



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER

Master 1 Professionnel
Mention : Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive
Parcours : Sciences et Techniques de l'Entraînement Physique

**Les effets de divers entraînements en développé couché sur la
vitesse de tir au handball**

Corentin PIC

Pôle Espoir Occitanie de handball
Montpellier Handball
Tuteur de stage : TEYSSIER Patrick



Année universitaire 2020-2021

Table des matières

I Introduction.....	2
II Matériel et méthodes.....	7
a) Les participants.....	7
b) Le protocole d'entraînement	7
c) Les tests	8
d) Les protocoles d'entraînement pour chaque groupe	10
e) Traitement statistique	12
III Résultats	14
IV Discussion.....	17
V Conclusion	18
VI Applications pratiques.....	18
VII Bibliographie	19

I Introduction

Le handball est un sport collectif dans lequel deux équipes de 7 joueurs s'affrontent. Les deux équipes se disputent un ballon, qu'ils doivent envoyer dans une cible (le but) protégée par une ligne défensive, et une zone à laquelle seul le gardien peut accéder. Le handball est un sport qui requiert de nombreuses qualités physiques (la force, la puissance, la vitesse ou encore l'endurance).

Un match de handball est composé de deux périodes de 30 minutes de jeu, au cours desquelles les joueurs alternent entre des phases d'attaques placées, de contre-attaques et des phases défensives. Toutes ces actions ne se font pas à la même intensité. En 2020, des chercheurs ont quantifié les différences d'effort entre ces différentes phases de jeu (Manchado *et al.*, 2020). Leurs résultats ont montré que les distances moyennes parcourues par les différents postes étaient similaires : 1388 m +/- 2627 m pour l'attaque et 1305 m +/- 5059 m pour la défense. Ces distances sont parcourues en moyenne en 15 min 41 sec pour les phases d'attaques et en 15 min 24 sec pour les phases de défense. Cependant, lorsque Manchado et collaborateurs ont normalisé le temps passé sur le terrain par la distance couverte par le joueur, ils ont trouvé des différences significatives pour les phases de défense par rapport aux phases d'attaques. Les joueurs marchent 20% de plus en défense que pendant les phases d'attaques. C'est également en défense qu'ils effectuent le plus de course à haute intensité (+25,2%). Au contraire, les phases de jogging sont 29,6% supérieures lors des phases d'attaques comparativement aux phases de défense. Ces différences s'expliquent par le fait que c'est l'équipe en attaque qui dicte les actions des défenseurs. En effet, les attaquants cherchent à déplacer les défenseurs afin de créer une zone d'accès à la cible pour marquer un but dans les meilleures conditions possibles. Pour cela, les attaquants effectuent des courses plus longues mais de plus faibles intensité, là où les défenseurs doivent moins se déplacer mais en moins de temps pour venir bloquer l'attaquant adverse.

Les différences ne se limitent pas simplement aux distances à parcourir entre les deux phases de jeu. En effet, dans cette même étude Manchado et collaborateurs (2020) ont montré qu'il existait même des différences dans chacune de ces phases de jeu en fonction du poste. Offensivement, les ailiers réalisent plus de course à haute intensité que les autres postes de jeu. Pour la défense, on peut voir une grande différence entre les n°3 bas (*Center Back*) qui réalisent le plus de distance à faible intensité contrairement au n°3 haut (*Front Center Back*) qui couvre le plus de distance à haute intensité.

Les différences entre les postes ne s'arrêtent pas aux déplacements des joueurs. En effet, dans leur méta-analyse, Karcher et Buchheit (2014) montrent une différence sur le nombre de tirs effectués par match en fonction des postes (Demi-centre 7,4 tirs/match/joueur ; Arrière 9,9 tirs/match/joueur ; Pivots 5,2 tirs/match/joueur ; Ailiers 5,5 tirs/match/joueur). Toujours selon cette méta-analyse, un joueur effectue en moyenne 7,13 tirs/match si on ne prend pas en compte son poste de jeu. En 2015, Michalsik et Aagaard ont mis en relation le nombre de tirs dans un match avec le pourcentage de chance de marquer un but. Ils ont trouvé que 45% des tirs effectués au cours d'un match amènent à un but. Les actions de tirs et leurs chances de réussite influencent grandement le résultat final d'un match de handball. En effet, lors d'un match, c'est l'équipe qui marque plus de buts que son adversaire qui remporte le match. Ces données de réussite au tir sont à mettre en relation avec les données anthropométriques des joueurs de handball ainsi que la taille du terrain. Lorsqu'une équipe est en défense, elle se regroupe dans sa moitié de terrain (un carré de 20 m de côté avec une zone de 6 m autour des cages dans laquelle aucun joueur ne peut pénétrer hormis le gardien de but). Les attaquants qui ont pour objectif de marquer un but sont contraints de manipuler et de déplacer les défenseurs afin d'accéder à la zone de but entre deux défenseurs, ou bien de tirer par-dessus la ligne défensive. Mais à haut-niveau, les espaces entre deux défenseurs sont restreints. Effectivement, si l'on regarde l'étude de Schwesig et collaborateurs (2017), le profil moyen du joueur de handball en 1^{ère} division allemande est de 96,6 kg pour 1,92 m. Chez les jeunes : même constat, les joueurs sont de grande taille. Dans l'étude de Aloui et collaborateurs (2019) sur des jeunes handballeurs de 18 ans, le profil moyen des joueurs est de 81,1 kg pour 1,82 m. Cela se traduit sur le terrain et dans le jeu par moins d'espace entre les défenseurs et favorise les tirs de plus loin en extension au-dessus de la défense. Dans ces situations, les joueurs sont loin du but (au-delà de 9 m) et doivent parvenir à tromper le gardien de but. Plus leur vitesse de tir sera importante, moins le gardien aura le temps de réagir pour stopper le ballon.

Dans cette étude nous allons nous intéresser aux tirs et à leur vitesse. Tout d'abord on va analyser biomécaniquement le geste de tir au handball. Cette action peut se décomposer en quatre phases. La phase d'élan qui va préparer et organiser le joueur à son action de tir. Au handball elle est de 3 pas maximum à partir du moment où le joueur réceptionne le ballon. Vient ensuite la phase d'armer durant laquelle le bras et le ballon vont s'élever au-dessus de la tête et passer à l'arrière du corps. Durant cette phase, on peut voir une rotation du tronc et des épaules, une abduction et une rotation externe de l'humérus. La troisième phase est la phase de tir qui consiste à propulser le ballon vers l'avant. Elle réalise le mouvement inverse de la phase

d'armer, c'est-à-dire une rotation inverse du buste et des épaules, une adduction du bras et une rotation interne de l'humérus. Puis, on peut observer une flexion suivie d'une extension de l'avant-bras. Juste avant la propulsion de la balle, on peut voir une flexion du poignet pour accompagner la balle. Le mouvement se finit par une phase de décélération du bras qui intervient dès que le joueur lâche la balle.



