

MASTER STAPS

ENTRAINEMENT ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE SPORTIVE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022

MEMOIRE

**TITRE : COMPARAISON DE DEUX MODALITES
D'ENTRAINEMENT VISANT L'AMELIORATION DE LA
CAPACITE A SPRINTER APRES UN EFFORT ISOMETRIQUE
CHEZ DES RUGBYMEN PROFESSIONNELS.**

PRESENTE PAR : COUDRAUD-CARRIERE ADRIEN

SOUS LA DIRECTION DE : M. DAUSSIN FREDERIC

SOUTENU LE 30/06/2022

DEVANT LE JURY : M. PAWLAK-CHAOUCH

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

Remerciements

Je tenais à remercier tout d'abord Anthony Serpente mon tuteur de stage et compère depuis deux années, responsable de la préparation physique de l'équipe séniors et du club du R.C.H.C.C. J'ai énormément appris à ses côtés, par ses connaissances en optimisation de la performance et son expérience de terrain. Je suis convaincu que, si le club a validé la montée en nationale 1 (3^{ème} division) ainsi qu'une place de vice-champion de France de fédérale 1, il le doit grandement à Anthony pour tout son travail.

Par la suite, je souhaite remercier Monsieur Frédéric Daussin, mon directeur de mémoire, avec qui je collabore sur mes mémoires depuis deux ans et qui durant ces années m'a fait énormément évoluer d'un point de vue universitaire mais aussi dans la recherche et mes connaissances en optimisation de la performance. M.Daussin m'a beaucoup aidé dans ce travail de recherche ainsi que dans la confection de ce mémoire.

Je tiens à remercier maintenant Madame Murielle Garcin, responsable du master 2 EOPS et depuis peu doyenne de la faculté des sciences du sport, qui m'a soutenu toute l'année scolaire et m'a targué d'aller jusqu'au bout de ce que j'avais entrepris durant cette année/saison.

Je souhaite à présent remercier tous mes proches, qui m'ont soutenu et aidé à tenir le rythme démentiel de mes aller-retours entre Toulon et Lille. Ce fut une année rude, longue et pleine de sacrifice, je les remercie de leur patience et pour leur temps ainsi que pour le temps que nous n'avons pas eu ensemble.

Afin de terminer ces remerciements, il me semblait indispensable de remercier Grégory Le Corvec manager de l'équipe séniors qui a permis au club d'évoluer et d'arriver où il est maintenant. Je remercie aussi le staff technique pour m'avoir fait confiance durant mes interventions avec le groupe ainsi que dans la réathlétisation des joueurs blessés. Je me dois également de remercier tout le staff médical avec qui j'ai collaboré toute la saison, ils m'ont appris l'échange ainsi que la transversalité entre le médical et staff technique. Je remercie également les joueurs qui ont été fantastiques que ce soit dans leur sérieux ou leur implication mais surtout par le chemin parcouru cette saison.

Sommaire

Remerciements	4
Introduction.....	8
1. Revue de littérature	9
1.1. Le rugby et ses exigences physiques.....	9
1.1.1. Qualités physiques.....	9
1.2. Filières énergétiques	10
1.2.1. Filière aérobie	10
1.2.2. Filière anaérobie	10
1.3. Force musculaire.....	11
1.4. Force isométrique.....	11
1.4.1. Définition	11
1.4.2. L'entraînement en isométrie.....	12
1.5. Répétitions de sprint	12
1.5.1. Réactions physiologiques	12
1.5.2. Objectifs de cet entraînement	13
1.6. Entraînement en Hypoventilation	14
1.6.1. Définition	14
1.6.2. Les effets de l'entraînement en hypoventilation	14
1.7. Différents types de tests	15
2. Problématique.....	17
2.1. Objectifs.....	18
2.2. Hypothèses	18
3. Milieu professionnel et population	19
3.1. Structure d'accueil.....	19
3.2. Population.....	20
4. Méthode et matériels	22
4.1. Méthodologie	22
4.1.1. Groupes et caractéristiques	22
4.1.2. Phases de test	23
4.1.3. Phase de programmation	23
4.2. Matériels.....	24

4.3. Traitement statistique	24
Résultats	25
Discussion	27
Conclusion et perspectives	31
Bibliographie	32
Annexes	36
Annexe 1	36
Annexe 2	37
Annexe 3	38
Annexe 4	40
Annexe 5	41
Résumé, mots-clés et compétences	42
Abstract, keywords and professional skills	43

Glossaire

VMA : Vitesse Maximale Aérobie

VO_{2max} : Consommation Maximale en O₂

FC : Fréquence Cardiaque

BPM : Battements Par Minute

PCr : Phosphocréatine

P_aCO₂ : Pression artérielle en dioxyde de carbone

RM : Répétition maximale

CTRL : Groupe contrôle

ISO : Groupe isométrique

RSH : Groupe répétition de sprints en hypoxie

RSH-VHL : Répétitions de sprints en hypoxie avec hypoventilation volontaire

EC : Ecart type

RSN : Répétitions de sprints en condition normale

RSA : Repeated-sprint ability

Introduction

Le Rugby tirerait ses origines de la soule, mais serait également au début du XIX^{ème} siècle une des formes du Folk Football, tous deux provenant à l'époque de l'antiquité du harpastum pratiqué durant l'empire romain (Bath, 2015). La mythologie de la fondation du Rugby daterait de 1823 et aurait été codifiée en 1845 comme nous l'explique Vincent (2007), puis le Rugby-Football fut créé dans les années 1860 à la suite de la dissidence entre les pratiquants du Football et ceux du Rugby Football.

Ce mémoire portera sur la pratique du Rugby à XV, sport collectif de combat qui oppose deux équipes de quinze joueurs sur un terrain rectangulaire mesurant ~100m de longueur et ~70m de largeur. Le but de ce sport est de marquer soit en touchant le sol avec le ballon dans l'en-but adverse qui procure cinq points, soit en marquant un but en tapant le ballon à travers les poteaux adverses qui procure trois ou deux points. Un match dure deux mi-temps de 40 minutes, ce qui nous fait un temps de jeu total de 80 minutes. Dans une équipe de rugby à XV, nous distinguons deux types de joueurs catégorisés en tant que : avants et arrières. Les avants sont les joueurs allant du poste 1 au poste 8, composé des : Pilier (1-3) ; Talonneur (2) ; 2^{ème} ligne (4-5) ; 3^{ème} ligne (6-7-8). Ils effectuent les tâches tel que la mêlée, la touche et se retrouvent souvent autour de toutes les phases de conquête et de combat. Chez les arrières, cela va du poste 9 au poste 15, composé des : Demi-de-mêlée (9) ; Demi-d'ouverture (10) ; Centres (12-13) ; Ailiers (11-14) ; Arrière (15). Leur rôle est plus offensif que les avants, même s'ils participent aux tâches défensives comme les plaquages ou encore les rucks, ils se concentrent énormément à l'application des combinaisons et le travail des duels.

Dans ce mémoire, nous allons nous concentrer sur ce qu'est amené à rencontrer un joueur de rugby, qui dans ses phases de combat produit un effort isométrique et doit enchaîner par une course, soit de remplacement soit de poursuite. Au cours de ce protocole, nous serons amené à évaluer deux modalités d'entraînement visant l'amélioration de la capacité à sprinter après un effort isométrique.

1. Revue de littérature

La durée d'un match de rugby est de deux mi-temps de 40 minutes, le temps de jeu effectif moyen varie entre 35 et 45 minutes par match au plus haut-niveau du rugby (Hughes *et al.*, 2003). Le reste du temps servira aux pénalités, touches et mêlées, autrement dit les arrêts de jeu. A partir de 2003, le rugby a été rendu plus attractif, plus spectaculaire grâce à des phases de rucks plus rapides et mieux maîtrisés ainsi que le fait d'avoir privilégié le jeu debout. L'arbitrage favorisant l'attaque, cela a eu comme effet de faire monter le temps de jeu effectif et par conséquent l'exigence physique du rugby.

1.1. Le rugby et ses exigences physiques

1.1.1. Qualités physiques

Le rugby est un sport nécessitant des qualités de différents morphotypes en fonction des postes occupés sur le terrain. Au niveau de ces différences, Maso *et coll.*, (2002) avait regroupé les valeurs anthropométriques des joueurs de l'équipe de France de rugby, qui nous a démontré dans un tableau l'hétérogénéité des morphotypes qu'il peut y avoir au sein d'une équipe professionnelle. Les qualités physiques et la morphologie auraient tendance à prédisposer et orienter un joueur à un poste de jeu selon Quarrie *et al.*, (1996). Le rugby différant de nombreux autres sports, étant donné sa diversité des qualités physiques et anthropologiques de joueurs de même niveau (Duthie *et al.*, 2003).

La masse corporelle plus élevée des avants que celle des arrières, aurait un effet protecteur à la vue des nombreux impacts subis durant un match (Brazier *et al.*, 2018) mais aussi leur permettrait d'être plus actifs dans les zones de combats (Cunningham *et al.*, 2018). Une masse musculaire également plus grande leur permet d'augmenter la force exercée durant les phases de conquêtes (Quarrie *et al.*, 2000), néanmoins cela aurait un effet délétère sur leur activité dans le jeu courant, leur vitesse de course ballon en main et sur leur capacité à éliminer un adversaire par la vitesse (Gabbett *et al.*, 2007).

Le rugby nécessite des qualités physiques polyvalentes, ce sont des sportifs complets et pour s'épanouir totalement dans leur jeu il sera nécessaire pour le joueur de s'investir au

maximum de ses capacités physiques, mentales et technicotactiques. Afin de faire un lien entre la performance sur le terrain et les qualités physiques du sportif il va être important, en lisant la littérature scientifique, de se baser sur les indicateurs clés de performances, comme Ortega *et al.*, (2009) qui met en évidence la relation entre les actions, mauls et turnovers gagnés, et le résultat du match.

