

UNIVERSITE DE TOULON

UFR S.T.A.P.S

Rapport de stage de Master 1

Parcours : Activités Physiques Adaptée pour la Santé

TITRE :

**ANALYSE BIOMECANIQUE DE LA PROPULSION EN
FAUTEUIL ROULANT AVANT VERSUS ARRIERE EN
PARA BADMINTON**

Présenté par :

BAKATCHINA Sadate

Sous la direction de :

M. FAUPIN Arnaud

Session 1 Mai 2018

Engagement de non plagiat.

Je soussigné, BAKATCHINA Sadate

N° carte d'étudiant : 21702027

Déclare avoir pris connaissance de la charte des examens et notamment du paragraphe spécifique au plagiat. Je suis pleinement conscient(e) que la copie intégrale sans citation ni référence de documents ou d'une partie de document publiés sous quelques formes que ce soit (ouvrages, publications, rapports d'étudiant, internet etc..) est un plagiat et constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour produire et écrire ce document. Fait le 22/05/2018

Signature : BAKATCHINA Sadate

Ce document doit être inséré en première page de tous les rapports, dossiers et/ou mémoires.

Document du chapitre 10 annexe 5, issu de la Charte des examens adoptée en Conseil d'Administration le 11 juillet 2013 après avis du CEVU du 27 juin 2013 - Délibération N°2013-73- Modifié suite CFVU du 12/03/2015

UNIVERSITE DE TOULON

UFR S.T.A.P.S

Rapport de stage de Master 1

Parcours : Activités Physiques Adaptée pour la Santé

TITRE :

**ANALYSE BIOMECANIQUE DE LA PROPULSION EN
FAUTEUIL ROULANT AVANT VERSUS ARRIERE EN
PARA BADMINTON**

Présenté par :

BAKATCHINA Sadate

Sous la direction de :

M. FAUPIN Arnaud

Session 1 Mai 2018

La liste des abréviations :

FEF : Fraction Efficace de Force

FP : Fréquence de Poussée

F_{tang} : Force tangentielle

FRM : Fauteuil Roulant Manuel

F_{tot} : Force Totale

PA_r : Propulsion Arrière

PA_v : Propulsion Avant

P : Puissance de poussée

RoR : taux d'augmentation de la force

RoR_{pic} : taux d'augmentation maximal de la force

TC : Temp de Cycle

TP : Temps la phase de Propulsion

TR : Temps de la phase de Recouvrement

Table des matières

I)INTRODUCTION.....	2
II) METHODE	5
2.1) Participants.....	5
2.2) Procédure du test.....	6
2.3) Mesures/Outils	7
2.3.1) SMARTWheel	7
2.3.2) Statistiques	11
III) Les résultats	11
3.1) Les paramètres dynamiques	11
3.2) Les paramètres temporels	13
IV) Discussion	14
4.1) Critères d'efficacité et de technique de propulsion.....	15
4.2) Troubles musculosquelettiques (TMS)	16
4.3) Limites	17
V) Conclusion	17
Bibliographie	19

I) INTRODUCTION

Généralement, les utilisateurs de fauteuil roulant sont des personnes paraplégiques et des personnes âgées. Après la deuxième guerre mondiale, l'usage du fauteuil roulant en France s'est accru de façon considérable. Dans le but d'optimiser les performances et d'éviter les troubles musculo-squelettiques en handisport, certains auteurs se sont intéressés à l'étude de la propulsion de FRM. Goosey-Tolfrey & Kirk. (2003) identifient deux modes de modes de propulsion : Synchrones (SYN) et Asynchrones (ASY). Vanlandewijck, Theisen & Spaepen. (1997) distinguent deux phases de propulsion. Une phase de poussée et une phase de recouvrement. La phase de poussée correspond au temps où la main est en contact avec la main courante, et se divise en deux petites phases : une phase de traction et une phase de poussée proprement dite. La phase de recouvrement (PR) correspond au temps d'absence de contact entre la main et la main courante. Au cours de la propulsion d'un fauteuil roulant manuel, on note des forces importantes au niveau des mains courantes. C'est dans cet ordre d'idées que Boninger et al. (1999) ont comparé des variables biomécaniques tels que le taux d'augmentation de la force (RoR) et la fréquence de poussée (FP) en fonction de la vitesse et le poids des utilisateurs pendant la propulsion manuelle du fauteuil roulant. Les deux variables augmentent lorsque le poids et la vitesse propulsive augmentent. La propulsion des fauteuils roulants manuels impose une demande physique considérable aux membres supérieurs. Cette utilisation excessive des membres supérieurs est la cause des douleurs chez les utilisateurs de fauteuils roulants manuels (Rankin, Richter, & Neptune, 2011). Plus de 50% des utilisateurs de fauteuils roulants manuels souffrant d'une lésion de la moelle épinière risquent de développer des douleurs et des blessures aux membres supérieurs (Boninger et al. 2005). Selon Sosnoff et al. (2015), plus de soixante-dix pourcents (70%) des utilisateurs du FRM présentent des douleurs aux membres supérieurs. Les utilisateurs du FRM ont un risque plus élevé de développer des pathologies des membres supérieurs

(Bayley, Cochran, & Sledge, 1987). Ce risque plus élevée est dû à des charges répétées et importantes subies par les membres supérieurs durant la propulsion (Boninger et al. 1999). Aussi, la propulsion conventionnelle du fauteuil roulant au cours des handisports est physiologiquement exigeante en raison de la plus faible masse musculaire disponible. Concernant la performance, les utilisateurs de fauteuils roulants manuels utilisent différentes méthodes de poussées afin d'avoir une meilleure performance. En fait, si l'on considère que deux utilisateurs de fauteuil roulant propulsent à une puissance similaire, des différences claires dans le choix de la fréquence de poussée et des techniques de propulsion détermineraient le plus performant (Faupin et al. 2013). Nombreux paramètres permettent de déterminer la performance de la propulsion du FRM. Comme la participation aux sports en FRM augmente, la nécessité d'une évaluation quantitative des indicateurs de performance biomécanique et des protocoles de formation spécifiques aux sports et aux populations est devenue centrale (Bergamini et al. 2015). C'est dans cet ordre d'idées que (Faupin et al. 2013) ont comparé la vitesse maximale moyenne, la FP, la fluctuation de profil de vitesse et le TC lors des différentes stratégies de propulsion manuelle en fauteuil roulant. Selon Bergamini et al. (2015), les meilleures performances sont liées à la capacité des athlètes à générer une puissance élevée avec les bras et à diminuer la fréquence de poussée.