Figure 1 : Kinogramme du geste de tir au handball

Sur le plan musculaire, nous pouvons identifier une activation des muscles abdominaux, lombaires et les différents muscles autour de l'articulation acromio-scapulaire. Lors de la phase d'armer, la rotation externe d'épaule est réalisée par le sous-épineux, le petit rond et le deltoïde. L'abduction et la rotation externe du bras sont guidées par l'action du grand dorsal, du deltoïde, du sus-épineux qui permettent d'amener le bras vers l'arrière. Dans le même temps, le trapèze, l'angulaire, le grand dentelé et le rhomboïde viennent fixer la scapula (sonnette interne) vers la colonne vertébrale afin d'optimiser le geste. Pour la phase de tir, la rotation interne de l'humérus est guidée par l'action du grand rond et du trapèze. En même temps, le bras est ramené vers l'avant par le grand pectoral et le deltoïde antérieur. La flexion de l'avant-bras est induite par l'action du biceps brachial, du brachial antérieur et du long supinateur. L'extension de l'avant-bras est quant à elle réalisée par le triceps brachial. Pour ce qui est de la flexion du poignet, elle est induite par l'activation du grand palmaire, des fléchisseurs des doigts et du poignet.

En effet c'est la succession des différentes phases du tir qui le rendent efficace, rapide et précis. Le tireur doit donc avoir une bonne coordination sur ce geste de tir afin d'être capable, en situation de match, de le reproduire de nombreuses fois dans les meilleures conditions possibles. Dans cette étude, les sujets sont des joueurs du pôle espoir Occitanie de Handball. Ils ont tous de nombreuses années de pratique derrière eux. Leur technique de tir peut donc être considérée comme automatisée et leur mouvement reproductible sans grande différence.

Maintenant que nous avons étudié la cinématique du tir au handball, nous pouvons nous intéresser à la vitesse du tir et plus précisément à la vitesse de la balle. Celle-ci résulte essentiellement de la force générée par les muscles mis en action dans le mouvement. En effet, l'étude de Marques et collaborateurs (2007) a montré une relation importante entre la vitesse de projection et la force maximale du haut du corps. En 2004, Van den Tillaar et Ettema ont montré que 67% de la vitesse de tir est expliqué par la somme de la vitesse d'extension du coude et de la rotation interne de l'épaule. Afin d'obtenir une vitesse de tir la plus élevée possible, il convient de réaliser une séquence de mouvement suivant une logique proximo-distale (Jöris *et al.*, 1985). En effet, on retrouve cette coordination motrice dans de nombreuses activités de lancer au-dessus de l'épaule tel que le baseball, le javelot. Selon cette approche proximo-distale cela voudrait dire que les segments les plus proches du tronc seraient mobilisés en premier avant les segments distaux. L'étude de Fradet et collaborateurs (2004) remet en cause cette théorie du recrutement proximo-distale lors du tir au handball. Cette étude a mis en évidence que la vitesse linéaire maximale de l'épaule survient après la vitesse linéaire maximale du coude. En effet, comparativement aux autres sports, le handballeur, lors de son tir doit faire face à des adversaires qu'il doit contourner pour marquer un but. Cela l'oblige à adapter son geste sur chacune des situations de jeu. La règle du recrutement proximo-distale n'est donc pas toujours observée lors des tirs au handball.

Le tir au handball peut prendre plusieurs formes : il peut être réalisé à l'arrêt, les appuis ancrés dans le sol ou bien lancé. En effet, les règles autorisent 3 pas maximum balle en main. Ortega-Becerra et collaborateurs (2018) ont montré que l'entraînement en force amène à une augmentation de la vitesse de tir au handball. Et ce, peu importe que l'entraînement en force soit réalisé sur les membres inférieurs ou supérieurs. Cela peut s'expliquer par l'élan pris avant le lancer, ainsi que par le transfert de force entre les membres inférieurs et supérieurs lors de l'action de tir. Selon ces auteurs, il est donc important d'intégrer des programmes de force dans l'entraînement des jeunes joueurs de handball. Aloui et coll. (2019) ont mis en place un protocole d'entraînement avec bandes élastiques sur le haut du corps afin d'observer ces effets sur la vitesse de lancer. Leurs résultats ont montré une amélioration plus importante de la puissance pic lors du lancer, de la force sur le 1RM au développé couché ainsi qu'une amélioration de la vitesse de tir que ce soit en mouvement ou en statique. Ils concluent alors qu'un entraînement en force et en puissance sur le haut du corps permet d'augmenter la vitesse de shoot. Marques et coll. (2007) ont étudié la relation entre la force, la puissance musculaire et la vitesse de tir. Leurs résultats n'ont pas montré de corrélation significative entre la vitesse

du ballon et la force maximale sur le développé couché. La corrélation entre le 1RM sur le développé couché et la vitesse de tir est de $r = 0.64$. Cependant, dans leur étude, ils ont uniquement testé la phase concentrique du développé couché. Ce protocole peut être questionné, car il ne fait pas intervenir le cycle-étirement détente, alors que le tir au handball est un mouvement qui sollicite l'énergie élastique des muscles. On peut donc se questionner sur l'efficacité du développé couché sur la vitesse de tir en utilisant le mouvement complet : excentrique et concentrique. En effet le développé couché est un mouvement durant lequel les muscles actifs sont similaires aux muscles actifs lors de la phase de lancée. Rodríguez-Ridao et coll. (2020) ont montré l'activation du grand pectoral, du deltoïde antérieur et de la tête médiale du triceps brachial lors du mouvement de développé couché. Enfin, l'étude de Hermassi et coll. (2015) nous montre qu'un entraînement en puissance à l'aide de lancés de *medecine ball* permet d'augmenter la vitesse de tir.

Après cette revue de littérature, on peut donc se questionner sur les effets de divers entraînements en développé couché sur la vitesse de tir au handball. Le but de l'étude est de déterminer quelle forme de travail sur le développé couché pourrait être la plus efficace dans le développement de la vitesse de tir chez les handballeurs.

Pour cela, 15 joueurs du pôle espoir de handball ont été répartis en deux groupes expérimentaux : groupe force (GF) et groupe puissance (GP). Chacun des 2 groupes ont réalisé 2 séances de développé couché par semaine sur le mouvement complet.

Nous avons donc voulu déterminer si (1) l'entraînement en développé couché entraîne une amélioration de la vitesse de tir au handball ; et si (2) les deux groupes d'entraînement auront des gains similaires en vitesse de tir.