1.2. Filières énergétiques

1.2.1. Filière aérobie

La vitesse maximale aérobie (VMA) est l'indicateur le plus utilisé lors de la construction de séances visant l'amélioration de la filière aérobie du sportif, et avec la consommation maximale en O₂ (VO_{2max}) ils nous donnent un bon état des lieux de sa capacité aérobie. Deutsch *et al.*, (1998) nous démontre la relation entre une VMA élevée et un jeu courant rapide grâce à une récupération plus rapide après un effort intense, et au contraire une VMA faible aurait tendance à favoriser la survenue de blessure. Au niveau de l'intensité demandée par le jeu, Doutreloux *et al.*, (2002) ont effectué une évaluation de cette caractéristique en séparant les joueurs en fonction de leurs postes : les avants et les arrières. Il a été déterminé que sur un match les avants réalisent six à huit blocs de 4 à 8 minutes à haute intensité, défini par la Fréquence Cardiaque (FC) supérieure à 180 Battements Par Minute (BPM), combinant phases de courses et de combats. Pour les arrières, ce sont des amplitudes de FC supérieures, allant de 125 à 195 bpm, avec 11 à 20 pics d'intensité durant 1 à 3 minutes (Sureau, 2011).

1.2.2. Filière anaérobie

Le rugby étant un sport intermittent, cette filière va être stimulée très régulièrement durant un match, surtout pendant les phases de conquêtes qui alternent statique et dynamique : mêlées, rucks, mauls, touches, renvois. Des auteurs dans le rugby à XIII auraient perçu une corrélation entre des joueurs ayant des capacités anaérobies importantes et une plus grande distance à haute intensité parcourue et distance totale (Gabbett *et al.*, 2013) ainsi qu'un temps de jeu total plus élevé (Gabbett *et al.*, 2011). Dans le rugby à VII, Ross *et al.*, (2015) nous montre qu'une capacité anaérobie élevée serait corrélée à l'aptitude du joueur à répéter des efforts intenses, ce qui le rendrait plus efficace et disponible dans les phases de combats.

Ces caractéristiques physiques vont déterminer et permettre la performance des joueurs en fonction de leurs postes, les arrières dans les duels et leurs courses et les avants durant leurs phases de combat et de conquêtes.

1.3. Force musculaire

La force musculaire qui est la capacité à générer une force contre une résistance, le rugby à XV ayant de nombreuses phases de combats et de conquêtes, il sera nécessaire de posséder une force musculaire élevée dans le but d'être performant durant ses phases et être efficace dans les sprints et travaux d'appuis. Dans l'étude de Tillin *et al.*, (2013), les résultats montreraient que la production de force explosive pendant les squats en isométrie serait liée à la performance en sprint. Plus exactement, la performance en sprint aurait un lien avec le niveau de force maximale atteint durant la phase précoce (<100ms) des squats en isométrie maximale, la performance en hauteur de saut quant à elle serait plutôt liée à la force explosive dans la phase ultérieure (>100ms) des squats en isométrie (Tillin *et al.*, 2013). La force au niveau des membres inférieurs est primordiale dans les actions tel que le placage, surtout dès l'apparition de la fatigue (Speranza *et al.*, 2017).

Nous allons maintenant rechercher dans la littérature scientifique comment toutes ces données sont recueillies et quels sont les différents moyens utilisés dans le rugby afin de les obtenir.

1.4. Force isométrique

Durant ce mémoire, la force isométrique va être une des modalités d'entraînement. La littérature scientifique va nous permettre de définir ce qu'est la force isométrique, les méthodes de développements que nous pouvons employer ainsi que la façon dont nous la testerons.

1.4.1. Définition

L'isométrie est une contraction musculaire ne modifiant pas la longueur du muscle, la résistance extérieure étant de même force mais dans un sens opposé à la force développée par le muscle (Croisier *et coll.*, 1999). C'est en effet une contraction statique dont la résistance

contre laquelle nous luttons est fixe ainsi que nos segments et nos insertions musculaires. Hettinger et Muller (1953) seront les premiers à la mesurer en déterminant qu'en fournissant un effort à ~70%RM pendant 6 secondes, sur une programmation de dix semaines cela apporterait une augmentation de ~5% de la force maximale. Cette force de contraction peut permettre de développer une force supérieure de son RM1, jusqu'à 120%RM, sans avoir à développer de masse. Elle serait également plus efficace que la force concentrique à charges légères pour l'augmentation du nombre des fibres rapides (Cometti, 2005). D'après Zatsiorski (1966), le gain perçu après un travail en isométrie serait spécifique à la position d'exécution, Cometti (2005) nous explique qu'un effort en isométrie durant quelques secondes va apporter une amélioration de la synchronisation des unités motrices. Nous allons nous intéresser à deux méthodes de travail qui utilisent soit de l'isométrie soit du stato-dynamique.

1.4.2. L'entraînement en isométrie

Nous commencerons par la méthode jusqu'à épuisement où l'on va se placer en position isométrique avec une charge de 60 à 90%RM, le but de cette méthode étant de maintenir la position jusqu'à l'épuisement et l'incapacité à tenir.

Ensuite, les méthodes que l'on utilisera dans le programme de musculation lié au protocole sont l'effort isométrique et le stato-dynamique. Le principe du stato-dynamique est d'enchaîner une phase statique, isométrique, avec une phase dynamique en concentrique sans temps de pause entre les deux avec charge à ~60%RM.

1.5. Répétitions de sprint

1.5.1. Réactions physiologiques

Durant les répétitions de sprints, Racinais *et coll.* (2017) ont démontré que la diminution en oxygène dans le corps serait constante au cours des sprints, et donc que l'oxygénation musculaire est en régression à partir du premier sprint. D'après les auteurs, le muscle continuant à extraire une quantité d'oxygène malgré la diminution de l'oxygénation, Billaut et Buchheit (2013) montrent dans leur étude que la période de récupération au milieu des répétitions de sprints permet une réoxygénation qui va maintenir ce niveau d'oxygénation du muscle, et que cela dépend de la qualité de la récupération ainsi que son intensité. Pour aller plus loin sur ce point, Buchheit et Ufland (2011) ont démontré dans leur étude qu'un

entraînement en endurance, que ce soit de l'intermittent court ou de l'endurance continue longue, pouvait améliorer la capacité de réoxygénation du muscle pour de la répétition de sprint. Cette amélioration, permettrait une resynthèse plus efficace de la Phosphocréatine (PCr) et par conséquent une meilleure performance dans la répétition de sprint.

Au sein de sa revue systématique, Lacombe (2013) nous explique que la limitation de l'utilisation de l'oxygène dans les muscles, par conséquent de la resynthèse de la PCr, proviendrait de la capacité oxydative. Cette capacité aurait pour témoin le seuil lactique, qui lui est corrélé au taux de resynthèse de la PCr (Bogdanis *et coll.*, 1996). Lacombe (2013) nous précise que différentes études ont démontré que si la récupération entre les sprints est active, cela ralentirait la resynthèse de la PCr ce qui entraînerait une baisse de la performance élevée, elle semble indépendante de l'intensité de la dite récupération dans la mesure où elle est faible (Spencer *et coll.*, 2008).

1.5.2. Objectifs de cet entraînement

D'après la revue systématique et méta-analyse produite par Gist *et al.*, (2014), les entraînements à base de répétitions de sprints auraient pour effet l'amélioration de la capacité aérobie, de la santé et de la condition cardio-respiratoire. Selon Gist *et al.*, (2014), ce genre d'exercice pourrait être une alternative aux entraînements d'endurance continue d'intensité modérée à faible, le tout avec un volume réduit et autant d'efficacité.

Selon une autre revue systématique, de Pullinger *et al.*, (2020), les performances en répétition de sprint sont affectées par l'heure de la journée où les exercices sont effectués. En effet, huit études sur ses dix sélectionnées ont démontré que les performances pour cet effort augmentaient en faveur de la fin d'après-midi et soirée. C'est un détail important dans le cadre de mon protocole, car nous avons des entraînements le matin et en fin d'après-midi, cette méta-analyse m'a orienté à placer mes tests et méthodes d'entraînement en fin de journée.

1.6. Entraînement en Hypoventilation

1.6.1. Définition

L'hypoventilation ou le blocage respiratoire est une méthode d'entraînement utilisée afin de stimuler la fonction aérobie en réduisant l'apport en O_2 . Ce style d'entraînement a émergé chez des nageurs de haut-niveau (Counsilman, 1975), seulement leurs blocages respiratoires étaient effectués à haut volume pulmonaire, c'est-à-dire poumons pleins. Des études plus récentes vont chercher à intégrer à leurs exercices de l'hypoventilation mais à bas volume pulmonaire qui correspond à la capacité résiduelle fonctionnelle (Woorons *et al.*, 2010 ; Trincat *et al.*, 2017 ; Fornasier-Santos *et coll.*, 2018), cela va se décomposer en trois étapes qui se suivent (Figure 1) : inspiration, expiration, blocage respiratoire à bas volume pulmonaire, niveau de fin d'expiration normale.

Effectuer des efforts avec cette méthode respiratoire va faire entrer le sportif en hypoxémie, ce qui entraîne une baisse du niveau de pH, une désaturation artérielle et va amener une augmentation de la pression artérielle en dioxyde de carbone (P_aCO_2). Tout ceci créant un effet hypercapnique qui amène une acidose respiratoire (Fornasier-Santos *et coll.*, 2018 ; Woorons *et al.*, 2007), qui est un trouble de la régulation du pH sanguin induit par une hypoxie.