Comme toutes autres disciplines, le para badminton est de nos jours connu et pratiqué en France. Le premier championnat national de para badminton en France était organisé le 10 Novembre 2014 à Colomiers (<http://www.france.parabadminton.com>). Le para badminton sera inscrit aux prochains jeux paralympiques en 2020 à Tokyo. Le para badminton est un sport à la fois collectif (en double ou en mixte) qu'individuel (simple) comme le badminton classique. Le principe est légèrement adapté à celui du badminton classique. Les dimensions du terrain changent, mais les règles du jeu sont légèrement adaptées. Au cours du jeu, les joueurs sont en perpétuels propulsions avant et arrière nécessitant des efforts physiologiques

et mécaniques. Dans le but d'optimiser la technique de propulsion de fauteuil roulant manuel, un certain nombre d'auteurs se sont intéressés à l'étude des effets de différentes fréquences et stratégies de poussée. A cet effet, on note beaucoup d'études en PAV (Propulsion avant) et peu d'études en PAR (Propulsion arrière). Ainsi, selon Salvi et al. (1998), une différence d'effet principal significative ($P = 0,02$) pour la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) entre les techniques de PAV et PAR a été observée. Les valeurs de $\dot{V}O_2$ étaient en moyenne 9% plus élevées avec la PAR. Les valeurs de la ventilation pulmonaire ($\dot{V}E$) étaient également significativement plus élevées ($p = 0,03$) avec la PAR. Mason et al. (2015) ont confirmé les études de Salvi et ses collaborateurs. Concernant les paramètres physiologiques, Mason et al. (2015) ont trouvé une fréquence cardiaque (FC) et la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) plus élevés en PAR qu'en PAV (respectivement $1,51 \pm 0,29$ et $1,38 \pm 0,26$ $P=0,005$) à 8km/h. Aussi, certains paramètres biomécaniques (FP, Ftot moyenne, RoR, FEF, Ftang et le temps de poussé) ont été analysés. Ainsi, Mason et al. (2015) ont trouvé que : le temps de poussée était significativement plus élevé en PAR versus PAV ($p= 0.005$). La Ftot moyenne et la Ftang moyenne étaient plus importante en PAV qu'en PAR ($P < 0.005$). Parcontre, la FEF et la RoR étaient significativement plus importante en PAR par rapport à la PAV ($P < 0,0005$). Cependant, la FP n'a pas été modifiée significativement au cours des deux propulsions ($P > 0,05$). En revanche, on note des paramètres physiologiques contradictoires aux résultats précédents lors de l'étude de Linden et al. (1993).

Ainsi, Linden et al. (1993) comparent le volume d'oxygène consommé ($\dot{V}O_2$), la fréquence cardiaque (FR) et la ventilation pulmonaire ($\dot{V}E$) des sujets pour la PAR et PAV à des niveaux de puissance (P) différents. Les trois variables ont augmenté linéairement en PAV qu'en PAR à chaque niveau de puissance ($P < 0,05$). Leur étude stipule que la PAR est plus économique que la PAV. A notre connaissance, aucun auteur ne s'est intéressé à l'étude de la PAR et PAV en para badminton. Aussi, les études précédentes n'ont pas donné suffisamment

d'informations sur le plan biomécanique concernant la PAv et la PAr. Or les entraîneurs de para badminton ont besoin des informations fiables sur les deux types de propulsions afin d'améliorer la performance et diminuer les risques des troubles musculo-squelettiques chez les athlètes.

Le but de cette étude est de comparer la PAv et la PAr sur le plan biomécanique en para badminton à vitesse stabilisée. Pour atteindre notre objectif, nous avons émis les hypothèses suivantes.

La PAr permet de limiter l'apparition des troubles musculo-squelettiques par rapport à la PAv.

La PAr permet d'améliorer la technique et l'efficacité de la propulsion du FRM par rapport à la PAv.

II) METHODE

2.1) Participants

Dans le cadre de la thèse de Mlle Marion COMBET, un protocole général a été réalisé. Ce protocole était composé de deux sessions de tests (PAv et PAr avec et sans raquette de badminton). Ces sessions de tests ont été faites sur le terrain et sur le tapis roulant. Dans ce protocole général, nous nous sommes intéressés à la PAv et PAr sans raquette sur le tapis roulant. Dix sujets (six garçons et quatre filles : âge $21,7 \pm 2,3$ ans ; masse $67 \pm 12,2$ kg ; taille $172,3 \pm 5,4$ cm) ont fait l'objet de notre étude. Ces participants sont tous des étudiants dans la filière APAS et qui participent aux activités sportives de SUAPS. Ils sont tous valides et maîtrisent bien la propulsion du FRM. Ces participants pratiquent des activités physiques et sportives (APS) de petit terrain à savoir, le handibasket, le quad rugby, le handivolley et le para badminton. Tous les participants ont été informés de l'objectif de l'étude et tous les

risques qui peuvent subvenir au cours de l'expérimentation avant de donner leur consentement. Ces participants sont tous des étudiants dans la filière APAS et qui participent aux activités sportives de SUAPS. Ils sont tous valides et maîtrisent bien la propulsion du FRM. Ces participants pratiquent des activités physiques et sportives (APS) de petit terrain à savoir, le handibasket, le quad rugby, le handivolley et le para badminton. Tous les participants ont été informés de l'objectif de l'étude et tous les risques qui peuvent subvenir au cours de l'expérimentation avant de donner leur consentement. Deux critères d'inclusion ont été instaurés. Les sujets doivent être initiés au para badminton et utiliser le FRM dans le cadre d'activités physiques sportives et ne pas présenter de blessures pouvant gêner la propulsion.

2.2) Procédure du test

Dans le cadre de cette étude, un test sous maximal sur tapis roulant (de courte durée, trente secondes) a été réalisé. Ce test a permis d'obtenir les paramètres biomécaniques nécessaires pour répondre à la problématique de cette étude.

Les participants ont effectué le test individuellement. Bien avant le test, on a expliqué la procédure aux participants. Le fauteuil est équipé des deux côtés des roues instrumentées. Chaque sujet a réalisé deux sessions de tests. Au cours de ce test, chaque sujet a effectué une PAV et PAr d'une manière randomisée. Chaque propulsion a duré pendant trente secondes. L'ensemble du test a été réalisé à 5km/h. L'ordre de passage a été effectué d'une manière individuelle et aléatoire grâce à une fiche de randomisation et les données sont traitées de façon anonyme. Les sujets ont été répartis en deux groupes. Les groupes A et B comportant chacun cinq sujets. Au cours de la première session, les sujets du groupe A ont la PAV et ceux du groupe B la PAr. Dans la deuxième session, les sujets du groupe B ont effectué la

PAV et ceux du groupe A la PAR. Tous les sujets ont utilisé le même FRM de sport au cours des deux sessions de tests.

2.3) Mesures/Outils

2.3.1) Smartwheel

Au cours de notre expérimentation, plusieurs outils ont été utilisés. On note entre autres : le tapis roulant et son accessoire. Ce tapis roulant de marque h/p/cosmos a permis dans un premier temps de fixer notre vitesse constante (5km/h) de l'expérimentation et avoir une pente d'un degré (dans le but d'être proche des conditions écologiques en termes de résistance aux roulements) (Mason et al. 2014).

