètres en tractant un chariot d'une charge correspondant à 15 % de la masse du sujet, suivi de dix mètres en sans charge. Tandis que les sujets du groupe (CH) devaient effectuer des sprints sur trente mètres avec un chariot lesté d'une charge égale à 15 % de la masse du sujet. Le groupe contrôle a effectué seulement les séances de football programmées par les entraîneurs.

Les séances de sprint étaient effectuées laissant un espacement supérieur de quarante-huit heures entre les deux séances. Avant chaque séance de sprint les sujets devaient effectuer le même échauffement durant toute la période d'étude afin de les préparer à la séance et éviter toute blessure liée à l'effort. L'échauffement était composé de trois minutes de mobilisation articulaire suivis d'une course de faible intensité durant cinq minutes puis de gamme athlétique (monté de genoux, talon fesse, etc.) sur une durée de cinq minutes suivis de trois accélérations dont la première sur cinq mètres, la deuxième sur 10 mètres et la dernière de 20 mètres.

Durant chaque séance les sujets ont été surveillé afin d'effectuer l'exercice avec la bonne charge et la bonne intensité. Les sujets devaient passer par deux afin de créer un environnement de compétition et ainsi de les obliger à sprinter au maximum de leur capacité. La priorité était que chaque sprint soit effectué à intensité maximale.

Tableau 1 : Programme d'entraînement effectué par chaque groupe durant quatre semaines

Semaines	Charge + sprint (C+S)				
	Séries par séance	Répétitions par séance	Distance totale avec charge par séance (m)	Distance totale sans charge par séance (m)	Distance totale par séance (m)
1	2	4	160	80	240
2	2	4	160	80	240
3	2	5	200	100	300
4	2	5	200	100	300
Semaines	Charge seul (CH)				
	Séries par séance	Répétitions par séance	Distance totale avec charge par séance (m)	Distance totale sans charge par séance (m)	Distance totale par séance (m)
1	2	4	240	0	240
2	2	4	240	0	240
3	2	5	300	0	300
4	2	5	300	0	300

Test de vitesse

Un échauffement standardisé a été mis en place pour tous les joueurs lors des tests de début et de fin d'étude. L'échauffement était composé d'une séquence de mobilisation articulaire (cinq minutes) suivis d'un travail technique avec ballon (cinq minutes) et d'une séquence de gammes athlétique et de quatre accélérations progressives sur 20 mètres (cinq minutes).

La mesure de la vitesse sur trente mètres a été réalisée à l'aide de l'application MySprint. Les sujets devaient effectuer un sprint en ligne droite sur trente mètres, en passant derrière six piquets placés selon le protocole de l'application Mysprint afin d'observer la vitesse de course à chaque intervalle de cinq mètres. Les sujets ont dû démarrer le sprint en position debout et en ayant un pied sur la ligne de départ. Les sujets ont tous effectué trois sprints avec 3 minutes de repos entre chaque sprint. Le meilleur des résultats a été retenu pour les analyses statistiques. Les courses ont été filmées et analysées par le même chercheur pour limiter tout biais pouvant être causé par les différences interindividuelles.

2.5 Analyse statistique :

Nos analyses statistiques ont été effectuées grâce au logiciel Statistica sous windows (Version 13.2, Tibco software Inc., Palo Alto, Californie, États-

Unis). Nous avons choisi d'utiliser un test non paramétrique au vu de la distribution non homogène de nos données qui ne suivent pas la loi normale de distribution. Nous avons donc utilisé le test Wilcoxon afin de vérifier s'il existait des différences significatives entre les différentes variables en pré et post programme (0-5 m, 0-10 m, 0-20 m, 0-30 m, F_0 et V_{max}) au sein d'un même groupe. Pour chaque variable, le seuil de la valeur-p inférieur à 0.05 a été utilisé afin de vérifier la significativité des statistiques. Une valeur-p inférieur à 0.05 permet de rejeter l'hypothèse nulle (aucune différence significative) et d'accepter l'hypothèse qu'il y a une différence significative entre les données pré et post programme. De plus le test Kruskal-Wallis a permis de mettre en lumière les différences significatives des variables entre les groupes. Puis en cas de différences le Dunn-test (post-hoc) est utilisé pour savoir où se situe cette différence entre les groupes.