1.6.2. Les effets de l'entraînement en hypoventilation

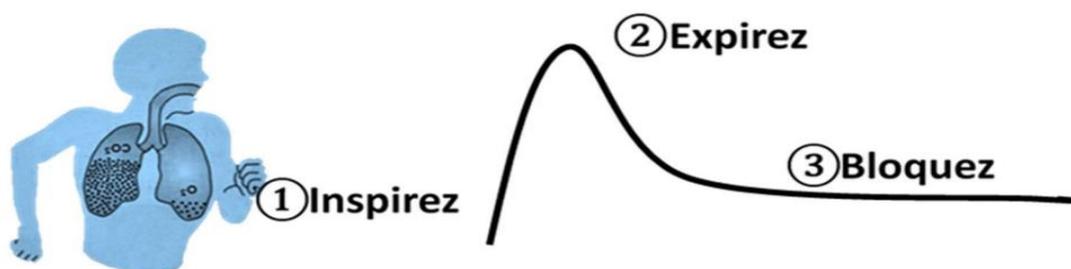


Figure 1 : Les phases d'hypoventilation. (Woorons *et al.*, 2007)

Par la suite, Woorons *et al.*, (2010) ont montré dans leur étude que des séances à $70\%VO_{2max}$ associées à une hypoxie et à l'effet hypercapnique apporterait une oxygénation musculaire plus faible qu'un même exercice effectué en condition normal, ces effets apporteraient donc une valeur ajoutée à l'exercice de base.

L'entraînement à bas volume pulmonaire aurait pour effet l'amélioration de la contribution de la filière anaérobie glycolitique dans l'effort, apporterait des adaptations musculaires vers une meilleure utilisation de l'O₂ et une meilleure capacité tampon pour avoir impacté positivement la performance anaérobie (Woorons *et al.*, 2010 ; Fornasier-Santos *et coll.*, 2018). Il permet également dans le cadre de mon protocole, de simuler une fatigue créant le lien avec le terrain.

1.7. Différents types de tests

Il existe une multitude de tests applicables à l'activité du rugby ou aux sports collectifs en général mais nous n'allons pas tous les énumérer ici car nous nous concentrerons sur ceux qui correspondent au protocole et à ce que nous rechercherons plus tard.

Tout d'abord, le test lactique spécifique au rugby, que Maso *et coll.*, (2002) utilise dans le but de tester la résistance à la fatigue, la chute de vitesse et la distance parcourue. Enchaînement de six courses sur la plus grande distance possible, comportant 30 secondes d'effort et 35 secondes de récupération sur des écarts définis, signalés par des plots.

Ensuite, nous avons les répétitions de sprint que nous pouvons tester avec un Yo-Yo Intermitent Recovery test ou le Repeated Shuttle Sprint Ability test, qui vont nous permettre d'évaluer la capacité du joueur à répéter plusieurs sprints avec une récupération légère. Les répétitions de sprint vont permettre une implication plus élevée des facteurs nerveux (Buchheit *et coll.*, 2010), mais aussi, Dardouri *et al.*, (2014) ont démontré une relation entre la production de lactate et les répétitions de sprint, qui pourraient avoir un lien dans la performance.

D'après Mohr *et al.*, (2011), des joueurs de haut niveau en football ont performés de 28 à 58 % (P <0,05) de course et de sprint à haute intensité de plus que les joueurs de niveaux moyens ($2,43 \pm 0,14$ contre $1,90 \pm 0,12$ km et $0,65 \pm 0,06$ contre $0,41 \pm 0,03$ km) lors d'un Yo-Yo Intermitent Recovery test.

Enfin, dans le rugby il est nécessaire de posséder un niveau de force musculaire plutôt élevé, comme précisé plus haut la littérature a démontré une corrélation entre une force

élevée et une grande efficacité dans les phases de combat. Afin d'évaluer la force musculaire d'un joueur, il va falloir effectuer un test de force maximale (RM1), la charge la plus lourde que l'on ne peut soulever qu'une seule fois, il ne faut pas être capable d'effectuer une seconde répétition.

Pour s'aider, Naclério *et al.*, (2017) utilise une échelle de perception OMNI-RES (Figure 2) afin de rechercher la répétition maximale en squat parallèle, de 8 à 10 sur l'échelle. Il est également possible de le faire sur la base du calcul, demander au sportif d'effectuer 10 répétitions maximales et à partir de ce résultat nous sommes capables de multiplier ce poids par 1,3 dans le but de calculer son RM1, grâce à la formule Lander.

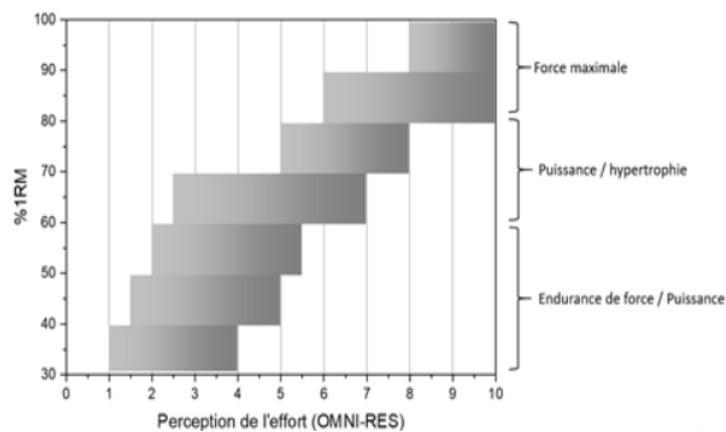


Figure 2 : échelle de perception OMNI-RES. D'après Naclerio *et al.*, (2017)

2. Problématique

Cette revue de littérature scientifique nous a permis de voir que les exigences physiques du rugby de haut-niveau sont grandes et qu'elles nécessitent des sportifs aux capacités physiques complètes, ayant un potentiel aérobie élevé tout en étant fort musculairement. Des sportifs qui vont être d'un haut-niveau dans les filières anaérobie alactique et lactique, aérobie et qui devront rester justes techniquement et appliqués tactiquement.

Mon tuteur professionnel Anthony Serpente, responsable de la préparation physique du club où j'effectue mon stage, ainsi qu'un des entraîneurs Patrick Pezery ont remarqué depuis le début de saison une difficulté chez certains joueurs à enchaîner une phase statique de combat, comme la mêlée par exemple, avec une phase de course. Que ce soit pour le remplacement dans la ligne offensive, le remplacement défensif, ou dans la recherche du porteur de ballon adverse en défense.

Mes recherches dans la littérature scientifique basées sur cette problématique ont permis de m'orienter sur un axe de travail touchant au travail isométrique, par rapport à la phase de combat statique et à la répétition de sprint pour la phase de course. Le staff me laissera cinq semaines pour mettre en place trois phases : une phase de test, une de programmation sur trois semaines et une seconde phase de test dans le but d'obtenir des résultats le plus rapidement possible. J'ai pour volonté d'évaluer le temps de sprint de mes joueurs sur 20m, directement effectué après avoir fourni un effort isométrique à 100% de sa répétition maximale (RM) durant 6 secondes, avec deux essais par joueur.

Au sujet de la programmation, celle du groupe de travail isométrique aura pour objectif de développer la force isométrique, tandis que le groupe de répétition de sprint en hypoxie, travaillera avec des exercices de répétitions de sprint en hypoventilation volontaire à bas volume pulmonaire.

2.1. Objectifs

Le premier objectif de ce mémoire va être d'améliorer la capacité à sprinter après un effort isométrique des joueurs concernés, afin que le travail effectué durant le protocole soit transférable sur le terrain et que l'effet soit ressenti en match, mon but étant avant tout l'optimisation de la performance sportive de mes joueurs.

Le deuxième objectif sera de créer un protocole de test sur le terrain, l'enchaînement phase statique de combat et d'une phase de sprint. Pour qu'il soit valide scientifiquement et qu'il soit reproductible et que les valeurs mesurées soient acceptables d'un point de vue scientifique et sportif. Le protocole comprendrait deux groupes de test, un groupe ayant un programme de travail isométrique (ISO) de 10mins en plus des séances de musculation et un deuxième groupe travaillant la répétition de sprint en hypoxie (RSH) avec une désaturation artérielle en oxygène dû à une hypoventilation volontaire (Fornasier-Santos *et coll.*, (2018) ; Woorons *et coll.*, (2019) ; Trincat *et coll.*, (2017)), bas volume pulmonaire (RSH-VHL). Au moment des tests, chaque groupe suivra le même protocole de test afin d'observer quel groupe aura la meilleure progression.

Le troisième et dernier objectif, va être de mesurer l'impact d'un travail en hypoventilation à partir de ce qui a été relevé dans la littérature scientifique, en le pratiquant à bas volume pulmonaire, ce qui a une efficacité avérée dans l'amélioration des capacités à répéter les sprints comme nous avons pu le voir.

2.2. Hypothèses

Nous émettons l'hypothèse que les deux groupes recevant une programmation supplémentaire, groupe ISO et groupe RSH-VHL, auront de meilleurs résultats au test final.

Nous émettons en seconde hypothèse, le fait d'améliorer sa capacité d'effort isométrique permettrait de réaliser une meilleure performance sur le sprint qui suit.

3. Milieu professionnel et population

3.1. Structure d'accueil

La structure qui m'accueille pour la 2^{ème} année consécutive pour mon stage de master E.O.P.S. se dénomme le Rugby Club Hyères Carqueiranne La Crau (R.C.H.C.C.), présidé par Mr. Brenguier. Ce club est né en l'an 2000 d'une fusion de deux clubs différents, l'US Carqueiranne et le RC Hyérois. L'ancien Rugby Club Hyérois avait effectué plusieurs saisons, au milieu des années 80, parmi l'élite du rugby français.

Dorénavant, il n'existe plus que l'entité R.C.H.C.C. qui coordonne, avec ces trois villes, l'entièreté de la continuité et de la formation rugbystique démarrant de :

- L'école de rugby : initiation au rugby de -6 ans à -14 ans, filles et garçons mélangés ;
- Cadets : catégorie de -16 ans, championnat national ;
- Juniors : catégorie de -18 ans, championnat national ;
- Un centre de perfectionnement allant de 14 à 18 ans, qui permet aux jeunes hauts potentiels d'avoir plus d'entraînements et accès à des installations sportives supplémentaires ;
- Espoirs : catégorie de -23 ans, de niveau fédérale 1, ils sont liés aux séniors dans le niveau de pratique et le calendrier ;
- Séniors : catégorie de >18 ans, de niveau fédérale 1, équipe première du club de niveau semi-professionnel.