Dans le but d'enregistrer les données de chaque roue instrumentée, deux ordinateurs portables ont été reliés chacun à une roue instrumentée. Le fauteuil roulant a été équipé de chaque côté d'une roue instrumentée « Smartwheel » pour pouvoir mesurer les données de force produites par chaque membre supérieur. Ces roues instrumentées utilisées ont un diamètre de 27 pouces. Grâce au système Bluetooth, les Smartwheel (figure n°1) ont été reliés aux ordinateurs permettant l'affichage visuel des différents paramètres de propulsion manuelle sur l'écran des ordinateurs.



Capteurs
dynamométriques

Figure n°1 : montrant le Smartwheel et le tapis roulant

Selon Boninger et al. (2005) la Smartwheel permet de recueillir plusieurs données :

- La force F_x (horizontale) ; la force F_y (verticale) et la force F_z (médio-latérale) dans un plan tridimensionnel,
- Le moment M_x et M_y (les moments autour de l'axe de la roue respectivement le long des axes x et y) et le moment M_z (moment autour de l'axe de rotation z) responsable de l'accélération angulaire de la roue.

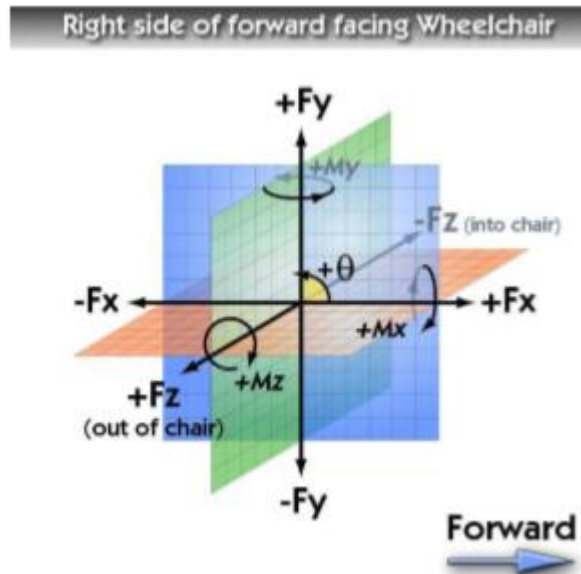


Figure n°2 : direction des forces et moments avec la SMARTWheel placée du cotée droit

(Three Rivers Holdings LLC 2008)

On peut noter certaines données dérivées de ces mesures (Cooper et al. 1997) et (Robertson et al. 1996)

- La force totale (F_{tot}) calculée selon l'équation : $F_{tot} = \sqrt{F^2_x + F^2_y + F^2_z}$ (N),
- Le taux d'augmentation de la F_{tot} lors de la saisie de la main courante du FRM (RoR).

Il est calculé selon l'équation suivante : $RoR = \frac{dF_{tot}}{dt}$ (N/s),

- La fraction efficace de force (FEF) exprimée en pourcentage. $FEF = \frac{F_{tang}}{F_{tot}} \times 100(\%)$
- La force tangentielle (F_{tang}) (composante tangentielle de la F_{tot}) est exprimée en Newton (N). $F_{tang} = \frac{M_z}{R}$ (N),
- La puissance de poussée (P) calculée selon l'équation, $P = M_z/V_{ang}$ (W),

- Fréquence de poussée (FP) (nombre de poussées sur la main courante sur une temps ou une distance donnée) est exprimée en poussée par seconde. $FP = \frac{\text{Nombre de cycles}}{30 \text{ secondes}}$ (poussée/seconde),
- La durée de la phase de propulsion (TP, temps durant lequel la main exerce un moment de force positif autour de l'axe de roue) en seconde (s).
- La durée de la phase de recouvrement (TR, période de temps entre la fin d'une propulsion et le début de la poussée suivante) en seconde (s).
- La durée du cycle (TC) en seconde (s) calculée suivant l'équation : $TC = TP + TR$

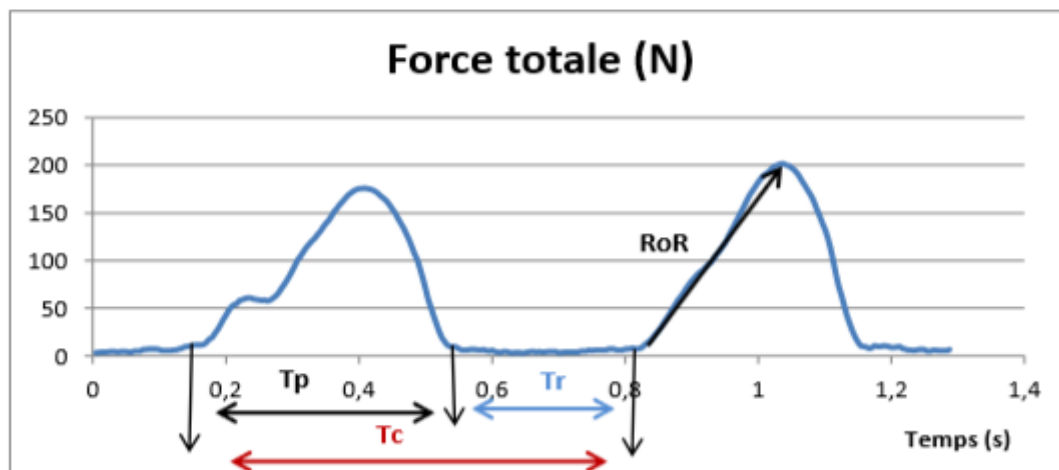


Figure n°3 : représentation graphique de la RoR et des phases du cycle de la propulsion

(Astier M. 2014)

Nous pouvons retenir de ces paramètres ci-dessus ce qui suit : d'abord, le TP, TR et le TC sont des paramètres de la technique de propulsion. Ensuite, la Ftot, FP et RoR constituent les paramètres de risque de blessures. En fin la FEF est le paramètre d'efficacité. A cet effet, l'analyse de ces paramètres s'avère très indispensable pour diminuer les risques de blessures, améliorer l'efficacité et la technique de propulsion chez les joueurs au cours de leur propulsion du FRM.

2.3.2) Statistiques

Le logiciel STATISTICA a été servi pour l'analyse statistique des différentes variables. En premier lieu, nous avons calculer les ectypes et les moyennes de toutes les variables mesurées en fonction de la propulsion (PAv et PAr). Ensuite nous avons vérifié la distribution de la normalité des variables. Mais comme elles ne suivent pas la loi normale, nous avons utilisé le test non paramétrique pour échantillons appariés (le test de Wilcoxon). Le test de Wilcoxon a été utilisé à partir de deux variables quantitatives (PAv et PAr). Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées sur les mêmes sujets. Aussi, il permet de tester si la distribution des données est la même dans les variables mesurées. Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

III) Les résultats

Nous allons observer dans nos résultats les paramètres dynamiques et temporels.