II Matériel et méthodes

a) Les participants

Cette étude a été réalisée sur les joueurs du pôle espoir handball Occitanie antenne de Montpellier. L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet de l'entraînement en développé couché sur la vitesse de tir dans la discipline. Au départ, 23 joueurs ont pris part à ce protocole d'entraînement. Cependant, à la suite de blessures ou suite à des changements de groupe d'entraînement seulement 15 joueurs ont réalisé l'ensemble du protocole. Sur ces 15 joueurs, il y a 2 gardiens de but et 13 joueurs de champs. Tous ne sont pas de la même génération. En effet les plus jeunes sont de 2006 et les plus âgés de 2004. L'âge moyen des joueurs est de 15,4 (+/- 0,65) ans. Pour ce qui est des caractéristiques morphologiques, les sujets mesurent en moyenne 182,00 (+/-5,99) cm et pèsent en moyenne 75,2 (+/- 8,33) kg. Les 15 sujets ont été répartis en deux groupes à la suite des pré-tests, le groupe force étant composé de 7 sujets et le groupe puissance de 8 sujets.

Descriptives				
	Groupe	Age	Taille	Poids
N	Puissance	8	8	8
	Force	7	7	7
Mean	Puissance	15.4	179	71.0
	Force	15.4	185	80.1
Median	Puissance	15.5	181	72.6
	Force	15.4	184	83.4
Standard deviation	Puissance	0.742	6.49	4.99
	Force	0.591	3.17	9.03

Tableau n°1 : Caractéristiques des groupes d'entraînement

b) Le protocole d'entraînement

Le protocole d'entraînement (Figure 2) devait durer 6 semaines, la première et la dernière semaine étaient réservées pour les tests d'évaluation. Le protocole d'entraînement en développé couché devait lui durer 4 semaines. Mais avec la pandémie du covid-19 et le calendrier de l'équipe professionnelle le protocole a dû être raccourci d'une semaine. Il y a donc eu que 3 semaines d'entraînement en développé couché.

Tout au long du protocole, les joueurs ont eu 2 séances par semaine de développé couché : une le mardi et l'autre le jeudi. Le protocole était intégré dans les séances de musculation du groupe. En effet, au cours du protocole les joueurs ont continué à s'entraîner normalement que ce soit pour les séances de handball ou de développement des qualités physiques.

Depuis le début de la saison, un travail technique sur le mouvement du développé couché a été réalisé. Les joueurs ont donc commencé le protocole en maîtrisant le mouvement.

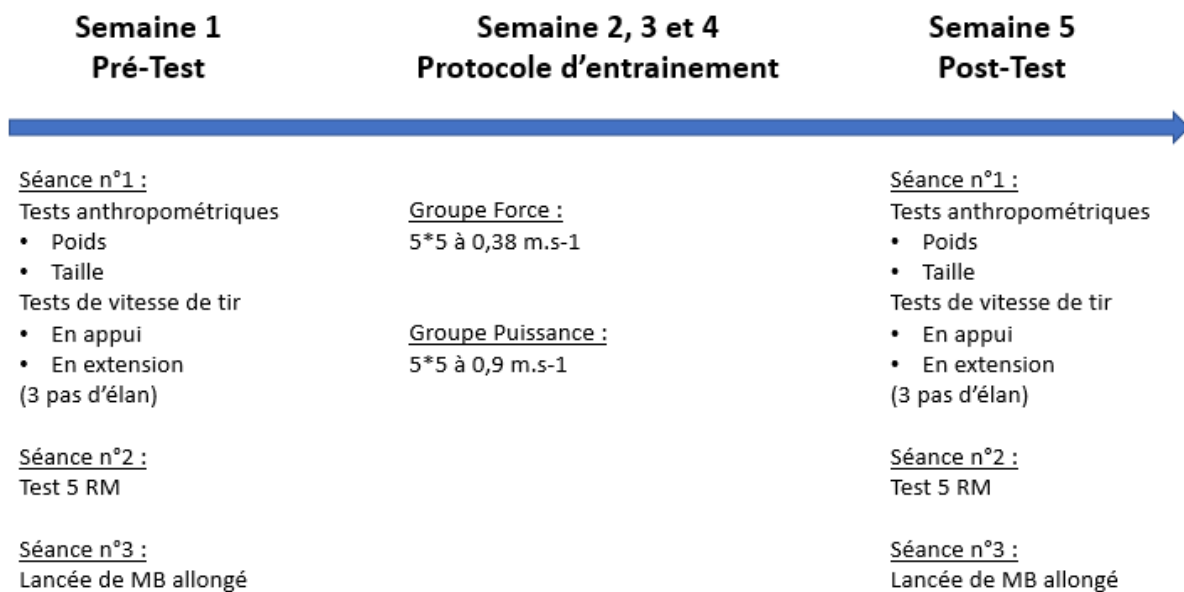


Figure 2 : Schéma du protocole d'entraînement

c) Les tests

Les tests ont eu lieu lors des semaines 1 et 5. Le but était d'évaluer les joueurs afin de pouvoir observer l'évolution des performances au cours du protocole. Au total 3 types de tests ont été mis en place sur les jeunes joueurs : des tests de vitesse de tir, des tests de force et de puissance.

Evaluation de la vitesse de tir

Les vitesses de tir ont été évaluées sous deux modalités. La première consistait à réaliser un tir effectué à 7 m des cages à l'arrêt et le second était un tir après 3 pas d'élan. En effet, au handball les règles permettent de se déplacer de 3 pas maximum ballon en main. Ce qui amène de nombreuses situations de tirs en mouvement après ces 3 pas.

- Le tir à 7 m est effectué en position debout selon les règles fixées par le code de l'arbitrage (ici la règle n°14). Le joueur doit se trouver derrière la ligne de 7 m situé face

à la cage, le pied opposé au bras tireur en avant, ne devant pas bouger lors du tir. Le second lui peut être déplacé mais ne peut pas franchir la ligne de 7 m.

- Pour le second tir, les joueurs pouvaient se lancer sur 3 pas régulier avant de tirer au-delà de la ligne pointillée des 9 m. Les deux pieds devaient être en contact avec le sol lors du tir.

Ces deux tests ont été validés par Rios et coll. (2020). Selon cette étude les deux modalités d'évaluation de la performance sur le tir au handball ont une bonne fiabilité. Les vitesses de tir ont été collectées à l'aide du radar Stalker Pro II (Applied Concepts, Dallas, USA). Les performances ont été mesurées en kilomètre par heure (Km/h). Le radar était placé derrière les cages. Les joueurs avaient pour consigne de tirer le plus fort possible en direction du radar pour avoir le signal de vitesse le plus précis possible. Les tirs hors cadres n'ont pas été pris en compte pour limiter les erreurs dans les vitesses de tir. Au total, pour les deux modalités de tir les joueurs ont eu 3 tentatives pour réaliser le tir le plus rapide possible. Le temps de récupération entre les tentatives était de 2 minutes.