3. Résultats :

Accélération 0-5 m, 0-10 m et 0-30 m :

Suite à l'analyse statistique aucun groupe n'a montré de différences significatives entre les variables pré et post programme de 0-5 m et 0-10 m pour $p < 0,05$. Quant aux variables de 0-20 m et 0-30 m le test de Wilcoxon a permis de révéler des différences significatives pour le groupe CH. Le groupe C+S n'a montré de différence significative que pour la variable 0-30 m. Le groupe CH a vu ses temps se réduire significativement pour 0-20 m, avec une moyenne passant de $3,75 \pm 0,23$ à $3,58 \pm 0,18$ secondes ($p = 0,04$) et également pour 0-30 m avec une moyenne passant $5,11 \pm 0,28$ à $4,92 \pm 0,24$ secondes ($p = 0,04$) secondes. Tandis que pour le groupe C+S ses temps se sont réduits significativement pour les 0-30 m avec une moyenne passant de $4,70 \pm 0,16$ à $4,55 \pm 0,09$ secondes ($p = 0,02$). Aucune différence significative n'a été relevée pour le groupe C (tableau 2).

Vitesse maximale et force horizontale

Les tests statistiques n'ont révélé aucune différence significative entre les moyennes pré et post des variables V_{max} et F_0 au sein de tous les groupes (tableau 2).

Différences de gains entre les groupes C+S et C.

Les résultats ont révélé une différence significative post programme entre le groupe C+S et CH uniquement pour la variable 0-30 m. Le programme avec

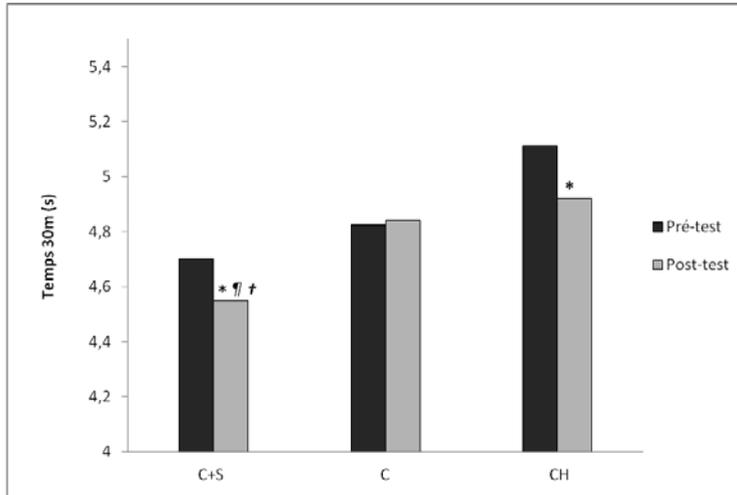
chariot seul a permis une baisse de la moyenne des valeurs de 0-30 m de 3,71 % tandis que pour le programme combiné chariot + sprint on observe une baisse de la moyenne des valeurs de 0-30 m de 3,19 %

Tableau 2 : moyennes et écarts-types des données pré et post programme des trois différents groupes après 4 semaines d'entraînement.

Variables & groupes		C+S (N = 6)	CH (N = 5)	C (N = 5)
0 – 5 m (s)	Pre	1.29 ± 0.12	1.36 ± 0.06	1.28 ± 0.07
	Post	1.30 ± 0.06	1.30 ± 0.08	1.29 ± 0.04
0 – 10 m (s)	Pre	2.10 ± 0.12	2.16 ± 0.09	2.10 ± 0.64
	Post	2.08 ± 0.05	2.15 ± 0.12	2.09 ± 0.04
0 – 20 m (s)	Pre	3.46 ± 0.13	3.75 ± 0.23	3.42 ± 0.24
	Post	3.39 ± 0.67	3.58 ± 0.18*	3.50 ± 0.12
0 – 30 m (s)	Pre	4.70 ± 0.16	5.11 ± 0.28	4.82 ± 0.23
	Post†	4.55 ± 0.09*¶	4.92 ± 0.24*	4.84 ± 0.22
F ₀ (N.kg ⁻¹)	Pre	5.81 ± 0.25	6.16 ± 0.42	5.72 ± 0.2
	Post	5.86 ± 0.35	6.15 ± 0.45	5.76 ± 0.15
V _{max} (m.s ⁻¹)	Pre	8.05 ± 0.4	7.45 ± 0.36	7.50 ± 0.64
	Post	8,17 ± 0.3	7.47 ± 0.46	7.68 ± 0.42

0-5 m = temps pour parcourir 5 m, 0-10 m = temps pour parcourir 10m, 0-20 m = temps pour parcourir 20 m, 0-30 m = temps pour parcourir 30 m, F₀ = Force horizontale maximale en début de sprint, V_{max} = Vitesse maximale réel, *Différences significatives ($p < 0.05$) entre le pré-test et le post-test, †Différence significative entre le groupe CH et C+S ($p < 0.01$), ¶ Différence significative avec le groupe contrôle ($p < 0.01$)