3.1) Les paramètres dynamiques

Nous avons analysé la RoR Pic moyenne pour les deux modes de propulsions. La RoR Pic moyenne semble être plus élevée en propulsion avant qu'en propulsion arrière. Cette différence est significative (figure n°4).

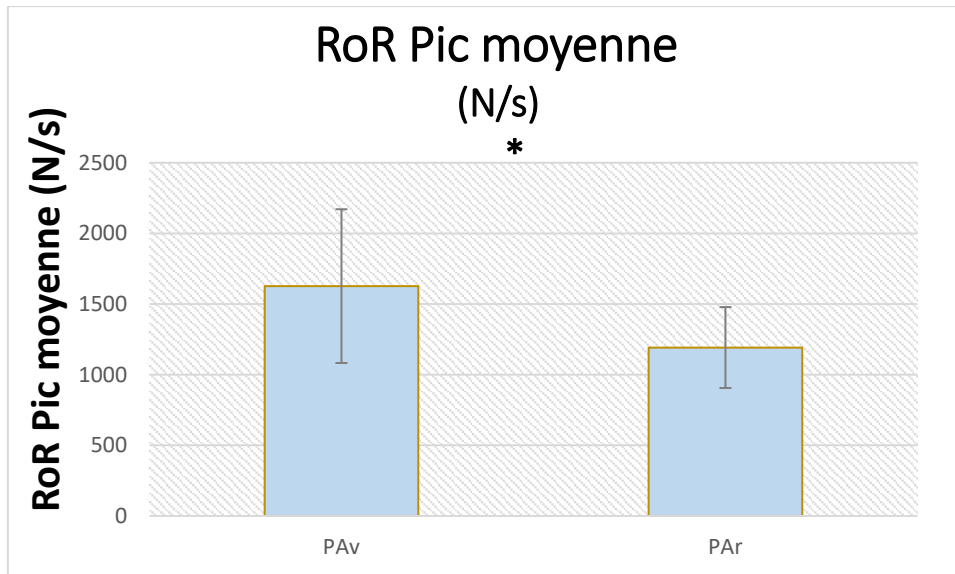


Figure n°4 : Variation de la RoR Pic moyenne en fonction du type de propulsion.

Différence significative : * $P < 0.05$.

Le résultat de l'analyse de la Ftot moyenne paraît être significativement plus importante en PAv versus PAr.

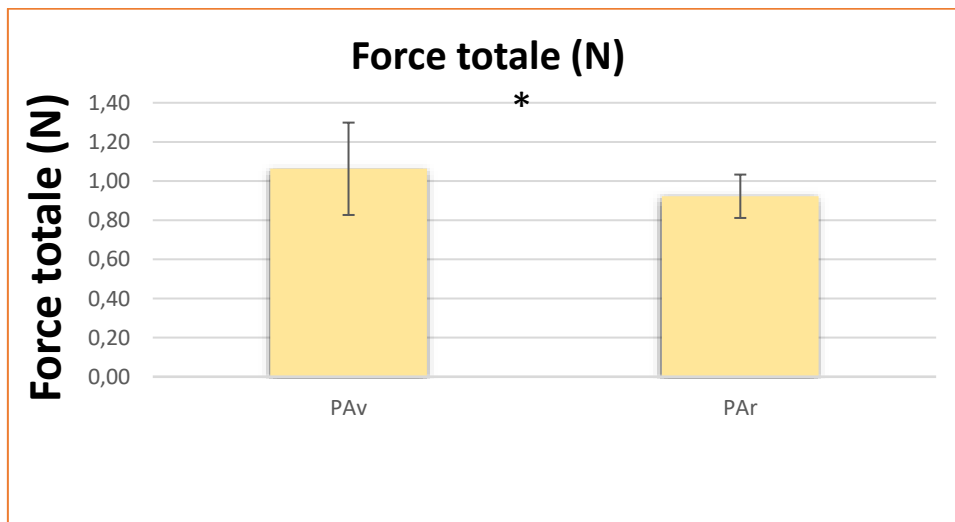


Figure n°5 : Variation de la Ftot moyenne en fonction du type de propulsion. Différence significative : * $P < 0.05$.

La FEF a été également analysée. Il paraît qu'elle est significativement plus grande en PAr par rapport à la PAv.

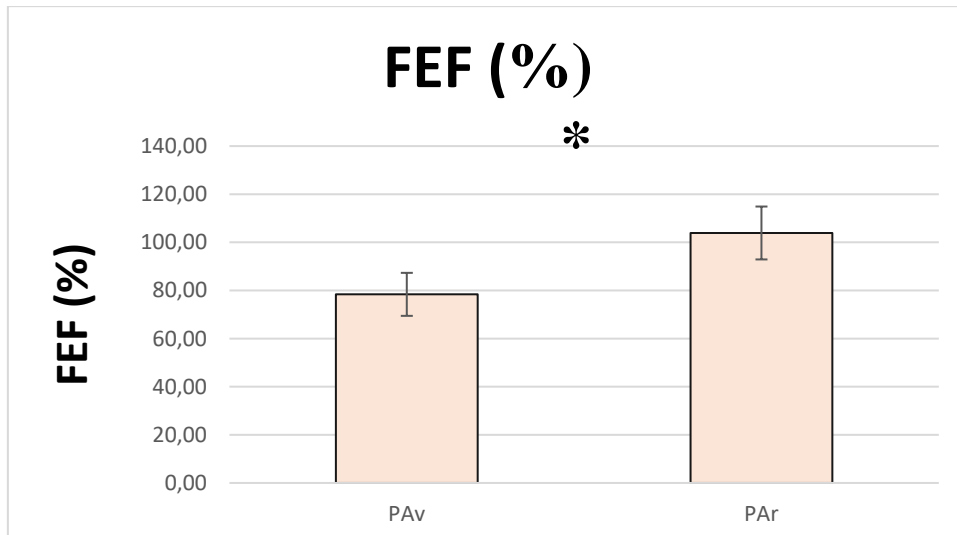


Figure n°6 : Variation de la FEF moyenne en fonction du type de propulsion. Différence significative. * P<0.05

3.2) Les paramètres temporels

La variable FP semble plus importante en propulsion arrière qu'en propulsion avant. Cette différence est significative (figure n°7).