Evaluation de la force sur le développé couché

Lors de la seconde session de test, nous avons évalué les joueurs participants à l'étude sur un test de force sur le mouvement de développé couché. Les joueurs de l'étude étant de jeunes joueurs, nous avons donc choisi d'évaluer la force sur un test de 5RM qui nous permet ensuite par extrapolation d'obtenir le 1RM. Pour extrapoler le 1RM, nous avons utilisé la formule de Mayhew et coll. (1992) : $1RM = Charge / (0.522 + 0.419 e^{-0.055 * (\text{Nombre de répétition})})$. En effet, dans l'étude de LeSuer et coll. (1997), il a été montré qu'en comparaison avec 6 autres formules de prédiction celle-ci ne présentait pas de différence significative entre la charge réellement soulevée lors du test de 1RM et la prédiction faite avec la formule.

Nous avons réalisé ce test sur des bancs de développé couché. Nous avons utilisé des barres de 20 kg et des disques permettant une incrémentation de la charge tous les 2,5 kg. Pour assurer la sécurité des participants chaque série a été réalisée avec un pareur.

Le protocole de montée en charge était le même pour tous les participants. Il était constitué de 5 séries allant de 50% de la RM jusqu'à 85% (Tableau n°2). Il en découle une à deux séries d'ajustement en fonction du potentiel du sportif.

Série	Réps	Intensité	Tempo	Récupération
1	10	50% RM	20X0	90
2	8	60% RM	20X0	90
3	6	70% RM	20X0	120
4	5	80% RM	20X0	180
5	5	85% RM	20X0	180
6	5	Ajustement en fonction des sensations	20X0	180

Tableau n°2 : Protocole de recherche du 5RM.

Evaluation de la puissance de lancée

Afin d'évaluer la puissance des membres supérieurs nous avons réalisé un test de lancer de *medecine ball* de 3 kg. Selon l'étude de Rivilla-García et coll. (2011) il y a une forte corrélation entre les tests de lancer de *medecine ball* et les performances de vitesse de lancer. Cependant pour des *medecine ball* de 3 kg la corrélation est plus faible.

Dans notre étude nous avons réalisé un test de lancer de médecine-ball au-dessus de la tête avec les pieds décalés. Ce type de test permet une évaluation indirecte de la puissance des membres supérieurs. En effet, nous ne mesurons pas directement la puissance mais une distance de lancer.

Chaque joueur avait 3 tentatives pour envoyer le ballon le plus loin possible. La distance était prise entre la ligne de lancer et l'endroit du rebond sur le sol du ballon. La distance était ensuite mesurée à l'aide d'un mètre en centimètre (cm).

d) Les protocoles d'entraînement pour chaque groupe

Lors de la phase d'entraînement en développé couché du protocole (semaine 2, 3 et 4), les joueurs ont été répartis en 2 groupes d'entraînement : le premier s'entraîne en force et le second en puissance. Afin de constituer les deux groupes d'entraînement nous avons réalisé une réunion avec le staff technique. Nous avons observé les marqueurs de force et de puissance obtenus sur les pré-tests en les comparant avec les observations des entraîneurs sur le terrain. Cela nous a permis de répartir les joueurs dans les deux groupes d'entraînement en fonction de leurs points faibles.

Tout au long du protocole les joueurs des deux groupes ont réalisé deux séances de développé couché par semaine. L'intensité des séances variaient entre les deux groupes. Le monitoring

des charges lors des séances a été fait à l'aide d'un accéléromètre, le Beast Sensor (Beast technologies Srl., Brescia, Italie) et d'un encodeur de position linéaire, le Vitruve (Speed4lift, Madrid, Espagne). Ces deux capteurs ont été comparés dans une étude de Pérez-Castilla et coll. (2019). Cette étude avait pour objectif de tester la fiabilité et la validité des différents dispositifs de mesure de la vitesse des barres en musculation. Le Vitruve a eu de très bon résultat avec un coefficient de variation de 2,61 par rapport au Trio-OptiTrack considéré comme le gold standard. En revanche pour l'accéléromètre Beast les résultats ont été moins convaincant avec un coefficient de variation de 35%. Afin de limiter les erreurs dues aux capteurs utilisés lors des séances, chaque groupe effectuera une séance par semaine avec le capteur Vitruve et l'autre séance avec le capteur Beast.

Nous avons choisi d'utiliser le velocity based training (VBT) pour monitorer les charges d'entraînement. Car, en comparaison avec le pourcentage based training, il permet d'obtenir les mêmes adaptations tout en ayant un plus faible volume d'entraînement (Dorrell, Smith and Gee, 2020). Le VBT est plus flexible et plus efficace que le pourcentage based training. En effet, quand on se base sur les pourcentages pour programmer il peut arriver qu'on trouve la charge légère ou au contraire très lourde. Grâce au VBT on peut connaître exactement la charge qu'on doit soulever le jour de l'entraînement. En effet lorsqu'un joueur est fatigué la vitesse qu'il sera capable de produire pour mobiliser une charge donnée sera inférieure à la vitesse de déplacement de cette même barre lorsqu'il est en forme. Cependant la vitesse prescrite correspondra toujours au bon pourcentage de travail par rapport au 1RM, le 1RM fluctuant en fonction de l'état de forme du sportif. Ayant un public de jeunes sportifs et au vu de leurs charge d'entraînement au sein du pôle espoir cette prise en compte de l'état de forme nous a semblé importante.

Lors de chaque séance nous avons donné la consigne de déplacer la charge sur la phase concentrique avec une intention de vitesse maximum. Malgré cette consigne nous avons été sensible à ce que la technique des jeunes joueurs reste intacte sur l'ensemble de leur série.

Programme d'entraînement du groupe force

Pour le groupe force, lors des deux séances d'entraînement, ils devaient réaliser 5 séries de 5 répétitions. Avant de commencer les séries du corps de la séance, les joueurs réalisaient une montée en charge. La première série commençait dès lors que la première répétition de la série était réalisée avec une vitesse proche de $0.38 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Annexe 1). La récupération entre les séries était de 2 minutes et 30 secondes. Toutes les séries ont été suivies et mesurées à l'aide d'un

capteur de vitesse, en alternant une séance avec le capteur Beast et une séance avec le capteur Vitruve.

Programme d'entraînement du groupe Puissance

Le groupe Puissance, lors des deux séances d'entraînement, les joueurs devaient réaliser 5 séries de 5 répétitions. Avant de commencer les séries du corps de la séance, les joueurs réalisaient une montée en charge. La première série commençait dès lors que la première répétition de la série était réalisée avec une vitesse proche de $0,90 \text{ m.s}^{-1}$ (Annexe 2). La récupération entre les séries était de 1 minute et 30 secondes. Toutes les séries ont été suivies et mesurées à l'aide d'un capteur de vitesse, en alternant une séance avec le capteur Beast et une séance avec le capteur Vitruve.

