

Année universitaire 2022-2023

Master 1^{ère} année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

MEMOIRE

TITRE : La stratégie de pré-épuisement a-t-elle des effets sur l'amélioration des capacités de sprint et de répétition de sprints chez des jeunes Footballeurs Elite ?

Par : M. Edgar Dupuy

Sous la direction de : M. Philippe Campillo

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le :

« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires ; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Remerciements

Je tiens à témoigner toute ma gratitude aux personnes qui m'ont permis de réaliser ce mémoire.

A Monsieur Phillippe Campillo,

Je vous remercie d'avoir accepté d'être mon directeur de mémoire. Vous avez été à l'écoute de mes attentes, disponible, et de très bons conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

A toute l'équipe Pédagogique de la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Lille,

Je vous remercie de m'avoir permis de réaliser ma première expérience au sein d'une structure professionnelle.

A Lucas Kiebbe, Responsable Préparation Physique de la Formation du LOSC, Tuteur de stage

Je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordée. Ce stage représente énormément à mes yeux, tant par les expériences, que par les émotions vécues tout au long de cette saison qui restera à jamais inoubliable.

A Cyril Fouquart, Préparateur Physique de la Formation et Préformation,

Je vous remercie pour m'avoir fait évoluer en tant que Préparateur Physique. Vous m'avez à la fois épaulé, et donné des responsabilités ce qui m'a permis de m'épanouir dans ce stage. Vous avez également été à l'écoute et ouvert à toutes discussions qui m'ont beaucoup inspirées.

A Alain Wallyn, Olivier Szkwarok, Educateurs U15/U14,

Je vous remercie pour votre partage qui est fort riche d'expériences et de vécus. Chacune de nos conversations sur celles-ci sont gravées dans ma mémoire. Vous avez également facilité mon intégration au sein du staff et auprès des joueurs ce qui m'a permis de me sentir rapidement à ma place.

A ma Famille, mes proches,

Je vous remercie pour votre soutien au quotidien depuis toutes ces années. Merci de m'avoir encouragé et aiguillé tout au long de mon parcours, qui je l'espère ne fait que débiter.

A la Promotion M1 EOPS 2022/23,

Je vous remercie pour votre soutien et pour l'ensemble des bons moments passés ensemble.

A l'ensemble des joueurs de la préformation du LOSC,

Je vous remercie pour votre implication sur chaque séance et en dehors. Je garderai que de très bons souvenirs à vos côtés. J'espère vous revoir très vite sur les terrains.

Table des matières

Remerciements.....	4
Glossaire.....	7
I. Introduction.....	8
II. Revue de Littérature.....	9
2.1 La répétition de sprints.....	9
2.1.1) Définition.....	9
2.1.2) Facteurs déterminants de la performance de la RSA.....	10
2.1.3) Facteurs influençant la performance de la RSA.....	10
2.1.3.1) Facteurs neuronaux.....	10
2.1.3.2) Facteurs musculaires.....	11
2.1.2) Méthodes d'entraînements.....	12
2.1.3) Méthodes d'évaluation.....	13
2.1.4) La Capacité Aérobie.....	14
2.1.5) Niveau de maturité des joueurs et performance en RSA.....	15
2.2 Le Pré-Epuisement.....	15
III. Problématique.....	17
3.1 Hypothèses.....	17
3.2 Problématique.....	17
IV. Milieu professionnel et population.....	17
4.1 Structure d'accueil.....	17
4.2 Mes missions.....	18
4.3 Population étudiée.....	19
V. Matériel et Méthode.....	20
5.1 Méthodologie.....	20
5.2 Groupes et caractéristiques.....	20
5.3 Tests et Mesures.....	21
4.3.1) Protocole d'échauffement.....	21

4.3.2) Protocoles d'évaluations	22
4.3.2.1) Tests 10 mètres et 20 mètres départ arrêté.....	22
4.3.2.2) Test SSR	22
5.4 Protocole d'entraînement	23
5.5 Traitement statistique	23
4.5.1) Tests 10 m et 20 m départ arrêté.....	24
4.5.2) Test SSR	24
VI. Résultats	25
6.1 Résultats des Tests 10 m et 20 m	25
6.2 Résultats Test SSR	25
5.2.1) Indices de performance SSR.....	25
5.2.2) Valeurs Accélérations Max et Min	26
5.2.3) Evolution des temps de répétition de sprints	26
VII. Discussion	27
7.1 Interprétation	27
7.2 Limites.....	28
7.3 Perspectives	29
Conclusion	31
Résumé.....	32
Compétences acquises.....	32
Abstract	33
Professional skills acquired.....	33
Bibliographie.....	34
Annexes.....	40

Glossaire

10 m : 10 mètres départ arrêté

20 m : 20 mètres départ arrêté

Accélération Max : Accélération Maximale

Accélération Min : Accélération Minimale

COD (Change of direction) : Changement de direction

EC : Ecart Type

EMG : Activité Électrique du Muscle

FC : Fréquence Cardiaque

GC : Groupe Contrôle

GE : Groupe Expérimental

GPP (Games Physicals Parameters) : Paramètres Physiques de jeu

HRR (Heart Rate Recovery) : Récupération de la fréquence cardiaque

IMT (Inspiratory Muscle Training) : Entraînement des muscles inspiratoires

LOSC : Lille Olympique Sporting Club

PCr : Phosphocréatine

PE (Pre-exhausting) : Pré-épuisement

PHV (Peak Height Velocity) : Pic de croissance rapide

PPG : Préparation Physique Générale

RSA (Repeated Sprint Ability) : Capacité à répéter des sprints

RSA-Random Test (Martin *et al.*, 2018) : Test de répétition de sprints

RSA_{Tot} (Total Sprint Time) : Temps total de répétition de sprints

RSS : Séries de Sprints Répétés

RSSA test (Repeated-Shuttle-Sprint Ability) : Test de répétition de sprints (Impellizzeri *et al.*, 2008)

RST (Repeated Sprint Training) : Entraînement à répéter des sprints

S_{DEC} (Percent Sprint Decrement) : Pourcentage de décrémentation du sprint

STS : Somme Totale des Séquences

SSR Test : Séquences de Sprints Répétés Test (M. A. Selmi *et al.*, 2016)

T_{pic} (Temps Pic) : Meilleur temps de sprint

TST (TIVRE-Soccer Test) : Test de répétition de Sprints

V_{IFT} : Vitesse Maximale Intermittente Fitness Test

I. Introduction

Le Football est l'un des sports collectifs qui est le plus pratiqué dans le monde. Les performances dépendent de divers facteurs comme la condition physique, mentale, la technique des joueurs et la tactique de l'équipe (Rösch et al., 2000).

Durant un match de 90 min, la distance totale parcourue par les joueurs de champ est d'environ 10 km. Il a été démontré que, lors des matchs de football professionnel masculin, l'intensité des déplacements variait en fonction du poste de jeu (Bradley *et al.*, 2010 ; Carling, Le Gall and Dupont, 2012) et du système de jeu mis en place par l'entraîneur.

Au fil des années, le football est devenu un jeu caractérisé par des répétitions d'efforts brefs et intenses suivies de phases de récupération de durées et de natures différentes. Ces efforts dits « à haute intensité » sont de plus en plus présents et sont de véritables marqueurs de la performance.

En effet, des études précédentes ont montré que les courses à haute intensité étaient une caractéristique permettant de distinguer le niveau de performance des joueurs, les joueurs élite réalisant 28% de plus de course à haute intensité que les joueurs de niveau moyen (Mohr et al., 2003).

Il est donc facile, à partir de cette observation, de conclure que la vitesse est une qualité indispensable à la performance. Cependant, en prenant en compte la distance nécessaire pour atteindre la vitesse maximale à partir d'un départ debout ou d'une course (environ 40 m et 29 m respectivement) et les courtes distances de sprint (< 10 m) associées au football, la capacité d'accélération pourrait être plus importante que la vitesse en elle-même pour faire des différences dans le jeu et ainsi remporter des matchs (Varley & Aughey, 2013).

Stølen et al., (2005) ont montré que bien qu'elles ne représentent que 1 à 11% de la distance totale parcourue, les actions à haute intensité constituent les actions de jeu les plus décisives. Effectivement, la majorité des buts sont précédés d'un sprint, d'un saut ou d'un changement de direction à haute intensité par un joueur décisif (buteur et/ou passeur décisif). Faude, Koch and Meyer, (2012) ont démontré qu'au cours de la seconde moitié de saison 2007/2008 de la Bundesliga allemande, 83% des buts marqués présentaient une action puissante (sprint, saut, changement de direction, rotation) d'un joueur décisif. Ils ont également précisé que les sprints droits sont les actions les plus puissantes dans les situations offensives décisives, et ainsi que les sprints avec changement de direction, les sauts, et les rotations semblent être moins importantes pour marquer des buts.

Ces actions nécessitant une grande force des muscles des membres inférieurs, la capacité à générer de la force, et de manière répétée afin d'être décisif le plus de fois possible, semble être un des facteurs

déterminants de la performance en football. Pour cela, il convient de s'intéresser à différents protocoles d'entraînements afin de déterminer le degré d'efficacité de chacun dans l'amélioration des qualités de sprint et de répétition de sprints chez le footballeur.

II. Revue de Littérature

2.1 La répétition de sprints

2.1.1) Définition

La capacité à répéter des sprints (Repeated Sprint Ability, RSA), représente la capacité d'un sportif à récupérer lors de courtes périodes de repos afin de reproduire des performances maximales lors de sprints ultérieurs. Il s'agit d'un déterminant majeur de la condition physique dans de nombreux sports d'équipe, dont le football (Buchheit, Mendez-villanueva, et al., 2010).

Afin de comptabiliser les répétitions de sprints, les auteurs ont tenté de définir à partir de quelle intensité, et combien de répétitions on considèrerait une action comme une répétition de sprints. Une des propositions soumise par Buchheit, Mendez-villanueva, *et al.*, (2010), définit les activités de sprints comme une course d'au moins 1 seconde à des intensités supérieures à 61 % de la vitesse de course maximale individuelle, avec au minimum 2 sprints consécutifs entrecoupés d'un maximum de 60 secondes pour être considéré comme de la répétition de sprints.

Dans le cadre de notre étude sur des jeunes joueurs, il est nécessaire d'observer s'il existe des différences quantitatives et qualitatives dans la réitération de sprints entre des joueurs adultes et des jeunes joueurs. Les études présentent des résultats différents en fonction des seuils de vitesses choisis dans l'analyse statistique. En effet, en utilisant des seuils de vitesses absolus, les joueurs plus âgés effectuent au cours d'un match plus de répétitions de sprints que les plus jeunes. A contrario, en utilisant des seuils de vitesses individualisés en fonction de l'âge, on constate que les jeunes joueurs effectuent plus de répétitions de sprints (Buchheit, Mendez-villanueva, *et al.*, 2010 ; Buchheit, Mendez-Villanueva, *et al.*, 2010).

Effectivement, pour les jeunes footballeurs, les activités de sprints ont été définies, lors des seuils absolus, comme des courses d'au moins 1 seconde à une vitesse supérieure à 19 km/h. Pour les seuils individualisés, une activité était considérée comme un sprint lorsque la vitesse atteinte était supérieure à 61% de la vitesse maximale de l'athlète.

Cela dit, ces divergences tendent vers la même conclusion, ces populations ont les mêmes capacités à répéter des sprints. La différence se situe en utilisant des seuils absolus, ce qui est compréhensible puisque les joueurs plus âgés sont plus grands avec un allongement des segments des membres inférieurs qui leur permet de plus grandes foulées. Ils ont également une masse musculaire plus importante leur permettant de générer plus de force pour courir plus rapidement etc... Les jeunes joueurs atteignent ainsi plus difficilement ces seuils de vitesses établis et comptabilisent donc moins de répétition de sprints que leurs homologues adultes.

2.1.2) Facteurs déterminants de la performance de la RSA

La RSA est un facteur important de la performance sportive, notamment en sports collectifs puisqu'elle influence le résultat final d'un match. Effectivement, l'équipe capable de répéter des efforts à haute intensité tout au long du match semble prendre le dessus sur son adversaire car ces efforts représentent souvent les actions décisives en match. La RSA dépend ainsi de deux facteurs principaux (Figure 1), la performance en sprint, et la capacité de récupération entre les efforts qui est elle-même dépendante :

- De la vitesse de resynthèse de la PCr (Phosphocréatine) car les brefs temps de récupération lors de séries de répétition de sprints ne permettent pas une restauration complète des réserves de phosphocréatines (Mendez-Villanueva et al., 2012). Cette capacité de resynthèse de PCr apparaît alors comme un facteur déterminant de la performance de la RSA et l'a été démontré par de fortes relations entre la resynthèse de PCr et la récupération lors de répétitions de sprints (Bogdanis et al., 1996).
- De la capacité aérobie. En effet, la VO₂max a été associée à la capacité à résister à la fatigue lors de la répétition de sprints et une corrélation entre elle et la RSA a été démontrée (Rampinini et al., 2009).
- Du pouvoir tampon des H⁺ puisque des corrélations ont été observées entre la performance lors de répétition de sprints et la capacité de tampon (Bishop et al., 2004).