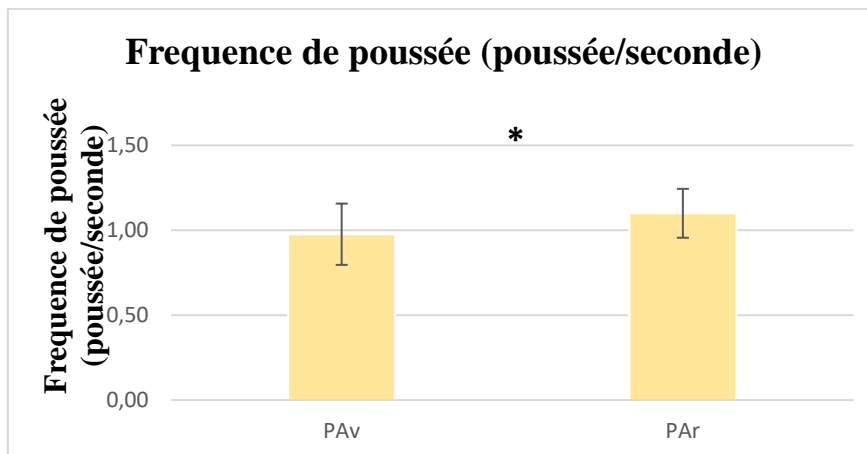


Figure n°7 : Variation de la Fréquence de poussée moyenne en fonction du type de propulsion. Différence significative. * P<0.05

L'analyse de la variable du TR de nos résultats semble significativement être plus élevée en PAv versus PAr.

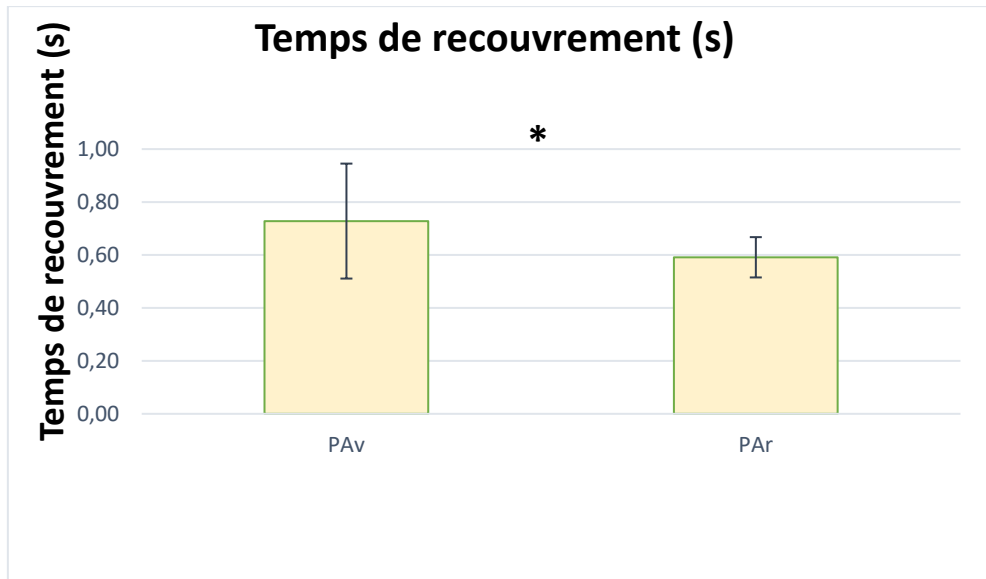


Figure n°8 : Variation de la moyenne du Temps de Recouvrement en fonction du type de propulsion. Différence significative. * $P < 0,05$

Nous avons également analysé la durée du cycle. Il s'emblerait aussi qu'elle est significativement plus importante en PAV par rapport à la PAr.

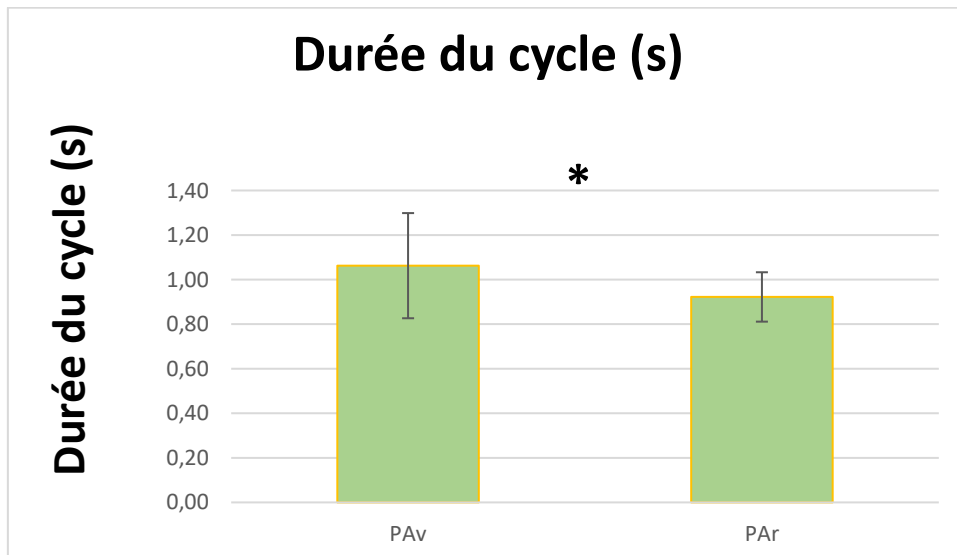


Figure n°9 : Variation de la moyenne de la Durée du Cycle en fonction du type de propulsion. Différence significative. * $P < 0,05$

IV) Discussion

Le but principal de ce mémoire est d'étudier l'influence du mode de propulsion PAv et PAr sur les paramètres biomécaniques déterminants de l'efficacité (FEF), de techniques de propulsion (TP, TR et TC) et de risques de blessures (RoR, Ftot et la FP). Cette étude a été réalisée en laboratoire. Notre étude a confirmé une de nos hypothèses selon laquelle la PAr permettrait de limiter les risques de blessures et d'améliorer l'efficacité de la propulsion par rapport à la PAv. Cependant, elle a infirmé une de nos hypothèses selon laquelle la PAr permettrait d'améliorer la technique de la propulsion du FRM par rapport à la PAv.

4.1) Critères d'efficacité et de technique de propulsion

Quelques auteurs ont étudié le mode de propulsion (PAv vs PAr) et leur impact sur certains paramètres physiologiques. Ces auteurs ont trouvé des résultats contradictoires. Ainsi, Linden et al. (1993) ont montré une augmentation significative de la consommation de l'oxygène, de la ventilation et de la fréquence cardiaque en PAv par rapport à la PAr. Contrairement à ces résultats, Salvi et al. (1998) ont trouvé une augmentation significative de la ventilation et de la consommation d'oxygène en PAr versus PAr. Les résultats de Salvi et al. (1998) ont été confirmés par (Mason et al. 2015). Nous allons accorder plus d'importance sur les paramètres biomécaniques déterminants de l'efficacité et les techniques de propulsion.

