

UFR Staps

Sciences & techniques
des activités physiques
et sportives

MASTER 2 Entraînement et
Optimisation de la Performance Sportive

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

Influence de différents paramètres physiques
sur la performance de frappe à un bras
au Sport Kin-ball®

Présenté par : Hersant François

Lieu de Stage : Fédération Internationale de KIN-BALL®

Référent universitaire : Nordez Antoine

Jury : Hug François, Fétiveau Tanguy, Lacourpaille Lilian

www.univ-nantes.fr/staps



UNIVERSITÉ DE NANTES

Attestation

Je soussigné François HERSANT, étudiant en Master 2 EOPS à l'Université de Nantes, certifie que ce mémoire est strictement le résultat de mon travail personnel.

Il respecte en tous points la charte anti-plagiat de l'Université de Nantes que vous trouverez signée ci-dessous. Tout manquement à cette charte entraînerait immédiatement la note de 0.

De plus, je certifie que les résultats présentés sont issus d'expérimentations que j'ai personnellement réalisées. Je tiens à la disposition du jury l'ensemble des résultats bruts et traités pour vérification. En cas de demande de la part du jury, la non-présentation de ces données entraînerait immédiatement la note de 0.

Fait à Nantes le 13/05/2020

François HERSANT



UNIVERSITE DE NANTES

Charte anti-plagiat de l'Université de Nantes

Approuvée par le Conseil d'administration de l'Université de Nantes en date du 21 octobre 2011

Préambule

L'Université de Nantes est engagée contre le plagiat, afin de garantir la qualité de ses diplômes et l'originalité des publications pédagogiques et scientifiques de ses personnels enseignants et/ou chercheurs. Les travaux quels qu'ils soient (devoirs, compte-rendu, mémoire, cours, articles, thèses), réalisés aussi bien par les étudiants que par les personnels universitaires, doivent toujours avoir pour ambition de produire un savoir inédit et d'offrir une lecture nouvelle et personnelle d'un sujet. La présente charte définit les règles à respecter en la matière, par l'ensemble des étudiants et universitaires.

Article 1

Les étudiants et les personnels sont informés que le plagiat constitue la violation la plus grave de l'éthique universitaire. Le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable.

Article 2

Les étudiants et les personnels s'engagent à ne pas commettre de plagiat dans leurs travaux, quels qu'ils soient : devoirs et compte-rendu remis par les étudiants à un enseignant, mémoire, cours, articles de recherche, thèse. Le fait de commettre un plagiat en vue d'obtenir indûment une note, un diplôme ou un grade universitaire est une circonstance aggravante. Le fait de commettre un plagiat dans un document destiné à être publié, mémoire de master ou de thèse, article à paraître dans une revue, est aussi une circonstance aggravante. La reproduction d'une œuvre originale sans le consentement de l'auteur est de plus qualifiée juridiquement de contrefaçon (articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle).

Article 3

Les étudiants et les personnels s'engagent à citer, en respectant les règles de l'art, les travaux qu'ils utilisent ou reproduisent partiellement. Les reproductions de courts extraits en vue d'illustration, ou à des fins pédagogiques sont en effet autorisées sans nécessité de demander le consentement de l'auteur. Néanmoins, la méthodologie d'un travail universitaire, quel qu'il soit, implique que les emprunts soient clairement identifiés (guillemets) et que le nom de l'auteur et la source de l'extrait soient mentionnés. Les travaux universitaires ne consistent pas en la reproduction d'une ou de plusieurs sources, mais doivent toujours avoir pour ambition de produire un savoir inédit et d'offrir une lecture nouvelle et personnelle du sujet.

Article 4

L'Université de Nantes se réserve le droit de rechercher systématiquement les tentatives de plagiat par l'utilisation d'un logiciel de détection de plagiat. Les étudiants et les personnels s'engagent à communiquer, sur simple demande de l'Université, une version numérique de leur document avant publication, afin de permettre cette détection.

Article 5

Les manquements à la présente charte sont passibles de sanctions disciplinaires : avertissement, blâme, annulation du diplôme préparé, exclusion de l'Université pour une durée limitée, exclusion définitive de l'Université, exclusion de tout établissement public d'enseignement supérieur pour une durée limitée, exclusion définitive de tout établissement d'enseignement supérieur. Les auteurs présumés de plagiat seront systématiquement traduits devant la section disciplinaire compétente. La procédure disciplinaire ne présage pas d'éventuelles poursuites judiciaires dans les cas où le plagiat est aussi caractérisé comme étant une contrefaçon.

Toute information complémentaire sur les textes législatifs et réglementaires en vigueur et les règles de l'art pour la citation, peut être consultée dans le dossier plagiat sur le site de l'Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/charte-antiplagiat>.

Lu et approuvé

Remerciements

Je dirige mes premiers remerciements à Antoine Nordez qui m'a permis de faire un stage et un mémoire sur un sport qui me tient à cœur. Ses conseils ont été précieux pour m'aiguiller tout au long du parcours.

Je remercie la FKBF et la FIKB pour leur confiance et à ceux m'ont encadré, Mathilde et Armel.

En restant dans le domaine du kin-ball, beaucoup de personnes m'ont aidé à mener ce projet à bien. Merci à Tuong-Huy pour nos nombreux échanges, tous aussi constructifs les uns que les autres. Merci à Charlotte pour avoir mis à disposition ta salle et ton matériel, sans quoi mes tests auraient été largement limités. Merci aux sportifs des entrainements Équipe de France et aux licenciés du NAKC participants pour leur implication et leur intérêt pour la démarche.

Merci à mes parents, à mes proches et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce projet. Petite pensée pour Chani, Domitille, Lucie, Damien et Vincent qui ont relu et corrigé le mémoire dans des conditions un peu tendues.

Mention spéciale pour Thomas qui a été d'une grande aide avec ses conseils et son soutien.

Merci également à la collaboration entre l'IFM3R et l'UFR Staps de Nantes. L'opportunité du double cursus est source d'un grand enrichissement personnel et professionnel.

Sommaire :

1	Introduction.....	1
2	Cadre théorique.....	2
2.1	Les caractéristiques du sport.....	2
2.2	Les facteurs de performance dans d'autres sports	3
2.3	Méthodologies des mesures	6
2.3.1	Caméra et radar	6
2.3.2	Mesure des forces maximales concentriques	7
2.3.3	Force de préhension et dynamomètre.....	7
2.3.4	Évaluation des muscles abdominaux.....	9
2.4	La préparation physique.....	9
3	Objectifs et hypothèses	11
4	Matériels et méthodes	12
4.1	Mesure de la vitesse du ballon	12
4.1.1	Population	12
4.1.2	Vitesse du ballon	12
4.2	Paramètres anthropométriques et capacités physiques	14
4.2.1	Saut vertical	14
4.2.2	Évaluation des forces maximales	15
4.2.3	Test des abdominaux.....	17
4.3	Protocole de renforcement	17
4.3.1	Vitesse de frappe et évaluation de la force maximale	18
4.3.2	Entraînement résistif	18
4.4	Analyses statistiques	19
5	Résultats.....	19
5.1	Vitesse du ballon	19
5.2	Caractères anthropométriques, capacités et corrélations.....	20
5.3	Protocole de renforcement	22
6	Discussion.....	22
6.1	Mesures de la vitesse de ballon et limites méthodologiques	22
6.2	Anthropométrie, performances physiques et limites méthodologiques.....	23
6.3	Programme de renforcement, limites méthodologiques et perspectives	27
6.4	Applications pratiques et perspectives	29
7	Conclusion	30

1 Introduction

Dans le cadre de notre Master 2 EOPS (Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive), nous avons été amenés à effectuer notre stage à la Fédération Internationale de Kin-Ball (FIKB), en relation directe avec la Fédération Kin-ball France (FKBF). Le Sport KIN-BALL® est une discipline faisant son apparition en 1986 au Canada grâce à Mario Demers. Il est initialement créé dans le cadre de l'éducation physique et sportive avec pour objectif l'intégration des coéquipiers et l'apprentissage du respect et du fair-play.

L'appellation « Sport KIN-BALL® » est une marque déposée par la société OMNIKIN. Dans un souci de clarté, nous utiliserons désormais uniquement l'appellation « kin-ball »

Ce sport s'est progressivement développé dans le monde, pour réunir aujourd'hui 18 fédérations nationales au sein de la FIKB venant d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie, et 5 autres fédérations sont en cours d'affiliation. Jusqu'à ce jour, le calendrier de compétitions internationales était fait d'une alternance entre coupes continentales et mondiale, chaque année. Désormais, il y a un an de pause entre l'échéance mondiale et continentale, offrant du temps aux différentes délégations pour se préparer. La dernière compétition mondiale s'étant déroulée en 2019, nous nous trouvons alors dans cette césure. Ce délai est idéal pour se recentrer sur la formation des joueurs. Cependant, lors de la préparation physique des joueurs, nous n'avons pas d'études pour orienter le travail des séances ni pour définir les qualités prioritaires à entraîner. Ce mémoire constitue alors une première approche sur les groupes musculaires qui seraient importants ou non pour la performance de frappe. Le critère de performance choisi ici est la vitesse maximale qu'atteint le ballon lors de la frappe.

Au cours de l'apprentissage de ce sport, on apprend d'abord à frapper le ballon à deux bras. Cela garantit la sécurité du pratiquant. Cependant on se rend compte qu'il est plus efficace de frapper à un bras, même si cela requiert beaucoup d'apprentissage pour la sécurité et la performance du joueur.

L'objectif de ce mémoire est de créer les premières connaissances pour orienter la préparation physique et la technique de la frappe à un bras. Il va s'articuler autour de deux protocoles. L'un est axé sur des mises en corrélation de différentes variables physiques prises sur le terrain avec la performance de frappe, l'autre pour vérifier la vraisemblance de ces corrélations.

2 Cadre théorique

A l'issue des dernières coupes internationales, la France s'inscrit comme une des nations majeures du sport, et se veut être compétitive sur la durée. A partir de ce constat, le Directeur Technique National présente son projet fédéral français 2019-2022, dans lequel il souhaite réorienter les ordres de priorité des objectifs d'entraînements. Ce projet se concentre alors sur les compétences individuelles, au service d'une performance collective. Il ne s'agit plus alors de connaître un grand panel de combinaisons d'attaque, mais de se concentrer sur les bases techniques et athlétiques des joueurs, afin de diminuer les variations d'efficacité. Dans cette optique, avoir un socle de connaissances fort sur les qualités à renforcer chez un joueur de kin-ball semble être une priorité pour les entraîneurs. Dans un processus de développement basé sur les preuves, on essaye tout d'abord de s'intéresser à ce que dit la littérature à ce sujet. Malheureusement, celle-ci est très pauvre. Il n'y a pas d'étude s'intéressant à la biomécanique des gestes ou aux capacités athlétiques.

2.1 Les caractéristiques du sport

L'analyse de la structure temporelle du sport permet de caractériser les différents efforts produits, ainsi que de connaître les principaux mouvements défensifs et offensifs. On trouve tout d'abord que les séquences de jeu ont une durée moyenne de 12 secondes avec un ratio de temps de jeu par rapport aux temps morts compris entre 1/1:26 et 1/1:31 (Aguilera *et al.*, 2013; Díaz Amate *et al.*, 2017). Cela nous donne un temps de repos moyen entre chaque séquence d'environ 17,5 secondes. Entre une phase de jeu et la suivante, il y a alors en moyenne presque 30 secondes. Ce ratio montre qu'il y a une prédominance des temps de repos. Ce sport se faisant à trois équipes, il y a toujours une équipe neutre lors des échanges. En effet, une équipe attaque, une autre défend, et la dernière n'a pas de rôle à jouer sur le moment. Les temps de repos peuvent alors être plus importants.

On retrouve également que l'intensité du sport est haute pendant 1/3 du temps au cours d'une période (Hastie *et al.*, 2011). Ces 3 articles tendent à qualifier les efforts de ce sport comme étant intermittents de courte durée, d'intensité entre modérée et élevée. On peut ainsi comparer les performances physiologiques à d'autres sports d'intérieur et de petit terrain. Le basketball, le volleyball, le handball et le badminton semblent avoir des modalités d'efforts comparables.

Concernant les contacts d'attaque, la plupart se font avec un bras (Díaz Amate *et al.*, 2017). Sur un total de 946 points observés, il a été recensé 1385 frappes à un bras. Cela nous donne une moyenne de 1,46 frappes par point. Cela signifie que la gestuelle privilégiée des joueurs en attaque est la frappe à un bras (Figure 1). Une des explications est que le mouvement semble le plus performant du point de vue de la vitesse de ballon. Cela rend le ballon plus difficile à récupérer pour la défense. Une autre explication serait la capacité d'adaptation de cette frappe par rapport à la défense. Ainsi le joueur peut

avec un geste relativement semblable, attaquer sur un grand angle devant lui, mettant plus de doute à l'adversaire sur la direction que va prendre le ballon.