2.1.3) Facteurs influençant la performance de la RSA

Il est important de voir la problématique de la répétition de sprints dans toute sa complexité physiologique. Dans le cadre de notre étude, nous distinguerons 3 facteurs influençant la RSA.

2.1.3.1) Facteurs neuronaux

Des niveaux considérables d'activation nerveuse sont nécessaires à la réalisation d'un sprint (Ross et al., 2001). La RSA est ainsi limitée par l'apparition de la fatigue (Collins et al., 2018). Nous pouvons définir

cette fatigue comme l'incapacité progressive à maintenir un taux de force de manière continue ou répétée.

Concrètement, elle se reflète par une altération au niveau central et périphérique induisant une diminution progressive de la performance.

La fatigue centrale altère le recrutement des unités motrices en affectant le système nerveux, en amont de la jonction neuromusculaire. La fatigue périphérique, quant à elle, altère la production de force au niveau musculaire.

Limiter l'apparition de cette fatigue apparaît ainsi comme une qualité primordiale au cours d'un match qui permet de ne pas diminuer ses performances, et ainsi ne pas être surpassé par ses adversaires.

2.1.3.2) Facteurs musculaires

Ces facteurs décrit par Girard, Mendez-Villanueva et Bishop, (2011) sont l'excitabilité musculaire, la limitation de l'approvisionnement énergétique (phosphocréatine, glycolyse anaérobie, métabolisme oxydatif) et l'accumulation de métabolites (acidose, phosphate inorganique). Ces derniers ont un impact sur plusieurs qualités importantes de la RSA, dont l'accélération que nous évaluons dans cette étude.

L'accélération est la capacité du sportif à augmenter sa propre vitesse le plus rapidement possible pour ainsi permettre de prendre le dessus sur son adversaire dans les premiers mètres. A ne pas confondre avec la vitesse, qui elle est la capacité du sportif à atteindre la vitesse la plus élevée. L'accélération est une qualité indispensable dans le football moderne notamment dans les duels pour être le premier sur le ballon, pour créer du déséquilibre... L'accélération est un précurseur de la course à grande vitesse et nécessite des taux élevées de développement de la force et une grande activation neurale (Akenhead et al., 2013).

Il existe bien-sûr un lien entre cette aptitude et la fatigabilité, qui est un facteur déterminant de la RSA.. En augmentant la force générée, on améliore par la même occasion la performance du premier sprint. Or, il a été démontré que la capacité à répéter des sprints est liée à la performance du premier sprint (Bishop et al., 2003). Cependant, il ne faut pas perdre de vue que ce sont des interprétations de résultats de tests, et non la réalité du terrain. Effectivement, même si l'on observe une plus grande baisse de la performance avec l'enchaînement des efforts sur un test de répétition de sprints, si c'est en raison d'une meilleure performance initiale (lors du Sprint 1), cela ne signifie pas que le joueur est moins performant.

De plus, Silva et al., (2013) ont démontré que les joueurs ayant une plus grande force musculaire et une plus grande puissance ont exprimé de moindre baisse de performance dans les GPP (Paramètres Physiques de jeu). Il semble ainsi pertinent d'intégrer de la force dans la planification des entraînements visant à améliorer la capacité à maintenir une performance pendant un match.

Dans notre étude, nous considérerons que la capacité à générer un maximum de force afin de réaliser les meilleures temps de sprint, et l'aptitude à maintenir le plus possible une performance au fil des sprints, sont respectivement des facteurs importants des capacités de sprints et de répétition de sprint.

2.1.2) Méthodes d'entraînements

Il s'agit d'une thématique de plus en plus présente dans la recherche scientifique, nombreux sont les chercheurs à s'y être intéressés et ont cherché à définir certains paramètres de l'entraînement à répéter des sprints (RST) à appliquer pour obtenir les meilleures améliorations possibles. Des recherches ont été réalisées dans de nombreux sports différents (Bishop, Lawrence and Spencer, 2003 ; Castagna *et al.*, 2008), pour tous les âges (Buchheit, Mendez-villanueva, et al., 2010) et les 2 sexes (Bishop et al., 2003).

On trouve également dans la littérature scientifique, des études qui ont comparé des protocoles de RST modulant certains paramètres comme le nombre de répétitions, le nombre de séries, le temps de récupération entre les répétitions et les séries, le type de récupération.

Serpiello *et al.*, (2011) ont proposé dans leur protocole de RST trois séries de 5*4 secondes de sprints entrecoupés de 20 secondes de récupération passive entre les répétitions, et 4.5 minutes de récupération entre les séries. Les résultats démontrent une amélioration significative des qualités de répétitions de sprints malgré un temps d'exercice relativement réduit (10 minutes d'exercice au total). Cela est très intéressant, notamment dans des disciplines telles que le football où les temps d'entraînement visant l'amélioration des qualités physiques sont parfois restreints.

De même, pour la durée et la nature des récupérations, l'étude de Hill-Haas *et al.*, (2007) souligne qu'une récupération de 20 secondes entre les répétitions favoriserait davantage l'amélioration des qualités de répétition de sprints qu'une récupération de 80 secondes, qui elle améliorerait plus les qualités de force.

De plus, l'heure est également un paramètre à prendre en compte dans la planification de l'entraînement à la répétition de sprints. Comme il l'a été étudié par Pullinger *et al.*, (2020), les performances en sprints sont affectées par l'heure de la journée durant laquelle ils sont effectués. Effectivement, il a été prouvé que nous obtenons de meilleures performances de sprint en fin/début d'après-midi. Il convient donc de tenir compte de ce constat dans l'établissement du protocole de notre étude. Bien que notre objectif ne

soit pas de réaliser les meilleures performances aux entraînements, mais d'obtenir une plus grande amélioration à la suite du protocole, nous allons nous baser sur ce critère en situant les séances de répétitions de sprints l'après-midi

Enfin, de manière plus générale, d'après la revue systématique et méta-analyse de Gist *et al.*, (2014), les RST permettraient, avec un moindre volume d'entraînement, les mêmes améliorations de la capacité aérobie qu'un entraînement en endurance. Or, nous verrons ultérieurement l'importance de cette qualité dans la capacité à réitérer des sprints.

2.1.3) Méthodes d'évaluation

Des chercheurs se sont également intéressés à la validation de tests de répétition de sprints plus ou moins spécifiques à une discipline. Dans la littérature, les auteurs se sont pas unanimes sur le choix des modalités d'évaluations de la RSA (nombre de séries, distance ou temps de sprint, durée et type de récupération entre les sprints et les séries, nombre total de sprint à effectuer...).

Un premier test proposait consiste à effectuer cinq sprints maximaux de 6 secondes sur ergocycle, avec un départ toutes les 30 secondes (Bishop *et al.*, 2001). Pour cette présente étude, nous choisirons d'utiliser un test plus spécifique au football que celui-ci.

Le test RSSA (Repeated-Shuttle-Sprint Ability) d'Impellizzeri *et al.*, (2008), serait déjà plus à propos. Ce test est composé de six sprints de 40 m (2*20 mètres sous forme de navette) séparés par 20 secondes de récupération passive. Bien qu'il soit pertinent, ce test prend en compte également les qualités de changement de direction des athlètes. Or nous souhaitons nous focaliser sur la répétition de sprints.

Se rapprochant encore un peu plus des modalités recherchées pour cette étude, le RSA-Random Test proposé par Martin *et al.*, (2018) consiste à effectuer 6 sprints de 20 mètres, 10 mètres en ligne droite avec trois options directionnelles potentielles pour les 10 mètres suivants en fonction du feu de signalisation fixé à la fin des 10 premiers mètres (Figure 2). Chaque répétition est entrecoupée par 20 secondes de récupération active durant laquelle le sportif se replace au point de départ.

Malgré sa spécificité au football pour l'évaluation de la répétition de sprints, ce test omet, tout comme les tests précédemment évoqués, la phase de récupération entre 2 séries de répétitions de sprints, qui est présente en situation de match. En effet, sur la base des analyses de mouvement temporel lors de matchs de sports d'équipes compétitifs, il semble qu'un test en deux séries est plus approprié pour évaluer la capacité à répéter des sprints et imitent le schéma de mouvement de la plupart des jeux pour assurer les

exigences physiologiques de la compétition basées sur des activités sportives intermittentes (M. Selmi et al., 2016). C'est pour cela que nous choisirons pour cette présente étude, le SSR Test (Séquences de Sprints Répétés Test) (M. A. Selmi et al., 2016).

L'épreuve du test SSR se réalise de la manière suivante (Figure 3) :

- 2 séries de 5×20 m de sprints maximaux
- 15s de récupération active entre les sprints
- 1 période de récupération de 1 min entre les séries

Les sujets ont reçu des encouragements verbaux forts standard tout au long de tous les essais afin d'assurer un effort maximal pour chaque sprint. À la fin de chaque sprint, les joueurs ont effectué une décélération de 10 mètres et une récupération active de jogging de 10 mètres.

Ce test permet d'avoir deux données intéressantes :

- La STS (Somme Totale des Séquences) exprimée en secondes. Il s'agit de la somme des performances réalisées lors des dix répétitions
- Le T_{pic} (Temps Pic), exprimée en secondes. Il s'agit de la meilleure performance enregistrée parmi les dix répétitions

En plus de ces données, nous récolterons également les accélérations maximales, (accélérations max), en m/s^2 , et accélérations minimales (accélérations min) de chaque répétitions de sprint à l'aide de GPS Fieldwiz V2.

A l'origine le test SSR devait également permettre d'évaluer l'indice de fatigue, en pourcentage, mais celui-ci ne présentait pas une reproductibilité relative et absolue très acceptable (M. A. Selmi et al., 2016). C'est pourquoi nous nous intéresserons pas à ce facteur dans le cadre de notre étude.

2.1.4) La Capacité Aérobie

Au cours d'efforts intermittents, nous connaissons l'importance de la capacité de récupération inter-effort pour la performance de certaines disciplines sportives (Buchheit, 2008). En effet, le Test 30-15 IFT (Intermittente Fitness Test) de Buchheit, (2008) a permis d'observer une corrélation entre V_{IFT} (Vitesse Maximale Intermittente Fitness Test) et RSA_{Tot} (Temps Total lors d'un test de répétition de sprint). Or, il a été montré dans cette même étude que la V_{IFT} était très bien corrélée à un indice de récupération cardiaque. Cette dernière joue donc un rôle primordial dans la capacité à répéter des sprints.

Dans la même logique, les résultats d'une étude sur l'IMT (Inspiratory Muscle Training, Entraînement des Muscles Inspiratoires) suggèrent que cette stratégie d'entraînement engendre une amélioration des performances de répétitions de sprints, notamment par une réduction du temps de récupération entre les sprints suite à cet entraînement (Romer et al., 2002).

De surcroît, une étude précise que les footballeurs ayant une meilleure condition aérobie possèdent une plus grande HRR (Heart Rate Récupération, Récupération de la Fréquence Cardiaque) après les efforts maximaux et pendant les périodes de récupération entre des efforts maximaux progressifs intervallaires (Rodríguez-Fernández et al., 2019). Ils ont observé ainsi, que les footballeurs qui récupèrent le plus rapidement pendant toutes les périodes de récupération du TST (TIVRE-Soccer Test), le test de répétition de sprints utilisé lors de l'étude, ont montré une meilleure S_{DEC} (Percent Sprint Decrement, Pourcentage de Décrémentation du Sprint) lors du test de répétition de sprints utilisé.

2.1.5) Niveau de maturité des joueurs et performance en RSA

Des études ont montré la relation entre les indices de performance RSS (Séries de Sprints Répétés) et le niveau de maturité des jeunes joueurs de football. Dans son étude, Selmi et al., (2020) ont réparti les joueurs en trois groupes distincts en fonction de leur maturité (avant, pendant, après le vitesse de croissance rapide, PHV) : vitesse pré-PHV (-3 ans à > -1 an de la PHV), circum-PHV (-1 an à +1an de la PHV), et post-PHV (>1 an à + 3 ans de la PHV).

Ils ont observé que les indices de performance de RSS, la STS et le T_{Pic} , s'améliorent de manière significative lors de la transition des stades pré-PHV aux stades post-PHV.

2.2 Le Pré-Epuisement

Le Pré-épuisement (Pre-exhaustion, PE) est défini le plus communément, comme une stratégie d'entraînement en résistance qui consiste à effectuer un exercice mono-articulaire suivi d'un exercice poly-articulaire du même groupe musculaire, avec un temps minimal entre les deux (Ribeiro et al., 2019). Par exemple un exercice d'isolation des triceps suivi d'un développé couché (Ahlebrand, 2017). Il est suggéré que le PE d'un synergiste peut modifier l'activité musculaire dans le groupe musculaire impliqué dans l'exercice composé, ce qui permettrait de modifier le schéma d'activation dans les muscles.

Cette stratégie est née de plusieurs théories. La plus répandue suppose que de fatiguer le muscle agoniste de manière isolée durant un exercice mono-articulaire, permet d'engendrer un plus gros stress métabolique sur le muscle antagoniste durant l'exercice poly-articulaire (Ribeiro et al., 2019) et donc

une adaptation plus importante engendrant de meilleures améliorations. A partir de cette théorie, de nombreuses stratégies différentes ont émergé.