Les résultats de notre étude montrent que la FEF serait significativement plus grande en PAr versus PAv (respectivement $93,83 \pm 10,99$ et $68,38 \pm 8,93$ $P=0,02$). La PAr serait alors plus efficace que la PAv. Ces résultats ont été confirmés par l'étude de Mason et al. (2015) lorsqu'ils ont comparé la PAv et PAr sur un ergocycle à un rouleau. Concernant les paramètres de la technique de propulsion, notre étude montre d'abord qu'il n'y a pas une différence significative du temps de poussée entre la PAv et PAr (respectivement, $0,33 \pm 0,07$, $0,33 \pm 0,07$ $P=0,79$). Par contre, Mason et al. (2015) ont trouvé des résultats contradictoires

à nos résultats. En effet, le temps de poussé en PAr était significativement plus élevé par rapport à la PAv ($P \leq 0,0005$). Ensuite, le TR et le TC seraient significativement supérieurs en PAv versus PAr (respectivement : $0,73 \pm 0,21$; $0,59 \pm 0,07$ $P=0,036$ et $1,06 \pm 0,23$; $0,92 \pm 0,11$ $P= 0,032$). En fin, la fréquence de poussée semblerait significativement plus importante en PAr versus PAv (respectivement $1,1 \pm 0,14$ et $0,97 \pm 0,18$ $P= 0,032$). Cependant, le TP est pratiquement le même entre la PAr et la PAv. Ce résultat peut être lié au retour des mains sur les mains courantes au cours de la PAr. Ces résultats sont contradictoires avec ceux du (Mason et al. 2015). En effet, ces auteurs n'ont trouvé aucune différence significative de la FP entre la PAr et PAv. La différence de certains de nos résultats avec ceux du (Mason et al. 2015) peuvent s'expliquer du fait qu'ils ont utilisé un ergocycle et des sujets non experts en para badminton pour leur expérimentation. Au regard des résultats obtenus, nous pouvons supposer que la PAr serait plus efficace versus PAv, mais la PAv permettrait d'améliorer la technique de propulsion par rapport à la PAr.

4.2) Troubles musculosquelettiques (TMS)

Concernant les facteurs de risques de blessure, plusieurs auteurs ont trouvé les variables biomécaniques liées aux risques de blessure. Ainsi, selon Boninger et al. (2005) les risques de blessures sont liés à la Ftot, la RoR et la FP. Alors, pour diminuer les risques de blessure pendant la propulsion il faut diminuer ces paramètres. Les paramètres de notre étude identifiés comme critères de risque de blessure sont : le RoR Pic, la Ftot et FP. Concernant ces paramètres, nos résultats montreraient que la Ftot serait significativement supérieure en PAv versus PAr (respectivement : $40,59 \pm 9,69$ et $26,45 \pm 4,34$ $P= 0,027$). Egalement, la RoR Pic est significativement plus grande en PAv par rapport à la PAr (respectivement : $1626,93 \pm 544,15$ et $1192,27 \pm 286,26$ $P= 0,037$). Les résultats de ces deux paramètres ont été confirmés par l'étude de Mason et al.(2015). Au regard de ces résultats, il semblerait que la

PAr permet de limiter les risques de blessure par rapport à la PAv. Cependant la FP semblerait plus élevée en PAr versus PAv. Mais le TP serait le même entre PAr et PAv.

4.3) Limites

Les tests de notre étude ont été réalisés à une vitesse constante sans raquette de badminton sur le tapis roulant en laboratoire. Ceci peut influencer nos résultats par ce que cette situation ne correspond pas exactement à la condition écologique (car la résistance aux roulements n'est pas pratiquement la même en situation écologique et en laboratoire). Tout d'abord, il est à souligner que l'analyse des paramètres biomécaniques sur l'étude comparative de la PAv et PAr est quasi inexistante dans la littérature, ce qui nous a rendu difficile dans la comparaison de nos résultats avec les études antérieures. Ensuite, non seulement l'échantillon d'étude avait une petite taille mais aussi il n'était constitué que des sujets valides. En fin, une limite de cette étude concerne l'utilisation du même FRM par tous les sujets. Il aurait été intéressant de régler à chaque fois le FRM en fonction des paramètres anthropométriques de chaque sujet.

V) Conclusion

L'amélioration de la technique de propulsion, la diminution des risques de blessures et une bonne qualité de vie sont des éléments très essentiels dans la carrière des handisportifs. Le suivi des sportifs s'avère alors très important. Mais, par manque de moyens, de temps ou de négligence, ce suivi n'est pas systématique chez les handisportifs comme chez les sportifs valides. Pour ce faire notre étude a comparé la PAv et PAr du FRM. Peu d'études trouvées dans la littérature se sont intéressées souvent par les paramètres physiologiques (la ventilation, consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque).

Il est à souligner qu'au cours de la pratique de para badminton, les joueurs sont en perpétuels PAv et PAr. Notre étude présente alors un réel intérêt pour les entraîneurs. Ceux-ci peuvent se servir de nos résultats au cours de l'entraînement ou lors des matchs afin de limiter les risques de blessures et d'améliorer la technique de propulsion chez leurs joueurs. Ainsi, en tenant compte de nos résultats, il s'emblerait nécessaire de privilégier la propulsion arrière lors des entraînements afin de limiter les risques de blessure, d'améliorer l'efficacité de propulsion et de diminuer la FP.

Concernant les perspectives, nous dirons tout d'abord qu'il serait palpitant de poursuivre cette étude dans le milieu écologique et sur les sujets paraplégiques experts en para badminton avec un échantillon plus important mais aussi avec raquette de para badminton.

Bibliographie

- Astier M. (2014). Suivi par des tests physiques des handisportifs de compétition pratiquant une activité physique de petit terrain. Mémoire non publié, Université de Aix-Marseille, France.
- Bayley JC, Cochran TP, Sledge CB (1987). The weight-bearing shoulder. The impingement syndrome in paraplegics. *J Bone Joint Surg Am* 69:676–678
- Bergamini E, Morelli F, Marchetti F, et al (2015). Wheelchair Propulsion Biomechanics in Junior Basketball Players: A Method for the Evaluation of the Efficacy of a Specific Training Program. *Biomed Res Int* 2015:275965. doi: 10.1155/2015/275965
- Boninger ML, Cooper RA, Baldwin MA, et al (1999). Wheelchair pushrim kinetics: body weight and median nerve function. *Arch Phys Med Rehabil* 80:910–915
- Boninger ML, Koontz AM, Sisto SA, et al (2005). Pushrim biomechanics and injury prevention in spinal cord injury: recommendations based on CULP-SCI investigations. *J Rehabil Res Dev* 42:9–19
- Cooper RA, Robertson RN, VanSickle DP, et al (1997). Methods for determining three-dimensional wheelchair pushrim forces and moments: a technical note. *J Rehabil Res Dev* 34:162–170
- Faupin A, Borel B, Meyer C, et al (2013). Effects of synchronous versus asynchronous mode of propulsion on wheelchair basketball sprinting. *Disabil Rehabil Assist Technol* 8:496–501. doi: 10.3109/17483107.2012.756947
- Goosey-Tolfrey VL, Kirk JH (2003). Effect of push frequency and strategy variations on economy and perceived exertion during wheelchair propulsion. *Eur J Appl Physiol* 90:154–158. doi: 10.1007/s00421-003-0875-6
- Linden AL, Holland GJ, Loy SF, Vincent WJ (1993). A physiological comparison of forward vs reverse wheelchair ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 25:1265–1268
- Mason B, Lenton J, Leicht C, Goosey-Tolfrey V (2014). A physiological and biomechanical comparison of over-ground, treadmill and ergometer wheelchair propulsion. *J Sports Sci* 32:78–91. doi: 10.1080/02640414.2013.807350
- Mason BS, Lenton JP, Goosey-Tolfrey VL (2015). The physiological and biomechanical effects of forwards and reverse sports wheelchair propulsion. *J Spinal Cord Med* 38:476–484. doi: 10.1179/2045772314Y.0000000197
- Rankin JW, Richter WM, Neptune RR (2011). Individual muscle contributions to push and recovery subtasks during wheelchair propulsion. *J Biomech* 44:1246–1252. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.02.073
- Robertson RN, Boninger ML, Cooper RA, Shimada SD (1996). Pushrim forces and joint kinetics during wheelchair propulsion. *Arch Phys Med Rehabil* 77:856–864