Groupe	Séance n°1	Séance n°2	Séance n°3	Séance n°4	Séance n°5	Séance n°6
Force	Vitruve	Beast	Beast	Vitruve	Vitruve	Beast
Puissance	Beast	Vitruve	Vitruve	Beast	Beast	Vitruve

Tableau n°3 : Utilisation des capteurs au cours des séances.

e) Traitement statistique

Etude statistique effectuée a priori

En considérant que les données que nous avons obtenues sont fiables et sans biais systématiques, nous pouvons nous intéresser au SWC (*Smallest Worthwhile Change*), soit le plus petit changement de valeur que nous pouvons considérer comme réel. Nous avons fait ce calcul une fois les PRE-tests réalisés afin de définir les objectifs de fin de protocole. Pour cela, nous avons pris l'écart-type entre les sujets (SD PRE 7M et SD PRE 9M) que l'on multiplie par 0,2.

Pour ce qui est des tests de tir à 7 mètres, l'écart type pour les vitesses de tir sur l'ensemble des joueurs est de 7,28 que l'on multiplie donc par 0,2 ce qui nous donne un SWC de 1,46. Cela veut dire que pour qu'on puisse dire qu'il y a eu un changement de performance entre le PRE et le POST il faut que les joueurs aient une différence de performance supérieur à $1,46 \text{ m.s}^{-1}$ sur leur vitesse de tir en appuie à 7 mètres.

Pour ce qui est des tests de tir à 9 mètres : l'écart type pour les vitesses de tir sur l'ensemble des joueurs est de 6,70 que l'on multiplie donc par 0,2 ce qui nous donne un SWC de 1,34. Cela veut dire que pour qu'on puisse dire qu'il y a eu un changement de performance entre le PRE

et le POST il faut que les joueurs aient une différence de performance supérieur à $1,34 \text{ m.s}^{-1}$ sur leur vitesse de tir à 9 mètres.

Un changement de performance en dessous de $1,46 \text{ m.s}^{-1}$ pour les tirs à 7 m et de $1,34 \text{ m.s}^{-1}$ pour les tirs à 9 m pourra être dû à une erreur dans la prise des mesures ou tout simplement à la précision de l'outil de mesure.

NOM Prénom	Groupe	7M 1	7M 2	7M 3	PRE Tir 7M	CV PRE 7M
BLS	Force	79,9	80,4	75,6	80,4	3,36
BM	Force	68,4	68,8	73,6	73,6	4,12
CM	Force	64,8	64,8	69	69	3,66
ML	Force	75,8	81,9	83,4	83,4	5,01
MM	Force	72,6	70,1	81,5	72,6	8,02
PL	Force	74	72,3	76,2	76,2	2,64
RN	Force	84	88,3	94,2	94,2	5,76
DJB	Puissance	80,1	80,8	79,4	80,8	0,87
FJ	Puissance	74	73,6	77,2	77,2	2,63
GE	Puissance	65,6	70	68,2	70	3,26
GN	Puissance	71,4	73,6	70	73,6	2,53
MC	Puissance	79,1	84,4	79,2	84,4	3,75
QM	Puissance	76,4	76,2	77,2	77,2	0,69
RN	Puissance	80,8	76,8	80,5	80,8	2,81
TN	Puissance	83,3	86,5	91,6	91,6	4,80

Moyenne	79,00	SD Moy PRE 7M
SD	7,28	3,59
SWC	1,46	

Tableau n°4 : Calcul du SWC pour les PRE-test de vitesse de tir à 7 m.

NOM Prénom	Groupe	9M 1	9M 2	9M 3	PRE Tir 9M	CV PRE 9M
BLS	Force	86,5	87	83,3	87	2,35
BM	Force	73	73,9	76,2	76,2	2,22
CM	Force	76,2		74	76,2	2,07
ML	Force	84,9	94,2	93,8	94,2	5,78
MM	Force	81,4	83,4	82,8	83,4	1,24
PL	Force	78,4	78,9	79,8	79,8	0,90
RN	Force	95,4	97,8		97,8	1,76
DJB	Puissance	79	79,3	80,7	80,7	1,14
FJ	Puissance	88,1	85,6	89,6	89,6	2,30
GE	Puissance	75,6	74,3	75,1	75,6	0,87
GN	Puissance	86	85,1	84,9	86	0,69
MC	Puissance	85,1	83,4	89,6	89,6	3,72
QM	Puissance	82,3	82,2	86	86	2,59
RN	Puissance	88,4	89,7	87,2	89,7	1,41
TN	Puissance	81,6	89,6	88,2	89,6	4,94

Moyenne	85,43	SD Moy PRE 9M
SD	6,70	2,27
SWC	1,34	

Tableau n°5 : Calcul du SWC pour les PRE-test de vitesse de tir à 9 m.

Etude statistique a posteriori

Pour l'analyse statistique nous avons utilisés les logiciels Excel (Microsoft, Redmond, USA) et Jamovi.(Jamovi, Sidney, Australie) Pour commencer l'analyse nous avons effectué des statistiques descriptives : moyenne et écart type sur Excel pour l'ensemble des données que l'on a extraite lors des tests. Cela nous a permis de nous faire une première impression sur les résultats. La normalité des données a été vérifiée avec les formules de Skewness (Aplatissement) et Kurtosis (asymétrie), mais aussi avec le test de Shapiro Wilk sur le logiciel Jamovi.

Ayant des données normales, une variable dépendante métrique et deux groupes d'entraînement distincts évalués deux fois (PRE et POST entraînement), nous avons analysé les données grâce à une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées. Dans notre protocole nous avons évalué la qualité de tir des joueurs mesuré grâce à la vitesse de tir arrêté (7 mètres) et lancé (9 mètres). Pour ces deux tests nous avons réalisé des ANOVA à mesures répétées à deux facteurs pour échantillons appariés.

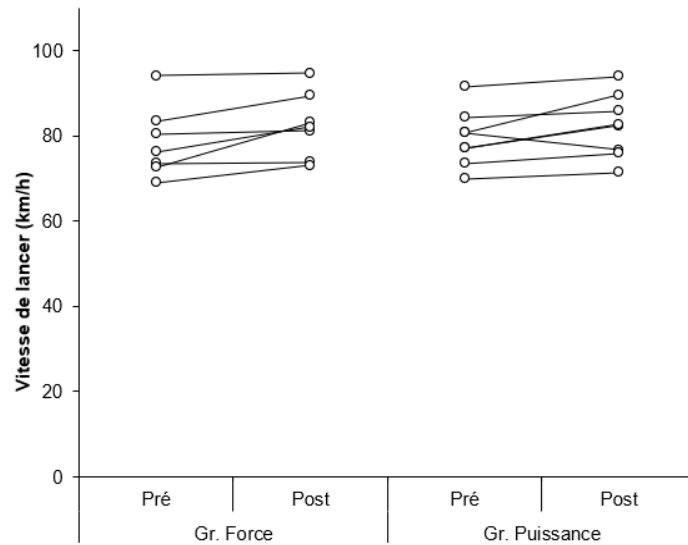
III Résultats

L'analyse des statistiques descriptives sur nos données sont présenté dans le tableau n°5. Si on s'intéresse aux moyennes des vitesses de tir pour les deux groupes on peut voir une amélioration des vitesses de tir à la fois sur les 7 mètres mais aussi sur les 9 mètres. Cependant, les moyennes entre les Post-tests du groupes Force et les Post-tests du groupe Puissance sont assez proches. On peut donc supposer une faible différence d'évolution entre le groupe entraîné en Force et celui en Puissance.