Dans le cadre de notre étude, nous utiliserons également des exercices de PE poly-articulaires afin d'obtenir un meilleur transfert sur l'activité du football. De plus, nous varions la durée, les groupes musculaires ciblés, et les types de contraction musculaire pour effectuer un travail riche d'adaptabilité.

Bien que la stratégie de l'entraînement en PE soit populaire et fortement utilisée par des athlètes de culturisme, aucune ou peu d'études se sont intéressées aux éventuels bénéfices de cette méthode dans le football.

Pourtant, plusieurs intérêts ont été démontrés concernant ce type d'entraînement. Parmi eux, l'entraînement en PE permettrait de réduire le volume d'entraînement total tout en maintenant les résultats de force et d'hypertrophie (Trindade et al., 2019). Or de nos jours, nous connaissons l'importance concernant le suivi et la gestion de la charge chez les joueurs. En effet, les sportifs Elite s'entraînent tous les jours, parfois même plusieurs fois dans la même journée, avec une compétition le week-end. Cela représente beaucoup d'évènements très coûteux pour l'organisme qui présentent un risque de blessure si la charge est mal suivie et donc pas adaptée individuellement. Il est donc intéressant d'obtenir les mêmes gains de performance avec un moindre volume d'entraînement. Pour revenir sur cette étude, il s'agissait d'un contexte très différent du football puisque cela concerne la musculation, mais l'idée que les mêmes résultats puissent être également retrouvés dans le football mérite de s'y intéresser.

Les études s'approchant le plus de l'utilisation du PE dans l'entraînement au sprint, étaient des entraînements « combinés ». Il s'agit d'une stratégie d'entraînement qui consiste à réaliser, dans le cadre du sprint, une séance de musculation des membres inférieurs et une séance de sprint par semaine. Il a été démontré que chez des jeunes adultes actifs (Marques et al., 2015), et chez des footballeurs de moins de 15 ans (Franco-Márquez et al., 2015), l'entraînement combiné permettrait une plus grande amélioration des qualités de sprint.

C'est pourquoi nous proposerons dans cette présente étude, de combiner un travail de force et de sprint au sein de la même séance par l'entraînement en pré-épuisement.

De nombreuses questions émergent alors concernant la stratégie de PE :

- Est-elle aussi efficace que l'Entraînement Combiné ? Plus efficace ?
- Devrions-nous cibler un muscle, ou un groupe musculaire lors du PE ? Si oui lequel, ou lesquels ?
- Quelle durée idéale de PE ? Quelle charge ? Jusqu'à l'échec ?

- Est-ce une stratégie universellement efficace (âge, sexe, niveau de pratique, sport) ?
- Est-ce applicable aux membres supérieurs ?

III. Problématique

3.1 Hypothèses

Nous émettons plusieurs hypothèses concernant cette stratégie :

- Elle permet de réitérer des sprints avec une moindre baisse de la performance au fil des sprints.
- Elle permet d'effectuer des sprints plus rapides, avec une plus grande accélération.

3.2 Problématique

La problématique est le fruit d'une réflexion sur les différentes thématiques précédemment présentées. De plus, le constat d'un manque de connaissances sur le Pré-épuisement m'a amené à m'y intéresser afin trouver de la pertinence ou non de cette stratégie dans le cadre de l'entraînement en football.

En s'appuyant sur de nombreuses connaissances scientifiques concernant les qualités athlétiques du joueur de football de haut niveau, des stratégies d'évaluations et d'entraînements à la répétitions de sprints, cette étude permettra d'estimer la pertinence ou non de la stratégie de PE lors d'un protocole de RST visant à améliorer les performances de sprint et de répétition de sprints.

IV. Milieu professionnel et population

4.1 Structure d'accueil

Dans le cadre de mon Master 1 EOPS, la structure qui m'accueille est le LOSC (Lille Olympique Sporting Club). Cette structure présidée, par Olivier Létang depuis décembre 2020, a été fondée en septembre 1944. Fruit d'une fusion de deux clubs, l'Olympique Lillois et le Sporting Club Fivois, le club était nommé à ses débuts le Stade Lillois. Dès le 9 novembre de la même année, un nouveau nom officiel rend hommage à ces deux clubs, le Lille Olympique Sporting Club, abrégé en LOSC. Tout comme l'Olympique Lillois, qui fût le 1^{er} vainqueur du championnat de France professionnel en 1933, le LOSC domine l'après-guerre en remportant en dix ans 7 trophées (2 championnats de France et 5 coupes de France).

Suite à des dettes, le club se voit être relégué en Division 2 et perd son statut professionnel en 1969. Soutenu puis repris par la Mairie de Lille, le club a frôlé le dépôt de bilan en 1994 puis est promu en

Ligue 1 (1^{ère} division), en 2000 après avoir été champion de 2^{ème} division. Depuis, le club se maintient en 1^{ère} division avec quelques qualifications pour les coupes d'Europes, ainsi que des trophées remportés (Championnat de France 2010-11 et 2020-21, Coupe de France 2010-2011, et Trophée des Champions 2020-21).

Aujourd'hui, cette équipe a pour ambition d'être classée dans les 5 premières places du championnat, synonyme de qualification à une compétition Européenne la saison suivante.

Dans la région, le LOSC est la seule équipe, avec le Racing Club de Lens, à évoluer en Ligue 1 Uber Eat, la 1^{ère} Division. Il existe par ailleurs une très grande rivalité entre ces deux clubs.

Le LOSC ne se résume pas uniquement à son équipe 1^{ère} masculine. En effet, l'équipe réserve évolue en National 3 (5^{ème} division), et en 2015 a été créée la Section Féminine du LOSC. Cette équipe évolue actuellement, et depuis la saison 2019-2020 en Division 2. En remportant le championnat de D2 cette saison, cette équipe va connaître une montée historique en D1 Arkema (1^{ère} division) la saison prochaine.

En plus de ses équipes séniors, le LOSC possède également des équipes jeunes masculines et féminines :

- l'Eveil (U7 à U11)
- la Préformation (U12 à U14)
- la Formation (U16 à U19)

4.2 Mes missions

J'ai intégré le LOSC en tant que préparateur physique stagiaire de la préformation (U12 à U15) pour la saison 2022-2023. A ce titre, différentes missions m'ont été confiées.

Durant les entraînements, je propose et anime des situations d'échauffement et de travail athlétique en lien avec les objectifs du staff (motricité, vivacité, force, prévention articulaire et musculaire, gainage). De plus, j'assiste les éducateurs dans l'animation des séances.

Au quotidien, j'effectue le suivi de la charge d'entraînement des joueurs via la plateforme MyCoachPro. Nous utilisons ces données afin d'aménager, si nécessaire, les séances d'entraînements de certains joueurs et avoir un suivi des joueurs blessés (en soin, en réathlétisation), des absences (injustifiés, convoqué en sélection nationale, raison médicale ou personnelle) etc..

Le week-end, j'accompagne une équipe pour les matchs et les tournois. Pour ces évènements, j'ai pour mission d'échauffer les joueurs avant le match, ainsi que les remplaçants qui entrent en jeu. Je suis également en charge des GPS, ainsi que de noter tous les faits de jeu (buts, passes décisives, remplacements, cartons etc...). A la fin du match, je reporte l'ensemble de ces informations sur la plateforme MyCoachPro et j'effectue les bilans statistiques des GPS FieldWiz.

Avec les autres préparateurs physique de la préformation, nous faisons également le lien entre le secteur médical et les éducateurs concernant les blessures, aménagements et absences des joueurs. Il nous arrive également de prendre des joueurs en réathlétisation afin de les préparer à reprendre les entraînements collectifs avec le groupe ainsi que les matchs.

Au-delà de l'aspect sportif, nous avons également une mission pédagogique auprès de ces adolescents. Nous leur apprenons à bien se comporter en tant que joueur de football Elite, et prétendant à une carrière professionnelle. Ainsi, nous leur faisons passer des messages en abordant des thèmes comme la récupération, la nutrition et l'hydratation, afin qu'ils aient conscience dès leur jeune âge, de l'importance et des applications de ces facteurs indispensables à la performance et au développement de ces jeunes joueurs.

4.3 Population étudiée

L'effectif se compose de 31 joueurs de football masculins né entre 2008 et 2009 (entre 13 et 14 ans). L'ensemble des joueurs jouent en compétition au sein de 2 équipes au niveau Elite (U14 et U15). Certains U14 jouent parfois avec le groupe U15, et certains U15 avec le groupe U16.

Il est important de noter que l'année U15 correspond à la dernière année à la Préformation. Il s'agit donc d'une année charnière dans leur formation pour intégrer un Centre de Formation.

Tous ont des aménagements de cours au sein des établissements pour permettre aux joueurs de s'entraîner chaque jour de la semaine. Une semaine d'entraînements/école type pour ces joueurs correspondrait à la Figure 4.

Il arrive que l'entraînement du Mercredi soit remplacé par un match amical, ou une triangulaire avec d'autres clubs professionnels. De plus, des tournois peuvent également avoir lieu certains week-ends, notamment au cours de la 2^{ème} partie de la saison.

V. Matériel et Méthode

5.1 Méthodologie

Pour cette étude, nous distinguerons 3 étapes :

- 1^{ère} Phase de test
- Protocole d'entraînement
- 2^{ème} Phase de test

Pour les deux phases de tests, les joueurs réalisent un test de répétition de sprints, le SSR test, afin d'observer, ou non, une évolution des qualités de répétition de sprints et de sprints suite à notre protocole de RST avec une stratégie de PE. Ce dernier est composé de 6 séances réparties sur 6 semaines consécutives (une séance par semaine).

Pour ce protocole, nous suivrons l'évolution de deux groupes différents sur les tests de vitesse, un GC (Groupe Contrôle) qui s'entraîne en répétition de sprints avec une méthode « standard », et un GE (Groupe Expérimental) qui s'entraîne en répétition de sprints avec une stratégie de Pré-Epuisement. Comme décrite précédemment, cette stratégie consiste à effectuer un exercice de PE avant chaque répétition de sprint. Mise à part cette stratégie de PE, les 2 groupes effectuent les mêmes séances de répétition de sprints dans la nature des sprints, les temps de sprints etc...

De plus, nous suivrons également l'évolution de la capacité à réitérer des efforts maximaux pour le GE par la STS, et la capacité d'accélération maximale et minimale (m/s^2) à l'aide de GPS.

L'ensemble du groupe suivra un échauffement précis avant chaque test et ainsi que chaque séance d'entraînement afin de standardiser nos tests et préparer les joueurs au mieux afin de prévenir les blessures.

5.2 Groupes et caractéristiques

J'avais à disposition l'ensemble de l'effectif U15 composé de 17 joueurs. Cependant, j'ai exclu du protocole les joueurs n'ayant pas pu effectuer l'intégralité du protocole, comprenant les tests et les RST afin d'avoir des résultats le plus représentatifs possible. Ces joueurs exclus sont ceux ayant participé à des rassemblement avec leur équipe nationale, qui ont ainsi raté des séances du protocole. Ils avaient été répartis équitablement au sein des deux groupes car nous savions qu'ils seraient exclus de l'étude. A l'exception de ces joueurs, aucune absence n'a été enregistrée.

Ma population pour cette étude étaient ainsi de 11 joueurs du groupe U15. Ces derniers ont été répartis aléatoirement dans les différents groupes. Le groupe contrôle qui a effectué les RST sans stratégie de PE (GC), et le groupe expérimental (GE) qui a réalisé les RST avec une stratégie de PE.

Pour une interprétation plus précise des futurs résultats, il convient de s'intéresser aux différences anthropométriques (Tableau 1) et des aptitudes physiques (Tableau 2) entre ces deux groupes. En effet, les caractéristiques anthropométriques peuvent avoir un impact plus ou moins important sur les performances du groupes et l'évolution de celles-ci.

Concernant les performances physiques, nous regardons les résultats des tests de sprint sur 10 mètres départ arrêté (10 m) , 20 mètres départ arrêté (20 m) et du 30-15 IFT (Buchheit, 2008b) (Figure 5).

Ces données sont intéressantes puisque le test utilisé pour ce protocole correspond à des répétitions de sprints de 20 mètres, comprenant des phases d'efforts et de récupération.

5.3 Tests et Mesures

4.3.1) Protocole d'échauffement

Afin de standardiser les tests pour avoir des conditions de les plus proches possibles, et ainsi avoir des résultats les plus représentatifs possible, il était nécessaire d'établir un protocole d'échauffement. De plus, durant le protocole de RST, qui sont des exercices d'intensité maximale, ce protocole a également un rôle de prévention d'éventuelles blessures.

Pour cela, l'objectif est d'élever la température corporelle par une intensité croissante, jusqu'à celle retrouvée durant la séance.

Ce protocole de 15 minutes, inspiré de celui proposé dans son étude par Martin *et al.*, 2018, est composé de :

- 9 minutes PPG (Préparation Physique Générale)
 - o Course à faible intensité
 - o Gammes athlétiques
- 3 minutes d'étirements activo-dynamiques des membres inférieurs
- 3 minutes d'accélération (5*10m) et sprint (2*15m)

Les joueurs ont effectué ce protocole d'échauffement dans chacune des phases de test afin de reproduire les mêmes conditions de mesure, ainsi qu'avant chaque entraînement de répétition de sprints durant le protocole.