Effets d'une Méthode de Potentialisation de l'entraînement de Sprint avec Traîneau de Résistance sur les Performances Mécaniques en Sprint Chez Des Jeunes Footballeurs



*Différences significatives ($p < 0.05$) entre le pré-test et le post-test, †Différence significative entre le groupe CH et C+S ($p < 0.01$), ¶ Différence significative avec le groupe contrôle ($p < 0.01$)

Figure 1 : Performances temporelles de la course de 30m chez les trois groupes pré et post entraînement

Discussion :

Notre étude avait pour objectif d'observer les éventuels gains en accélération et en vitesse sur de jeunes joueurs de football de niveau U17 national à la suite de deux différents programmes d'entraînement et de comparer leurs gains. L'un des programmes consistait à réaliser des sprints de trente mètres avec charge, alors que le deuxième consistait à réaliser un sprint de vingt mètres avec charge suivis de dix mètres en sprint sans charge. La charge était égale à ($15 \% \pm 1\text{kg}$) de la masse du sujet pour les deux groupes et le volume d'entraînement (nombres de séries, nombres de répétitions, distance totale parcourus) était également identique pour les deux groupes sauf la distance parcourus avec charge qui était plus élevé pour le groupe CH. Les résultats obtenus nous ont montré que le programme avec chariot seul a permis des gains significatifs sur 0-20 et 0-30 m et le programme avec chariot + sprint a permis des gains significatifs uniquement sur 0-30 m. Les données statistiques nous ont également permis d'observer une différence significative en post programme entre le groupe CH et C+S pour la variable 0-30 m. Notre étude a montré des gains significatifs pour le programme CH sur 0-20 et 0-30m contrairement aux résultats de Bachero-Mena et al. (2004) montrant des gains significatifs

uniquement sur 0-40 m pour le groupe à 12.5 % et des gains significatifs sur 0-20 et 0-30 m uniquement pour le groupe utilisant une charge égale à 20 % de la masse du sujet. On note également que l'étude de Harrison et al., (2009) a montré des gains significatifs que sur 0-5 m après un programme de sprint utilisant une charge de 13% de la masse du sujet, qu'on ne retrouve pas chez nos sujets alors que la charge utilisée est relativement proche de celle d'Harrison et al. (2009). West et al. (2013) ont également montrer des gains significatifs à la suite d'un entraînement combinant des sprints avec charges (12.6 %) et sans charge pour les variables 0-10 m et 0-30m, ce que l'on retrouve dans notre étude mais uniquement pour la variable 0-30 m pour le groupe effectuant le programme d'entraînement combiné. Cependant la méthode utilisée par West et al. (2013) diffère de la nôtre, leur programme a durée six semaines et était composé de deux séries d'exercices différents (une série de sprint avec chariot + une série de sprint sans résistance) contrairement à notre étude où les sujets on effectuer deux séries composées de vingt mètres de sprint avec chariot suivis directement de dix mètres sans résistances et ceux durant seulement quatre semaines. Il se pourrait qu'en quatre semaines nos sujets n'aient pas eu assez d'entraînement pour développer efficacement leur force horizontale afin de s'améliorer significativement sur les dix premiers mètres. Etonnamment le programme avec chariot seul a permis des gains sur les 0-30 m contrairement à de nombreuses études montrant que ce genre d'entraînement ne permettrait des améliorations que sur les 10 à 20 premiers mètres (Petraikos et al., 2016).

Ces gains de performances peuvent s'expliquer de l'effet de surcharge impliqué par le traineau de résistance sur la fonction neuromusculaire influencent ainsi la RFD (taux de développement de force musculaire), et vu que le sprint est un mouvement cyclique impliquant le cycle d'étirement-raccourcissement des muscles. Les actions du cycle d'étirement-raccourcissement (SSC) peuvent augmenter la rigidité musculaire, permettent une amélioration potentielle pour la capacité de sprint (Brughelli et cornin,2008). Un développement optimal de la rigidité mécanique du muscle exerce une influence positive sur la RFD ainsi que le stockage et l'utilisation de l'énergie élastique. L'utilisation efficace du SSC peut récupérer environ 60% de l'énergie mécanique totale avec des augmentations de la vitesse de course (Dalleau et al.,1998).