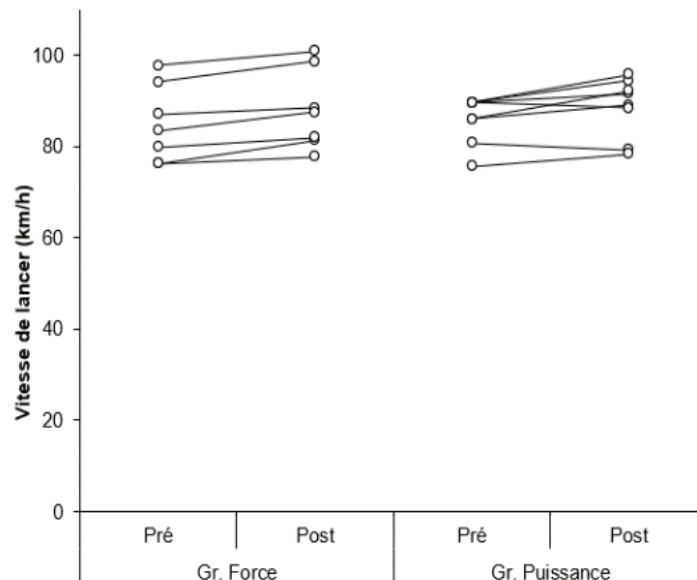
Groupes	Test	Evaluation	Moyenne	ET	Effect Size
Force	7 mètres	PRE	78,49	8,45	0,497*
		POST	82,53	7,82	
	9 mètres	PRE	84,94	8,53	0,364*
		POST	88,10	8,81	
Puissance	7 mètres	PRE	79,45	6,65	0,41*
		POST	82,35	7,50	
	9 mètres	PRE	85,85	5,19	0,472*
		POST	88,64	6,55	

Tableau n°6 : Analyse descriptive des évolution des deux groupes

Selon la table de Cohen : * = Petite taille d'effet



Graphique n°1 : Evolution des vitesses de tir – 7 mètres



Graphique n°2 : Evolution des vitesses de tir – 9 mètres

Les résultats de l'ANOVA nous indiquent qu'il semble y avoir un effet significatif ($p < 0,05$) de l'entraînement en développé couché sur les performances de vitesses de tir. En effet, pour les tirs à 7 mètres on a un F à 41,0046 et un $P < 0,001$ et pour les tirs à 9 mètres on a un F à 23,4994 et un $P < 0,001$. Cependant pour ces deux modalités d'entrainements il ne semble pas y avoir d'interaction significative entre les modalités d'entraînement (Force et Puissance) sur les performances de vitesses de tir. Pour les tirs à 7 mètres on a un F à 0,0355 et un P à 0,853 et pour les tirs à 9 mètres on a un F à 0,9914 et un P à 0,338. L'entraînement en force et en

puissance ont permis d'améliorer de manière significative la vitesse de tir. Cependant il n'y a pas eu de différence entre les deux méthodes d'entraînements.

Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
Vitesse 7M	637.973	1	637.973	41.0046	< .001	0.181
Vitesse 7M * Groupes	0.553	1	0.553	0.0355	0.853	0.000
Residual	202.261	13	15.559			
Vitesse 9M	191.287	1	191.287	23.4894	< .001	0.054
Vitesse 9M * Groupes	8.073	1	8.073	0.9914	0.338	0.002
Residual	105.866	13	8.144			
Vitesse 7M * Vitesse 9M	5.497	1	5.497	2.0614	0.175	0.002
Vitesse 7M * Vitesse 9M * Groupes	4.525	1	4.525	1.6969	0.215	0.001
Residual	34.664	13	2.666			

[3]

Between Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
Groupes	12.5	1	12.5	0.0701	0.795	0.004
Residual	2318.5	13	178.3			

Tableau n°6 : ANOVA – Test de tir à 7 mètres et Test de tir à 9 mètres

Post Hoc Comparisons - Vitesse 7M * Groupes

		Comparison		Mean Difference	SE	df	t	Ptukey
Vitesse 7M	Groupes	Vitesse 7M	Groupes					
PRE 7M	Force	- PRE 7M	Puissance	-1.107	3.60	15.3	-0.307	0.990
		- POST 7M	Force	-6.729	1.49	13.0	-4.513	0.003
		- POST 7M	Puissance	-7.451	3.60	15.3	-2.068	0.207
POST 7M	Puissance	- POST 7M	Force	-5.621	3.60	15.3	-1.560	0.429
		- POST 7M	Puissance	-6.344	1.39	13.0	-4.549	0.003
		- POST 7M	Puissance	-0.722	3.60	15.3	-0.200	0.997

Post Hoc Comparisons - Vitesse 9M * Groupes

		Comparison		Mean Difference	SE	df	t	Ptukey
Vitesse 9M	Groupes	Vitesse 9M	Groupes					
PRE 9M	Force	- PRE 9M	Puissance	-1.650	3.53	14.2	-0.4669	0.965
		- POST 9M	Force	-4.314	1.08	13.0	-3.9999	0.007
		- POST 9M	Puissance	-4.494	3.53	14.2	-1.2716	0.594
POST 9M	Puissance	- POST 9M	Force	-2.664	3.53	14.2	-0.7539	0.874
		- POST 9M	Puissance	-2.844	1.01	13.0	-2.8186	0.061
		- POST 9M	Puissance	-0.179	3.53	14.2	-0.0508	1.000

Tableau n°7 : POST HOC - Tests de tir à 7 mètres et à 9 mètres

Pour aller plus loin dans l'analyse de ces résultats, nous avons déterminé le MBI (*Magnitude Based Inference*). Pour les tests de tir à 7 mètres, il en ressort que pour le groupe force et le groupe puissance il y a 99,7% de chance d'effet statistique que l'entraînement ait permis un effet bénéfique sur les performances des joueurs. Pour les tests de tir à 9 mètres il en ressort qu'il y a 99,4% de chance que l'entraînement ait permis un effet bénéfique sur les vitesses de tirs. Pour le groupe puissance, il y a 94,5% de chances que l'entraînement ait permis un effet bénéfique.