4.3.2) Protocoles d'évaluations

Dans le cadre de cette étude, nous analyserons et comparerons certains paramètres lors de tests avant et après le protocole RST. Lors de chacun des tests ci-dessous, des encouragements soutenus étaient donnés aux joueurs et durant l'intégralité du test afin de maintenir une intensité d'effort la plus élevée possible.

4.3.2.1) Tests 10 mètres et 20 mètres départ arrêté

Dans un premier temps, nous avons évalué les deux groupes de notre étude sur des tests de sprint de 10 et 20 mètres à l'aide de cellules photoélectrique Witty Pro (transmission de +/- 0.4 millième de seconde). Afin d'amener les sportifs à décélérer uniquement après la ligne d'arrivée, dans le but d'avoir les temps les plus représentatifs possible de leurs capacités réelles, nous avons mis en place une zone de décélération cinq mètres au-delà de la ligne d'arrivée à partir de laquelle ils pouvaient entamer une décélération lente et progressive.

Les joueurs ont été évalués à tour de rôle par ordre alphabétique de leur nom. Ordre qui était donné en amont pour qu'ils anticipent leur passage. Chaque joueur a été évalué deux fois par test, le deuxième essai s'effectuant après que l'ensemble de l'effectif ait réalisé le premier. Nous avons commencé par le test de 10 mètres, puis le test de 20 mètres quelques minutes après, le temps de placer les cellules initialement positionnées pour le test de 10 mètres, pour celui de 20 mètres.

4.3.2.2) Test SSR

Dans un second temps, nous avons réalisé un test de répétition de sprints pour le groupe expérimental. Ce test a été réalisé deux jours après ceux de sprints évoqués précédemment, et ce pour les deux phases de mesures (pré et post test). Comme vu antérieurement, les joueurs ont réalisé le test SSR qui permet d'avoir deux indices de performance de SRR, la STS et le T_{pic} . En plus de ces données, nous avons équipé les joueurs de GPS Fieldwiz (V2 18 Hz) qui nous permettent d'estimer les valeurs de l'accélération (en m/s^2) de chaque sprint durant le test.

Afin d'optimiser le temps et pouvoir également analyser les patterns de course des joueurs, nous avons décidé d'installer une caméra lors du test (Samsung Galaxy A52 ayant une caméra 9280*6920 pixels, 3840*210 pixels, 30 fps). En positionnant celle-ci à équidistance des deux zones de Départ/Arrivée,

nous avons estimé que l'erreur de parallaxe n'avait pas d'impact significatif sur les résultats. Elle a été posée strictement au même emplacement lors des deux phases de tests.

Les données statistiques du test ont été rapportées en analysant les images sur le logiciel Kinovéa. Ce dernier a estimé le temps réalisé lors de chaque sprint des joueurs. Nous avons considéré que le point de départ du sprint se situe sur la première image où l'on observe un mouvement de la part du joueur, et la fin du sprint comme l'image où le centre des masses du joueur est aligné avec le jalon représentant la ligne d'arrivée. Il est naturel que les temps de sprints de 20 mètres lors de ce test soient supérieurs à ceux mesurés lors des tests 20 mètres départ arrêté à l'aide des cellules photoélectriques puisque celles-ci ne prennent pas en compte le premier mouvement du joueur pour démarrer le chronomètre, mais uniquement la rupture du rayon entre la cellule émettrice/réceptrice et son réflecteur.

5.4 Protocole d'entraînement

Le protocole d'entraînement est composé de six séances de RST étalées sur six semaines (Figure 6 à 9). Les séances ont lieu le Mercredi après-midi au Centre d'entraînement du LOSC, le Domaine de Luchin, sur un terrain synthétique.

Chaque séance consiste à effectuer un certain nombre de répétition de sprints de durée d'effort et de récupération variables, avec des départ arrêtés ou lancés et avec ou sans COD (changement de direction). Nous varions les types de départ afin de confronter le sportif à un maximum de situations différentes transférables sur le terrain.

Les exercices se font sous forme de jeu afin de favoriser l'intensité maximale sur chacune des répétitions pour ainsi permettre un travail plus optimal des qualités de sprint et de répétition de sprints..

De plus, le Groupe Expérimental a effectué un exercice de PE des membres inférieurs avant chaque sprint. Ces exercices sont différents à chaque séance afin de solliciter différents groupes musculaires. Enfin, nous serons attentifs à la bonne réalisation et exécution de chaque exercice de PE.

5.5 Traitement statistique

Dans cette étude, nous avons effectué deux périodes de tests, avec un test avant (Pre) et un test après (Post) le protocole d'entraînement. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel JASP.

Dans un premier temps, le but est d'analyser statistiquement si la stratégie de pré-épuiement dans un protocole de répétition de sprints améliorent les performances de répétition de sprints en se basant principalement sur l'évolution de la STS.

Dans un second temps, nous avons comparé l'évolution des résultats entre les deux groupes (GE et GC) pour évaluer si une stratégie d'entraînement engendre plus d'amélioration des performances sur les tests de sprint (10 mètres et 20 mètres) que l'autre.

Nous avons testé la normalité de la distribution sur l'ensemble des données avec le test de Shapiro-Wilk (Tableau 3 et Tableau 4). La distribution est normale pour tous les tests.

Nous avons vérifié l'homogénéité des variances des tests effectués par les deux groupes de l'étude (10 mètres et 20 mètres) avec le test de Levene (Tableau 5).

Ces deux paramètres étant vérifiés, nous avons effectué des tests paramétriques.

Pour l'ensemble des tests suivants, nous considérerons le seuil de significativité à $p < 0.05$.

Dans un premier temps, nous avons vérifié que les deux groupes ne sont pas significativement différents dans leurs caractéristiques par le test t de Student indépendant (Tableau 6) avec pour hypothèses :

H0 : Les données ne diffèrent pas

H1 : Les données diffèrent

4.5.1) Tests 10 m et 20 m départ arrêté

Puis, nous avons utilisé le test t de Student apparié pour comparer les performances des joueurs lors des deux phases de mesures avec pour hypothèses :

H0 : Les données ne diffèrent pas

H1 : Mesure 1 > Mesure 2

4.5.2) Test SSR

De la même manière, nous avons utilisé le test t de Student apparié pour comparer les performances (STS et T_{Pic}) des joueurs lors des deux phases de mesures avec pour hypothèses:

H0 : Les données ne diffèrent pas

H1 : Mesure 1 > Mesure 2

Enfin, nous aussi utilisé le test t de Student apparié pour comparer les performances d'accélération max et min des joueurs lors des deux phases de mesures avec pour hypothèses:

H0 : Les données ne diffèrent pas

H1 Mesure 1 < Mesure 2

Nous avons consolidé nos résultats statistiques avec l'évaluation de la taille d'effet de Cohen (d de Cohen). 0.20 est considéré comme une tendance faible, 0.50 comme une tendance moyenne, 0.80 comme une tendance élevée, 1.20 comme une tendance très élevé, et 2 comme une tendance immense.

La taille d'effet a été mesuré pour chaque groupe indépendamment, avant et après le protocole d'entraînement. Sur les tests de 10 mètres et 20 mètres départ arrêté, nous avons ainsi pu comparer les résultats pour déterminer l'entraînement qui permet d'améliorer plus efficacement les qualités de sprint. Pour le test SSR, cela a permis d'estimer l'effet de la stratégie de pré-épuisement sur les qualités de répétition de sprints.

VI. Résultats

6.1 Résultats des Tests 10 m et 20 m

Après avoir présenté les résultats des deux phases de mesures des tests de 10 mètres et 20 mètres (Tableau 7), nous avons utilisé le test t de Student apparié (Tableau 8 et Tableau 9) afin de comparer les résultats avant-après sur ces tests. Une amélioration significative est observée pour le GE lors du sprint de 10 mètres ($p = 0.050$) avec une taille d'effet « élevée » ($d = 0.823$). Il n'y a pas d'améliorations significatives sur ce test pour le GC.

Concernant le test du 20 mètres, aucune amélioration significative n'est observée pour chacun des groupes. Ces trois paramètres ont une taille d'effet « moyenne » ($0.50 < d < 0.80$).

Nous pouvons observer l'évolution moyenne des deux groupes lors de chacun de ces tests en annexe (Figure 10 à Figure 13).

6.2 Résultats Test SSR

5.2.1) Indices de performance SSR

Après avoir présenté les résultats des indices des performance du test SSR (tableau 10), nous avons utilisé le test t de Student apparié (Tableau 11) afin de comparer les résultats avant-après sur ce test. Aucune amélioration significative n'est observée pour chacune de ces variables.

Le T_{Pic} a une taille d'effet « moyenne » ($d = 0.791$), tandis que la STS a une taille d'effet sous le seuil de « faible » ($d < 0.20$).

Nous pouvons observer l'évolution moyen de ces indices de performance lors du test SSR en annexe (Figure 14 et Figure 15).

5.2.2) Valeurs Accélérations Max et Min

Après avoir présenté les résultats des accélérations max et min du test SSR (Tableau 12), nous avons utilisé le test t de Student apparié (Tableau 13) afin de comparer les résultats avant-après sur ce test.

Il y a une amélioration significative ($p = 0.045$) avec une taille d'effet « élevée » ($d = 0.854$) pour l'accélération maximale. Il n'y a pas d'amélioration significative de l'accélération minimale avec une taille d'effet faible ($d = 0.280$).

Nous pouvons observer l'évolution moyen des accélérations max et min lors du test SSR en annexe (Figure 16 et Figure 17).

5.2.3) Evolution des temps de répétition de sprints

Puis, nous observerons, à l'aide d'un graphique construit sur Excel, l'évolution moyenne des performances de sprints durant le test SSR avant et après le protocole d'entraînement (Figure 18). Nous avons ajouté pour chaque courbe, une courbe de tendance polynomiale de degré 2 ainsi que leur coefficient de détermination (R^2) et les équations de chacune de ces courbes.

Ensuite, nous avons comparé les deux mesures des dix sprints réalisées lors du test SSR, avant et après le protocole d'entraînement (Tableau 14 et Tableau 15).

A la suite de cela, nous avons réalisé une ANOVA à deux facteurs aux mesures répétées (Tableau 16). Nos facteurs sont le « Numéro de sprint » (de 1 à 10) et le « Moment de Mesure » (Pre-Test ou Post-Test).

Une analyse de variance aux mesures répétées montre que :

L'effet du Numéro de sprint est significatif ($F(9,45) = 9.447 ; p < 0.001$)

L'effet du Moment de Mesure n'est pas significatif ($F(1,5) = 0.058 ; p = 0.819$)

L'interaction entre le Numéro de sprint et le Moment de Mesure est significatif ($F(9,45) = 4.179 ; p < 0.001$).

VII. Discussion

7.1 Interprétation

Nous avons émis les hypothèses que la stratégie de PE lors de séances de RST permettrait de réitérer des sprints avec une moindre diminution de la performance au fil des sprints ainsi que d'effectuer des sprints plus rapides.

Concernant notre première hypothèse, les résultats ne nous permettent pas de la vérifier. En effet, nous n'observons aucune amélioration significative de la STS entre les deux périodes de mesures.

En revanche, les résultats des tests de 10 mètres départ arrêté, et de l'accélération max lors du test SSR nous permettent de confirmer que cette stratégie d'entraînement permet d'améliorer plus efficacement la capacité de sprint court qu'une stratégie standard. Effectivement, nous constatons que seul le groupe expérimental obtient une amélioration significative du temps effectué lors du test de 10 mètres ($p = 0.035$) avec une taille d'effet élevée ($d = 0.823$). Nous pouvons présumer que cette amélioration est corrélée à l'amélioration significative de l'accélération maximale ($p = 0.050$) avec une taille d'effet élevée ($d = 0.854$). Nous pouvons ainsi supposer que la stratégie de pré-épuisement a amené de plus grandes améliorations sur les qualités de sprint que la stratégie standard, notamment par l'amélioration de l'accélération maximale qui est un facteur déterminant du sprint.

Cette présente étude, étant à ma connaissance la première à estimer l'effet d'un protocole de RST utilisant le test SSR, nous ne pouvons pas comparer nos résultats à ceux d'autres auteurs.

Cependant, comme évoqué en introduction, d'autres études avaient montré l'efficacité de combiner l'entraînement de force et de sprint au sein d'une même semaine de travail pour améliorer les qualités de sprint. Nous pouvons aujourd'hui, en s'appuyant sur nos résultats, ajouter à cette affirmation que combiner l'entraînement en force, du moins de pré-épuisement, et de répétition de sprints au sein d'une même séance, permet d'améliorer significativement la performance de sprint sur 10 mètres par l'amélioration de l'accélération maximale.