Toutefois tout travail de recherche comporte des limites, dans notre étude aucun des joueurs n'avaient auparavant effectué ce genre d'exercices. Il se

pourrait que les gains observés sur les derniers mètres ne soient causés que par un meilleur engagement des sujets lors du test post entraînement, en ne décélérant pas lors des derniers mètres. De plus les échantillons étaient très petits ($N = 5$ à 6) et le temps d'étude était seulement de quatre semaines, ce qui ne serait pas optimal pour observer les réelles adaptations liées aux programmes d'entraînement que ce soit en force ou en vitesse. On remarque d'ailleurs qu'il n'y a eu aucune différence significative pour la force horizontale développée en début de sprint et la vitesse maximale des sujets. De plus, le fait que les programmes soient effectués dehors peut causer des biais suite à la modification du sol qui pourrait modifier la résistance du chariot. Le fait d'effectuer les sprints sur herbe les jours de pluie facilite le tirage du chariot grâce à l'eau réduisant les frottements, réduisant ainsi la résistance imposée aux sujets (Borruto, et al., 1998). Il serait intéressant d'effectuer des études supplémentaires avec un échantillon beaucoup plus élevé et un programme d'entraînement plus long afin d'observer si les éventuels gains sur les 20 et 30 m sont bien dû au programme ou non et de montrer si des gains sont possible sur d'autre variables. Il serait intéressant également d'effectuer l'étude en intérieur afin d'éviter tout changement de la résistance lié à la modification du sol et ainsi avoir un réel contrôle sur le niveau de résistance imposé tout au long de l'étude.

5. Conclusion

Pour conclure, notre étude a permis d'observer des gains sur 0-20 m et 0-30 m à la suite d'un programme d'entraînement de sprint utilisant un chariot lesté d'une charge de $\pm 15\%$ de la masse corporelle du sujet, ainsi que des gains sur 0-30 m pour un programme combinant des sprints avec résistances et sans résistances. On note également une différence significative des gains pour les 0-30 m entre les deux programmes, il semblerait que le programme avec chariot seulement permettrait des gains légèrement supérieurs. Cependant au vu de la taille de nos échantillons et des aléas météorologiques, des études supplémentaires sont nécessaires afin de valider nos résultats et/ou d'en observer de nouveaux.

Références Bibliographiques :

- Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., & Martínez-Rodríguez, A. (2018). The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2143–2165.
- Bachero-Mena, B., & González-Badillo, J. J. (2014). Effects of Resisted Sprint Training on Acceleration With Three Different Loads Accounting for 5, 12.5, and 20% of Body Mass. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2954–2960.
- Bangsbo, J., & Michalsik, L. (2002). Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. *Science and football*, IV, 53-62.
- Borruto, A., Crivellone, G., & Marani, F. (1998). Influence of surface wettability on friction and wear tests. *Wear*, 222(1), 57-65.
- Brughelli, M., & Cronin, J. (2008). A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(4), 417-426
- Cazorla, G., Zazoui, M., Zahi, B., & Ben Osman, N. (2009). Study of the physical load of a soccer match: Consequences for the evaluation and preparation of the player. *Science and Football: Current Research and Knowledge*, 103-120.
- Dalleau, G., Belli, A., Bourdin, M., & Lacour, J.-R. (1998). The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, 77(3), 257–263.
- Dellal, A. (2017). A season of Strength and Conditioning in soccer. *De Boeck Supérieur*, 2 editions.
- Gambetta, V. (1996). How To Develop Sport-Specific Speed. *Sports Coach*, 19, 22-24.
- Harrison, A. J., & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 275-283.
- Haugen, T., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 432-441.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, 21(1), 31-43.

- Lockie, R. G., Murphy, A., & Spinks, C. D. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 760-767.
- McMorrow, B. J., Ditroilo, M., & Egan, B. (2019). Effect of Heavy Resisted Sled Sprint Training During the Competitive Season on Sprint and Change-of-Direction Performance in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1066–1073.
- Morin, J.-B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., and Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*. 112, 3921–3930.
- Morin, J.-B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1680-1688.
- Morin, J.-B., Petrakos, G., Jimenez-Reyez, P., & Brown, S. R. (2017). Very-heavy sled training for improving horizontal-force output in soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(6), 840-844.
- Petrakos, G., Morin, J.-B., & Brendan, E. (2016). Resisted sled sprint training to improve sprint performance: a systematic review. *Sports medicine*, 46(3), 381-400.
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(6), 648-658.
- Silva, R., Rico-González, M., Lima, R., Akyildiz, Z., Pino-Ortega, J., & Clemente, F. M. (2021). Validity and Reliability of Mobile Applications for Assessing Strength, Power, Velocity, and Change-of-Direction: A Systematic Review. *Sensors*, 21(8), 2623.
- West, D. J., Cunningham, D., Bracken, R. M., Bevan, H. R., Crewther, B. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2013). Effects of resisted sprint training on acceleration in professional rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1014-1018.
- Young, W., Benton, D., & Pryor, J. (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength & Conditioning Journal*, 23(2), 7.