IV Discussion

D'après l'analyse statistique qui a été menée, l'ANOVA nous indique une augmentation des performances de tir entre les PRE-tests et les POST-tests pour les deux modalités de tir ($p < 0,001$). Ce qui valide notre première hypothèse selon laquelle l'entraînement en développé couché améliore les performances de vitesse de tir au handball. Ces résultats concordent avec ce que l'on a pu trouver dans la science. En effet, plusieurs études ont mis en évidence qu'un entraînement en force entraînait une augmentation de la vitesse de tir au handball (Marques *et al.*, 2007 et Ortega-Becerra *et al.*, 2018).

Nous n'avons pas trouvé de différence significatives dans les résultats entre les deux programmes d'entraînement qui ont été suivis. En effet, les deux groupes (Force et Puissance) ont amenés une augmentation des performances en vitesse sur les tirs à 7 mètres arrêtés et à 9 mètres lancés. Mais l'interaction entre les modalités d'entraînement et la vitesse de tir n'est pas significative ni sur le test à 7 mètres ($p = 0,853$) ni sur le test à 9 mètres ($p = 0,338$). Notre seconde hypothèse de départ selon laquelle il n'y aurait pas de différence entre un entraînement en force et un entraînement en puissance sur le développé couché est aussi vérifié. Dans leur étude Aloui et coll. (2019) avaient conclu que les entraînements en force et en puissance entraînaient une amélioration de la vitesse des tirs. D'après notre étude, les améliorations apportées par les deux méthodes ne montrent pas de différences significatives.

Cependant il faut prendre en considération les limites de cette étude. En effet notre échantillon de joueurs est relativement faible ($n = 15$). Ce qui impacte la pertinence de nos résultats et de notre analyse statistique. Il faut également prendre en compte l'âge de nos sujets. Ce sont des jeunes joueurs (15,4 ans $\pm 0,65$) qui ont peu d'expérience en musculation. Leur marge de progression est donc très importante ce qui peut expliquer leur augmentation des performances.

V Conclusion

Nos résultats nous ont permis de valider nos deux hypothèses. L'entraînement en développé couché est un bon moyen de développer la vitesse de tir chez les handballeurs. En effet nous avons pu observer une différence significative entre les PRE-tests et les POST-tests sur les vitesses de tir de nos joueurs de handball. Cela pour les deux modalités de tir qui ont été évalués dans notre protocole.

En revanche, pour les deux intensités d'entraînement au développé couché (Force et Puissance) nous n'avons pas observé de différence significative entre les deux méthodes d'entraînement. Cela nous amène donc à penser que pour augmenter la vitesse de tir sur un public de jeune joueur un entraînement à faible charge est suffisant. Une intention de vitesse maximale sur la phase concentrique doit être continuellement recherchée. De plus, ce type d'entraînement permet d'augmenter la maîtrise technique des jeunes joueurs par la répétition de l'exercice sans les exposer à des charges lourdes. En saison sportive, cela permettrait également de développer la vitesse de tir des joueurs de handball tout en limitant la charge et la fatigue induite par l'entraînement en musculation. Il serait intéressant d'explorer ces résultats sur un public plus âgés afin de voir si on obtiendrait les mêmes résultats.

VI Applications pratiques

L'entraînement en développé couché entraîne une augmentation de la vitesse de tir chez les jeunes handballeurs.

Un entraînement en force ou puissance sur le développé couché entraîne les mêmes gains sur la vitesse de tir des jeunes handballeurs.

VII Bibliographie

Aloui, G. *et al.* (2019) 'Effects of an 8-Week In-Season Upper Limb Elastic Band Training Programme on the Peak Power, Strength, and Throwing Velocity of Junior Handball Players', *Sportverletzung · Sportschaden*, 33(03), pp. 133–141. doi: 10.1055/a-0819-5185.

Dorrell, H. F., Smith, M. F. and Gee, T. I. (2020) 'Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations', *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(1), pp. 46–53. doi: 10.1519/JSC.0000000000003089.

Fradet, L. *et al.* (2004) 'Do handball throws always exhibit a proximal-to-distal segmental sequence?', *Journal of Sports Sciences*, 22(5), pp. 439–447. doi: 10.1080/02640410310001641647.

Hermassi, S. *et al.* (2015) 'Comparison of In-Season-Specific Resistance vs. A Regular Throwing Training Program on Throwing Velocity, Anthropometry, and Power Performance in Elite Handball Players', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), pp. 2105–2114. doi: 10.1519/JSC.0000000000000855.

Jöris, H. J. J. *et al.* (1985) 'Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players', *Journal of Biomechanics*, 18(6), pp. 409–414. doi: 10.1016/0021-9290(85)90275-1.

Karcher, C. and Buchheit, M. (2014) 'On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions', *Sports Medicine*, 44(6), pp. 797–814. doi: 10.1007/s40279-014-0164-z.

LeSuer, D. A. *et al.* (1997) 'The Accuracy of Prediction Equations for Estimating 1-RM Performance in the Bench Press, Squat, and Deadlift', *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(4), pp. 211–213.

Manchado, C. *et al.* (2020) 'High-Performance Handball Player's Time-Motion Analysis by Playing Positions', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), p. 6768. doi: 10.3390/ijerph17186768.

Marques, M. C. *et al.* (2007) 'Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players', *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), pp. 414–422. doi: 10.1123/ijsp.2.4.414.

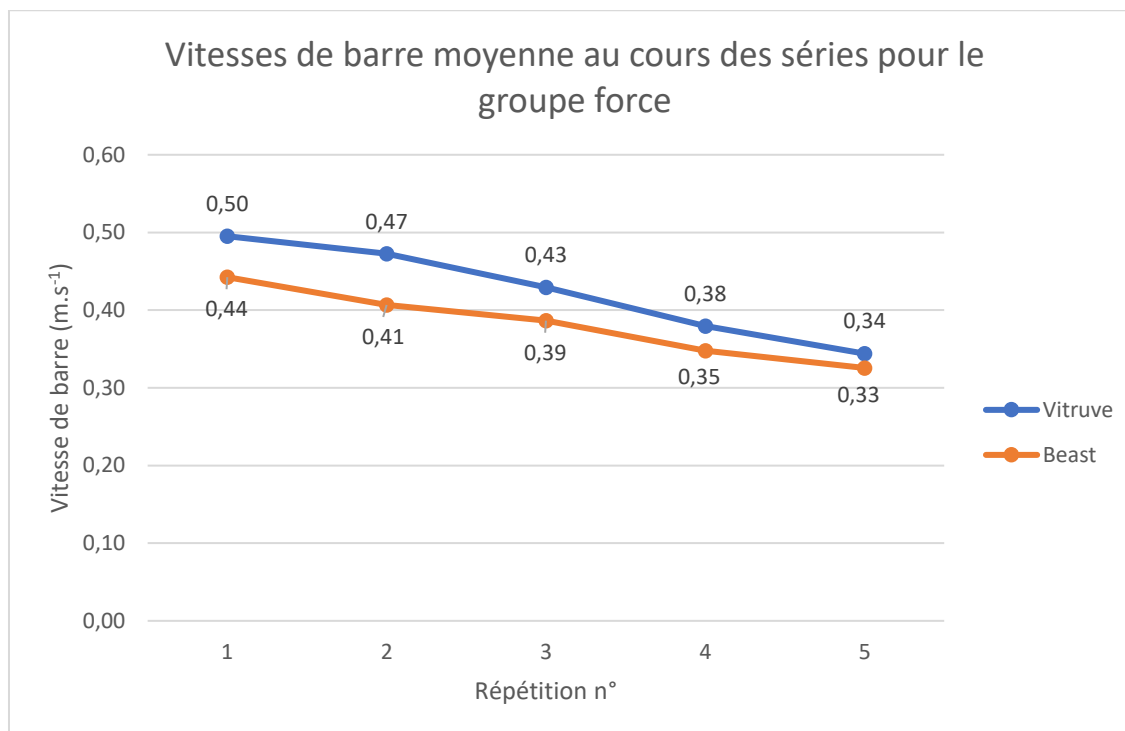
Mayhew, J. L. *et al.* (1992) 'Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women' *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(4): 200-206.