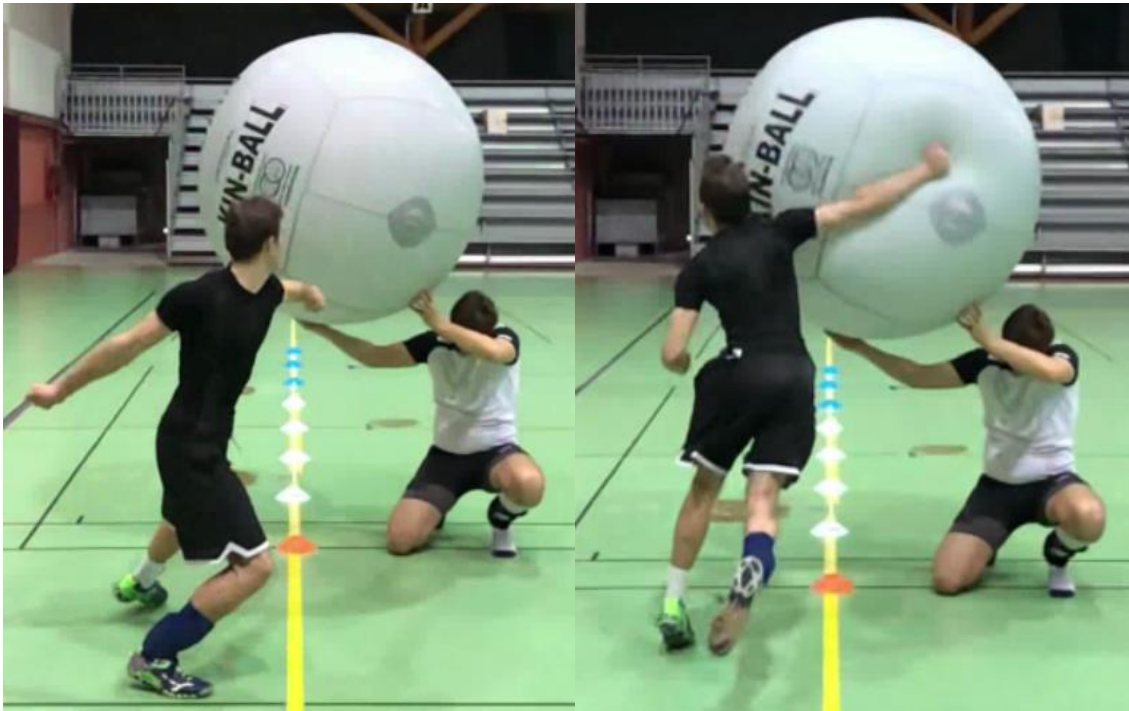


Figure 1 : Photo de la position d'armé et de l'instant de frappe du ballon

En prenant en compte la présence de 3 équipes sur le terrain, avec 4 joueurs dans chaque équipe, la fréquence de frappe par joueur est faible. Sur une minute, il y a une moyenne de 3 frappes pour l'ensemble des joueurs du match.

Ces études sont un premier pas dans la recherche des critères de performance. En effet, elles constituent une première analyse du kin-ball et permettent aux entraîneurs de préciser davantage les entraînements sur ce qui semble essentiel d'un point de vue physiologique et technique. Cependant, il n'existe pas d'articles parlant de la performance technique et physique sur les différents gestes. Actuellement, nous n'avons pas d'informations sur les muscles importants lors de l'exécution de la frappe à un bras, qui est la technique d'attaque la plus utilisée à haut niveau. Empiriquement, on peut penser que la combinaison de vitesse de ballon et de précision de frappe est un des critères les plus importants au kin-ball, comme cela l'est dans d'autres sports (Debanne & Laffaye, 2011). Plus le ballon va vite, moins les défenseurs auront le temps de la récupérer. Cependant nous n'avons pas d'orientation scientifique pour améliorer la vitesse du ballon.

2.2 Les facteurs de performance dans d'autres sports

La frappe au kin-ball est un geste technique complexe dont les facteurs de performance sont peu connus. On cherche à trouver quels éléments impactent positivement le critère de performance fondamental qu'est la vitesse de ballon. Des études dans d'autres sports ont déjà été faites et donnent des pistes pour orienter nos recherches. En effet, ce geste peut s'apparenter à ceux présents dans le

tennis, le handball ou encore le lancer de javelot et de disque. Ces différentes techniques sont toutes considérées comme complexes et multifactorielles (Bouhlef *et al.*, 2007; Palmer *et al.*, 2018). Elles mettent en jeu beaucoup d'articulations et de muscles, qui agissent en coordination pour un maximum de performance. Sans données initiales pour le kin-ball, l'étude doit se resserrer sur des critères simples et ciblés pour constituer un premier pas dans l'investigation de la frappe.

Les études sur les sports précédemment cités se basent sur des mesures anthropométriques, des tests de force et de puissance, mis en corrélation avec la vitesse de ballon au handball, du javelot, du disque, ou du service au tennis. Le but y est de déterminer quel paramètre a le plus d'influence, positive ou négative, sur ce critère de performance. Concernant l'anthropométrie, on retrouve au handball deux catégories : les caractères généraux et ceux spécifiques à la discipline (Debanne & Laffaye, 2011). La masse corporelle semble être l'un des critères les plus corrélés avec la vitesse de balle ($r=0,70$; $P<0,01$) tout comme l'indice de masse corporelle ($r=0,68$; $P<0,01$), comparativement à la taille ($r=0,55$; $P<0,01$) et au taux de masse grasse ($r=0,60$; $P<0,01$). Au tennis, c'est davantage la taille du sportif qui est prise en compte. Selon l'étude de Bonato *et al.* (2015), la taille joue un rôle important dans la performance au service. On retrouve une bonne corrélation entre la taille des joueurs, et la vitesse de balle que ce soit sur le premier ($r=0,78$; $P=0,02$) ou le deuxième service ($r=0,80$; $P=0,017$). Ce paramètre joue un rôle dans la hauteur de frappe de balle au moment du service (Vaverka & Cernosek, 2013) et serait bénéfique pour la performance.

L'évaluation des qualités musculaires peut prendre différentes formes, et les propriétés investiguées varient en fonction des études. On retrouve des tests fonctionnels dynamiques, des tests isocinétiques des tests de puissance ou des tests de force maximale. La comparaison des profils physiques en fonction du niveau de pratique entre un groupe d'amateurs et un groupe d'experts permet de mettre en avant des qualités qui semblent importantes à la performance (Gorostiaga *et al.*, 2005; Ortega-Becerra *et al.*, 2018). On retrouve entre 16 et 22% de performance supplémentaire chez les experts de handball comparativement aux amateurs dans l'évaluation de la 1RM sur des mouvements de développé couché (DC) et sur le demi-squat (Gorostiaga *et al.*, 2005). La force maximale sur ces mouvements semble être alors un bon indicateur de performance. Sur le mouvement de DC, c'est davantage la vitesse d'exécution à 30% de la 1RM qui est corrélée positivement avec la vitesse de balle ($r=0,72$; $P<0,01$). Les mesures de puissance montrent aussi de bons résultats au tennis. Dans l'étude de Palmer *et al.* (2018), la puissance est aussi positivement corrélée avec la vitesse de service. On retrouve des valeurs de r entre 0.30 et 0.36 ($P<0,05$) sur des mouvements de lancer de poids assis à un bras et de « single leg hop-test » que ce soit sur les membres dominants ou non. Les mesures de force maximale ne semblent ici pas être significativement corrélées avec la performance.

La force maximale a également été testée dans des conditions isométriques et isocinétiques pour être comparée à la vitesse de service au tennis (Baiget *et al.*, 2016; Cohen *et al.*, 1994). On retrouve dans la force isométrique seulement la rotation médiale (ou interne) comme étant significativement et positivement corrélée ($r=0,67$; $P<0,05$). Dans certaines études comme par exemple celle de Ferragut *et al.* (2011), on retrouve aussi que la force de préhension est également corrélée avec la vitesse de lancer dans une situation de 1 contre 1 avec le gardien de but ($r=0,60$; $P<0,05$). La force isocinétique de rotation médiale de l'épaule montre de bons résultats que ce soit en isométrique ou en concentrique, pour des vitesses de $60^\circ/\text{sec}$ et de $180^\circ/\text{sec}$ ($0,1<r<0,37$; $P<0,05$)(Cohen *et al.*, 1994).

Le contrôle moteur des membres supérieurs peut être testé avec le « Y Balance Test » effectué avec les bras, en position de gainage sur les mains. On retrouve que la performance sur ce test effectué avec le bras non dominant dans la direction antérolatérale affecte positivement la performance de lancer (Palmer *et al.*, 2018). Cela viendrait du fait que la stabilité du membre dominant qui est en appui lors de ce test, est importante dans la motricité et l'efficacité de l'utilisation du bras.

Les capacités musculaires des membres inférieurs sont aussi étudiées dans la performance sportive au tennis et au handball. Les propriétés mesurées sont la force, la puissance et la hauteur de saut unipodal ou bipodal. Cependant, les résultats ne sont pas unanimes. Ortega-Becerra *et al.* (2018) montrent des corrélations positives entre la performance de lancer avec la force des membres inférieurs ainsi qu'avec la hauteur de saut. Palmer *et al.* (2018) sont plus mitigés quant à la corrélation entre ces différents facteurs. Pour d'autres études, il n'y a pas de corrélation entre la force, la puissance et la détente avec la performance (Bonato *et al.*, 2015; Girard *et al.*, 2005; Gorostiaga *et al.*, 2005)

On voit alors que selon les études, différents groupes musculaires sont considérés comme étant importants dans la performance de frappe ou de lancer à un bras. Les mouvements principaux sont ceux de la rotation médiale et de l'adduction horizontale d'épaule, l'extension de coude et aussi la préhension. Cela permet d'orienter nos recherches vers une évaluation à minima des groupes musculaires responsables de ces mouvements. De plus, n'ayant pas davantage d'information sur les qualités musculaires des membres inférieurs importantes pour la performance, il serait pertinent de s'y intéresser par la suite.

Selon nos observations, le mouvement de frappe à un bras au kin-ball est un mouvement en projection du corps vers le ballon. Il se produit une rotation du tronc avec une combinaison d'adduction horizontale d'épaule et d'extension dans le plan sagittal à partir d'une position bras en

arrière, abduction horizontale maximale. La rotation interne d'épaule ne semble pas être un facteur important de la performance compte tenu du fait que le coude reste en extension pendant tout le geste.

2.3 Méthodologies des mesures

Pour l'investigation d'éventuelles corrélations entre des profils physiques et le critère de performance qu'est la vitesse de ballon, nous nous devons d'utiliser des outils de mesure fiables qui pourront être déployés dans notre projet sur le terrain. Dans cette optique, nous cherchons à nous renseigner sur les outils de mesures utilisés usuellement dans les recherches, ainsi qu'à évaluer leur fiabilité.

2.3.1 Caméra et radar

Dans les précédentes études, le radar est l'outil privilégié dans l'évaluation de la vitesse de la balle de handball ou de tennis. Celui-ci permet facilement d'acquérir la mesure de vitesse. Afin de pouvoir doubler les mesures et limiter le risque de fausses prises sur le terrain, nous voulons utiliser un second outil. En effet le radar est utilisé dans les sports de raquettes, ou dans des sports où la balle est plus petite. Comme le ballon de kin-ball est très gros, nous pouvons douter de la pertinence de son utilisation. Ainsi nous voulons confirmer sa validité dans notre sport. Nous choisissons alors la caméra haute fréquence (HF), entre 100 et 1000 images par seconde. Avec l'amélioration de la technologie vidéo, la capture d'image est de bonne qualité et peut se faire avec les outils courant pour les particuliers. On retrouve notamment les téléphones et tablettes numériques (Buscà *et al.*, 2016), ainsi que des caméras haute fréquence dont la résolution n'est pas très importante (Balsalobre-Fernández *et al.*, 2014). Cela permet de prendre des mesures avec des outils moins onéreux qu'en laboratoire. La fiabilité inter et intra opérateur des mesures par vidéo haute fréquence a été démontrée comme très bonne sur différents mouvements dynamiques (Bates *et al.*, 2017). On retrouve ainsi l'utilisation de caméra pour des observations de mouvements, des vitesses en chute libre, mais aussi pour la mesure de la vitesse de balle à condition que la balle suive une trajectoire linéaire dans un espace vidéo défini en distance et en fréquence d'image (Buscà *et al.*, 2016; Shum & Komura, 2005)

L'utilisation d'un logiciel d'analyse vidéo complémentaire comme Kinovea est indispensable pour le traitement vidéo (disponible gratuitement sur www.kinovea.org et en open source). Cela permet, après calibration du plan de capture, de définir une vitesse moyenne de déplacement entre plusieurs images. Ahmad *et al.* (2019) ont montré que la définition de la vitesse moyenne d'une balle en chute libre pouvait se faire en mesurant la distance de déplacement de la balle entre deux images pour calculer la dérivée de la position. Avec cette méthode, nous pouvons penser que définir la vitesse moyenne d'un ballon de kin-ball grâce à la vidéo haute fréquence est possible, avec une bonne fiabilité et une bonne reproductibilité.

2.3.2 Mesure des forces maximales concentriques

La définition de la « une répétition maximum » (1RM) est considérée comme la façon la plus fiable et la plus valide pour mesurer la force maximale d'une personne (Bianco *et al.*, 2015). Outre le fait de quantifier cette force maximale, elle permet d'établir par la suite les entraînements physiques adaptés à chacun en fonction de leurs objectifs : force, endurance, puissance, vitesse, prise de masse. La 1RM est définie par la charge maximale qu'une personne peut soulever sans compensation (Levinger *et al.*, 2009). Elle s'obtient par essais successifs d'un mouvement avec des charges de plus en plus lourdes, jusqu'à atteindre son maximum. Ces mouvements sont ceux réalisés principalement sur des machines de musculation. On retrouve par exemple le développé couché, le Leg Press, ou le Biceps Curl. Cela permet de quantifier facilement les charges grâce aux poids additionnels mis sur les barres. Le mouvement étant également normé, cela permet une plus grande reproductibilité.

La question se pose quant à la fiabilité de ces mesures sur les personnes n'étant pas habituées à faire ces mouvements. Selon Seo *et al.* (2012), cette fiabilité est bonne ($ICC > 0,91$) pour les femmes comme pour les hommes si une phase de familiarisation est faite avant. Cette phase de familiarisation avant l'évaluation de la 1RM est décrite par un enchaînement de 8 à 10 mouvements avec une charge déplacée estimée à 50% du maximal théorique de la personne. En donnant une première expérience du mouvement, cela permet d'éviter les phénomènes d'apprentissage pouvant biaiser les résultats.