Dans l'optique de comprendre l'effet des différences inter-individuelles sur les adaptations induites par ce protocole d'entraînement, et en se basant sur l'étude de Selmi et al., (2020), nous nous sommes intéressés à la corrélation entre le groupe d'appartenance de PHV (Mirwald et al., 2002) et la progression entre les deux périodes de mesures. Nous avons, pour cette analyse, divisé notre population en quatre groupes indépendant (Groupe Expérimental Circum ; Groupe Expérimental Post-PHV ; Groupe

Contrôle Circum ; Groupe Expérimental Post-PHV) afin que la stratégie d'entraînement effectuée n'influe pas sur les résultats. Nous noterons qu'au sein de notre étude, aucun joueur appartenait au groupe pre-PHV, ce qui est naturel puisque notre groupe était constitué de joueur U15.

En utilisant une ANOVA à mesure répétées, nous n'observons aucun effet significatif du groupe de PHV sur l'évolution des aptitudes mesurées suite au protocole de RST.

7.2 Limites

Afin de rendre le plus objectifs possibles les résultats obtenus, il convient d'étudier les différentes limites de notre étude.

La taille de l'échantillon étudiée est la première limite. En effet, plus la population étudiée est grande, plus les résultats obtenus seront précis. Or ici, nos groupes étaient relativement restreints.

Cette faible population quantitative rejoint notre seconde limite qui est l'absence d'un groupe contrôle pour le test de SSR qui aurait permis un plan statistique plus précis quant à l'effet de la stratégie de PE sur l'évolution des performances en répétition de sprint.

De plus, un nombre de sujet plus important permettrait également de s'intéresser aux différences inter-individuelles qui peuvent influencer l'effet d'un protocole d'entraînement. Il conviendrait ainsi d'élargir également les catégories d'âges de la population étudiée en incluant des joueurs n'ayant pas encore atteint le circum de PHV, donc des joueurs plus jeunes.

Ensuite, les joueurs avaient en plus de la séance de répétition de sprint, quatre autres entraînements et un match dans la semaine. Ces événements constituent également une limite du protocole dans l'évolution des résultats puisqu'ils ont également une influence sur l'amélioration de certaines aptitudes physiques des joueurs.

Une autre limite de notre étude est l'absence de familiarisation avec le Test SSR. En effet, nous pouvons supposé, à partir de nos observations, que les résultats de la première session de mesure de ce test ne sont pas représentatifs des réelles performances de répétition de sprints des joueurs. D'une part, le coefficient de corrélation de la courbe de tendance des cinq premiers sprints en Pre Test est inférieur à 0.85, ce qui traduit une corrélation non-importante. D'autre part, nous savons d'après la littérature scientifique, qu'une récupération incomplète lors de répétitions de sprints engendre une augmentation du temps au fil des sprints. Or ici, nous observons des améliorations entre deux sprints consécutifs (sans considéré l'amélioration de temps entre le sprint 5 et 6 où une amélioration est naturel suite à une plus grande récupération). Concernant les autres tests de notre étude, les joueurs sont évalués jusqu'à trois

fois par saison sur ceux-ci. Une familiarisation n'était ainsi pas nécessaire puisqu'ils avaient l'habitude d'être évalués sur ces tests.

De plus, contrairement à ce que nous avons trouvé dans les études portant sur la stratégie de PE, nous avons fait le choix de ne pas aller jusqu'à l'échec ou d'utiliser des charges lourdes durant ces exercices de PE. De plus, afin de permettre un meilleur transfert sur la discipline, nous avons également fait le choix d'utiliser des exercices polyarticulaire, en plus d'exercices mono-articulaire.

Enfin, les conditions météorologiques durant les tests sont également une limite de cette étude. En effet, l'objectif est de réaliser les tests dans des conditions les plus similaires possibles afin d'obtenir des données ayant le moins de facteurs extérieurs agissant dessus. Nous avons ici contrôlé le jour du test, l'heure, la surface du terrain, l'échauffement et l'ordre de passage. Cependant, les tests s'effectuant en extérieur, les conditions météorologiques peuvent avoir un impact sur les données récoltées. Dans notre étude, les conditions météorologiques étaient relativement proches lors des deux sessions de tests.

7.3 Perspectives

Cette étude ouvre la voie dans les années à venir, à d'autres réflexions sur cette thématique qui n'est pas encore très exploitée dans le football. Pour renforcer la fiabilité de nos résultats, il serait intéressant d'augmenter le nombre de sujets.

Nous pourrions, les prochaines années, aller plus loin dans cette recherche en explorant d'autres paramètres lors du protocole de RST. En effet, nous pouvons établir un protocole qui ciblerait uniquement un groupe musculaire tout au long des séances pour les exercices de pré-épuisement. Comparer l'effet de plusieurs protocoles ciblant chacun un muscle ou un groupe musculaire différent permettrait d'estimer si un protocole est plus intéressant qu'un autre à mettre en place dans le but d'améliorer ses aptitudes physiques.

Une autre étude pourrait également s'intéresser au temps, ou charge, durant l'exercice de pré-épuisement, avant d'effectuer un sprint. Aller jusqu'à l'échec, aurait peut-être plus d'effet que la stratégie mise en place dans cette présente étude par une amélioration plus importante de la force des membres inférieurs.

Nous pouvons également imaginer une étude qui proposerait un protocole d'entraînement incluant uniquement un type de contraction musculaire (isométrique, concentrique, excentrique, pliométrique) durant tout celui-ci afin de déterminer le plus efficace, s'il y en a un.

Afin d'établir une relation entre l'amélioration des qualités de sprints et le travail de pré-épuisement, nous pourrions également ajouter des tests de forces des membres inférieurs pour vérifier si l'amélioration des aptitudes physiques observée (ici l'accélération max) est corrélée à une augmentation de la force des membres inférieurs.

Nous nous sommes intéressés à des jeunes footballeurs masculins Elite. Nous pouvons également proposer des protocoles de RST similaires auprès d'autres populations (âge, sexe, niveau de pratique différent) notamment pour étudier, comme évoqué précédemment, l'effet du groupe d'appartenance de PHV sur l'évolution des qualités physiques entre deux périodes de mesure entrecoupées d'un protocole d'entraînement.

Nous pourrions aussi mesurer la fatigue (centrale et périphérique) engendrée par un protocole de RST avec ou sans pré-épuisement. Morana et Perrey (2009), ont étudié les manières d'évaluer les composantes de la fatigue, de façon non invasive, notamment par l'enregistrement EMG (Activité Électrique du Muscle) de surface et la technique de neurostimulation. Cette dernière étant une méthode de référence dans l'étude de la fatigue puisqu'elle recrute presque maximale le groupe musculaire stimulé.

D'un autre côté, il serait également pertinent de croiser différentes données (charges internes / externes et mesures objectives / subjectives) des joueurs pour chacun des groupes. Donc s'intéresser à la perception de l'effort à l'aide d'une échelle RPE, utiliser des outils numériques telles que les GPS ou cardiofréquencemètres afin d'avoir un suivi de la charge d'entraînement optimal en différenciant la charge du GC et celle du GE. Cela permettrait également de mesurer l'effet de cette stratégie sur les performances sportives en situation de compétition et non pas uniquement sur des tests.

De plus, nous avons évoqué l'importance de la capacité aérobie pour la performance de répétition de sprint (Rodríguez-Fernández et al., 2019). Il serait également intéressant d'étudier les éventuelles progressions notamment sur les phases de récupération par l'intermédiaire de la variation de la FC (Fréquence Cardiaque). Il pourrait également être pertinent d'observer l'effet d'un protocole combinant une stratégie de pré-épuisement avec un travail aérobie.

Une donnée importante que nous n'avons pas pu étudier dans cette étude est l'indice de fatigabilité. En effet, cet indicateur est pertinent pour évaluer la capacité de répétition de sprint. Pour cela, il faudra utiliser un test où cet indice présente une reproductibilité relative et absolue acceptable, ce qui n'était pas le cas du test SSR.

Toutes ces idées seraient d'autant intéressantes avec une plus longue durée de protocole, et la mise en place de ce dernier durant la période de préparation en pré-saison (pour des disciplines telles que le football qui ont des échéances chaque semaine) où l'on travaille principalement sur le développement des qualités athlétiques.

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'observer l'effet d'un protocole de RST avec une stratégie de pré-épuisement sur la capacité à réaliser des sprints et des répétition de sprints.

Le nombre trop peu important de sujets, ne nous permet pas de conclure qu'il existe des différences significatives entre les différentes stratégies de séances de RST, avec ou sans PE.

Ceci dit, nos résultats montrent une amélioration significative du GE sur le test de 10 mètres départ arrêté, et de l'accélération maximale lors du test SSR avec une taille d'effet élevée pour ces deux variables. On suppose que l'amélioration significative de l'accélération maximale a participé à l'amélioration des performances sur le test de 10 mètres. Ces améliorations peuvent être liées à une plus grande adaptations de force des membres inférieures pour le GE.

En revanche, sur la capacité de répétition de sprints, nous n'observons pas d'amélioration significative de la STS.

A ma connaissance, ce mémoire est la première étude à s'intéresser à une stratégie de pré-épuisement sur l'entraînement de la capacité de sprint et de répétition de sprints, sur une population de jeunes footballeurs Elite.

Des prochaines études devront dans un premier temps intégrer un plus grand nombre de sujets afin de renforcer nos résultats actuels, avec un protocole plus long afin d'observer de plus grandes éventuelles améliorations, proposer d'autres variations des paramètres des séances du protocole. De plus, elles pourront s'intéresser aux différences inter-individuelles tel que le PHV que nous avons simplement évoqué dans cette présente étude.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'étudier l'impact de la stratégie de pré-épuisement en répétition de sprints sur les indices de performances des RSS (STS et T_{pic}) et de sprint chez les jeunes footballeurs Elite. Le protocole d'entraînement était composé de 6 séances de répétition de sprints sur 6 semaines d'entraînement. Onze joueurs de football U15 Elite étaient répartis en deux groupes : le GE (n = 6) qui effectuait la stratégie de pré-épuisement avant chaque sprint, et le GC (n = 5) qui adoptait une stratégie d'entraînement standard. Ces deux groupes ont effectué des tests de sprint (10 m et 20 m départ arrêté) avant et après le protocole afin de comparer les différentes évolutions. De plus, le GE a effectué un test de répétition de sprints (test SSR) avant et après le protocole également pour observer les éventuelles améliorations sur les indices de performances des RSS. Durant ces tests, les joueurs étaient équipés de GPS (FieldWiz V2) afin de mesurer leurs accélérations max et min (m/s^2). Aucune amélioration significative n'est observée sur les indices de performances des RSS. Cependant, il y a une amélioration significative de l'accélération maximale ($p = 0.045$) avec une taille d'effet « élevée » ($d = 0.854$). Sur les tests de sprint, seul le GE progresse de manière significative sur le test de 10 mètres départ arrêté ($p = 0.050$) avec une taille d'effet « élevée » ($d = 0.823$). Pas d'amélioration significative n'est observé sur le test de 20 mètres départ arrêté. Nous avons également observé que l'appartenance à un groupe de PHV (circum : -1 an à +1 an du PHV ; Post-PHV : > 1 an à +3 ans du PHV) n'avait pas d'effet significatif sur l'amélioration suite au protocole d'entraînement.

Ces résultats suggèrent que la stratégie de PE en répétition de sprints permet d'améliorer la performance de sprint court de manière plus importante qu'une stratégie standard, certainement par de plus grandes adaptations de forces des membres inférieures.

Mots-clés : *Pré-Epuisement, Football, Répétition de Sprints, Jeunes, Elite*

Compétences acquises

Progresser / Echanger / Créer

Abstract

The aim of this study was to investigate the impact the pre-exhaustion strategy in repetitive sprint on the SSR (STS and Tpic) and sprint performance indices in young Elite footballers. The training protocol consisted of 6 repetitive sprint sessions over 6 weeks of training. Eleven U15 Elite football players were divided into two groups: GE (n = 6) who performed the pre-exhaustion strategy before each sprint, and GC (n = 5) who adopted a standard repetitive sprint training strategy. Both groups performed sprint tests (10 m and 20 m standing start) before and after the protocol in order to compare the different developments. In addition, the GE performed a repetitive test (SSR test) before and after the protocol to observe possible improvements on SSR performance indices. During these tests, the players were equipped with GPS (FieldWiz V2) to measure their max and min accelerations (m/s²). No significant improvement is observed on the performance indices of the RSS. However, there was a significant improvement in maximum acceleration (p = 0.045) with a "high" effect size (d = 0.854). On the sprint tests, only GE improved significantly on the 10-metre standing start test (p = 0.050) with a "high" effect size (d = 0.823). No significant improvement was observed on the 20-metre standing start test. We also observed that belonging to a PHV group (circum: -1 year to +1 year from PHV; Post-PHV: > 1 year to +3 years from PHV) had no significant effect on improvement following the training protocol. These results suggest that the PE strategy in repetitive sprint training improves short sprint performance to a greater extent than a standard strategy, possibly through greater lower limb strength adaptations.