Michalsik, L. B. and Aagaard, P. (2015) 'Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players', *THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS*, 55(9), p. 15.

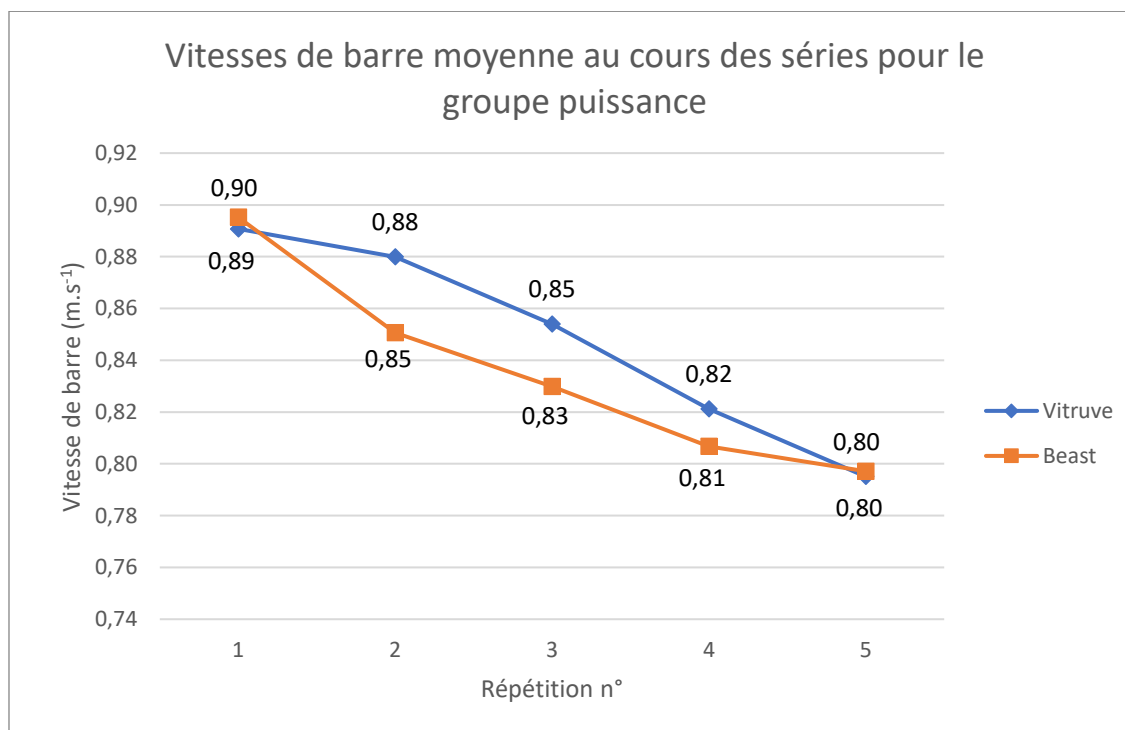
Ortega-Becerra, M. *et al.* (2018) 'Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), pp. 1778–1786. doi: 10.1519/JSC.0000000000002050.

- Pérez-Castilla, A. et al (2019) 'Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press', *Journal of Strength and Conditioning Research* 33(5): 1258–1265.
- Rios, L. J. C. et al. (2020) 'Reliability of Throwing Velocity during Non-specific and Specific Handball Throwing Tests', *International Journal of Sports Medicine*, p. a-1273-8630. doi: 10.1055/a-1273-8630.
- Rivilla-García, J. et al. (2011) 'Relation between general throwing tests with a medicine ball and specific tests to evaluate throwing velocity with and without opposition in handball', *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), pp. 414–426. doi: 10.4100/jhse.2011.62.22.
- Rodríguez-Ridao, D. et al. (2020) 'Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), p. 7339. doi: 10.3390/ijerph17197339.
- Schwesig, R. et al. (2017) 'Anthropometric and physical performance characteristics of professional handball players: influence of playing position', *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(11), pp. 1471–1478. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06413-6.
- Van den Tillaar, R. and Ettema, G. (2004) 'A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing', *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(4), pp. 211–219.

VII Annexes



Annexe 1 : Vitesses de barre moyenne au cours des séries pour le groupe force



Annexe 2 : Vitesses de barre moyenne au cours des séries pour le groupe puissance

Annexe 3 : Résumé et mots clés

L'objectif de cette étude est de mesurer les effets de divers entraînements en développé couché sur la vitesse de tir des jeunes joueurs de handball. Pour cela, un protocole d'entraînement en développé couché d'une durée de 3 semaines a été mis en place. Nous avons observé l'évolution des vitesses de tir : d'abord quand le joueur arrêté à 7 mètres, puis quand il est lancé à 9 mètres. Ces tests ont été réalisés avant et après l'entraînement en développé couché. Au total, nous avons divisé les sujets ($n = 15$) en deux groupes d'entraînement : le premier s'entraînait en force et l'autre en puissance. Les charges ont été monitorés à l'aide de capteurs de vitesse (Le Beast Sensor et le Vitruve). Le groupe force devait réaliser sa première répétition à $0.48\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et le groupe puissance à $0.90\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nos résultats ont montré un effet significatif ($p < 0.01$) de l'entraînement en développé couché sur les performances de vitesses de tir pour les deux modalités testées. Cependant, il ne semble pas y avoir d'interaction significative entre les deux modalités d'entraînement : force et puissance.

Mots clés : Handball, Tir, Développé couché, VBT, Jeunes sportifs