La recherche de la 1RM se faisant en effort maximal, il faut respecter un temps de pause entre les essais. Sur les précédentes études, le temps de repos entre les essais était compris entre 1 minute et 5 minutes. L'objectif de ce repos est d'éviter une fatigue neuromusculaire qui pourrait diminuer les performances. Selon l'étude de Willardson et Burkett (2006), le temps optimal serait de 3 minutes entre chaque essai, pour ne pas avoir d'effets néfastes sur la performance. Concernant la méthode de définition de la 1RM, elle peut se faire directement par essais jusqu'à l'échec, ou indirectement. Cette dernière méthode permet d'estimer la 1RM à partir de charges plus légères, en fonction du nombre de répétitions jusqu'à la fatigue et de la charge soulevée. On utilise alors différentes équations pour extrapoler la 1RM, notamment l'équation de Brzycki et de Mayhew (Brzycki, 1993; Mayhew *et al.*, 1995, 2008). L'idéal est d'avoir un nombre de répétitions inférieur à 10 pour garantir d'une bonne estimation.

2.3.3 Force de préhension et dynamomètre

Dans les sports précédemment cités, les lancers ou les frappes utilisent le poignet ou la main dans la dynamique du geste. Ainsi, nous voyons que la force de préhension est étudiée dans la recherche d'une corrélation positive avec la performance (Cronin *et al.*, 2017). Au kin-ball, le geste de frappe ne met pas en jeu de mouvement de poignet. Cependant, le point d'impact principal du bras sur le ballon peut se placer au-delà de l'articulation du coude comme imagé dans la Figure 2. Le

centre du ballon est représenté par la croix bleu formée par deux diamètres perpendiculaires, et les croix noires représentent la position de l'épitrôchlée et de l'épicondyle.

Cela montre que le coude, alors en position d'extension, peut se retrouver en porte-à-faux entre le point fixe qu'est l'épaule du frappeur et le ballon. Le mouvement engendré par ce porte-à-faux se ferait en hyperextension et en valgus forcé. Pour le contrer, les muscles fléchisseurs de coude et les muscles épitrôchléens seraient sollicités. Ainsi il serait intéressant de savoir si la force de résistance à ces contraintes joue un rôle important dans la performance de frappe. Cela permettrait de pouvoir frapper le ballon de plus en plus proche du poignet pour augmenter le bras de levier de l'épaule lors de la frappe.

Comme vu précédemment, l'évaluation des muscles fléchisseurs de coude se fait par définition de la 1RM.

L'évaluation « Gold Standard » d'une grande partie de ces muscles épitrôchléens se fait grâce à un dynamomètre hydraulique à main. La position doit être standardisée entre les participants et il doit y avoir une phase de repos d'au moins une minute entre chaque tentative (Cronin *et al.*, 2017; Innes, 1999). Concernant le nombre de tentative, il est conseillé d'avoir au moins trois essais minimum. Cependant dans l'étude de Resende *et al.* (2012), il est montré que le résultat de force de préhension est fiable dès un nombre de répétitions supérieur ou égal à 2.

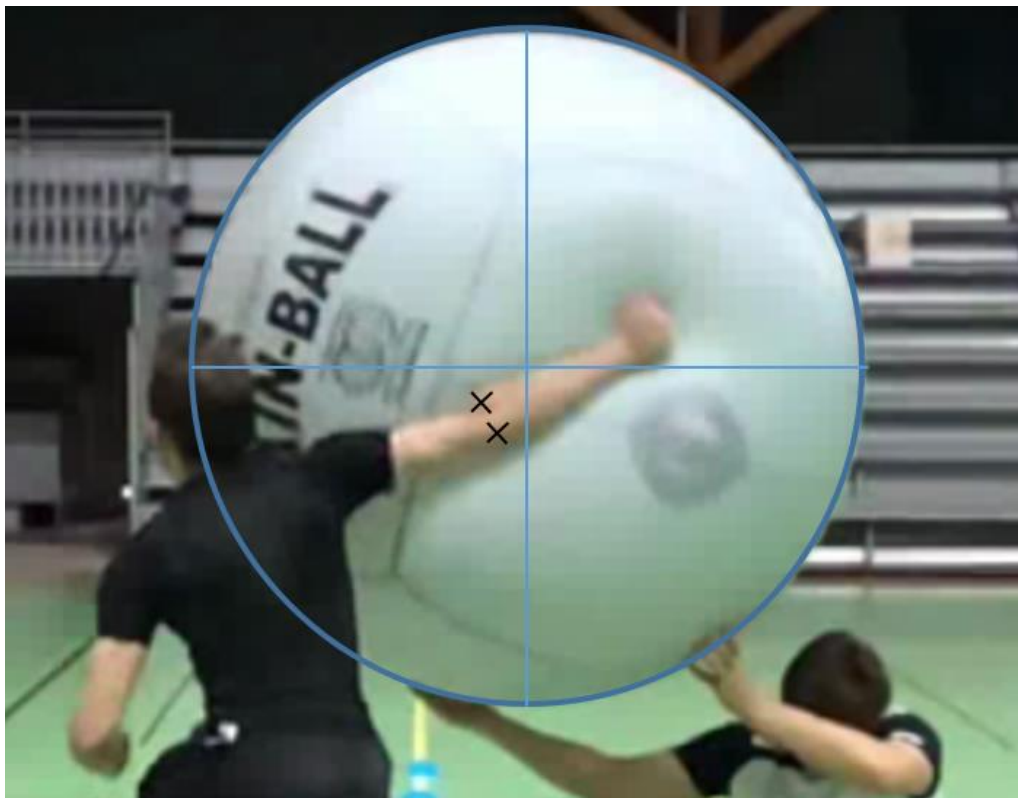


Figure 2 : Représentation de la position du coude par rapport au centre du ballon

2.3.4 Évaluation des muscles abdominaux

La frappe au kin-ball est un geste technique mettant en lien différents segments, en partant des jambes comme point d'appui sur le sol, jusqu'au bras de frappe en contact avec le ballon. Il semble alors pertinent de s'intéresser aux muscles abdominaux qui font le lien entre les chaînes musculaires du haut et du bas du corps. Évaluer la force maximale des abdominaux est possible, mais semble difficile à réaliser en pratique, sans matériel de mesure complexe et onéreux (Ikeda *et al.*, 2006). Ainsi donc, la qualité musculaire testée est principalement l'endurance musculaire, beaucoup plus simple à évaluer. La méthode la plus simple et la plus facile pour évaluer l'endurance est celle proposée par Shirado et Ito (Ito *et al.*, 1996). Sa position de référence est montrée en Figure 3, et est fiable et reproductible. On peut également citer la méthode décrite par McGill avec son test d'endurance des muscles fléchisseurs de tronc (Chan, 2005).

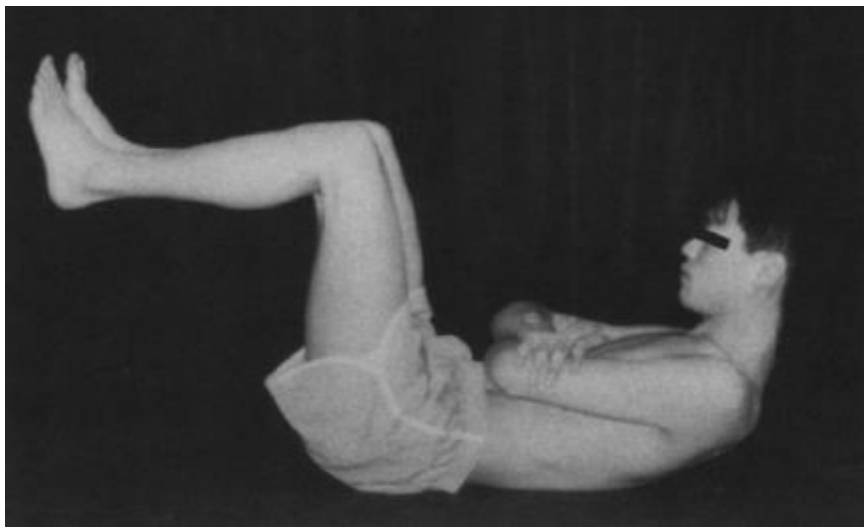


Figure 3 : Position de référence pour le test Shirado Ito (Ito *et al.*, 1996)

2.4 La préparation physique

Cette partie est là pour orienter la préparation physique que nous allons mettre en place, en rapport avec les résultats de l'étude préliminaire. Les sportifs rencontrés au kin-ball en France ne sont pas habitués à des programmes de renforcement musculaire. Cela doit être pris en considération lors de la programmation et de la planification des exercices de renforcement.

La préparation physique sert à augmenter les capacités physiques d'un sportif jusqu'au-delà d'un seuil défini comme celui requis par le sport (Gabbett, 2019). Cette progression des capacités physiques se fait selon le principe de surcharge. Il faut pour cela de connaître l'état initial du sportif en le testant, pour adapter les exercices. Ils doivent être légèrement plus difficiles que les capacités actuelles du joueur, afin de stresser l'organisme et de créer une augmentation des capacités physiques. La surcharge doit être régulière, systématique et doit être mesurée. En effet, une surcharge trop importante engendre une fatigue chronique qui peut se solder par une blessure. A l'inverse, une

surcharge trop faible ou une absence de surcharge entraîne une stagnation des capacités physiques, voire une régression (Gabbett, 2019).

Concernant la préparation physique à visée d'augmentation de la force maximale, il faut respecter le principe de spécificité (Schoenfeld *et al.*, 2017). Cette force maximale se définissant par la 1RM, l'objectif est donc de travailler proche de la 1RM pour conserver des modalités proches d'exécution. En pratique lors d'entraînements contre résistance, le gain de force est optimal lorsque les répétitions se font avec des charges supérieures à 85% de la 1RM (Morton *et al.*, 2019). La charge déplacée est alors comprise entre la 6RM et la 1RM (Shimano *et al.*, 2006). Selon la revue de littérature de Schoenfeld *et al.* (2017), après un minimum de 10 semaines de renforcement avec un programme d'entraînement contre résistance, la progression de la force maximale se situe autour de 31.6% pour des personnes non entraînées.

La préparation physique par travail contre résistance est une méthode adaptée pour augmenter ses capacités physiques. Au handball, cela permet notamment d'augmenter la force maximale et la vitesse de lancer (Bragazzi *et al.*, 2020). Cependant, la plupart des études intégrées dans la revue de Bragazzi *et al.* (2020) sont faites autour de programmes réalisés avec beaucoup de matériels disponibles, tels que des barres de développés couchés ou barres de squat. Cela ne donne pas d'indication sur comment effectuer un programme d'entraînement résistif sans matériel. Kotarsky *et al.* (2018) mettent en avant qu'un programme de 4 semaines basé sur des variations de pompes est efficace dans le développement de la force maximale sur un mouvement de développé couché. Ces variations permettent d'adapter la difficulté au niveau des performances physiques du joueur. Il est ainsi possible de faire travailler le sportif dans des forces proches de la 1RM. Cela permet d'augmenter la difficulté de réalisation du mouvement, au lieu d'augmenter le nombre de répétitions, ce qui rend le travail plus spécifique à la force. Augmenter le nombre de répétitions ferait basculer l'exercice en un travail d'endurance de force. Ce programme a eu une amélioration de la 1RM similaire au groupe s'étant entraîné directement en développé couché. Le niveau le plus simple est celui de la pompe contre un mur, pour aller jusqu'à la pompe au sol à une seule main, en passant par la pompe classique.

Pour faciliter le transfert, les études disent qu'il vaut mieux travailler dans des conditions proches de celles de la pratique sportive (Contreras *et al.*, 2017; Loturco *et al.*, 2018). Il faudrait donc travailler un muscle au moins dans la course musculaire du geste sportif, et surtout selon son axe de mouvement. Par exemple, travailler les grands fessiers lors d'un squat fait que le mouvement se fait dans un axe vertical, contrairement au Hip Trust qui se fait dans un axe horizontal. Le transfert vers la course ou le bond vers l'avant est meilleur pour les personnes s'étant renforcées en Hip Trust.

L'organisation des séances est importante dans la capacité d'un athlète à progresser. Il faut s'intéresser au nombre de répétitions et au nombre de séries, en fonction de la séance ou de la semaine. Le nombre de séries par groupe musculaire travaillé doit être inférieur à 15 par semaine pour ne pas surcharger le sportif (Morton *et al.*, 2019). Le temps de repos entre chaque série doit être au minimum compris entre 1 et 2 minutes, si ce n'est plus, pour des personnes non entraînées (Grgic *et al.*, 2018). Concernant le nombre de répétitions, cela va de paires avec l'intensité que l'on veut mettre dans l'exercice (Helms *et al.*, 2016). Il faut calculer le nombre de répétitions effectuées en fonction du nombre de répétitions relatives. Lors d'un exercice à 4RM, il y a 4 répétitions théoriques possibles. La difficulté augmente alors si le nombre de répétitions effectuées s'approche de 4. Si le nombre de répétitions effectuées est inférieur au nombre théorique, cela veut dire que l'athlète a encore des répétitions en réserve. Cette notion peut aider un athlète à travailler à poids de corps. En fonction de la difficulté voulue, on peut lui demander d'effectuer un mouvement sur X répétitions, en mettant une intensité telle qu'il n'a en réserve qu'un nombre prédéterminé de répétitions

3 Objectifs et hypothèses

L'objectif général de notre travail est d'avoir une première approche de recherche sur le kin-ball afin d'orienter la préparation physique et technique des joueurs. De ce fait, nous voulons déterminer quelles variables physiques influencent le plus positivement la vitesse maximale du ballon lors de la frappe à un bras. Cette vitesse de ballon est ici considérée comme le critère de performance. Pour cela nous allons diviser notre travail en trois. Tout d'abord, nous allons faire une étude sur le terrain pour vérifier la validité des mesures de vitesse de ballon. Cela permettrait que dans le futur, les fédérations et les clubs aient des outils validés pour objectiver leurs performances de frappe. Ensuite nous allons mettre en corrélation des tests physiques avec la vitesse de frappe à un bras.

Les hypothèses initiales sont que la performance de frappe est liée à :

- La force maximale du muscle grand pectoral et du muscle deltoïde antérieur
- La force maximale des muscles fléchisseurs de coude
- La force maximale isométrique des muscles de préhension

Dans un troisième temps, nous allons construire un programme de renforcement musculaire sur 6 semaines pour augmenter la force maximale des muscles étant le plus corrélé avec la vitesse de frappe à un bras. L'hypothèse est qu'en améliorant la force maximale de ces muscles, la performance de frappe va également être augmentée.