Dans une région où seuls le R.C. Toulonnais et Provence Rugby sont au-dessus de lui, le R.C.H.C.C. est actuellement un des plus grands clubs de rugby de la région P.A.C.A. Étant donné sa pluralité de niveau et catégorie, que ce soit par le nombre de licenciés, grâce à la qualité de la formation et de jeunes à hauts potentiels qui en ressortent, et par sa constance dans le rugby de haut niveau ainsi que ses grandes ambitions.

Aujourd'hui, l'équipe séniors évolue dans la division de la Fédérale 1 (4^{ème} division nationale) et son ambition lors de cette saison 2021-2022 était d'être promu en division Nationale 1 (3^{ème} division). Nous avons fini 1^{ère} équipe nationale avec 100 points engrangé sur la phase régulière et par conséquent 1^{er} de notre poule avec une seule défaite en 21 matchs. Etant désormais en phase finale, notre but est d'atteindre la finale afin d'être automatiquement promu en Nationale 1 et de la remporter pour devenir champion de France de Fédérale 1.

Le club est structuré de façon que chaque salarié et bénévole soient autonomes dans leurs fonctions. La gestion du club est composée de cette manière : le président Mr. Brenguier dirigeant la structure, accompagné de deux vice-présidents qui aident dans la gestion de la présidence. Il y a également deux trésoriers qui vont s'occuper des comptes, salaires, budgets et de deux secrétaires généraux pour la communication avec des partenaires et sur les réseaux sociaux. Le président à la tête du club est lui-même le plus gros investisseur du club, puis viennent les sponsors et les municipalités. Ceci résume donc tout le côté administratif et financier du club.

Côté sportif, Grégory Le Corvec, manager de l'équipe une, chapote l'aspect recrutement et management conjointement à Patrick Pezery, entraîneur principal et Manu Boutet entraîneur des trois-quarts. Mon tuteur, Anthony Serpente, est le responsable de la préparation physique du club et de l'équipe une. Il y a également un staff médical composé de trois kinésithérapeutes, une ostéopathe et deux médecins du sport, staff avec lequel je suis souvent amené à échanger dans mon poste de chargé de la réathlétisation des blessés.

3.2. Population

La présentation du groupe de 45 joueurs avec lequel je travaille au quotidien me paraît primordiale car c'est une population de sportifs qui ont le statut de joueurs professionnels, semi-professionnel seulement pour 13 d'entre eux qui sont encore pluriactifs. En revanche la saison prochaine il ne devrait y avoir uniquement que des joueurs au statut professionnel.

	Nombre	Moyenne/Ecart type
<i>Poids (kg)</i>	45	99,8 ± 29
<i>Taille (cm)</i>	45	182,6 ± 22
<i>Âge (ans)</i>	45	30,4 ± 12
<i>Trois-quarts</i>	20	/
<i>Avants</i>	25	/

Tableau 1 : Anthropométrie de la population observée.

Comme la plupart du temps dans le rugby, nous pouvons voir sur le tableau 1 que la moyenne de poids est proche des 100kg et que les écarts-types pour les trois domaines mesurés sont larges, le rugby favorise les groupes hétérogènes et cette équipe ne déroge pas à la règle. Nous remarquons également que la moyenne d'âge est assez élevée (Tableau 1), c'est un groupe expérimenté avec quelques jeunes joueurs au milieu qui vont énormément apprendre au sein de celui-ci. Il est composé de 25 joueurs évoluant aux postes d'avants et de 20 joueurs évoluant aux postes de trois-quarts.

4. Méthode et matériels

4.1. Méthodologie

La méthodologie que nous comptons appliquer durant ce mémoire comprendra trois phases différentes : 1^{ère} phase de test ; phase de programmation ; 2^{nde} phase de test. Le test de début de protocole et le test de fin, séparés de cinq semaines, comprendront une phase d'effort isométrique s'approchant du 100%RM, enchaîné directement par un sprint de 20 mètres. Il y aura deux passages par joueur, séparés de 5 minutes de récupération.

Nous suivrons au cours de ces phases l'évolution de deux groupes différents, un groupe ISO qui effectuera les deux tests, ce groupe aura une programmation de 10 minutes d'exercices isométriques (Verkhoshanski (2009)), en supplémentation de chaque séance de musculation. Pour terminer, un groupe RSH-VHL qui effectuera les deux tests également et qui aura une programmation de 10 minutes de répétition de sprint en hypoventilation volontaire (Fornasier-Santos *et coll.*, (2018)), en supplémentation de chaque séance terrain. Chaque groupe suivra un échauffement de 10 minutes, tout se déroulera sur le même terrain en herbe et à la même heure. Les séances seront entrecoupées d'une période de récupération au minimum de 48h entre elles.

4.1.1. Groupes et caractéristiques

Pour l'application de ce protocole de mémoire, le staff a laissé à disposition dix joueurs qui étaient hors-groupe et qui n'avaient pas été retenus pour le match de ce week-end-là. Ayant eu le besoin de créer deux groupes distincts de cinq joueurs, nous avons procédé à un tirage au sort afin que l'attribution groupe ISO et groupe RSH-VHL soit faite de manière randomisée.

	Groupe ISO	Groupe RSH-VHL
Âge (ans)	28,6 ± 3	33,2 ± 5
Poids (kg)	92,2 ± 38	101,2 ± 45
Taille (cm)	181,6 ± 10	178,6 ± 14

Tableau 2 : Caractéristiques moyenne de l'anthropométrie des deux groupes.

Avant de passer à l'étape suivante, il est important de prendre connaissance de la morphologie des joueurs participants au protocole, car cela peut avoir un impact positif ou négatif sur leur performance et/ou pour la moyenne de leur groupe, pour cela nous avons rassemblé les caractéristiques anthropométriques des deux groupes (Tableau 2). Le test mesurant le temps mis pour effectuer un sprint de 20m, il semblait pertinent de regarder leurs résultats aux tests de présaison sur les sprints de 10m et 30m (Tableau 3).

	Sprint 10m (s)	Sprint 30m (s)
<i>Groupe ISO</i>	1,75	4,29
<i>Groupe RSH-VHL</i>	1,79	4,42

Tableau 3 : Moyenne des performances de présaison en sprint sur 10 et 30 mètres.

4.1.2. Phases de test

La mise en place du test se déroulera après l'attribution de leurs groupes aux joueurs et l'explication du déroulement, précédé d'un échauffement standardisé de 10 minutes. Echauffement comprenant : mobilisation des articulation, étirements activo-dynamiques, étirements balistiques, un enchaînement de gammes athlétiques puis terminé par des accélérations et décélérations progressives. Les joueurs auront pour consigne de se placer en position mêlée contre le poteau de l'en-but, l'épaule opposée au côté de départ, et de pousser le plus fort possible en maintenant la tension durant 6 secondes. Une fois le temps écoulé, un signal est donné et ils devaient immédiatement sprinter le plus rapidement possible jusqu'au plot placé à 20m qui est l'endroit où j'arrête le chronomètre. Chaque joueur avait deux essais, espacés de 5 minutes de récupération, repos complet. Les tests se dérouleront avant et après la phase de programmation, cela se passera au niveau de la mer, en extérieur sur un terrain en herbe et à la même heure.

4.1.3. Phase de programmation

Dès le lendemain de la phase de test, nous avons attaqué avec les deux groupes la phase de programmation, avec un programme visant le renforcement de la force isométrique pour le groupe ISO, puis un programme simulant la fatigue et visant l'amélioration de la capacité à répéter des sprints pour le groupe RSH-VHL. Nous avons eu l'occasion d'intervenir deux fois par semaine durant trois semaines pour les deux groupes, ce qui consistait pour chacun

d'entre eux à une supplémentation d'entraînement allant de 10 à 15 minutes. Pour le groupe ISO, les entraînements étaient basés sur trois exercices (Annexe 1) utilisant poids de corps et barre d'haltérophilie, les joueurs travaillaient en binômes. Enfin, pour le groupe RSH-VHL, c'était des répétitions de sprints à bas volume pulmonaire (Annexe 2), hypoventilation volontaire, la première semaine avec des courses rectilignes puis les deux semaines suivantes des sprints multidirectionnels en suivant des parcours tracés par des plots.

4.2. Matériels

Pour le bon déroulé de ce mémoire et l'application du protocole, il sera nécessaire d'avoir un décamètre, afin de mesurer précisément une distance en mètre et des plots pour signaler cette distance mesurée précédemment. Il nous aurait été nécessaire pour les sprints des cellules de vitesse, qui est un système automatique de chronométrage mais malheureusement celles-ci étaient indisponibles, nous allons par conséquent effectuer le test au chronomètre même si cela est moins précis.

4.3. Traitement statistique

Au cours de ce traitement statistique, nous effectuerons une comparaison entre le niveau de performance des joueurs en début et en fin de protocole. Le fait qu'il y ait deux groupes distincts avec des programmations différentes nous offrira également une comparaison inter-groupes. Durant le traitement statistique, les données quantitatives seront exprimées en moyenne et \pm écart type (EC), nous utiliserons une ANOVA à deux voies (temps x groupes, Annexe 3) dans le but de vérifier l'existence de différence significative avant/après et en inter-groupes. Un test post-hoc est effectué pour identifier les différences mises en évidence par l'Anova (test de Bonferroni). Afin de démontrer la force de l'effet calculé ici, nous allons évaluer la taille de l'effet à travers le D de Cohen (Annexe 3), 0,2 étant considéré comme faible, 0,5 moyen, 0,8 élevé, 1,20 très élevé et 2,00 immense. Afin de comparer les deux groupes entre eux et voir s'il y a des différences significatives de départ d'âge, de poids ou de taille, nous allons utiliser un test T de Student non apparié (Annexe 4). Nous utiliserons également un T de Student apparié dans le but d'évaluer l'effet temps pour les deux groupes, vérifier l'effet de la programmation (Annexe 5). Les valeurs sont considérées comme significatives lorsque $p < 0,05$, ces statistiques ont été réalisées avec Anastats et Excel.