Keywords: *Pre-Exhaustion, Soccer, Repetitive Sprint, Youth, Elite*

Professional skills acquired

To progress / To exchange / To create

Bibliographie

- Ahlebrand, A. (2017). *Investigating the effects of pre-exhausting a synergist prior to a compound exercise. : An electromyographic study*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hh:diva-35135>
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(6), 556-561. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(5), 807-813. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000126392.20025.17>
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-Sprint Ability—Part II. *Sports Medicine*, *41*(9), 741-756. <https://doi.org/10.2165/11590560-000000000-00000>
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *6*(2), 199-209. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80255-4](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80255-4)
- Bishop, D., Spencer, M., Duffield, R., & Lawrence, S. (2001). The validity of a repeated sprint ability test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *4*(1), 19-29. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(01\)80004-9](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(01)80004-9)
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *80*(3), 876-884. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.3.876>
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-Intensity Activity Profiles of Elite Soccer Players at Different Performance Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(9), 2343-2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Buchheit, M. (2008a). 30-15 Intermittent Fitness Test et répétition de sprints. *Science & Sports*, *23*(1), 26-28. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2007.12.002>

- Buchheit, M. (2008b). The 30-15 intermittent fitness test : Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Match Running Performance and Fitness in Youth Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 818-825. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262838>
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-Sprint Sequences During Youth Soccer Matches. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 709-716. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1261897>
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 325-336. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.652655>
- Castagna, C., Abt, G., Manzi, V., Annino, G., Padua, E., & D'Ottavio, S. (2008). Effect of Recovery Mode on Repeated Sprint Ability in Young Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 923-929. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a4281>
- Collins, B. W., Pearcey, G. E. P., Buckle, N. C. M., Power, K. E., & Button, D. C. (2018). Neuromuscular fatigue during repeated sprint exercise : Underlying physiology and methodological considerations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(11), 1166-1175. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0080>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Franco-Márquez, F., Rodríguez-Rosell, D., González-Suárez, J. M., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yañez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2015). Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on Physical Performance in Young Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 94(11), 906-914. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548890>

- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability—Part I. *Sports Medicine*, 41(8), 673-694. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
- Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014). Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(2), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0115-0>
- Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. (2007). Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 619-628. <https://doi.org/10.1080/02640410600874849>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Bravo, D. F., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 899-905. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038491>
- Marques, M. C., Gabbett, T. J., Marinho, D. A., Blazevich, A. J., Sousa, A., Tillaar, R. van den, & Izquierdo, M. (2015). Influence of Strength, Sprint Running, and Combined Strength and Sprint Running Training on Short Sprint Performance in Young Adults. *International Journal of Sports Medicine*, 94(10), 789-795. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547284>
- Martin, V., Sanchez-Sanchez, J., Ramírez-Campillo, R., Nakamura, F. Y., & Gonzalo-Skok, O. (2018). Validity of the RSA-RANDOM Test for Young Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 39(11), 813-821. <https://doi.org/10.1055/a-0637-2094>
- Mendez-Villanueva, A., Edge, J., Suriano, R., Hamer, P., & Bishop, D. J. (2012). The Recovery of Repeated-Sprint Exercise Is Associated with PCr Resynthesis, while Muscle pH and EMG Amplitude Remain Depressed. *PloS one*, 7, e51977. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051977>
- Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, 34, 689-694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>

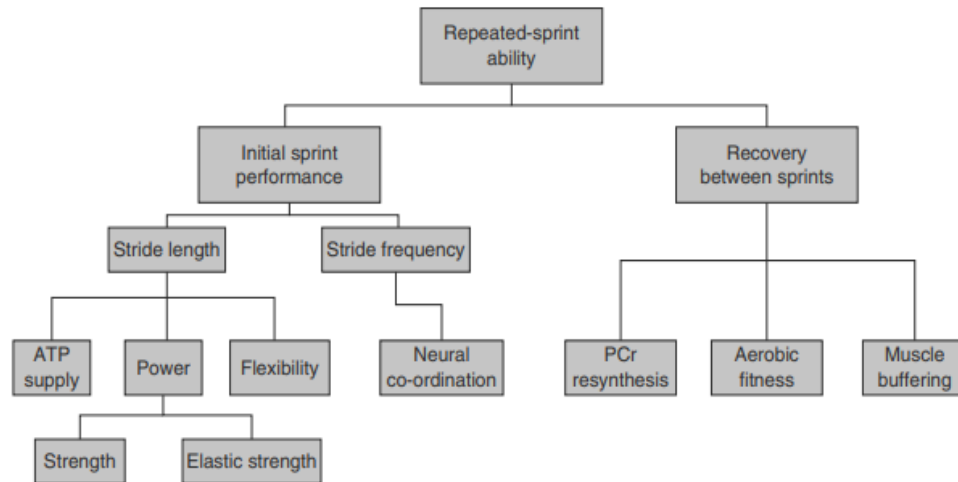
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, *21*(7), 519-528.
<https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Morana, C., & Perrey, S. (2009). Évaluation de la fatigue musculaire. *KS*, *500*, 5-10.
- Pullinger, S. A., Cocking, S., Robertson, C. M., Tod, D., Doran, D. A., Burniston, J. G., Varamenti, E., & Edwards, B. J. (2020). Time-of-day variation on performance measures in repeated-sprint tests : A systematic review. *Chronobiology International*, *37*(4), 451-468.
<https://doi.org/10.1080/07420528.2019.1703732>
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, *34*(6), 1048-1054.
<https://doi.org/10.1139/H09-111>
- Ribeiro, A. S., Nunes, J. P., Cunha, P. M., Aguiar, A. F., & Schoenfeld, B. J. (2019). Potential Role of Pre-Exhaustion Training in Maximizing Muscle Hypertrophy : A Review of the Literature. *Strength & Conditioning Journal*, *41*(1), 75-80.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000418>
- Rodríguez-Fernández, A., Sanchez-Sanchez, J., Ramirez-Campillo, R., Nakamura, F. Y., Rodríguez-Marroyo, J. A., & Villa-Vicente, J. G. (2019). Relationship Between Repeated Sprint Ability, Aerobic Capacity, Intermittent Endurance, and Heart Rate Recovery in Youth Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *33*(12), 3406.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002193>
- Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of Inspiratory Muscle Training Upon Recovery Time During High Intensity, Repetitive Sprint Activity. *International Journal of Sports Medicine*, *23*(5), 353-360. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33143>

- Rösch, D., Hodgson, R., Peterson, T. L., Graf-Baumann, T., Junge, A., Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5 Suppl), S29-39. https://doi.org/10.1177/28.suppl_5.s-29
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural Influences on Sprint Running. *Sports Medicine*, 31(6), 409-425. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131060-00002>
- Selmi, M. A., Al-Haddabi, B., Yahmed, M. H., & Sassi, R. H. (2020). Does Maturity Status Affect the Relationship Between Anaerobic Speed Reserve and Multiple Sprint Sets Performance in Young Soccer Players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(12), 3600-3606. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002266>
- Selmi, M. A., Elloumi, M., Hambli, M., Sellami, M., Haj Yahmed, M., & Haj Sassi, R. (2016). Reproductibilité, validité et sensibilité d'un test de répétition de sprints chez des jeunes footballeurs. *Science & Sports*, 31(5), e139-e146. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.05.001>
- Selmi, M., Haj, S. R., Haj, Y. M., Moalla, W., & Elloumi, M. (2016). Effect of between-set recovery durations on repeated sprint ability in young soccer players. *Biology of Sport*, 33(2), 165-172. <https://doi.org/10.5604/20831862.1198636>
- Serpiello, F. R., McKenna, M. J., Stepto, N. K., Bishop, D. J., & Aughey, R. J. (2011). Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise : A novel multiple-set approach. *European Journal of Applied Physiology*, 111(4), 669-678. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1687-0>
- Silva, J. R., Magalhães, J., Ascensão, A., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. (2013). Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 20-30. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e1946>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer : An update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>

- Trindade, T. B., Prestes, J., Neto, L. O., Medeiros, R. M. V., Tibana, R. A., de Sousa, N. M. F., Santana, E. E., Cabral, B. G. de A. T., Stone, W. J., & Dantas, P. M. S. (2019). Effects of Pre-exhaustion Versus Traditional Resistance Training on Training Volume, Maximal Strength, and Quadriceps Hypertrophy. *Frontiers in Physiology, 10*.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01424>
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration Profiles in Elite Australian Soccer. *International Journal of Sports Medicine, 34*(01), 34-39. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1316315>

Annexes

Figure 1 : Résumé des facteurs qui devraient être ciblés par l'entraînement afin d'améliorer la capacité de sprint répété (Bishop et al., 2011)



*Repeated-sprint ability = RSA ; Initial sprint performance = Performance Initiale du sprint ;
 Recovery between sprints = Récupération entre les sprints ; Stride length = longueur de la foulée ;
 Stride frequency = fréquence des foulées ; ATP supply = Approvisionnement en adénosine
 triphosphate ; Power = Puissance ; Flexibility = Souplesse ; Neural co-ordination = Coordination
 neuronale ; PCr resynthesis = Resynthèse de phosphocréatine ; Aerobic fitness = Capacité aérobie ;
 Muscle buffering = Tampon musculaire ; Strength = Force ; Elastic strength = Force élastique*

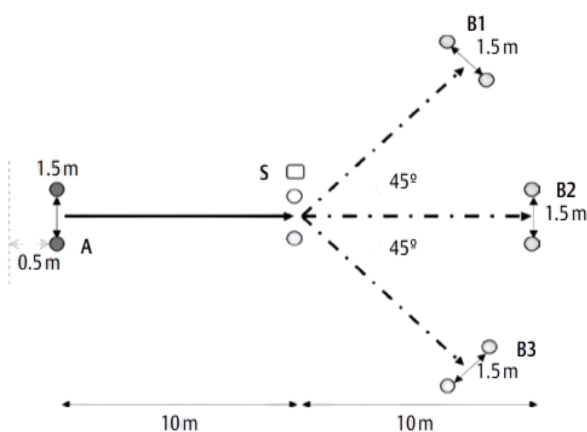


Figure 2 : Schéma du parcours du test RSA-Random Test. (A = point de départ ; S = feu de signalisation ; B1/B2/B3 = Arrivés)

Figure 3 : Schéma du parcours du test SSR

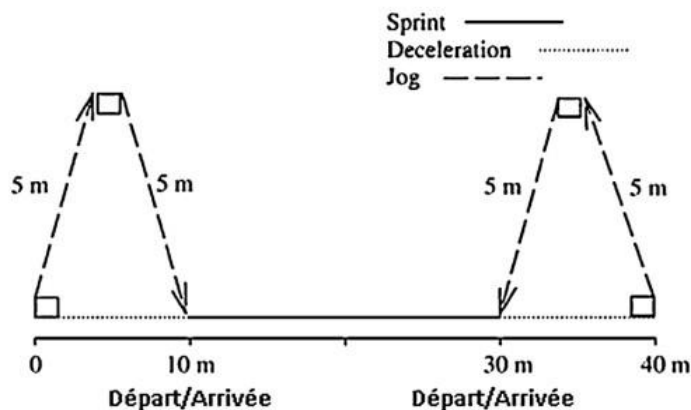


Figure 4 : Semaine type d'entraînement et école des U14 et U15 du LOSC

ORGANISATION SEMAINE						
	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
MATIN	Entraînement 	ECOLE 	ECOLE 	Entraînement 	ECOLE 	MATCH
APRES-MIDI	ECOLE 	Entraînement 	Entraînement 	ECOLE 	Entraînement 	

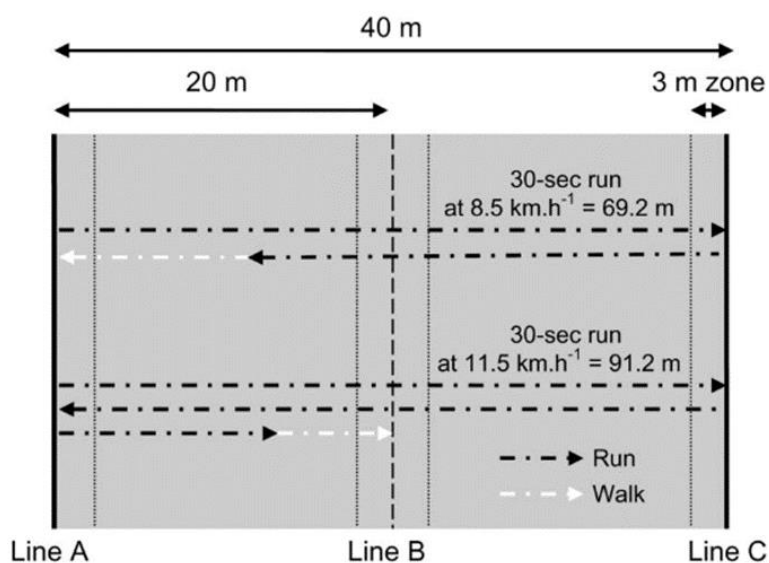


Figure 5 : Schéma et déroulé du test 30/15 IFT (Buchheit, 2008b, p. 30)

Zone préparée pour le 30/15 IFT et exemple de 2 courses intermittentes avec les distances parcourues. Les « 3 m zone » correspondent aux zones d'acceptation pour continuer l'épreuve. Les flèches noires correspondent à la course, et les blanches à la marche

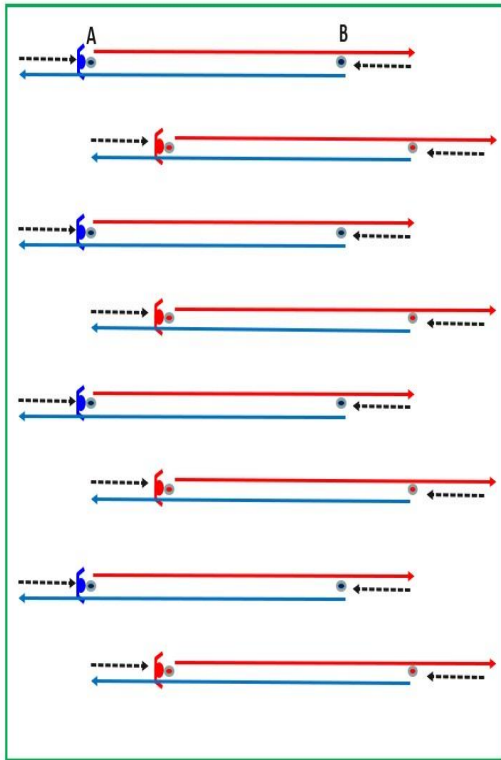


Figure 6 : Déroulé de la séance 1 (S1) et S4.