4 Matériels et méthodes

4.1 Mesure de la vitesse du ballon

4.1.1 Population

Cette étude se déroule lors d'un entraînement national. Tous les joueurs (17 personnes : 7 femmes, 10 hommes) du groupe étudié (âge : $28,2 \pm 3,1$ ans ; taille : $173,7 \pm 8,9$ cm ; masse : $73,8 \pm 16,4$ kg) évoluent ou ont évolué au niveau national voire international, ou participent depuis au moins 1 an aux entraînements de l'équipe de France. On retrouve une expérience de jeu en moyenne de 6,4 ans (± 2 ans) relativement semblable à leur début de frappe à un bras ($6,1 \pm 2$ ans). Ces caractéristiques se retrouvent dans le tableau 1.

Tableau 1 - Caractéristiques de la population (Moyenne + SD)

	Groupe (N=17)
Âge (années)	$28,2 \pm 3,1$
Genre (F/M)	7 / 10
Taille (cm)	$173,7 \pm 8,9$
Envergure (cm)	$167,4 \pm 11,5$
Masse (kg)	$73,8 \pm 16,4$
Latéralité (G/D)	3 / 14
Nombre d'années de pratique	$6,4 \pm 2$
Nombre d'heure de sport /semaine	$5,1 \pm 1,6$
Nombre d'années depuis frappe 1 bras	$6,1 \pm 2$

Ils ont été sélectionnés, en concertation avec le directeur technique national, selon des critères subjectifs de performance. Tout d'abord, nous voulons que la technique soit le moins possible limitante dans la performance de frappe. Ainsi, les joueurs sélectionnés sont considérés comme étant de « bons frappeurs ». De plus, pour pouvoir avoir des données fiables, la variabilité technique intra-joueur doit être minime pour ne pas qu'un changement de vitesse de balle lui soit dû. Nous avons donc pris en compte la régularité des frappes dans la sélection.

4.1.2 Vitesse du ballon

Après un échauffement général de 30 minutes, les joueurs sont pris à part pour l'explication des consignes de mesure. Les frappes prises en compte doivent respecter la réglementation du sport, c'est-à-dire avoir une trajectoire horizontale sur au moins 1 mètre avant de se diriger vers le sol. Les frappes lobées ne sont pas non plus considérées comme valides pour l'étude. En effet, pour calculer la vitesse horizontale du ballon, sa trajectoire doit être la plus rectiligne possible dans le plan de mesure pour la vidéo haute fréquence et pour le radar. Une attention particulière est mise sur les deux porteurs de ballon afin qu'ils ne le ralentissent pas avec leurs mains au moment de la frappe (Figure

4). La hauteur du ballon est laissée libre à chaque frappeur. La consigne principale est de frapper le plus fort possible. Une routine de frappe est faite pour que chacun s'approprie les consignes de frappe. Il y a un retour à chaque frappe précisant si elle respecte ou non les critères de validité.



Figure 4 : Position pour porter le ballon

Lors de la prise de mesure, des groupes de deux sont constitués pour que les joueurs alternent leurs frappes. Des consignes simples sont données pour la motivation comme « A fond ! » ou « Aller, le plus fort possible ! ». Chaque frappeur a environ 1 minute de repos entre chaque frappe. Le ballon utilisé est toujours le même afin que le gonflage et les défauts de couture du ballon soient identiques pour tout le monde. Chaque sportif effectue 5 frappes validées, sans retour précis sur sa performance.

Une double mesure est effectuée à chaque frappe. Un pistolet radar (Stalker PRO II) est installé à 6m50 du ballon, en direction de celui-ci, dans l'axe de la frappe. Nous utilisons également un iPad Pro (Apple©, 2017) en vidéo haute fréquence paramétré à 240 images par seconde. La prise de vue se fait perpendiculairement à l'axe de frappe, l'iPad placé entre 4 et 5m par rapport à cet axe. L'image est centrée à 1m après le bord du ballon (Figure 5). L'espace vidéo est calibré par une barre de 2m de longueur à 0.5cm près.

La mesure de la vitesse à la vidéo haute fréquence se fait sur le logiciel Kinovea (version 0.8.15) par traçage manuel du déplacement du ballon. Le repère le plus fiable est celui du bord du ballon, après sa déformation lors du contact avec le bras.

La valeur la plus haute en km/h est retenue pour les analyses statistiques.



Figure 5 : Installation pour la prise des mesures de la vitesse de ballon

Il serait intéressant de pouvoir comparer les mesures prises au radar avec celles prises à la vidéo haute fréquence. La méthodologie de comparaison des outils proposée par Bland et Altman semble la plus adaptée dans ce cas. Celle-ci consiste à mesurer avec deux outils la même donnée, pour ensuite calculer l'écart des mesures. Grâce à cette comparaison, nous pouvons déterminer si ces outils semblent fournir des données identiques ou non, en mesurant la différence systématique (Bland & Altman, 1999, 2010).

4.2 Paramètres anthropométriques et capacités physiques

L'envergure est choisie arbitrairement comme unique critère anthropométrique spécifique du kin-ball concernant la frappe à un bras. Selon nos observations, elle pourrait augmenter le potentiel bras de levier de l'épaule au moment de la frappe. Ainsi le couple de force serait augmenté. Les autres critères physiques ne semblent pas être spécifiques à la frappe de kin-ball.

Les données de masse et d'envergure des joueurs sont recueillies en parallèle à la prise de mesure de la vitesse de ballon. Lorsque les joueurs n'ont pas de tâche à faire, ils sont dirigés vers un deuxième opérateur qui prend ces mesures. Un mètre ruban est utilisé pour l'envergure avec une précision de 0,5 cm, les joueurs étant placés contre le mur. Un pèse personne mécanique à 0,5 kg de précision est utilisé pour prendre la masse des joueurs. Concernant leur taille, la valeur mesurée lors de leur dernière visite médicale est utilisée pour l'étude, avec une précision au cm près.

4.2.1 Saut vertical

Après avoir mesuré la vitesse de frappe de chacun des joueurs, nous passons à l'évaluation des qualités musculaires des membres inférieurs lors du saut vertical. Pour la prise des mesures, nous utilisons l'application MyJUMP2 sur iPad Pro. MyJUMP2 requiert, pour son fonctionnement, de connaître la longueur des jambes des joueurs, la distance hanche-sol en étant en position de flexion de genou à 90° et la masse. Ces trois premières mesures sont prises par l'opérateur qui se charge des

paramètres anthropométriques avec une précision de 0,5 cm. L'iPad Pro qui a servi précédemment est de nouveau utilisé pour le test de Squat Jump (SJ). Les consignes données sont de partir de la position de genoux à 90° et d'effectuer un saut vertical le plus haut possible. Aucun contremouvement au préalable n'est autorisé pour ce test. Il s'agit d'un effort uniquement concentrique. De plus, les bras sont placés sur les hanches ou sur les épaules, au choix du joueur. Chacun des sportifs a deux essais espacés de 2 minutes de repos. Le meilleur des 2 sauts est utilisé dans les résultats. En cas de grosse différence entre ces deux sauts ou si le SJ est fait avec un défaut technique (contremouvement), le joueur effectue un troisième saut. Les données récoltées sont celles de la hauteur de saut en cm, la force développée en Newton ainsi que la puissance en Watt.

4.2.2 Évaluation des forces maximales

Par contraintes organisationnelles, l'évaluation des forces maximales se fait à la fin de l'entraînement. Ce dernier a été sans dépense physique importante. Les temps de repos entre les efforts ont été longs et il n'y a eu, pour les joueurs testés, que des phases de jeux. Ainsi, l'intensité de l'entraînement n'a pas été perçue comme importante.

Les sportifs sont évalués en salle de musculation sur des mouvements de développé-couché en barre guidée (DC), d'écarté-couché (EC), de tirage poulie haute (TPH) et de tirage poulie basse (TPB). La mesure de la force maximale est faite avec la définition de leur 1RM à chaque fois. Sur chaque exercice, il y a une phase de familiarisation pour permettre aux joueurs de s'habituer à la machine et aux mouvements à effectuer. Cela sert également d'échauffement. Cette phase de familiarisation est constituée de 8 à 10 mouvements avec une charge déplacée comprise entre 40 et 60% de la charge maximale estimée.

Concernant la 1RM au DC, la machine utilisée est un INSPIRE FT2 Multi-gym avec double poulie. Cela fait une résistance diminuée de moitié par rapport aux masses que l'on assigne à la charge. Cela fait une incrémentation minimale possible de 2,5 kg avec son système de piles de masses (2x75kg). Chaque essai est espacé d'au moins 2 minutes afin de permettre le repos. La position du corps est standardisée et contrôlée afin d'éviter au maximum les compensations du corps. Pour la position de départ, les coudes sont fléchis à 90° avec 90° d'abduction d'épaule dans le plan frontal.

Le TPH et le TPB sont également faits sur la machine INSPIRE FT2 Multi-gym, en individualisant les piles de masses. Les positions sont également standardisées. L'objectif est de cibler les muscles triceps brachiaux pour le TPH et les muscles fléchisseurs de coude pour le TPB. Les mouvements réalisés s'approchent du Biceps Curl et du Triceps Curl. Le dos doit rester droit, les genoux déverrouillés, et les coudes collés contre le buste (Figure 6).



Figure 6 : Positions standardisées au TPH et au TPB

L'EC est fait sur un banc simple de musculation avec des haltères de 4 à 12,5 kg et des kettlebell de 12 à 20 kg pour les charges les plus lourdes. L'écart minimal entre la masse des poids étant de 2 kg, la définition de la 1RM se fait comme suit. Avec des poids identiques dans chaque main, les sportifs sont amenés à tester leur limite maximale déplaçable sur une répétition. Si le mouvement est possible à un palier donné (par exemple 8 kg dans chaque main), le joueur tente de réaliser le mouvement au palier suivant (ici avec des poids de 10 kg) et ainsi de suite jusqu'à l'échec. Une fois les haltères/kettlebell déterminés, ils doivent faire un maximum de répétitions avec ceux-ci. Le mouvement demandé est le suivant : les sportifs se placent allongés sur le banc de musculation et démarrent en position bras tendus vers le plafond. Ils doivent alors réaliser une abduction horizontale stricte jusqu'à ce que leurs bras arrivent parallèles au sol. Ils ont ensuite pour consigne de revenir dans la position initiale. Les coudes doivent rester tendus ou légèrement déverrouillés pendant tout le mouvement. La 1RM est déterminée avec la formule de Brzycki pour les séries de moins de 10 répétitions, et la formule de Mayhew pour les séries de 11 répétitions et plus. Les données sont arrondies à 0,1 kg près

Nous mesurons également la force maximale isométrique des muscles participant à la préhension à l'aide d'un dynamomètre hydraulique à main (SH5001, Saehan©). L'unité est le kilogramme (kg) et la précision est au kg près. Chacun des joueurs réalise 2 essais espacés d'un temps de pause d'au moins 10 minutes. Une troisième mesure est faite si la différence entre les deux premiers essais est supérieure à 5 kg. Dans nos résultats, nous utilisons la meilleure des performances

4.2.3 Test des abdominaux

Une adaptation du test de Shirado-Ito est effectuée. Les joueurs doivent placer leur bras de frappe tendu entre 90° et 110° d'abduction d'épaule dans le plan de la scapula, avec une légère adduction horizontale du bras. La jambe opposée au bras est à côté de la chaise, genou légèrement déverrouillé, pour être soumis à la pesanteur. L'autre jambe est appuyée sur une chaise, en position de hanche à 90° de flexion et à 90° de flexion de genou comme le décrivent Shirado et Ito. Le haut du corps est décollé du sol jusqu'aux pointes des scapulas. Les sportifs doivent maintenir la position prédéfinie le plus longtemps possible (Figure 7). Leur performance est arrêtée dès que la totalité des scapulas, le bras de frappe, la jambe controlatérale ou la tête touchent le sol. Elle est également arrêtée s'ils atteignent 10:30 minutes. Le résultat est noté en minutes et secondes.

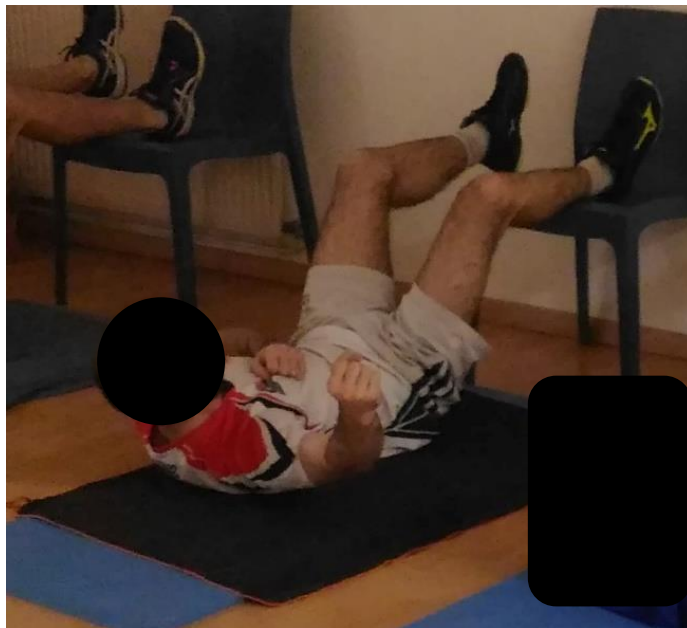


Figure 7 : Position du Shirado-Ito modifié

4.3 Protocole de renforcement

Le protocole de renforcement s'établit avec une autre population, dans un second temps, selon les résultats de l'étude préliminaire. Nous cherchons ici à développer les qualités de force maximale qui ressortent comme les plus positivement corrélées avec la vitesse de ballon lors de la frappe. Ainsi, nous essayons de développer la force maximale des muscles adducteurs horizontaux, à savoir les muscles grands pectoraux et les deltoïdes antérieurs. Notre phase de pré-test se fait avant le protocole et permet d'avoir des repères de progression pour nos joueurs. L'effectif est composé de l'équipe 1 féminine ainsi que des équipes 1 et 2 masculines du club de Nantes (âge : $31,6 \pm 2,2$ ans ; taille : $173,4 \pm 7,8$ cm ; masse $71 \pm 10,7$ kg). Ceux-ci évoluent en première division nationale féminine ou masculine et ont 2 entraînements de 2 heures par semaine. Ils ne suivent pas d'entraînement de musculation en temps normal. Lors de la séance pré-test, nous avons 16 joueurs, 4 femmes et 12 hommes

4.3.1 Vitesse de frappe et évaluation de la force maximale

La mesure de la vitesse du ballon lors de la frappe est faite selon la méthodologie précédemment décrite, à la différence que la vidéo haute fréquence n'est pas utilisée. Seul le radar est utilisé comme outil de mesure. Les joueurs ont une phase d'appropriation de la consigne de frappe, puis ils effectuent par binôme les frappes mesurées. Cela permet d'avoir un temps de pause entre chaque frappe d'une minute environ. Chaque joueur réalise 5 frappes valides. La meilleure performance est utilisée comme repère. Cette valeur est exprimée en km/h

La force maximale est évaluée pour les muscles adducteurs horizontaux, sur un mouvement d'EC. Avec les mêmes poids qu'utilisés lors de l'étude préliminaire et selon la même méthodologie. Les joueurs doivent définir le poids maximal qu'ils peuvent utiliser pour faire le mouvement, et ensuite effectuer un maximum de répétitions. La 1RM est calculée avec la méthode de Brzycki ou de Mayhew en fonction du nombre de répétitions.