Résultats

Le tableau 4 regroupe les valeurs des sprints relevées avant et après la période de programmation pour les deux conditions d'entraînement.

	ISO		RSH-VHL		Anova <i>p-value</i>		
	Avant	Après	Avant	Après	G	T	GxT
Sprint (s)	4,1±0,6 (3,4-4,9)	3,8±0,4* (3,3-4,3)	4,6±0,9 (4-6,1)	4,3±0,8* (3,7-5,6)	0,3	0,001*	0,7

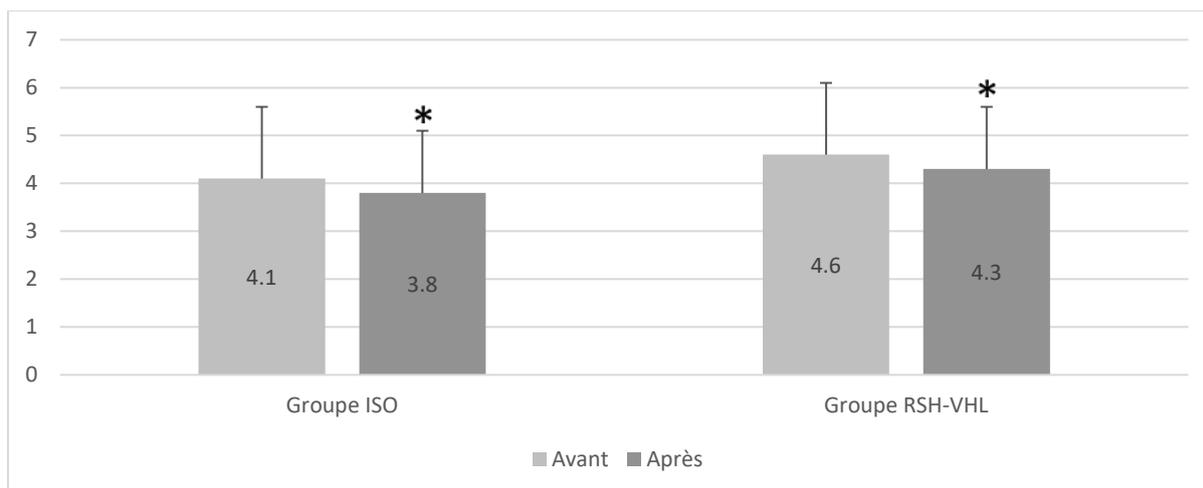
* : différence significative ; moyenne ± écart type ; (min-max) : résultat minimum et maximum ;

Tableau 4 : Data tests sprint avant/après groupes ISO et RSH-VHL.

Comme nous pouvons l'observer sur la figure 3, nous avons pu récolter les performances en sprint sur 20m des dix joueurs participants au protocole. L'analyse statistique nous révèle un effet temps mais aucun effet groupe, le groupe ISO améliore son temps de 8% ($p < 0,05$) tandis que le groupe RSH-VHL améliore ses performances de 7% ($p < 0,01$).

L'analyse de variance nous a appris qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes et entre les groupes dans le temps. En revanche, l'analyse des variances nous montre qu'il y a un effet temps significatif de 1% ($p < 0,05$, tableau 4). Dans le but de mesurer les différences mises en évidence par l'Anova, nous avons fait une analyse post-hoc avec la correction de Bonferroni (Annexe 3). Cette analyse post-hoc nous a montré que le p corrigé ($p_j = 0,002$) restait inférieur à $p < 0,05$, la différence est donc significative.

Dans le but de confirmer l'effet temps, nous avons utilisé le T de Student apparié (Annexe 5), mesurant l'effet dans le temps de la programmation en comparant les résultats obtenus des tests avant et après. Pour le groupe ISO, l'effet dans le temps confirme une différence significative ($p = 0,04$; significatif si $p < 0,05$), il en est de même pour le groupe RSH-VHL ($p = 0,004$).



* : différence significative vs avant ($p < 0,05$).

Figure 3 : Histogramme des temps moyens aux tests par groupe.

Dans le but d'avoir une vision de la force de l'effet de ces résultats, nous avons choisi de calculer la taille de l'effet grâce au D de Cohen (Annexe 3). La taille de l'effet calculé pour le groupe ISO est de 0,5 ce qui correspond à un effet moyen, tandis que la taille de l'effet est faible (D de Cohen = 0,3) pour le groupe RSH-VHL.

Avant d'achever cette partie résultats, il semblait crucial et pertinent de déterminer si ces écarts de résultats entre les deux groupes pouvaient s'expliquer par des différences physiologiques. Nous avons utilisé le T de Student non apparié (Annexe 4) afin de comparer l'âge, le poids et la taille des joueurs appartenant aux deux groupes, à partir des données du tableau 1. Aucune différence n'a été observée pour le poids ($p = 0,42$) et la taille ($p = 0,33$). En revanche, le groupe RSH-VHL est plus âgé que le groupe ISO ($p < 0,05$).

Le rugby étant un sport avec des différences de poste importantes comme expliqué plus haut, il me semble nécessaire de préciser qu'il y avait dans le groupe RSH-VHL deux piliers pour trois trois-quarts. En comparaison, le groupe ISO ne possède qu'un seul avant et c'est une 3ème ligne. Les groupes ayant été faits de manière randomisée, cela n'était pas volontaire mais bien le fruit du hasard.

Discussion

L'objectif de ce travail était de comparer l'effet de deux modalités d'entraînement sur la capacité de sprint après un effort isométrique. Nos résultats montrent qu'il existait une amélioration significative, pour les deux groupes, du temps de sprint après un effort isométrique maximal. D'après mes recherches et mes connaissances, ce mémoire est la première étude à s'intéresser à la capacité à effectuer un sprint à intensité maximale après un effort isométrique, sur une population de rugbymen professionnels.

Pour commencer, nous allons nous intéresser à la méthode de répétition de sprints en hypoventilation, bas volume pulmonaire sans activer les muscles expirateurs. Dans l'étude de Fornasier-Santos *et coll.*, (2018), leur protocole teste le temps mis en sprint sur 40m par ses sujets deux fois, puis un second test sur des répétitions de sprint sur 40m avec départ toutes les 30 secondes jusqu'à épuisement est effectué. Ils n'ont observé aucune différence significative pour la vitesse référence entre les groupes et avant/après, en revanche il y a eu une amélioration significative sur le nombre de sprints réalisés sur le test de répétition de sprint pour le groupe RSH-VHL. Ils ont pu observer une augmentation de la vitesse moyenne, chez le groupe RSH-VHL en avant/après tandis qu'il n'y avait pas de différence dans le groupe faisant des répétitions de sprints en condition normale (RSN). De même, Brocherie *et coll.*, (2022) réunissant pour leur protocole de cinq semaines 35 jeunes hockeyeurs de très haut-niveau et les séparant en deux groupes, RSH-VHL et RSN, en dehors de la glace sur un test de Repeated-sprint agility (RSA) (12x40m sprint maximal avec départ toutes les 30''). Ils n'ont perçu aucune différence avant/après pour la vitesse référence, meilleure temps des sprints, durant leur test à vitesse maximale, et ce pour les deux groupes. En revanche, la vitesse moyenne au test était plus grande pour le groupe RSH-VHL et la diminution de la vitesse plus basse contrairement au RSN. Ils ont conclu ces cinq semaines de programmation par une amélioration significative (4%) de la performance des RSH-VHL sur le test RSA hors glace. En comparaison à notre test RSA créé à l'occasion de ce protocole, n'ayant pas eu accès à des cellules de sprint et par conséquent relevant les temps à partir d'un chronomètre à main, nous avons choisi de se baser sur les résultats sur sprint, à 10 et 30 mètres, des sujets récoltés au préalable puis de créer un protocole de test comprenant un effort isométrique maximal avec un sprint d'intensité maximale sur 20 mètres avec départ toutes les 40 secondes. Le fait

de relever les vitesses maximales, références et moyennes afin de compléter nos datas paraît un choix intéressant et pertinent. Ces éléments suggèrent également que l'entraînement en hypoventilation volontaire est une stratégie permettant d'améliorer la capacité à répéter des sprints plutôt que le développement de la vitesse maximale.

Il existe également une différence de population entre nos sujets, ils ont travaillé sur un public espoirs -21ans non professionnel mais de haut-niveau, alors que nous étions sur un public adulte semi-professionnel de haut-niveau. Leur protocole s'étendait sur quatre semaines sans compter les phases de tests, alors que notre protocole durait trois semaines en comprenant les tests. Ceci aurait pu limiter certaines adaptations physiologiques chez nos sujets de notre groupe RSH-VHL, en comparaison des résultats probants obtenus par Fornasier-Santos *et coll.*, (2018) dans leur groupe RSH-VHL. Nous étant basé sur une programmation d'entraînement utilisant des répétitions de sprint en hypoventilation volontaire, nous avons mis en place des répétitions de sprints sur 40 mètres à bas volume pulmonaire en bloquant sa respiration avec départ toutes les 40 secondes.

Comme nous avons pu le voir, le modèle de programmation utilisant les RSH-VHL semble être étudié et utilisé dans des sports collectifs, mais il l'est également dans des sports individuels ainsi que dans des milieux différents. Dans son étude, Woorons *et coll.*, (2019) placent leur protocole sur 18 cyclistes très entraînés autour d'un RSA sur un test wingate, cherchant à comparer un groupe RSH-VHL avec un groupe RSN. A la suite des trois semaines de programmation, ils ont pu conclure que le groupe RSH-VHL avait amélioré sa puissance déployée durant le test wingate, ainsi qu'une augmentation significative de la VO_2 enregistrée contrairement au groupe RSN. Également, Trincat *et coll.*, (2017) rassemblent 16 nageurs niveau compétition séparés en deux groupes RSH-VHL et RSN, ils vont les tester sur un RSA comprenant 25 mètres de nage en sprint maximal avec 35 secondes de récupération, répété jusqu'à épuisement. A travers ce test et cette programmation, ils ont découvert que le groupe RSH-VHL avait augmenté de manière significative son nombre de sprints au cours du test, ainsi que la concentration maximale en lactate sanguin tandis que le groupe RSN n'a vu aucun changement. Ils ont établi une forte corrélation entre l'augmentation de sprint et celle du lactate sanguin. Nous avons vu ici que l'utilisation des RSH-VHL était aussi pertinent et efficace dans les sports individuels que collectifs mais aussi dans des milieux différents, dans l'eau ou en roulant. Le fait de mesurer les gaz expirés permettant d'évaluer la VO_2 , ainsi que le fait de

mesurer le lactate sanguin avant/après effort, sont des idées pertinentes dans le but de faire évoluer notre protocole ainsi que la précision des datas mesurées.