A = Point de départ répétitions impaires

B = Point de départ répétitions paires

Nombre de séries : 2

Nombre de répétitions : 6 (8 en S4)

Type de départ : Arrêté

Temps de PE : 5 secondes

Exercice PE : Air Squat

Temps d'effort de sprint : 5 secondes

Temps de Récupération entre 2 sprints: 25 secondes

Temps de récupération entre les séries : 1 minute

Type de récupération inter et intra série : Passive

Objectif favorisant l'intensité maximale : Rattraper le joueur devant et ne pas être rattrapé

Figure 7 : Dessin du déroulé de la S2 et S5

A = Point de départ répétitions impaires

B = Point de départ répétitions paires

C et D = Début du sprint

Nombre de séries : 2 (3 en S5)

Nombre de répétitions : 6

Type de départ : Lancé

Temps de PE : 5 secondes

Exercice PE : Chaise

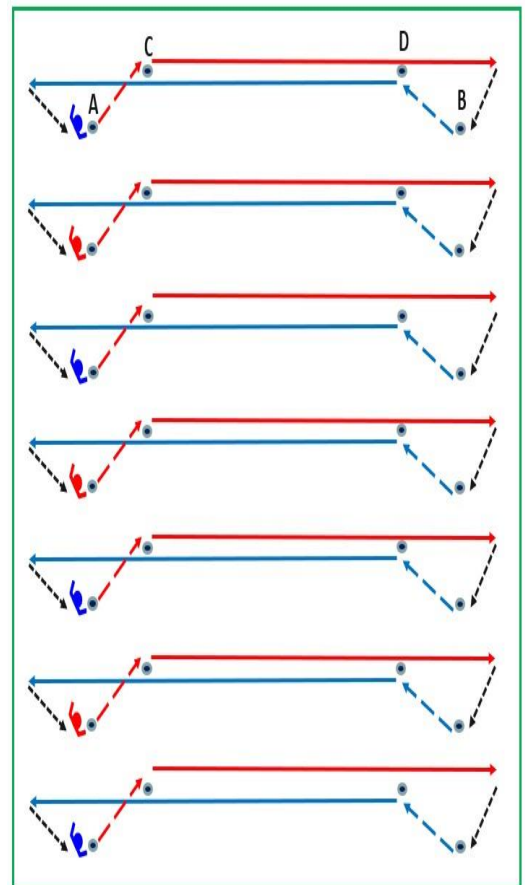
Temps d'effort : 2 secondes à faible intensité + 3 secondes de sprint

Temps de Récupération entre 2 sprints: 30 secondes

Temps de récupération entre les séries : 1 minute

Type de récupération inter et intra série : Passive

Objectif favorisant l'intensité maximale : Être le joueur qui va le plus loin



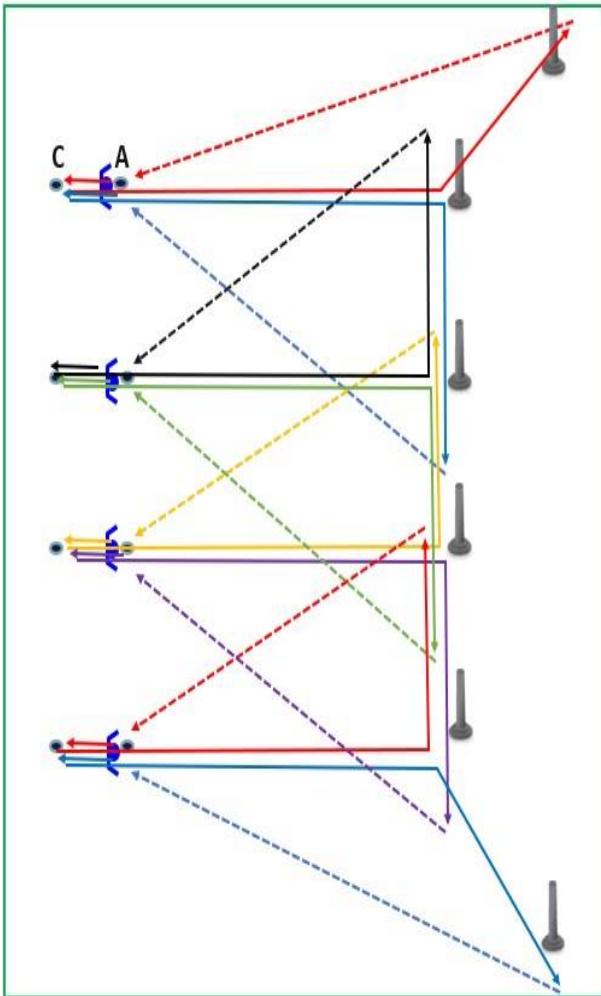


Figure 8 : Dessin du déroulé de la S3 et S6

Partie Spécifique

A = Point de départ

C = Changement de direction

Nombre de séries : 1

Nombre de répétitions : 6 (8 en S6)

Type de départ : Arrêté

Temps de PE : 10 secondes

Exercice PE : Extension Mollets

Temps d'effort de sprint: 5 secondes

Temps de Récupération entre 2 sprints: 30 secondes

Temps de récupération entre les séries : 1 minute

Type de récupération inter et intra série : Passive

Objectif favorisant l'intensité maximale : Aller le plus loin possible

Figure 9 : Dessin du déroulé de la S3 et S6

Partie Analytique

A = Point de départ répétitions pairs

B = Point de départ répétitions impaires

Nombre de séries : 1

Nombre de répétitions : 6

Type de départ : Arrêté

Temps de PE : 10 secondes

Exercice PE : Extension Mollets

Temps d'effort de sprint: 5 secondes

Temps de Récupération entre 2 sprints: 30 secondes

Temps de récupération entre les séries : 1 minute

Type de récupération inter et intra série : Passive

Objectif favorisant l'intensité maximale : Aller le plus loin possible

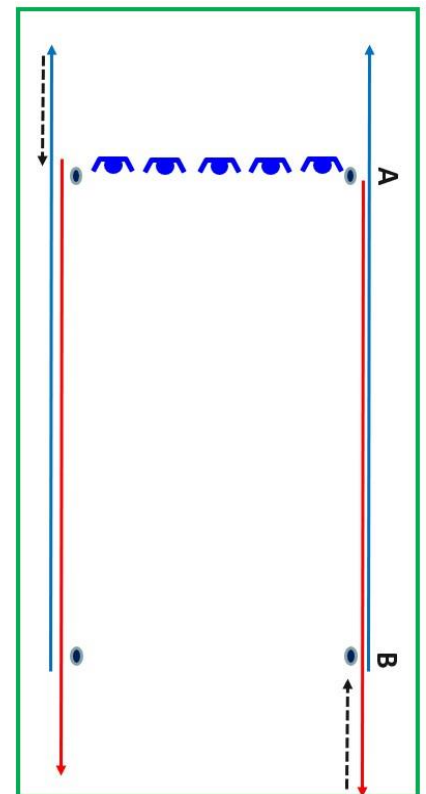


Figure 10 : Evolution de la performance au test de 10 mètres départ arrêté (secondes) GE

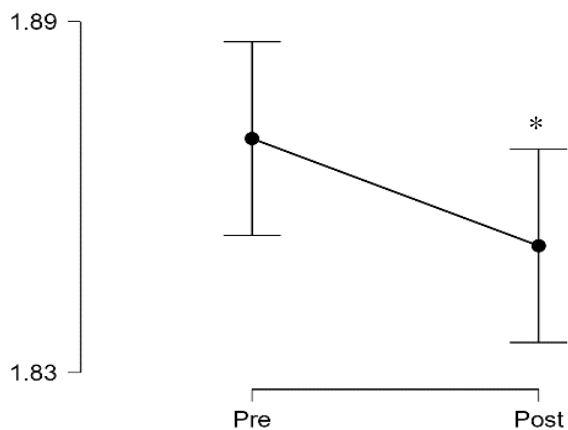


Figure 11 : Evolution de la performance au test de 20 mètres départ arrêté (secondes) GE

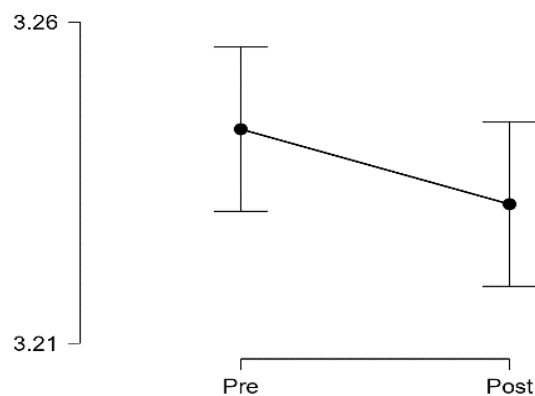


Figure 12 : Evolution de la performance au test de 10 mètres départ arrêté (secondes) GC

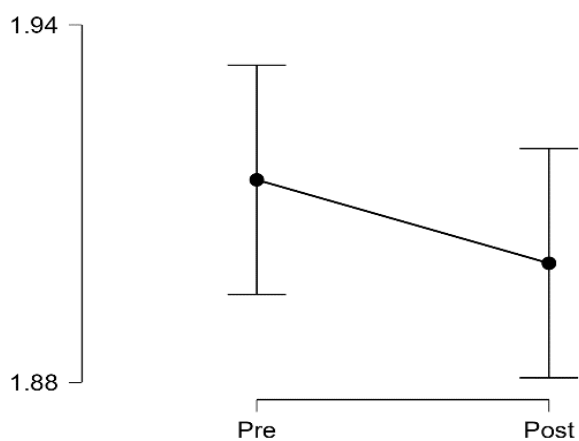


Figure 13 : Evolution de la performance au test de 20 mètres départ arrêté (secondes) GC