4.3.2 Entraînement résistif

Le protocole de renforcement s'effectue sur 6 semaines, à raison de 2 séances de renforcement par semaine. Ces séances sont incluses dans chacun des entraînements et font environ 20 minutes. La planification des séances et leur contenu sont détaillés en Annexe 1. Compte tenu de la situation sanitaire, tous les exercices se font en autonomie et sans matériel.

L'objectif de ce protocole de renforcement musculaire est de développer la force maximale des grands pectoraux et des deltoïdes antérieurs. Le choix est fait de développer principalement ces muscles, et non pas leurs antagonistes, pour limiter le nombre de groupes musculaires renforcés. Ainsi, nous avons moins de facteurs à prendre en compte dans la variation de la performance que nous voulons observer.

Les sportifs sont amenés à faire différentes séries de pompes adaptées à leur niveau, afin de solliciter les groupes musculaires au plus proche de la force maximale, sur un maximum de 5 répétitions. L'autre type d'exercice est basé sur un mouvement résisté d'écarté-couché à poids de corps, réalisable à domicile. A partir d'une position de planche sur les mains, le sportif doit résister le plus longtemps possible au glissement des mains sur le sol, tout en permettant un mouvement. Plus les mains s'écartent l'une de l'autre, plus le mouvement est difficile à contrôler (Figure 8). Avec la combinaison de ces deux types d'exercices, nous voulons développer la force maximale des grands pectoraux et des deltoïdes antérieurs. Cela se traduirait par une augmentation de la 1RM à l'EC

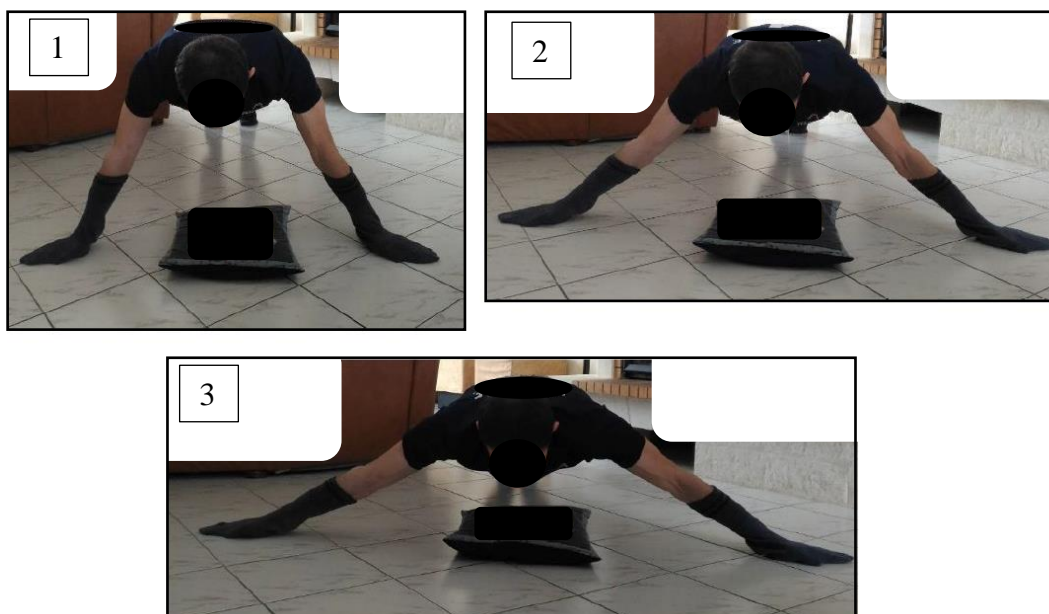


Figure 8 : Étapes chronologiques du mouvement d'écarté-couché résisté

4.4 Analyses statistiques

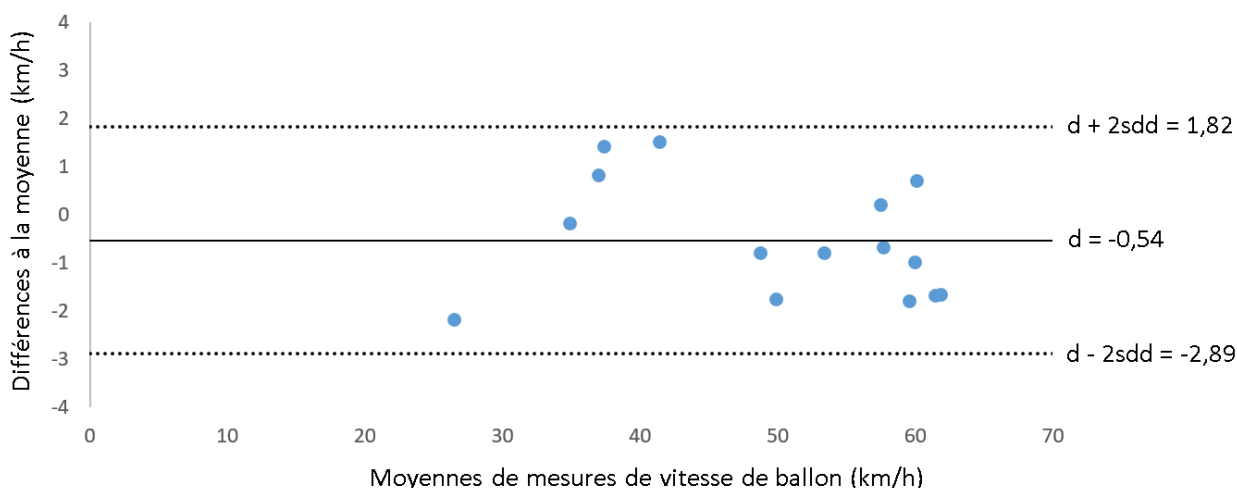
Les données de chaque participant sont recueillies puis centralisées dans un fichier EXCEL. Nous utilisons les statistiques descriptives pour les informations des sujets (genre, âge, niveau et quantité de pratique). Ainsi on retrouve la moyenne des valeurs et l'écart-type. Concernant les données anthropométriques et les résultats aux tests physiques, ils sont comparés à la vitesse du ballon lors de la frappe grâce à la corrélation de Pearson. Nous pouvons ainsi de connaître leur niveau de relation définie par la valeur de r . La valeur de P est également calculée pour vérifier la significativité des résultats. Un premier palier de significativité est défini pour $P < 0.05$. Le second palier de significativité est défini pour $P < 0.01$.

5 Résultats

5.1 Vitesse du ballon

Une comparaison des mesures entre la vidéo haute fréquence et le radar est faite avec la méthodologie proposée par Bland et Altman. Sur chacune des 15 frappes effectuées pour l'occasion. La moyenne des mesures est calculée, puis la différence à la moyenne de la vidéo haute fréquence est relevée. Cela nous donne le graphique ci-dessous avec une limite d'agrément de 95% (Figure 9).

La différence systématique est de $-0,54$ km/h avec les limites d'agrément $[-2,89 ; 1,82]$, ce qui signifie que la vidéo haute fréquence mesure en moyenne une vitesse diminuée de $0,54$ km/h par rapport aux mesures du radar. La normalité de la distribution des différences est vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Le test de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative de mesure entre les deux outils. Cela implique que les deux outils mesurent sensiblement de la même façon la vitesse de ballon.



d = moyenne des différences sdd = écart-type des différences $d \pm 2sdd$ = limite d'agrément à 95%

Figure 9 : Représentation des différences de mesure de la vidéo par rapport à la moyenne

Les résultats des mesures de vitesse de ballon lors de l'entraînement du groupe équipe de France retenus ont été pris uniquement avec le radar. Nous avons vu que les deux outils étaient valides pour la mesure de la vitesse de ballon. La prise de mesure avec le radar est cependant la méthode la plus simple. De plus, la vidéo haute fréquence requiert davantage d'interventions d'un opérateur. Cela peut avoir un effet néfaste sur sa reproductibilité. Il est donc décidé de ne pas inclure cet outil dans le traitement des données.

La vitesse moyenne des meilleures frappes à un bras de chaque joueur est de 52,5 km/h avec une déviation standard de 9,3 km/h. La plus basse vitesse maximale du ballon est de 37,1 km/h et la plus haute vitesse maximale est de 67,6 km/h.

5.2 Caractères anthropométriques, capacités et corrélations

Les données anthropométriques des 17 participants sont retranscrites dans le tableau 2. On y retrouve également la moyenne de ces mesures, la déviation standard, la valeur minimale et la valeur maximale. Ces données sont mises en corrélation avec la vitesse de ballon lors de la frappe.

Tableau 2 - Corrélations entre la vitesse de ballon et les paramètres anthropométriques

	Moyenne	SD	Min	Max	r	P
Taille (cm)	173,7	8,9	158	192	0,67	<0,01
Envergure (cm)	167,4	11,5	157,5	202,5	0,81	<0,01
Masse (kg)	73,8	16,4	57	111	0,54	<0,05
IMC (kg/m ²)	24,3	4,3	19,8	34,3	0,28	>0,05

Concernant les critères anthropométriques généraux, la masse du joueur montre une corrélation positive significative avec la vitesse du ballon ($r=0,54$; $P<0,05$), tout comme la taille ($r=0,67$; $P<0,01$). L'indice de masse corporel (IMC) ne montre pas de corrélation significative avec

la performance ($P>0,05$). La donnée anthropométrique spécifique au kin-ball présente une forte corrélation positive significative avec la performance de frappe ($r=0,81$; $P<0,01$).

Les données des performances physiques sont retranscrites dans le tableau 3.

Tableau 3 - Corrélations entre la vitesse de ballon et les performances physiques

	Moyenne	SD	Min	Max	<i>r</i>	<i>P</i>
Squat Jump (cm)	30,7	6,4	18,9	41,8	0,66	<0,01
Squat Jump (N)	1412,3	365,4	1016,4	2624,2	0,64	<0,01
Squat Jump (W)	1736,6	576,4	1142,6	3756,9	0,72	<0,01
DC (kg)	53	21,3	22,5	93,1	0,72	<0,01
EC (kg)	11,2	4,3	6,4	21,2	0,89	<0,01
TPH (kg)	30,8	11,3	17,5	61,1	0,87	<0,01
TPB (kg)	30,6	10,3	15	57,2	0,80	<0,01
Dynamomètre (kg)	46,2	11,4	25	66	0,79	<0,01
Shirado-Ito modifié (min:sec)	05:55	02:50	02:00	10:30	-0,24	>0,05

On retrouve que la hauteur du saut vertical et la force développée lors de ce saut sont significativement et positivement corrélées avec la vitesse du ballon ($r=0,66$ et $r=0,64$; $P<0,01$). Elles ont respectivement une moyenne de 30,7 cm (fourchette 18,9 – 41,8 cm) et de 1412,3 N (fourchette 1016,4 – 2624,2 N). La caractéristique de puissance évaluée lors du SJ présente une moyenne de 1736,6 W pour des valeurs comprises entre 1142,6 et 3756,9 W. La donnée du saut vertical est la plus significativement et positivement corrélée avec la performance ($r=0,72$; $P<0,01$).

Concernant les données des tests de force maximale, toutes les corrélations sont significatives ($P<0,01$). La performance lors du mouvement de DC présente une moyenne de 53 kg (de 22,5 à 93,1 kg). C'est la moins positivement corrélée avec la vitesse du ballon, bien que la valeur de r soit élevée ($r=0,72$). Les résultats des tests de TPB et de dynamomètre sont également corrélés positivement avec la performance de frappe ($r=0,80$ et $r=0,79$). Ils ont pour moyenne respective 30,6 kg (de 15 à 57,2 kg) et 46,2 kg (de 25 à 66 kg). Les plus hautes corrélations positives se trouvent pour les tests d'EC et de TPH ($r=0,89$ et $r=0,87$) avec une moyenne de 11,2 kg (de 6,4 à 21,2 kg) et de 30,8 kg (de 17,5 à 61,1 kg).

On retrouve pour le test de Shirado-Ito modifié un temps moyen de maintien de 5:55 min (fourchette 2:00 – 10:30 min), le test étant arrêté au bout de 10:30 minutes. Cette performance n'est pas corrélée significativement avec la vitesse de ballon ($P>0,05$).

5.3 Protocole de renforcement

Les résultats des évaluations pré-programme sont retranscrits dans le tableau 4. La vitesse moyenne des meilleures frappes de chaque joueur est de 51,3 km/h, pour des valeurs allant de 29,3 à 63,6 km/h. Les résultats à l'EC ont une moyenne de 14 kg (de 8 à 24,8 kg).