Ce que nous pouvons retenir de cette comparaison, c'est qu'il est possible que l'utilisation de ce protocole soit pertinente sur un public adulte étant professionnel ou semi-professionnel, plus que sur un public jeune et non professionnel. Il serait également intéressant de se pencher sur la question de la distance parcourue durant le test, 20 mètres ne laissant pas les sujets atteindre leur plateau de vitesse maximale et par conséquent ne mesurant que l'accélération après effort isométrique maximal, monter la distance à 40 mètres irait dans le sens de ce que l'on recherche.

Au sujet de la partie ayant pour thème la force isométrique, il convient d'être critique envers le choix, certes par défaut, d'effectuer l'effort en isométrie maximale contre un poteau d'en-but. Cela ne nous permet pas de mesurer si le joueur a bien une poussée maximale, ni de mesurer la force produite en Newton ou encore vérifier qu'il y a bien effort durant les 6 secondes. L'utilisation d'un simulateur de mêlée comme possède FFR ou simplement un joug à un poids donné, comme Lacome *et coll.*, (2013) durant leur étude sur la fatigue et la répétition d'efforts maximaux isométrique, semblerait pertinent. Leur protocole s'étalait sur cinq sessions séparées de deux jours minimums, leur test mesurait 12 poussées maximales de 5 secondes contre un simulateur de mêlée avec mesure avant et après effort du lactate sanguin et des gaz expirés. A la suite de ses tests sur les 11 joueurs retenus pour l'analyse finale, ils ont observé qu'il y avait des joueurs (5) dont le profil de force augmentait progressivement et que les autres avaient un profil irrégulier. Après traitement statistique, ils ont calculé que la force diminuait significativement à partir de 5-6 répétitions et qu'il existait une diminution significative de l'angle de poussée concomitante à la force sur le plan z. Cela suggère que la fatigue causée par le nombre de répétitions impacte directement la force déployée et la force angulaire, il paraît important de tenir compte de cela en évitant que le sujet entre dans cette dégradation de l'effort.

Pour aller plus loin, nous pouvons voir que Le Bozec *et coll.*, (1997) ont testés, chez 7 sujets masculins âgés de 25 à 45ans, leur poussée horizontale isométrique maximale sur 5 secondes en position assise. Ils ont pu analyser que « la force externe, les forces de réactions des composantes antéro-postérieures augmentent au cours de l'effort de poussée, alors que le centre de pression se déplace vers l'arrière, leurs variations instantanées sont en relation

linéaire. ». Ce qui leur a permis de conclure que l'utilisation de la force isométrique est liée aux phénomènes dynamiques qui, plus ils sont intenses, plus la valeur maximale de la force est grande. Après lecture de ceci, il paraît pertinent à l'avenir de tester la capacité à répéter les efforts isométriques maximaux ainsi que le positionnement durant la poussée isométrique qui paraît déterminant. Dubroeuq (1980) nous le démontre avec ses 9 sujets effectuant des poussées maximales sur différentes angulations des fléchisseurs de hanche (0°, 30°, 60°, 90°, 120°), obtenant différents résultats en fonction de l'angulation avec le même exercice et les mêmes conditions. Durant la phase de programmation, il aurait également été instructif et aurait permis un suivi de performance que de relever le tonnage que les sujets du groupe ISO étaient amenés à soulever. D'après ces différentes études, il paraît intéressant de rajouter une angulation mesurée au sein de notre protocole, ce qui éviterait des biais entre le protocole avant/après au niveau de la poussée.

Les deux séances que nous avons utilisé durant les trois semaines de programmation duraient environ 10 minutes, en s'étant basé sur la durée que conseillait Verkhoshanski (2009) pour l'efficacité du stato-dynamique, méthode également utilisée par Cometti (2005). A contrario, nous remarquons que Lacomme *et coll.*, (2013) utilisaient des durées de séances plus allongée, de 30 à 120 minutes, dans leur travail sur les efforts maximaux isométriques. Tandis que Miller (1997) recommande des efforts isométriques de 80-100% avec des contractions de 3 à 6 secondes, il explique que l'intensité de contraction doit rester la même du début à la fin de la séance. Il est possible que la durée des séances fût trop courte d'autant plus sur trois semaines de programmation, seulement, allonger la durée des séances nous aurait obligé à remplacer les séances de musculation quotidienne, ce qui veut dire sortir de la planification de l'équipe, pour y placer notre programmation et cela semble difficilement applicable.

Une limite de notre protocole, comme dans de nombreuses études citées dans la revue de littérature, concerne le poste des joueurs. Il aurait certainement été opportun de trier les joueurs par poste avant/trois-quarts mais également à partir des moyenne poids/taille/âge avant d'effectuer la randomisation des groupes, ce qui aurait permis de limiter les déséquilibres inter-groupes au niveau de l'âge et du poste que nous avons pu percevoir.

Conclusion et perspectives

Nous avons pu démontrer au cours de cette étude qu'il existe une différence significative dans le temps pour les deux modalités d'entraînement.

Au départ de ce mémoire, nous avons deux hypothèses liées à cette problématique, la première évoquait de manière hypothétique le fait que les deux groupes allaient voir leurs performances en sprint après un effort isométrique maximal s'améliorer, elle a été validée statistiquement par les résultats. La seconde hypothèse mettait en avant que le groupe ISO aurait des meilleurs résultats que le groupe RSH-VHL, ce qui a également été validé sans effet significatif et surtout avec un biais de composition de groupe.

Nous pouvons maintenant nous pencher sur nos perspectives proches, dans un premier temps j'ai pour souhait de continuer à pousser ce sujet dans les années à venir, sujet qui n'est malheureusement jamais abordé dans le rugby. Chercher à mesurer d'autres paramètres comme la force maximal isométrique, quantifier la charge de travail et y ajouter des échelles de perception de l'effort RPE à chaque séance serait selon moi un grand plus sur le sujet.

Il semble pertinent de souhaiter y inclure deux autres groupes, un groupe contrôle puis un groupe qui englobe les deux programmes ISO et RSH-VHL. Le but d'un préparateur physique étant avant tout d'améliorer la performance des joueurs sur le terrain, trouver le protocole qui est le plus efficace doit être une priorité.

D'un point de vue personnel pour conclure, ce fut un grand honneur et un réel plaisir que de traiter ce sujet, passer ces centaines d'heures sur les terrains m'a réellement enrichi professionnellement. J'ai apprécié travailler avec toutes les personnes au club du RCHCC, mon tuteur, les staffs, les joueurs et cette année m'a fait grandir dans mon métier ainsi qu'humainement. Je suis donc très heureux d'y poursuivre ma tâche de chargé de la réathlétisation la saison prochaine.

Bibliographie

Bath, R. (2015). *L'histoire du rugby*. Grund.

Billaut, F., Buchheit, M. (2013). Repeated-sprint performance and vastus lateralis oxygenation : effect of limited O₂ availability. *J. Med. & Sci. In Sports*, **23** :3, 185-193.

Brazier, J., Antrobus, M., Stebbings, G.K. (2018). Anthropometric and physiological characteristics of elite male rugby athletes. *J. Strength cond.*, **12**.

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. *J. Appl. Phys.*, **80**, 876-884.

Brocherie, F., Cantamessi, G., Millet, G.P., Woorons, X. (2022). Effects of repeated-sprint training in hypoxia induced by voluntary hypoventilation on performance during ice hockey off-season. *Int. J. of Sports Science & Coaching*, 1-7.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players : speed versus sprint interval training. *Int. J. Sports Physiologic Performance*, **5**, 152-164.

Buchheit, M., Ufland, P. (2011). Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *Eur. J. Appl. Phys.*, **111**, 293-301.

Cometti, G. (2005). Les méthodes de développements de la force. *Centre d'expertise de la performance*.

Croisier, J.L., Crielaard, J.M. (1999). Méthodes d'exploration de la force musculaire : une analyse critique. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, **42**, 311-322.

Counsilman, J. (1975). Hypoxic and other methods of training evaluated. *Swim. Tech*.

Cunningham, D.J., Shearer, D.A., Drawer, S., Pollard, B., Cook, C.J., Benett, M., Russell, M., Kilduff, L.P. (2018). *Relationships between physical qualities and key performance indicators during match-play in senior international rugby union players*. PLoS ONE 13.

Dardouri, W., Selmi, M.A., Sassi, R.H., Gharbi, Z., Rebhi, A., Yahmed, M.H., Moalla, W. (2014). Relationship between repeated sprint performance and both aerobic and anaerobic fitness. *J. Human Kinetics*, **40**.

Deutsch, M.U., Kearney, G.A., Rehrer, N.J. (1998). Lactate equilibrium and aerobic indices of elite rugby union players. *Med. Sci. Sports Exerc*.

Deutsch, M.U., Kearney, G.A., Rehrer, N.J. (2007). Time motion analysis of professional rugby union players during match play. *J. Sports Sci.*, **25**, 461-472.

Doutreloux, J.P., Tepe, P., Demont, M., Passelergue, P., Artigot, A. (2002). Exigences énergétiques estimées selon les postes de jeu en Rugby. *Science & Sport*, **17**, 189-194.