Salvi FJ, Hoffman MD, Sabharwal S, Clifford PS (1998). Physiologic comparison of forward and reverse wheelchair propulsion. Arch Phys Med Rehabil 79:36–40

Sosnoff JJ, Rice IM, Hsiao-Wecksler ET, et al (2015). Variability in Wheelchair Propulsion: A New Window into an Old Problem. Front Bioeng Biotechnol 3:105. doi: 10.3389/fbioe.2015.00105

Three Rivers Holdings LLC (2008)

Vanlandewijck YC, Theisen D, et Spaepen A. (1997). Le cycle de propulsion : Biomécanique, cinétique et cinématique Pélissier J, Jacquot J-M et Bernard P. Le fauteuil roulant : Masson, Paris, 69-83.

<http://www.france.parabadminton.com> (consulté le 08 mai 2018).

ANNEXE N°1 : Phases de propulsion en FRM

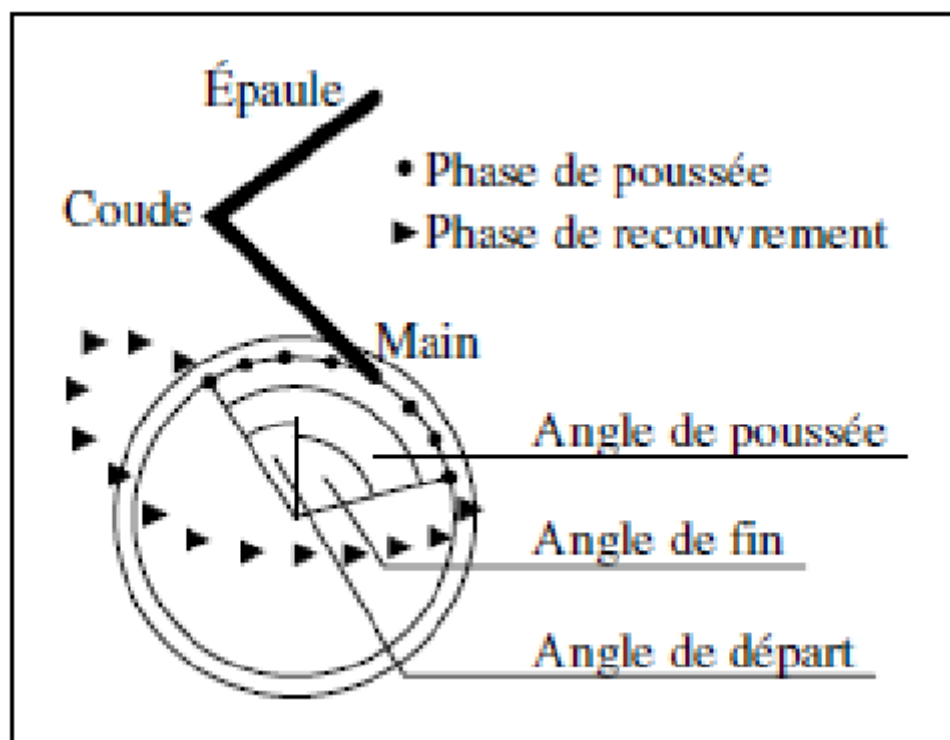


Figure n°1 : Phases de propulsion en FRM (Vanlandewijck et al. 1997)

ANNEXE N°2 : Les Troubles musculo-squelettiques

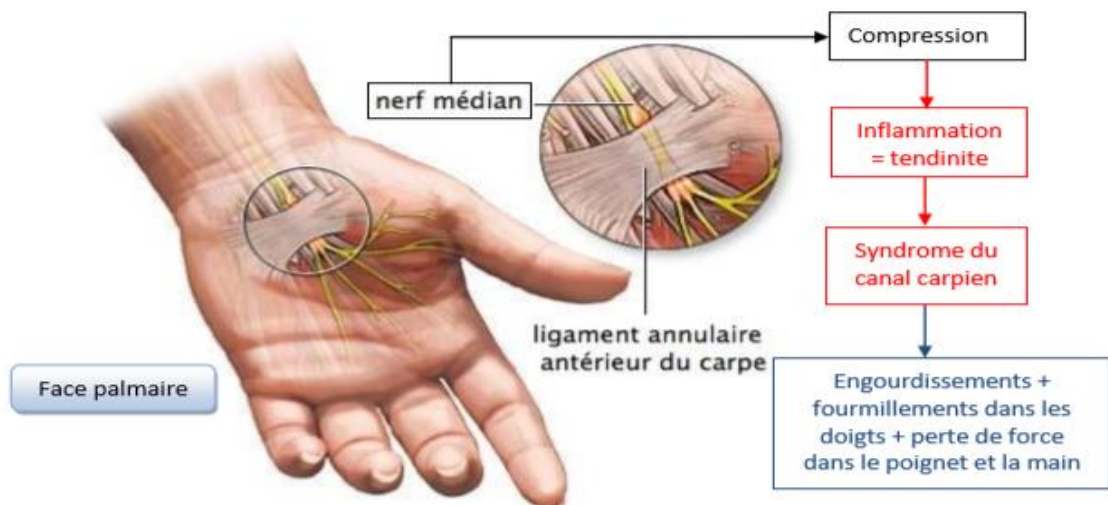


Figure n°2 : TMS du poignet : syndrome du canal carpien

([Http://chirurgiemain.fr/pathologies-main-poignet](http://chirurgiemain.fr/pathologies-main-poignet))