En raison de la situation sanitaire, les évaluations post programme n'ont pas pu être effectuées.

Tableau 4 - Mesures de vitesse du ballon et de la performance à l'EC

	Moyenne	SD	Min	Max
Vitesse du ballon (km/h)	51,3	9,2	29,3	63,6
EC (kg)	14	4,9	8	24,8

6 Discussion

L'objectif de ce mémoire est l'apport des premières connaissances sur la performance de frappe au kin-ball. Nous voulons identifier, parmi les variables physiques évaluées, celles qui sont le plus corrélées positivement avec la vitesse du ballon. Nous avons donc mis en corrélation avec la vitesse de ballon, des paramètres anthropométriques généraux et spécifiques à la discipline, des mesures de forces maximales sur les mouvements de DC, d'EC, de TPH et TBH, ainsi qu'au dynamomètre, et la performance lors d'un test d'endurance des muscles abdominaux.

Nos hypothèses initiales étaient que la force maximale des muscles grand pectoral, deltoïde antérieur, fléchisseurs de coude et des muscles de préhension était positivement corrélée avec la performance de frappe. Selon nos résultats, il se trouve que toutes nos hypothèses sont vérifiées ($P < 0,01$). La force maximale des muscles adducteurs horizontaux se trouve être la plus corrélée avec la performance, parmi ces différents groupes musculaires ($r = 0,89$; $P < 0,01$).

6.1 Mesures de la vitesse de ballon et limites méthodologiques

Les mesures de vitesse de ballon ont été réalisées avec deux outils différents, la vidéo haute fréquence et le radar. Selon les résultats de comparaison par méthode Bland-Altman, cette mesure peut se faire avec l'un ou l'autre des outils puisque la différence systématique est de -0.54 km/h. Cela représente un peu plus de 1% par rapport aux moyennes des maximales enregistrées. Au test de Student, cette différence n'est pas significative ($P > 0,05$). Nos résultats nous permettent donc d'avoir confiance dans l'utilisation des mesures obtenues avec les deux outils testés. Les fédérations et les clubs pourront donc utiliser ces outils validés pour objectiver leur performance de frappe

La vidéo haute fréquence semble cependant être plus complexe à mettre en place, du fait de sa forte dépendance à la qualité de vidéo et au traitement de l'opérateur. Il se peut que certaines vidéos soient inutilisables ou peu précises si les bonnes conditions, notamment de luminosité, ne sont pas

réunies. Il peut tout de même s'agir d'une bonne alternative de terrain au radar, qui lui a un coût d'achat bien plus élevé.

Les vitesses maximales moyennes des deux groupes étudiés sont 52,5 km/h ($\pm 9,3$) et 51,3 km/h ($\pm 9,2$). Ces données ont été prises avec le radar.

L'évaluation des vitesses de frappe s'est faite selon les disponibilités des joueurs et nous étions limités dans le temps. La passation par binôme assurait un roulement efficace dans la prise des mesures, et il était difficile de trouver une autre organisation. En s'intéressant au temps de repos entre chaque frappe, nous avons vu que celui-ci était autour d'une minute entre les essais d'un même joueur. Selon notre postulat initial que la performance de frappe est liée à la force maximale, il aurait été souhaitable de laisser aux sportifs environ 3 minutes de repos entre chaque essai puisque l'on cherche une performance maximale (McMaster *et al.*, 2014). Si l'on s'intéresse au handball, quand le temps de repos entre les essais est spécifié, il est entre 15 secondes et 1 minute (Debanne & Laffaye, 2011; Gorostiaga *et al.*, 2005). Cependant le volume et la masse du ballon à déplacer ne sont pas les mêmes et pourraient demander plus de ressources énergétiques. Dans de meilleures conditions d'évaluation, il aurait alors été intéressant d'augmenter le temps de repos entre les essais.

6.2 Anthropométrie, performances physiques et limites méthodologiques

Les résultats des corrélations montrent que tous les paramètres évalués semblent être positivement corrélés avec la performance de frappe, sauf la performance lors du test des muscles abdominaux et l'indice de masse corporel.

Concernant les résultats des données anthropométriques, la corrélation entre la masse des sportifs et la vitesse du ballon est de 0,54 ($P < 0,05$). Cependant elle mériterait d'être détaillée puisqu'elle ne donne pas d'information sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité des profils. Nous avons calculé l'IMC et selon nos résultats, il n'est pas corrélé avec la performance ($P > 0,05$). Il serait tout de même intéressant de mesurer le taux de masse grasse en complément. Cela permettrait d'avoir une vision plus précise sur le rôle de la masse lors de la frappe. Nous pourrions savoir si la masse comme indicateur d'une masse musculaire importante est positivement corrélé avec la performance, ou si le simple fait d'avoir une masse élevée aide à augmenter la vitesse du ballon, peu importe la masse musculaire. Les corrélations entre la vitesse de ballon et la taille du joueur ainsi que son envergure se montrent comme significativement positives, et semblent bonnes voire très bonnes. On retrouve respectivement $r=0,67$ et $r=0,81$ ($P < 0,01$). Ces caractéristiques ne sont pas modifiables par l'entraînement, mais pourraient cependant faire partie de critères de sélection lorsqu'il faut départager deux joueurs.

Les corrélations entre la vitesse de ballon de kin-ball et les performances de saut vertical sont significativement positives ($0,64 < r < 0,72$; $P < 0,01$). Cela permet de mettre en avant l'importance des membres inférieurs lors de la performance de frappe au kin-ball. Dans d'autres sports comme la boxe, les capacités musculaires de force et de puissance sont également positivement corrélées avec la force de frappe, notamment lorsqu'il s'agit de frapper avec le bras qui est en arrière (Chaabène *et al.*, 2015). Ce geste de coup de poing peut s'apparenter dans la coordination avec la frappe à un bras au kin-ball, avec un geste s'initiant par les jambes. Au kin-ball, la frappe est presque systématiquement précédée par une course au ballon. Ainsi il serait intéressant d'approfondir les investigations autour des capacités musculaires des membres inférieurs, afin de connaître les modalités de performance qui leur sont liées. Girard *et al.* (2005) disent que la combinaison de la force de réaction au sol des membres inférieurs avec la rotation du tronc amène à plus de performance au tennis. Cela permet de mettre en avant des phénomènes de coordinations musculaires. Ça a été le travail de Reid *et al.* (2008) qui ont montré que la coordination entre les membres inférieurs et les membres supérieurs étaient bénéfiques pour la performance de service au tennis.

Les résultats de corrélation entre la vitesse de ballon et la performance au DC, à l'EC et au TPH sont différents. En effet on retrouve une très bonne corrélation entre la vitesse de ballon et l'EC ainsi qu'entre la vitesse et le TPH ($r=0,89$; $r=0,87$), mais la corrélation entre la vitesse de ballon et le DC est plus faible ($r=0,72$). Le mouvement du DC utilise cependant les mêmes muscles nécessaires à l'EC et au TPH. On pourrait alors s'attendre à avoir une corrélation similaire. Cependant on remarque que dans le mouvement de DC, les épaules sont placées à 90° d'abduction dans le plan frontal. Cela fait que le mouvement effectué n'inclue pas d'extension d'épaule dans le plan sagittal. Cette particularité pourrait expliquer la différence de corrélation entre les différents mouvements.

Lors de l'évaluation de la 1RM à l'EC, nous avons testé simultanément le côté gauche et le côté droit. De ce fait, les sportifs n'étaient pas évalués sur leur bras fort, mais limités dans leur performance par leur bras faible. Ainsi lors de l'évaluation, plusieurs sportifs nous ont rapporté qu'ils auraient pu utiliser un poids plus lourd avec leur bras fort, mais la contrainte d'utiliser des poids identiques à gauche et à droite les limitait. En prenant en compte le fait que le kin-ball est un sport asymétrique dans son geste de frappe, le test de l'EC tel qui était réalisé n'était pas adapté à la pratique. Nous aurions certainement dû trouver un moyen d'évaluer la force des adducteurs horizontaux d'épaule de manière asymétrique.

Les corrélations positives entre la vitesse de ballon et les muscles fléchisseurs de coude ($r=0,80$; $P < 0,01$), et avec les muscles de la préhension ($r=0,79$; $P < 0,01$), semblent indiquer qu'augmenter le bras de levier de l'épaule lors de la frappe pourrait augmenter la performance. On

peut penser que ces muscles deviennent garants de la sécurité du frappeur, lorsqu'il vient mettre son coude en porte-à-faux avec le ballon.

Les résultats du test de Shirado-Ito modifié se semblent pas corrélés avec la performance ($P > 0,05$). Nous retrouvons une moyenne d'endurance musculaire de 5:55 min ($\pm 2:50$). Les valeurs sont alors bien supérieures aux normes pour les hommes et pour les femmes du test standard. Elle est respectivement de $182,6 \pm 69,3$ s et de $85,1 \pm 44,8$ s pour des gens sains (Ito *et al.*, 1996). Cela met en doute la fiabilité de nos mesures, sachant que nous avons cherché à en augmenter la difficulté pour augmenter la composante de force. L'autre facteur mettant en cause la fiabilité des mesures est les conditions de passation. Lors de la réalisation du test de Shirado-Ito modifié, il y a eu jusqu'à 3 opérateurs différents pour évaluer les sportifs. Bien que le Shirado-Ito standard a une bonne reproductibilité, nous pensons que notre version modifiée n'en a pas en inter-opérateur. Cela induit que les résultats ne seraient pas révélateurs des performances réelles des sportifs. De plus, il fallait à chaque fois observer la posture pour 3 à 4 personnes à la fois. Cela ne permettait pas d'attester d'une bonne tenue de la position tout au long de l'évaluation, notamment du décollement des scapulas jusqu'à leur pointe. La position du bras de frappe et de la jambe controlatérale était également difficile à standardiser. Enfin, les principales douleurs relatées par les sportifs lors de l'exercice se situaient au niveau du cou pour le maintien de la tête et ont causées des arrêts. Ces données ne semblent donc pas exploitables. Le geste sportif de frappe étant une coordination entre le bas et le haut du corps, il serait tout de même intéressant de s'intéresser aux propriétés musculaires du tronc dans de futures études.

Il aurait été intéressant de multiplier les prises de mesure lors des tests de saut vertical et de force maximale de préhension. Les temps de repos entre les essais étaient respectés mais il était difficile de s'assurer de la bonne réalisation de certains tests, faute de temps. Nous aurions pu avoir plus de précision sur le résultat de ces tests en évitant les fausses prises ou les contres performances. Avec plus de temps lors de l'évaluation de l'endurance des muscles abdominaux, nous aurions pu mieux encadrer les sportifs pour avoir des résultats potentiellement plus fiables.

La corrélation entre la vitesse du ballon et la force maximale à l'EC viendrait renforcer l'idée initiale que le mouvement de frappe se fait principalement dans un plan horizontal, avec un fort travail des muscles adducteurs horizontaux.

La performance du triceps brachial a été évaluée avec le TPH. Ce muscle effectue une extension d'épaule et une extension de coude. Cependant, dans le mouvement de frappe que l'on a décrit, le coude semble rester toujours tendu. La composante musculaire principale utilisée serait donc celle de l'extension d'épaule. Cela corrobore ce que nous pensions dans la description du mouvement

de frappe. Il s'agit d'une combinaison d'une adduction horizontale et d'une extension d'épaule. Le mouvement d'adduction horizontale est engendré principalement par le muscle grand pectoral et le muscle deltoïde antérieur et se fait dans un plan horizontal (Figure 10). L'extension d'épaule, produite par le muscle triceps brachial, est référencée dans un plan sagittal (Figure 11). Ainsi, le plan de frappe serait aux alentours de 45° entre le plan horizontal et le plan sagittal, et mettrait en jeu les deux groupes musculaires (Figure 12). Cela reste tout de même à tester avec des outils tels que l'électromyogramme, afin de définir les temporalités d'activation musculaire en fonction du temps relatif au geste de frappe. En effet en s'intéressant aux figures 10 et 11, nous pouvons penser que le début du mouvement s'initie avec les deltoïdes et le biceps brachial. Nous pouvons alors penser que le triceps n'est engagé que plus tard dans le geste. Ces pistes pourraient nous faire penser que travailler le triceps brachial dans sa composante d'extension de la gléno-humérale serait plus avantageux que de travailler l'extension de coude.

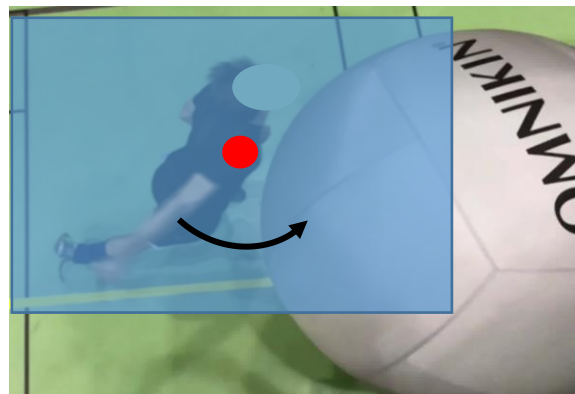


Figure 10 : Mouvement d'adduction horizontale d'épaule dans le plan horizontal

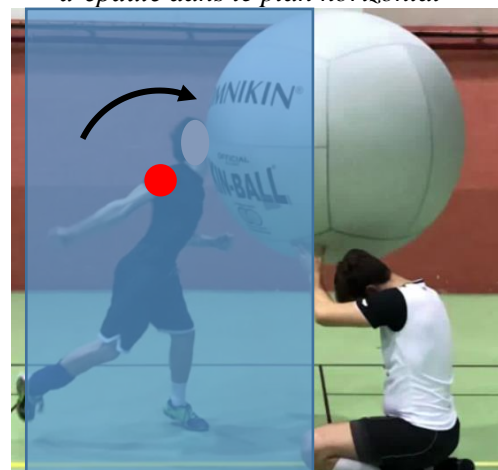


Figure 11 : Mouvement d'extension dans le plan sagittal

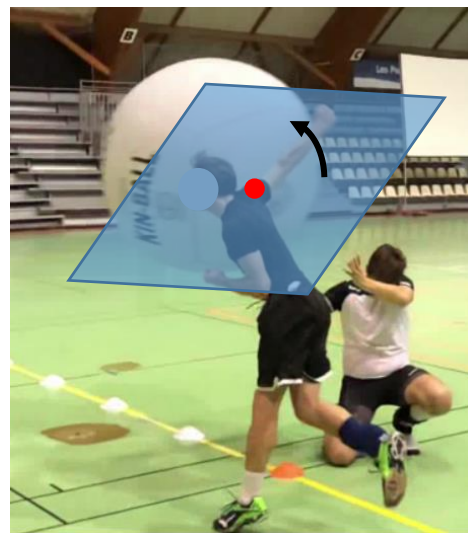


Figure 12 : Mouvement de frappe dans le plan combiné

On voit à la vidéo haute fréquence que lors du premier contact avec le ballon, le coude commence à se fléchir pour que le bras s'adapte à la forme ronde du ballon. Une réaction d'extension de coude vient alors rapidement compenser cette force pour viser à maintenir le bras tendu. Le triceps brachial pourrait alors également avoir une composante d'extension afin de garantir un gainage musculaire pour éviter les déformations du bras lors de la frappe, et les pertes d'énergie.