- Dubroeuq, S. (1980). Variations de la force isométrique des fléchisseurs de hanche. *Ann. Kinésithér.*, **7**, 145-153.
- Duthie, G., Pyne, D., Hooper, S. (2003). Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sport Med.*, **33**, 973-991.
- Duthie, G., Pyne, D., Hooper, S. (2005). Time motion analysis of 2001 and 2002 super 12 rugby. *J. Sports Sci.*, **23**, 523-530.
- Fornasier-Santos, C., Millet, G.P., Stridgeon, P., Brocherie, F., Nottin, S. (2018). *Entraînement, préparation physique et physiologie cardiovasculaire appliqués au rugby à XV*. Université d'Avignon.
- Gabbett, T.J., Kelly, J., Pezet, T. (2007). Relationship between physical fitness and playing ability in rugby league players. *J. Strength Cond.*, **8**.
- Gabbett, T.J., Jenkins, D.G., Abernethy, B. (2011). Relative importance of physiological, anthropometric and skill qualities to team selection in professional rugby league. *J. Sports Sci.*, **29**, 1453-1461.
- Gabbett, T.J. (2013). Quantifying the physical demands of collision sports : does microsensor technology measure what it claims to measure ? *J. Strength Cond. Res.*, **27**, 2319-2322.
- 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 Med.*, **44**, 269-279.
- Hettinger, T., Muller, E.A. (1953). Muscle capacity and muscle training. *Arbeitsphysiologie*, **15**, 111-126.
- Hughes, M., Eaves, S. (2003). Patterns of play of international rugby union teams before and after the introduction of professional status. *International journal of performance analysis in sport*, **3**, 103-111.
- Howell, D.C. (1998). *Méthodes statistiques en sciences humaines*. De Boeck Université, Paris. **820**.
- Lacome, M. (2013). *Analyse de la tâche et physiologie appliquée au rugby : étude de la fatigue associée à l'exercice maximal isométrique répété*. Physiologie Université de Lyon.
- Le Bozec, S., Goutal, L., Bouisset, S. (1997). Ajustements posturaux dynamiques associés au développement de forces isométriques chez des sujets assis. *Comptes rendus de l'académie des sciences*, **320**, 715-720.
- Maso, F., Cazorla, G., Godemet, M., Lac, G., Robert, A. (2002). Exigences physiologiques nécessaire à la pratique du rugby de haut niveau. *Science & Sport*, **17**, 297-301.
- Miller, C. (1997). *Développement des capacités musculaires*. Cahiers de l'INSEP. **21**, 47-84.
- Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *J. Appl. Physiology*, **111**, 1372-1379.

- Naclério, F., Larumbe-Zabala, E. (2017). Relative load prediction by velocity and the OMNI-RES 0-10 scale in parallel squat. *J. Strength cond.*, **31**, 1585-1591.
- Ortega, E., Villarejo, D., Palao, J.M. (2009). Differences in game statistics between winning and losing rugby teams in the six nations tournament. *J. Sports Sci. Med.*, **8**, 523-527.
- 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.
- Quarrie, K.L., Handcock, P., Toomey, M.J., Waller, A.E. (1996). The New Zealand rugby injury and performance project. *BRJ sport med*, **30**, 53-56.
- Quarrie, K.L., Wilson, B.D. (2000). Force production in the rugby union scrum. *J. Sports Sci.*, **18**, 237-246.
- Racinais, S., Bishop, D., Denis, R., Lattier, G., Mendez-Villaneuva, A., Perrey, S. (2007). Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Med. Sci. Sports Ex.*, **39** :2, 268-274.
- Reilly, T., Thomas, V. (1976). A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match play. *J. Human Mov. Studies*, **2**, 87-97.
- Ross, A., Gill, N., Cronin, J., Malcata, R. (2015). The relationship between physical characteristics and match performance in rugby seven. *Eur. J. Sports Sci.*, **15**, 565-571.
- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise : effect of recovery intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.* **103**, 545-552.
- Speranza, M.J.A., Gabbett, T.J., Greene, D.A., Johnston, R.D., Sheppard, J.M. (2017). Changes in rugby league tackling ability during a competitive season : the relationship with strength and power qualities. *J. Strength Cond. Res.*, **31**, 3311-3318.
- Sureau, F. Sci-sport. *Intermittent aérobie athlétique vs spécifique : Impacts sur la phase rapide de la récupération cardiaque lors d'efforts aérobie en Rugby à XV, Montpellier, 2011.*
<https://www.sci-sport.com/memoires/download/004.pdf>
- Tillin, N.A., Pain, M.T.G., Folland, J. (2013). Explosive force production during isometric squat correlates with athletic performance in rugby union players. *J. Sports Sci.*, **31**, 66-76.
- Trincat, L., Woorons, X., Millet, G.P. (2017). Repeated sprint training in hypoxia induced by voluntary hypoventilation in swimming. *Int. J. Sports Physiologic Performance*, **12**, 329-335.
- Verkhoshanski, Y. (2009). Supertraining. *MC Siff*, **6**.
- Vincent, J. (2007). *Les règles du Rugby 1845 et 1871*. Paris, Les quatre chemins.
- Woorons, X., Mollard, P., Pichon, A., Lamberto, C., Duvallet, A., Richalet, J.P. (2007). Moderate exercise in hypoxia induces a greater arterial desaturation in trained than untrained men. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, **17**, 431-436.

Woorons, X., Bourdillon, N., Vandewalle, H., Lamberto, C., Mollard, P., Richalet, J.P., Pichon, A. (2010). Exercise with hypoventilation induces lower muscle oxygenation and higher blood lactate concentration : role of hypoxia and hypercapnia. *Eur. J. Application Physiologic*, **110**, 367-377.

Woorons, X., Millet, G.P., Mucci, P. (2019). Physiological adaptations to repeated sprint training in hypoxia induced by voluntary hypoventilation at low lung volume. *Eur. J. Application Physiologic*, **119**, 1959-1970.

Zatsiorski, V.M. (1966). Les qualités physiques du sportif. *In traduction INSEP*.

Annexes

Annexe 1



Force isométrique

3 semaines :

Séance 1 :

Gainage ours statique avec résistance élastique :

- 3 séries de 30'' d'effort ; R= 30''



Fentes arrières barre en statique :

- 4 séries de 30'' d'effort à 70%RM ; R= 2'



Chaise lestée :

- 3 séries de 45'' d'effort lesté de 10kg ; R= 45''



Séance 2 :

Front squat statique à 90° :

- 4 séries de 20'' d'effort à 70%RM ; R= 1'30''



Poussée maximale sur joug :

- 3 séries de 30'' d'effort à 100% d'intensité ; R= 30''



Chaise lestée enchaîné par squat jump :

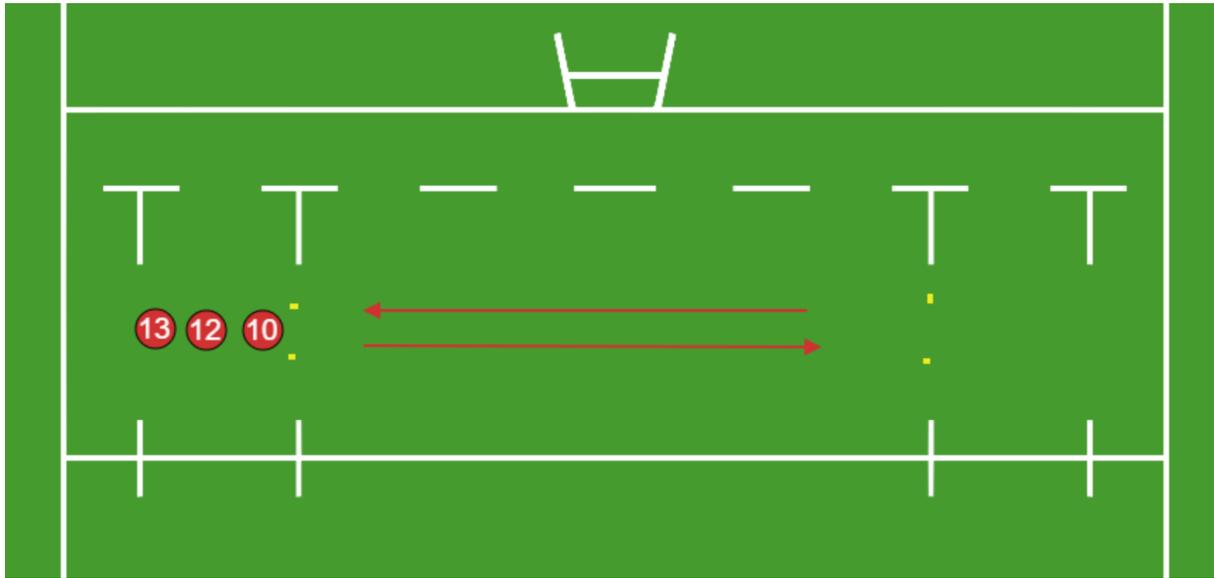
- 3 séries de 30'' de chaise enchaîné par 3 squat jump à 100% d'intensité ; R= 2'



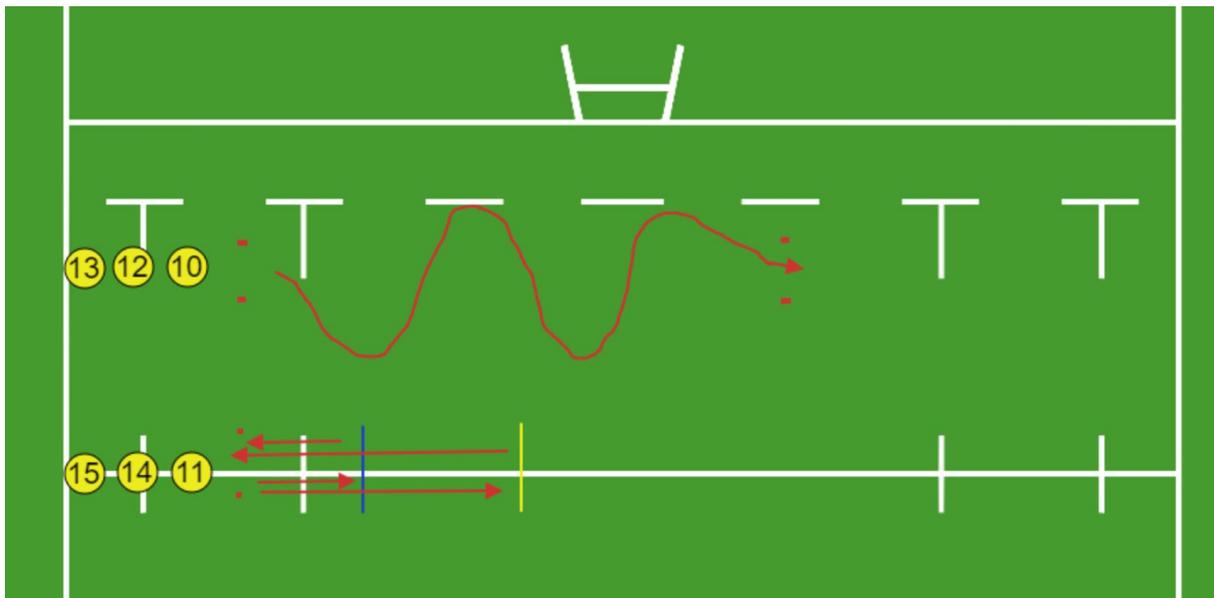
Adrien Coudraud

Préparateur Physique

Annexe 2



1^{ère} séance de répétitions de sprint en hypoventilation, fait sur rugbyslate animator.