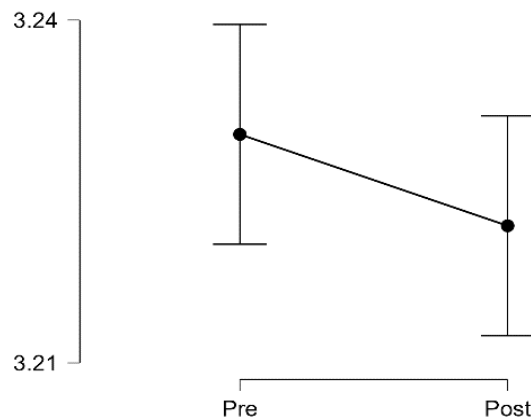


Figure 14 : Evolution de la performance du STS (secondes) au test SSR

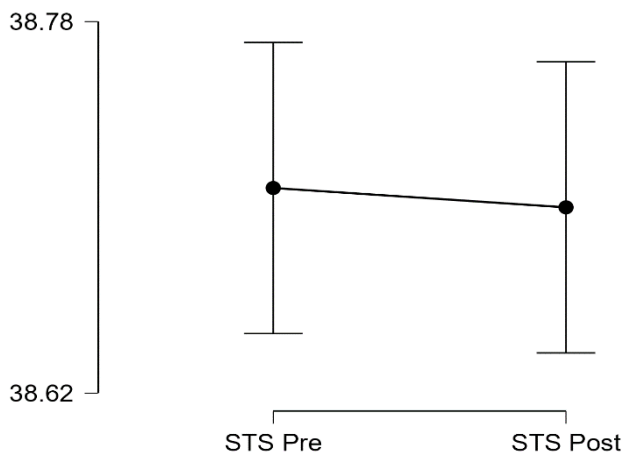


Figure 15: Evolution de la performance du T_{Pic} (secondes) lors du test SSR

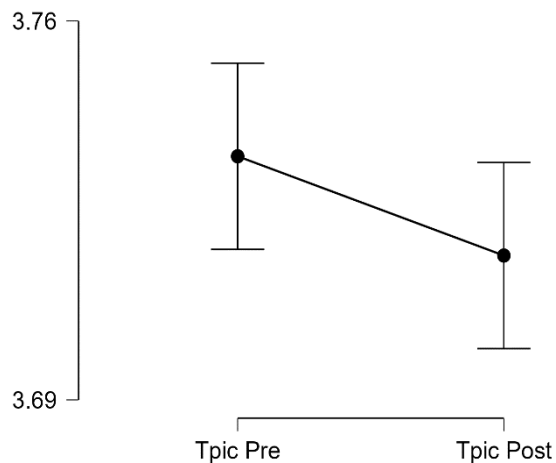


Figure 16 : Evolution de la performance d'accélération max (m/s²) au test SSR

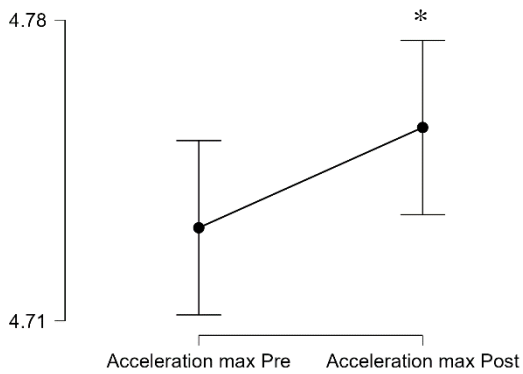


Figure 17 : Evolution de la performance d'accélération min (m/s²) au test SSR

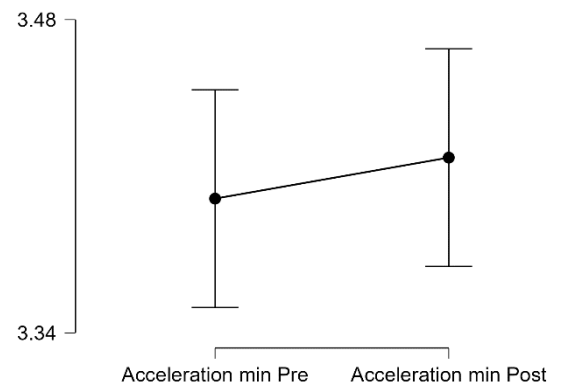


Figure 18 : Evolution des temps de sprints au cours du SSR Test Avant et Après le protocole d'entraînement

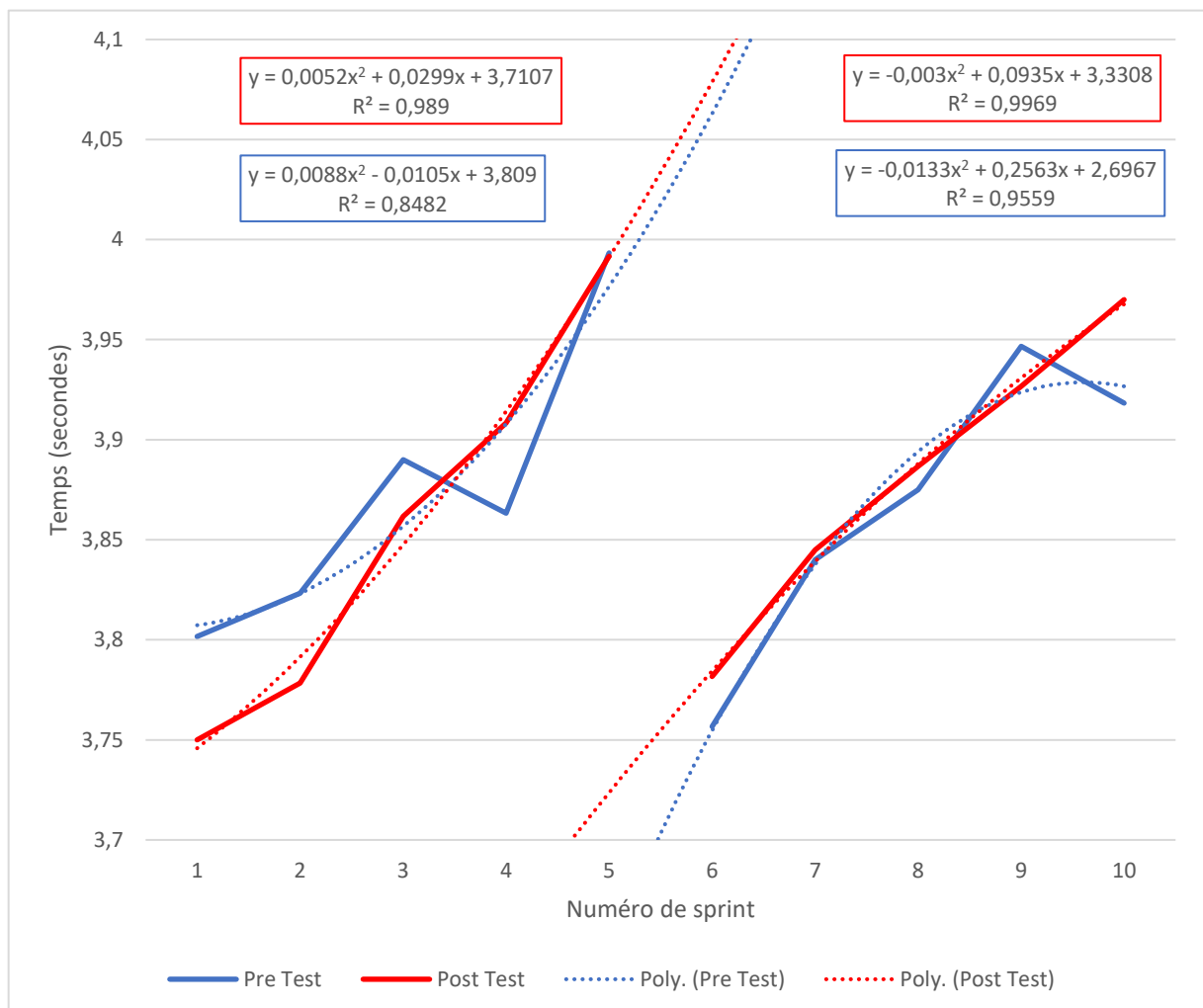


Tableau 1 : Caractéristiques anthropométriques des groupes

	Age		Taille		Poids	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Moyenne	14.744	14.727	171.060	170.733	57.440	55.150
Écart type	0.271	0.369	6.566	8.915	6.647	8.829
Minimum	14.440	14.180	160.000	154.100	46.000	39.000
Maximum	15.100	15.100	176.500	180.000	62.400	62.000

Tableau 2 : Caractéristiques des aptitudes physiques des groupes

	10 m		20 m		30/15 IFT	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Moyenne	1.914	1.870	3.230	3.243	21.200	21.833
Écart type	0.101	0.091	0.141	0.156	1.823	1.506
Minimum	1.740	1.790	3.040	3.060	19.000	20.000
Maximum	2.000	2.040	3.370	3.480	23.500	23.500

Tableau 3 : Test de Normalité (Shapiro-Wilk) du test SSR

	W	p
Pre Sprint 1	0.917	0.485
Pre Sprint 2	0.951	0.746
Pre Sprint 3	0.823	0.094
Pre Sprint 4	0.803	0.063
Pre Sprint 5	0.939	0.650
Pre Sprint 6	0.995	0.998
Pre Sprint 7	0.976	0.932
Pre Sprint 8	0.891	0.321
Pre Sprint 9	0.922	0.521
Pre Sprint 10	0.973	0.909
Pre Temps PIC	0.974	0.921
Pre STS	0.992	0.994

Tableau 4 : Test de Normalité (Shapiro-Wilk)

		W	p
10 m Pre	GC	0.779	0.054
	GE	0.838	0.126
20 m Pre	GC	0.886	0.336
	GE	0.964	0.850
30/15 IFT	GC	0.971	0.884
	GE	0.864	0.202

Tableau 5 : Test d'Égalité des Variances (de Levene)

	F	df₁	df₂	p
10 m Pre	0.063	1	9	0.807
20 m Pre	0.067	1	9	0.802
30/15 IFT	0.078	1	9	0.787

Tableau 6 : Test t d'échantillons indépendants

	t	dl	p
Age	0.087	9	0.933
Taille	0.068	9	0.947
Poids	0.477	9	0.645
20 m Pre	-0.147	9	0.886
30/15 IFT	-0.632	9	0.543
10 m Pre	0.763	9	0.465

Note. Test t de Student.

Tableau 7 : Comparaison Pre / Post sur les tests de 10m et 20m départ arrêté pour GE et GC

	10 m Pre		20 m Pre		10 m Post		20 m Post	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Moyenne	1.914	1.870	3.230	3.243	1.900	1.852	3.222	3.232
Écart type	0.101	0.091	0.141	0.156	0.089	0.095	0.132	0.156
Minimum	1.740	1.790	3.040	3.060	1.750	1.770	3.050	3.070
Maximum	2.000	2.040	3.370	3.480	1.970	2.020	3.360	3.460

Tableau 8 : Test t à deux échantillons appariés (GE)

Mesure 1	Mesure 2	t	dl	p	d de Cohen	ES d de Cohen
10 m Pre	- 10 m post	2.015	5	0.050*	0.823	0.111
20 m Pre	- 20 m post	1.659	5	0.079	0.677	0.050

Note. Test T de Student

Tableau 9 : Test t à deux échantillons appariés (GC)

Mesure 1	Mesure 2	t	dl	p	d de Cohen	ES d de Cohen
10 m Pre	- 10 m post	1.429	4	0.226	0.639	0.095
20 m Pre	- 20 m post	1.633	4	0.178	0.730	0.023

Note. Test t de Student.

Tableau 10 : Comparaison Pre / Post des indices de performances du test SSR

	STS Pre	STS Post	Tpic Pre	Tpic Post
Moyenne	38.708	38.700	3.735	3.717
Écart type	0.943	0.969	0.121	0.126
Minimum	37.280	37.190	3.580	3.530
Maximum	40.070	40.120	3.900	3.860

Tableau 11 : Test t à deux échantillons appariés pour les indices de performance du test SSR

Mesure 1	Mesure 2	t	dl	p	d de Cohen	ES d de Cohen
STS Pre	- STS Post	0.242	5	0.409	0.099	0.034
Tpic Pre	- Tpic Post	1.938	5	0.055	0.791	0.086

Note. Pour tous les tests, l'hypothèse alternative précise que Mesure 1 est plus grand que Mesure 2. Par exemple, Pre STS est plus grand que STS Post.

Note. Test t de Student.

Tableau 12 : Comparaison Pre / Post des accélérations max et min durant le test SSR

	Accélération max Pre	Accélération max Post	Accélération min Pre	Accélération min Post
Moyenne	4.732	4.745	3.400	3.418
Écart type	0.271	0.266	0.446	0.498
Minimum	4.290	4.310	3.050	3.010
Maximum	4.990	5.020	4.110	4.170

Tableau 13 : Test t à deux échantillons appariés pour accélérations max et min test SSR

Mesure 1	Mesure 2	t	dl	p	d de Cohen	ES d de Cohen
Accélération max Pre	- Accélération max Post	-2.092	5	0.045	-0.854	0.046
Accélération min Pre	- Accélération min Post	-0.685	5	0.262	-0.280	0.035

Note. Pour tous les tests, l'hypothèse alternative précise que Mesure 1 est moins que Mesure 2. Par exemple, Accélération max Pre est moins que Accélération max Post.

Note. Test t de Student.

Tableau 14 : Statistiques descriptives

	Pre Sprint 1	Pre Sprint 2	Pre Sprint 3	Pre Sprint 4	Pre Sprint 5	Pre Sprint 6	Pre Sprint 7	Pre Sprint 8	Pre Sprint 9	Pre Sprint 10
Moyenne	3.802	3.823	3.890	3.863	3.993	3.757	3.840	3.875	3.947	3.918
Écart type	0.163	0.139	0.080	0.085	0.109	0.102	0.112	0.104	0.119	0.112
Minimum	3.580	3.640	3.770	3.780	3.850	3.610	3.670	3.750	3.780	3.780
Maximum	4.000	4.030	3.970	3.970	4.130	3.900	4.000	4.000	4.100	4.100

Tableau 15 : Statistiques descriptives

	Post Sprint 1	Post Sprint 2	Post Sprint 3	Post Sprint 4	Post Sprint 5	Post Sprint 6	Post Sprint 7	Post Sprint 8	Post Sprint 9	Post Sprint 10
Moyenne	3.750	3.778	3.862	3.908	3.992	3.782	3.845	3.887	3.927	3.970
Écart type	0.138	0.114	0.103	0.094	0.097	0.121	0.121	0.086	0.098	0.123
Minimum	3.530	3.620	3.750	3.800	3.860	3.640	3.650	3.760	3.780	3.790
Maximum	3.860	3.920	4.020	4.050	4.110	3.980	4.020	4.000	4.060	4.120

Tableau 16 : ANOVA Effets intra-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p
Numéro de sprint	0.599	9	0.067	9.447	< .001
Résiduels	0.317	45	0.007		
Moment de mesure	2.083×10 ⁻⁵	1	2.083×10 ⁻⁵	0.058	0.819
Résiduels	0.002	5	3.568×10 ⁻⁴		
Numéro de sprint * Moment de mesure	0.034	9	0.004	4.179	< .001
Résiduels	0.041	45	9.072×10 ⁻⁴		

Note. Somme des carrés de type III