Nous allons maintenant nous intéresser au choix de la qualité musculaire ciblée par notre travail. Il s'agit de la force maximale. Cependant nous pouvons nous demander pourquoi cette qualité

musculaire et non pas la puissance par exemple, qui ressort comme un facteur important dans la performance aux vues de notre revue de la littérature. Une analyse vidéo à haute fréquence du geste a permis, en amont, d'avoir une première impression sur la façon dont se déroule la frappe au kin-ball. Une chose était marquante, c'est que le bras de frappe se retrouve deux fois dans des situations de production de force à faible vitesse. La première fois quand le frappeur arme et qu'il initie son geste vers le ballon, et la seconde fois quand le bras rentre en contact avec le ballon. Le bras perd tellement en vitesse qu'il peut parfois s'arrêter, voire même repartir en sens inverse. Or la production de force dans des conditions où la vitesse est très faible peut s'apparenter à des modalités de force maximale.

Le second paramètre qui a motivé l'évaluation des forces maximales, était la facilité des prises de mesures dans notre contexte. Nous avons à disposition une salle équipée en matériel de musculation. Avec ce type d'équipement, nous savons que la mesure de la force maximale est possible sans avoir besoin d'outils complémentaires, contrairement à l'évaluation de la vitesse ou de la puissance. Ainsi, étant dans une première approche dans l'étude de la performance de frappe où un choix dans l'orientation des recherches était nécessaire, nous avons choisi de nous concentrer sur la force maximale. En lien avec les résultats des études s'intéressant à la performance de lancer ou de frappe dans d'autres sports, il serait cependant nécessaire de mener d'autres recherches en ciblant d'autres qualités musculaires comme la vitesse ou la puissance maximale.

Une autre limite méthodologique est que nous avons demandé aux sportifs les différentes douleurs et blessures de chacun. Cependant nous n'avons pas trouvé de moyen de les prendre en compte dans les corrélations. Chaque sportif a fait au mieux selon ses capacités du moment, mais il est possible que certaines performances fussent altérées par ces blessures et douleurs.

6.3 Programme de renforcement, limites méthodologiques et perspectives

Notre programme de renforcement n'a pas pu être abouti du fait de la situation sanitaire imposant le confinement à domicile. Les séances ont donc été envoyées à chacun des participants pour qu'ils réalisent les exercices chez eux. Cela était initialement prévu dans l'espérance d'un retour à la pratique avant la fin des 6 semaines de programme, afin d'effectuer les tests post renforcement. Initialement prévu pour être fait en présentiel, il était difficile de vérifier l'intensité engagée par les sportifs dans les exercices. Étant à poids de corps sur les exercices, la difficulté était jugée en fonction du niveau des pompes effectuées. Lors de l'exécution, le poids de corps devait se placer le plus possible en amont du bras à faire travailler. Cette autonomie laissée au sportif rend la performance subjective et est difficile à attester à distance. Pour les sportifs ayant terminé le programme de renforcement, ils décrivent tout de même une amélioration de leurs capacités. Ils ont notamment pu augmenter la difficulté de leurs exercices.

Si l'on se réfère à la revue systématique de Schoenfeld *et al.* (2017), la progression au bout de 10 semaines d'entraînement à visée d'augmentation de la 1RM est quantifiée à environ 31%. Selon les résultats de Kotarsky *et al.* (2018), l'amélioration au bout de 4 semaines d'entraînement résistif par programme basé sur les pompes est d'environ 5% pour des personnes étant déjà habituées aux entraînements résistifs. Cette progression n'est pas différente entre les groupes faisant des pompes et ceux s'entraînant au DC. On peut alors imaginer que la progression de nos sportifs ayant suivi notre programme de renforcement des adducteurs horizontaux d'épaule aient une augmentation de leur 1RM entre 10 et 20%. La corrélation obtenue lors de l'étude préliminaire est retranscrite dans la figure 13.

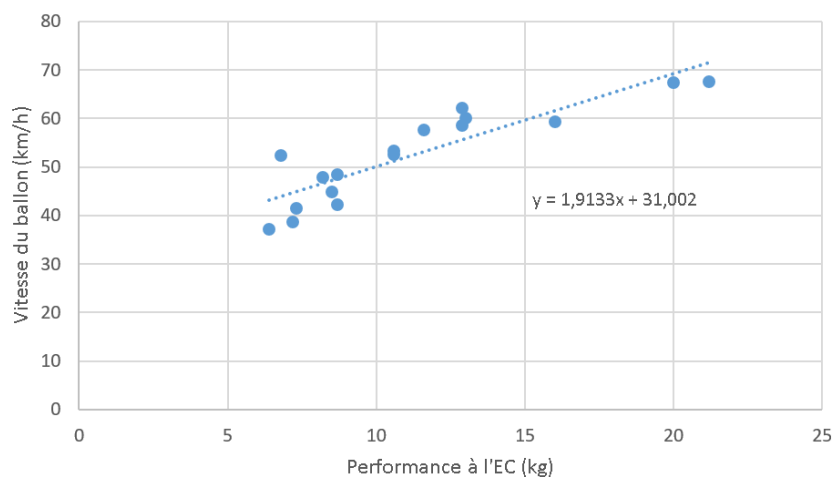


Figure 13 : Relation entre la vitesse de ballon et la performance à l'EC

En considérant que la progression de la vitesse de frappe suit une loi linéaire, nous pouvons estimer le gain de performance à l'issue de notre programme de renforcement. Par exemple, pour une personne ayant un pré test à l'EC de 8 kg ainsi une vitesse de ballon autour de 46,3 km/h, son amélioration de la force maximale de 10 à 20% donnerait une nouvelle vitesse comprise entre 47,8 et 49,4 km/h. Pour une personne ayant un pré test à l'EC de 12 kg et une vitesse de ballon autour de 54 km/h, l'augmentation de la force maximale donnerait une nouvelle vitesse comprise entre 56,3 et 58,6 km/h. On pourrait donc estimer qu'un programme de renforcement des muscles adducteurs horizontaux d'épaule conduirait à une augmentation de la performance de frappe entre 1,5 et 4,6 km/h. Cette estimation est cependant très théorique et critiquable. Cela sous-entendrait que la performance suit la loi de régression linéaire simple. De plus, nous savons que la performance de frappe est aussi corrélée avec d'autres paramètres physiques. Cette estimation voudrait également dire que le transfert du gain de force sur la performance est très important.

Pour le renforcement physique, un choix a été fait de ne pas renforcer les abducteurs horizontaux d'épaule, les fixateurs de la scapula ni les rotateurs latéraux de la gléno-humérale qui se trouvent être les antagonistes du mouvement travaillé et garants d'une bonne dynamique de l'épaule. L'idée est de ne pas fausser les résultats en multipliant le nombre de muscles renforcés. Cependant à

long terme, il faudrait les renforcer pour ne pas créer de déséquilibre agoniste/antagoniste (Guincestre *et al.*, 2005).

6.4 Applications pratiques et perspectives

En accord avec nos résultats, il semble qu'un renforcement global du corps soit en adéquation avec une amélioration de la vitesse de frappe. Pour orienter la préparation physique, il semblerait que travailler les muscles grands pectoraux et les muscles deltoïdes antérieurs, ainsi que les muscles triceps brachiaux notamment dans une composante d'extension d'épaule soit plus spécifique à la performance de frappe. Ces muscles devraient notamment être travaillés dans une optique d'augmentation de la force maximale.

Dans l'optique de préciser nos résultats et d'enrichir les connaissances sur le sport, il serait intéressant de réaliser d'autres tests et de les mettre en corrélation avec la performance de frappe. En regardant la littérature et ce qu'il se fait dans d'autres sports, plusieurs autres critères auraient pu être évalués.

Comme déjà évoqué dans la revue de littérature, différents paramètres de la performance physique sont évalués dans d'autres sports. On retrouve notamment la création de profils force-vitesse pour étudier l'impact de la force, de la vitesse, ainsi que de la puissance sur la performance de lancer de javelot (Bouhlel *et al.*, 2007). Ces données ont été extraites à partir de tests sur cyclo-ergomètres. On retrouve que la vitesse maximale et la puissance maximale sont fortement corrélées avec la performance de lancer que ce soit pour les bras ($r=0,62$ et $r=0,72$; $P<0,05$) ou pour les jambes ($r=0,83$ et $r=0,70$; $P<0,05$), comparativement à la force maximale des bras et des jambes ($r=0,23$ et $r=0,32$; $P>0,05$). Le mouvement de frappe à un bras étant balistique, à faible charge et à vitesse élevée, il serait donc intéressant de s'intéresser aux différentes qualités de vitesses. Il pourrait également être possible de l'étudier dans d'autres modalités que la vitesse maximale. Nous avons vu précédemment que la performance de lancer au handball était la plus corrélée avec la vitesse atteinte au développé-couché pour une charge de 30% de la 1RM ($r=0,72$; $P<0,01$). Cela permet de mettre en avant que la force peut ne pas être le paramètre musculaire le plus important dans la performance de frappe au kin-ball et que davantage de recherches sont nécessaires.

D'autres tests plus fonctionnels peuvent également être intéressants pour évaluer les capacités de nos joueurs. Les lancers de médecine-ball sur le côté (Side MedicineBall Throw) peuvent attester de la puissance de rotation du tronc chez les hommes (Ikeda *et al.*, 2006). Il s'agit d'une alternative de terrain pour évaluer la rotation du tronc, sans avoir besoin de matériel. Nous pouvons également nous intéresser à d'autres tests évaluant le haut du corps. On peut retrouver le tests de rotation de tronc assis, de lancer de médecine-ball assis, le test de stabilité des membres supérieurs en chaîne

fermée, ou encore le test décrit par Declève *et al.* (2020), le « Upper limb rotation test » (ULRT). Ces tests ne sont pas spécifiques à la pratique d'un sport, mais pourraient bien se montrer comme corrélés avec la performance.

Lors de l'évaluation des vitesses maximales des frappes à un bras, il est remarqué que les joueurs n'ont pas tous la même façon de frapper dans le ballon. Il semblerait donc qu'il y ait des différences ou des défauts techniques difficiles à objectiver avec les moyens actuels. Ces différences s'observent sur la phase d'approche, le pied d'appel, le timing d'armé, ou encore sur les amplitudes de mouvements. Il pourrait alors être intéressant d'investiguer les variations de technique de frappe afin d'objectiver lesquelles seraient néfastes ou bénéfiques à la performance. Mavvidis *et al.* (2005) dans leur étude, ont mis en place un système de notation technique par des entraîneurs, lors de la performance de frappe au tennis. Cela permettait de mettre en corrélation la qualité technique subjective ressentie par les entraîneurs, avec la vitesse de balle. Il en ressort que meilleure est la technique, plus grande sera la performance. Ainsi la technique de frappe au kin-ball pourrait aussi avoir un impact sur la vitesse maximale que peut atteindre le ballon lors de la frappe.

7 Conclusion

Le travail réalisé avait pour objectif de donner des premières connaissances sur les muscles importants dans la performance de frappe au kin-ball, définie par la vitesse maximale atteinte par le ballon lors de la frappe. Deux protocoles ont été menés pour arriver à nos conclusions. Le premier consistait à mettre en corrélation différents facteurs physiques avec la performance, et le second visait à tester la vraisemblance de ces résultats préliminaires.

Les résultats montrent qu'à l'heure actuelle, un renforcement global du corps semble être un bon indicateur de performance. Les facteurs les plus corrélés avec la vitesse de ballon sont la force maximale à l'EC et au TPH. Cela met en avant que les muscles importants seraient les grands pectoraux, les deltoïdes antérieurs, et les triceps brachiaux dans leur composante d'extension d'épaule.

Les résultats de cette étude sont cependant à prendre avec du recul. Nous retrouvons de très bonnes corrélations entre nos critères de performance physique et la vitesse maximale du ballon, mais ces résultats doivent être utilisés avec précautions. Il s'agit ici d'une première étude sur les facteurs de performance et d'autres études seraient nécessaires pour approfondir les recherches. Il serait notamment intéressant de s'intéresser aux paramètres de vitesse et de puissance, ainsi que d'utiliser des tests fonctionnels. Une attention doit également être apportée sur la gestuelle de la frappe à un bras, qui n'est aujourd'hui pas encore maîtrisée.