2^{ème} et 3^{ème} séances de répétitions de sprint en hypoventilation, fait sur rugbyslate animator.

Annexe 3



Résultats de l'analyse de variance

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE

Sources	SCE	ddl	CM	F	F limite à 5%	F limite à 1%	p
Entre groupes	8.62	9	0.96				
Grpes indép	1.14	1	1.14	1.22	5.32	11.26	0.30218
Intra grpes	7.48	8	0.94				
Intra groupes	0.66	10					
Répétitions	0.51	1	0.51	27.10	5.32	11.26	0.00082
GrpesxRépét.	0.00	1	0.00	0.17	5.32	11.26	0.69401
Répet.x Sujets	0.15	8	0.02				

La différence entre groupes indépendants n'est pas significative

Le changement au cours des mesures est significatif à 1%

L'interaction Groupes x Répétitions n'est pas significative

Vérifier les conditions de validité de l'analyse



Vérifiez les conditions de validité

1. Homogénéité des variances

1.1. Homogénéité inter-groupes

F	F limite 95%
3.08	9.60

Les variances entre groupes ne sont pas trop hétérogènes

1.2. Homogénéité intra-groupes

F	F limite 95%
4.76	9.60

Les variances intra-groupes ne sont pas trop hétérogènes

Résultat de l'Anova à deux voies non appariées, fait sur Excel grâce à l'algorithme de Anastats.

$$ES = \sqrt{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} / SD_{control}$$

Effect size = $\sqrt{\text{moyenne 1} - \text{moyenne 2}} / \text{Ecart type contrôle}$

Seuil (en valeur absolue)	Interprétation
0,20	Faible
0,50	Moyen
0,80	Elevé
1,20	Très élevé
2,00	Immense

Equation de la taille de l'effet et tableau d'interprétation de la force de l'effet.

$$P'_j = m \times p$$

p-value corrigée = nombre de répétition \times p-value

Formule de la correction de Bonferroni (Dunn (1961))

Annexe 4

Test de Student de comparaison de deux groupes non appariés

Valeurs groupe 1	Valeurs groupe 2	Paramètres des séries observées	Groupe 1	Groupe 2	Résultat du test
113	117	Effectif =	5	5	p-value = 0.42966749
91	127	Moyenne =	92.2	101.2	
75	96	Ecart-type	13.55	20.04	
92	84	Coef. de variation =	14.7	19.8	
90	82	I.C. À 95%			
		limite inf =	65.6	61.9	
		limite sup =	118.8	140.5	

T de Student de comparaison des deux groupes sur le poids (kg).

Test de Student de comparaison de deux groupes non appariés

Valeurs groupe 1	Valeurs groupe 2	Paramètres des séries observées	Groupe 1	Groupe 2	Résultat du test
188	186	Effectif =	5	5	p-value = 0.336776
181	180	Moyenne =	181.6	178.6	
178	172	Ecart-type	3.78	5.37	
181	175	Coef. de variation =	2.1	3.0	
180	180	I.C. À 95%			
		limite inf =	174.2	168.1	
		limite sup =	189.0	189.1	

T de Student de comparaison des deux groupes sur la taille (cm).

Test de Student de comparaison de deux groupes non appariés

Valeurs groupe 1	Valeurs groupe 2	Paramètres des séries observées	Groupe 1	Groupe 2	Résultat du test
30	30	Effectif =	5	5	p-value = 0.00299977
28	33	Moyenne =	28.6	33.2	
30	35	Ecart-type	1.34	2.05	
27	33	Coef. de variation =	4.7	6.2	
28	35	I.C. À 95%			
		limite inf =	26.0	29.2	
		limite sup =	31.2	37.2	

T de Student de comparaison des deux groupes sur l'âge (ans).

Annexe 5

Valeurs groupe 1	Valeurs groupe 2	Paramètres des séries observées	Groupe 1	Groupe 2	Résultat du test
3.93	3.37	Effectif =	5	5	p-value = 0.03955385
3.96	3.8	Moyenne =	4.1	3.8	
4.3	4.08	Ecart-type =	0.56	0.42	
3.45	3.35	Coef. de variation =	13.6	11.2	
4.96	4.3	I.C. À 95%			
		limite inf =	3.02	2.95	
		limite sup =	5.22	4.61	

T de Student apparié groupe ISO

Valeurs groupe 1	Valeurs groupe 2	Paramètres des séries observées	Groupe 1	Groupe 2	Résultat du test
4.3	4.14	Effectif =	5	5	p-value = 0.00450918
6.15	5.68	Moyenne =	4.6	4.3	
4	3.75	Ecart-type =	0.89	0.79	
4.28	3.96	Coef. de variation =	19.4	18.5	
4.15	3.88	I.C. À 95%			
		limite inf =	2.84	2.73	
		limite sup =	6.32	5.84	

T de Student apparié groupe RSH-VHL

Résumé, mots-clés et compétences

Introduction : Le but de ce protocole sera d'évaluer un transfert entre un travail isométrique et un sprint ou une répétition de sprint pour que la programmation puisse apporter une amélioration des capacités des joueurs et que cela soit transposable sur le terrain en testant différentes modalités sur un groupe joueurs semi-professionnel de fédérale 1.

Méthode : La méthodologie que nous comptons appliquer durant ce mémoire comprendra trois phases différentes : 1^{ère} phase de test ; phase de programmation ; 2^{nde} phase de test. Le test de début de protocole et le test de fin, séparés de trois semaines, comprendront une phase d'effort isométrique s'approchant du 100%RM, enchaîné directement par un sprint de 20 mètres. Un groupe ISO qui aura une programmation de 10 minutes d'exercices isométriques. Un groupe RSH-VHL qui aura une programmation de 10 minutes de répétition de sprint en hypoxie induit par une hypoventilation volontaire.

Résultats : L'analyse statistique nous révèle un effet temps mais aucun effet groupe, le groupe ISO améliore son temps de 8% ($p < 0,05$) tandis que le groupe RSH-VHL améliore ses performances de 7% ($p < 0,01$). L'analyse des variances nous montre qu'il y a un effet temps significatif de 1% ($p < 0,05$). Le test post-hoc nous a montré que le p corrigé ($p_j = 0,002$) restait inférieur à $p < 0,05$, la différence est donc significative. La taille de l'effet calculé pour le groupe ISO est de 0,5 ce qui correspond à un effet moyen, tandis que la taille de l'effet est faible (D de Cohen = 0,3) pour le groupe RSH-VHL.

Conclusion Nous avons pu démontrer au cours de cette étude qu'il existe une différence significative dans le temps pour les deux modalités d'entraînement. La première hypothèse était que les deux groupes allaient voir leurs performances en sprint après un effort isométrique maximal s'améliorer. La seconde hypothèse mettait en avant que le groupe ISO aurait des meilleurs résultats que le groupe RSH-VHL. Les deux hypothèses ont été validées malgré un biais de composition de groupe.

Mots-clés : Rugby à XV ; Répétitions de sprints en hypoxie ; Isométrie ; Optimisation de la performance.

Compétences : Mettre en place un protocole, amélioration de la performance, coopération entre staff technique et staff médical, recherche dans les sciences du sport.

Abstract, keywords and professional skills

Introduction: The purpose of this protocol will be to evaluate a transfer between an isometric work and a sprint or a sprint repetition so that the programming can bring an improvement in the players' abilities and that this can be transposed to the field by testing different programming on a semi-professional group of federal one player.

Method: The methodology we intend to apply during this thesis will include three distinct phases: first test phase; programming phase; second test phase. The protocol starts test and the end test, separated by three weeks, will include an isometric effort phase approaching 100%RM, directly followed by a 20-meter sprint. An ISO group that will have a programming of 10 minutes of isometric exercises. An RSH-VHL group that will have a 10-minute schedule of sprint repetition in hypoxia induced by voluntary hypoventilation.

Results: The analysis of variance taught us that the difference between the groups was not significant, as was the difference between the groups over time. On the other hand, the analysis of variances tells us that there is a considerable time effect (1%) ($p < 0.05$) during the measurements, that is, between the test before and after there was a significant improvement for both groups. For the ISO group, the effect in time demonstrates a significant difference ($p = 0.04$; significant if $p < 0.05$), it is the same for the RSH-VHL group ($p = 0.004$) which demonstrates a difference before / after and that there is indeed a time effect.

Conclusion: We were able to demonstrate during this study that there is a significant difference in time for the two groups, which implies an improvement before/after. Following statistical processing, we pointed out that there was a significant difference between the two groups in the age of the subjects.

Keywords: Rugby union; Repetitions of sprints in hypoxia; Isometry; Performance optimization.

Professional Skills: Set up a protocol, improve performance, cooperation between technical and medical staff.