Références Bibliographiques

- Aguilera, D., Sánchez, A. J. L., Ferrer, M. C., & Luque, G. T. (2013). Análisis de la estructura temporal y de juego del kin-ball. *TRANCES. Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*, 2, 159-176.
- Ahmad, M., Ismail, K. A., Mat, F., Nawi, M. A.-H. M., & Hanid, M. H. M. (2019). Velocity Measurement of a Sports Ball during the Drop Test by a High-speed Camera. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 273-278. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.8.2.273-278>
- Baiget, E., Corbi, F., Fuentes, J. P., & Fernández-Fernández, J. (2016). The Relationship Between Maximum Isometric Strength and Ball Velocity in the Tennis Serve. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 63-71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0028>
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 528-533. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>
- Bates, N. A., McPherson, A. L., Berry, J. D., & Hewett, T. E. (2017). INTER- AND INTRA-RATER RELIABILITY OF PERFORMANCE MEASURES COLLECTED WITH A SINGLE-CAMERA MOTION ANALYSIS SYSTEM. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(4), 520-526.
- Bianco, A., Filingeri, D., Paoli, A., & Palma, A. (2015). One repetition maximum bench press performance : A new approach for its evaluation in inexperienced males and females: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(2), 362-369. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.11.019>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research*, 8(2), 135-160. <https://doi.org/10.1177/096228029900800204>

- Bland, J. M., & Altman, D. G. (2010). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*, 47(8), 931-936. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2009.10.001>
- Bonato, M., Maggioni, M. A., Rossi, C., Rampichini, S., La Torre, A., & Merati, G. (2015). Relationship between anthropometric or functional characteristics and maximal serve velocity in professional tennis players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(10), 1157-1165.
- Bouhlef, E., Chelly, M. S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2007). Relationships between maximal anaerobic power of the arms and legs and javelin performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(141), 6.
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., & Chamari, K. (2020). Resistance Training and Handball Players' Isokinetic, Isometric and Maximal Strength, Muscle Power and Throwing Ball Velocity : A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Buscà, B., Quintana, M., & Maria Padullés, J. (2016). High-speed cameras in sport and exercise : Practical applications in sports training and performance analysis. *Aloma Revista de Psicologia*, 34(2), 13-23.
- Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., Amara, S., Chaabène, R. B., & Hachana, Y. (2015). Amateur Boxing : Physical and Physiological Attributes. *Sports Medicine*, 45(3), 337-352. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0274-7>
- Chan, R. H. (2005). Endurance Times of Trunk Muscles in Male Intercollegiate Rowers in Hong Kong. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(10), 2009-2012. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.04.007>

- Cohen, D. B., Mont, M. A., Campbell, K. R., Vogelstein, B. N., & Loewy, J. W. (1994). Upper Extremity Physical Factors Affecting Tennis Serve Velocity. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(6), 746-750. <https://doi.org/10.1177/036354659402200604>
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., McMaster, D. T., Reyneke, J. H. T., & Cronin, J. B. (2017). Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males : A Randomized Controlled Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 999-1008. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001510>
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187-3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002149>
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 705-713. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.552112>
- Decleve, P., Attar, T., Benameur, T., Gaspar, V., Van Cant, J., & Cools, A. M. (2020). The “upper limb rotation test”: Reliability and validity study of a new upper extremity physical performance test. *Physical Therapy in Sport*, 42, 118-123. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.01.009>
- Díaz Amate, R., Alcántara Moral, F., Torres Luque, G., & Lara Sánchez, A. J. (2017). Estructura temporal y gestual del kin-ball. *Apunts Educación Física y Deportes*, 128, 36-42. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.05)
- Ferragut, C., Vila, H., Abraldes, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz, P. E. (2011). Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 26-32.

- Gabbett, T. J. (2019). How Much? How Fast? How Soon? Three Simple Concepts for Progressing Training Loads to Minimize Injury Risk and Enhance Performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1-9. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9256>
- Girard, O., Micallef, J.-P., & Millet, G. P. (2005). Lower-limb activity during the power serve in tennis : Effects of performance level. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1021-1029.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Male Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulic, P. (2018). Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of Muscular Strength : A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 137-151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>
- Guincestre, J. Y., Sesboue, B., Cavelier, V., & Hulet, C. (2005). Principes, usages, mésusages et risques du renforcement musculaire. *Journal de Traumatologie du Sport*, 22(4), 236-242. [https://doi.org/10.1016/S0762-915X\(05\)83225-5](https://doi.org/10.1016/S0762-915X(05)83225-5)
- Hastie, P. A., Langevin, F., & Wadsworth, D. (2011). Effects of Age and Experience on Physical Activity Accumulation During Kin-Ball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(1), 140-144. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599731>
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training: *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 42-49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>
- Ikeda, Y., Kijima, K., Kawabata, K., Fuchimoto, T., & Ito, A. (2006). Relationship between side medicine-ball throw performance and physical ability for male and female athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 99(1), 47-55. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0316-4>
- Innes, E. (1999). Handgrip strength testing : A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(3), 120-140. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1630.1999.00182.x>

- Ito, T., Shirado, O., Suzuki, H., Takahashi, M., Kaneda, K., & Strax, T. E. (1996). Lumbar trunk muscle endurance testing : An inexpensive alternative to a machine for evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(1), 75-79. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90224-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90224-5)
- Kotarsky, C. J., Christensen, B. K., Miller, J. S., & Hackney, K. J. (2018). Effect of Progressive Calisthenic Push-up Training on Muscle Strength and Thickness: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(3), 651-659. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002345>
- Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(2), 310-316. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.007>
- Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., Winckler, C., Suchomel, T., & Pereira, L. A. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises : Relationships with top-level sprint performance. *PLOS ONE*, 13(7), e0201475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201475>
- Mavvidis, A., Koronas, K., Riganas, C., & Metaxas, T. (2005). SPEED DIFFERENCES BETWEEN FOREHAND AND BACKHAND IN INTERMEDIATE-LEVEL TENNIS PLAYERS. *Kinesiology*, 37(2), 159-163.
- Mayhew, J. L., Johnson, B. D., LaMonte, M. J., Lauber, D., & Kemmler, W. (2008). Accuracy of Prediction Equations for Determining One Repetition Maximum Bench Press in Women Before and After Resistance Training: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1570-1577. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817b02ad>
- Mayhew, J. L., Prinster, J. L., Ware, J. S., Zimmer, D. L., Arabas, J. R., & Bembien, M. G. (1995). Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(2), 108-113.

- McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. *Sports Medicine*, *44*(5), 603-623. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0145-2>
- Morton, R. W., Colenso-Semple, L., & Phillips, S. M. (2019). Training for strength and hypertrophy : An evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*, *10*, 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.006>
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J. J. (2018). Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages: *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(6), 1778-1786. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002050>
- Palmer, K., Jones, D., Morgan, C., & Zeppieri, G. (2018). Relationship Between Range of Motion, Strength, Motor Control, Power, and the Tennis Serve in Competitive-Level Tennis Players : A Pilot Study. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, *10*(5), 462-467. <https://doi.org/10.1177/1941738118785348>
- Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2008). Lower-Limb Coordination and Shoulder Joint Mechanics in the Tennis Serve. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*(2), 308-315. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815c6d61>
- Resende, V. A., Neto, A., Frada, R., Leal, F., Teixeira, J.-M., Nascimento, H., & Miranda, A. (2012). Influence du nombre de répétitions, dans l'évaluation de la force de préhension de la main. *Chirurgie de la Main*, *31*(6), 421-422. <https://doi.org/10.1016/j.main.2012.10.119>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training : A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(12), 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>
- Seo, D.-I., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S. L., Thiebaud, R., Sherk, V. D., Loenneke, J. P., Kim, D., Lee, M.-K., Choi, K.-H., Bembien, D. A., Bembien, M. G., & So,

- W.-Y. (2012). Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(2), 221-225.
- Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., Fragala, M. S., Maresh, C. M., Fleck, S. J., Newton, R. U., Spreuwenberg, L. P. B., & Häkkinen, K. (2006). Relationship Between the Number of Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Free Weight Exercises in Trained and Untrained Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 819. <https://doi.org/10.1519/R-18195.1>
- Shum, H., & Komura, T. (2005). Tracking the translational and rotational movement of the ball using high-speed camera movies. *IEEE International Conference on Image Processing 2005*, III-1084. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2005.1530584>
- Vaverka, F., & Cernosek, M. (2013). Association between body height and serve speed in elite tennis players. *Sports Biomechanics*, 12(1), 30-37. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.670664>
- Willardson, J. M., & Burkett, L. N. (2006). The Effect of Rest Interval Length on Bench Press Performance With Heavy vs. Light Loads. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 396. <https://doi.org/10.1519/R-17735.1>

Annexe 1

Le protocole s'est fait sur 6 semaines, à raison de 2 séances par semaine. Ces séances sont prévues pour s'inscrire dans les entraînements de clubs.

En progression et pour augmenter la difficulté des exercices de pompe, il est demandé au joueur d'éloigner de son corps le bras controlatéral au bras que l'on fait travailler, jusqu'à ne plus le poser si c'est possible. Ainsi, le mouvement se fait de plus en plus avec un seul bras. Pour ceux qui n'y arrivent pas, l'exercice se fait symétrique. Si c'est encore trop difficile, il se fait sur les genoux.

Les exercices sont les suivants :

1. Pompes serrées : Le mouvement de pompe est réalisé avec les coudes au corps.
2. Pompes larges : Le mouvement de pompe est réalisé avec les coudes écartés du corps, à 90° d'abduction d'épaule.
3. Pompes surélevées : La pompe se fait en prenant appui sur un banc ou des chaises, pour avoir le haut du corps plus en hauteur que les jambes.
4. Écarté-glissé : Il s'agit du mouvement d'écarté-couché résisté d'écrit en page 18. Le sportif freine le mouvement d'écartement des mains, qui glissent sur le sol, jusqu'à la chute.

L'exercice est noté comme suit : « Y x Z » où Y est le nombre de séries, et Z le nombre de répétitions. Il s'agit du nombre de répétitions à faire de chaque côté si le joueur effectue l'exercice de manière asymétrique.

Lors de chaque exercice, il est demandé de mettre un maximum d'intensité dans le mouvement. Les sportifs doivent chercher à produire un effort submaximal tel qu'une répétition de plus que ce qui est demandé serait très difficile à effectuer.

Le tableau ci-dessous synthétise le programme de renforcement proposé aux sportifs :

Semaine 1	Séance 1 : Lundi		Séance 2 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes serrées 2 x 3	Exercice 2 : Pompes surélevées 2 x 3	Exercice 1 : Pompes larges 2 x 3	Exercice 2 : Écarté-glissé 2 x 4
Semaine 2	Séance 3 : Lundi		Séance 4 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes serrées 2 x 3	Exercice 2 : Écarté-glissé 2 x 4	Exercice 1 : Pompes surélevées 3 x 3	Exercice 2 : Pompes larges 3 x 3
Semaine 3	Séance 5 : Lundi		Séance 6 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes surélevées 3 x 3	Exercice 2 : Écarté-glissé 3 x 4	Exercice 1 : Pompes larges 3 x 3	Exercice 2 : Pompes serrées 3 x 3
Semaine 4	Séance 7 : Lundi		Séance 8 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes serrées 3 x 4	Exercice 2 : Pompes surélevées 3 x 4	Exercice 1 : Pompes larges 3 x 4	Exercice 2 : Écarté-glissé 3 x 4
Semaine 5	Séance 9 : Lundi		Séance 10 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes serrées 3 x 4	Exercice 2 : Écarté-glissé 3 x 5	Exercice 1 : Pompes surélevées 3 x 5	Exercice 2 : Pompes larges 3 x 5
Semaine 6	Séance 11 : Lundi		Séance 12 : Jeudi	
	Exercice 1 : Pompes surélevées 3 x	Exercice 2 : Écarté-glissé 3 x 5	Exercice 1 : Pompes larges 3 x 5	Exercice 2 : Pompes serrées 3 x 5

Résumé

Objectifs : Le Sport Kin-ball® est un sport récent et ses facteurs de performance sont encore peu connus. Ce mémoire a pour objectif d'apporter des premières connaissances sur les paramètres physiques importants dans la performance de frappe à un bras grâce à deux protocoles.

Méthode : 17 joueurs du groupe d'entraînement France ont participé à la première étude. Ils ont été soumis à différents tests physiques pour mettre leurs résultats en corrélation avec la vitesse maximale du ballon lors de leur frappe à un bras. Ensuite, un programme de renforcement est proposé à 16 joueurs du club de Nantes pour renforcer les paramètres musculaires ressortant comme fortement corrélés avec la performance de frappe.

Résultats : Les résultats obtenus montrent une très bonne corrélation entre la vitesse maximale du ballon et la force maximale des muscles adducteurs horizontaux ainsi qu'entre la vitesse du ballon et la force maximale du triceps brachial. Le programme de renforcement n'a pas pu être abouti à cause de la crise sanitaire.

Conclusion : Ce mémoire permet d'orienter la préparation physique des joueurs vers l'augmentation de la force maximale des muscles grands pectoraux, deltoïdes antérieurs et triceps brachiaux. Nous estimons que cela pourrait augmenter la vitesse de ballon entre 1,5 et 4,6 km/h bien que des recherches complémentaires pourraient préciser ces résultats.

Mots clés

- Evaluations
- Force maximale
- Vitesse de ballon
- Facteurs de performance
- Corrélations

Abstract

Objectives: Kin-ball Sport® is a new sport which performance factors are still little-known. The aim of this study was to increase the knowledge about important physical parameters in hit performance. This was done through 2 protocols.

Method: 17 players of French national training group participated to the first study. They were evaluated on different physical tests. The athletes' results were correlated with the maximal ball speed reached with a one-arm's hit. The second protocol was a strengthening program, given to 16 players of Nantes's kin-ball club. The aim was to see if an increase in muscles strength was correlated with greater hit performance.

Results: The results showed a really strong correlation between maximal ball speed and maximal strength developed by pectoralis major and anterior deltoid. Such a good correlation was also found between ball speed and brachial triceps maximal strength. The reinforcement program has not been achieved due to the current health emergency.

Conclusion: This study should be able to help kin-ball players' physical training, by strengthening their pectoralis major, anterior deltoid and brachial triceps. The resulting ball speed increase was estimated between 1.5 and 4.6 km/h even though further investigations are needed to confirm these results.

Keywords

- Assessments
- Maximal strength
- Ball speed
- Performance factors
- Correlations