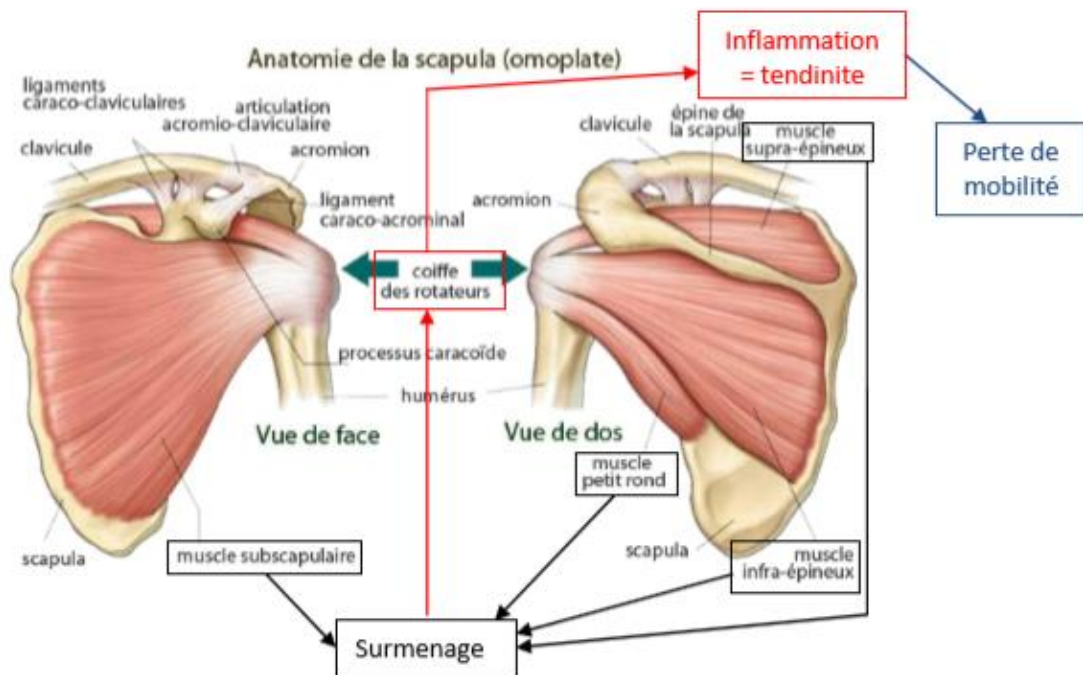


Figure n°3 : tendinite de la coiffe des rotateurs (<http://reflexions.ulg.ac.be>)

ANNEXE N°3 : Les caractéristiques des participants et le tableau général des résultats

Sujets	Age (ans)	Taille (cm)	Masse (kg)	Temps de pratique fauteuil	Bad fauteuil
S1	21	179	75	4h/semaine	30min/semaine
S2	27	179	65	1h/semaine	Initié
S3	20	165	60	2h/semaine	Initiée
S4	22	175	95	5h/semaine	Initié
S5	21	171	64	2h/semaine	Initié
S6	20	174	61	2h/semaine	Initié
S7	21	169	52	1h/semaine	Initiée
S8	24	172	59	2h/semaine	Initiée
S9	19	176	77	2h/semaine	Initié
S10	22	163	62	2h/semaine	Initiée
Moyennes	21,7	172,3	67	/	/
Ecartypes	2.31	5.44	12.29	/	/

Figure n°3 : les caractéristiques des participants

Paramètres Mesurés	Propulsion Avant (PAv)	Propulsion Ariere (PAr)	Significativité (P)
Ftot	40,59±9,69*	27,25±4,17	*P= 0,027
Ftang	31,52±6,93	26,45±4,34	P= 0,236
FEF	78,38±8,93	103,89±10,99*	*P= 0,027
Puissance	45,79±10,86	39,16±6,16	P= 0,310
RoR Pic	1626,93±544,15*	1192,27±286,26	*P= 0,037
FP	0,97±0,18	1,1±0,14 *	*P= 0,032
TP	0,33±0,06	0,33±0,06	P= 0,79
TR	0,73±0,21*	0,59±0,07	*P= 0,036
TC	1,06±0,23*	0,92±0,11	*P= 0,032

Figure n°5 : Le tableau général des resultats

ANNEXE n°4 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE

Titre du projet : Analyse de la propulsion en fauteuil roulant de sport, avec et sans raquette.

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Arnaud Faupin

Maitre de conférences

Responsable de la Licence STAPS Activité Physique Adaptée et Santé (APAS)

Laboratoire LAMHESS EA 6309,

Université de Toulon, UFR STAPS

Avenue de l'Université - BP20132

83957 LA GARDE CEDEX - FRANCE

Mail : faupin@univ-tln.fr

Téléphone : 04.94.14.27.57,

Lieu de recherche :

Université de Toulon – Laboratoire de Motricité Humaine Expertise Sport Santé
(LAMHESS).

But du projet de recherche :

L'objectif de cette étude sera d'analyser la propulsion avant et arrière, sur tapis et sur terrain, selon trois conditions : sans matériel, avec raquette de badminton et avec raquette de tennis. Ces tests permettront d'identifier l'impact de la raquette sur des paramètres biomécaniques corrélés à la performance et au risque de blessures.

Méthodologie

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous réaliserez trois sessions de tests : deux sur tapis roulant (l'une en propulsion avant, l'autre en propulsion arrière) à une vitesse stationnaire de 5km/h pendant 30 secondes pour l'ensemble des conditions mesurées (sans matériel, avec raquette de badminton, avec raquette de tennis) ; et une sur terrain, à 5km/h pendant 20 mètres pour l'ensemble des conditions mesurées (propulsion avant sans matériel, avec raquette de tennis, avec raquette de badminton).

Pour la réalisation de ces tests, on utilisera un fauteuil roulant de sport équipé de deux roues dynamométriques permettant de quantifier les trois composantes de forces, les trois composantes de moments et la variation angulaire pour chaque roue, ainsi que des capteurs inertiels placés sur l'axe de la roue, permettant de mesurer les accélérations.

Vous aurez bien entendu la possibilité d'arrêter à tout moment le test pendant l'effort.

Vos droits à la confidentialité

Les données obtenues seront traitées avec confidentialité.

Toutes les données seront gardées dans un endroit sécurisé et seul le Responsable scientifique pourra y accéder.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps

Votre contribution à cette recherche est volontaire. Il vous sera possible de vous en retirer ou cesser votre participation en tout temps, et demander que ces données soient détruites, sans conséquence pour vous.

Votre décision de participer, de refuser de participer, ou de cesser votre participation n'aura aucun effet sur vos relations futures avec le laboratoire LAMHESS de l'Université de Toulon.

Bénéfices

Les informations recueillies devraient permettre d'identifier l'impact de la propulsion avec raquette sur la performance et le risque de blessures. Nous aimerions, grâce aux résultats obtenus, modifier l'ergonomie de la main courante ou du manche de la raquette afin d'améliorer la performance et de diminuer le risque de blessures.

Risques possibles

À notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque ou inconfort autre que ceux de votre activité sportive quotidienne.

Diffusion

Cette recherche sera diffusée dans des colloques et elle sera publiée dans des actes de colloque et des articles de revues académiques.

Vos droits de poser des questions en tout temps

Vous pouvez poser des questions au sujet de la recherche en tout temps en communiquant avec le Responsable scientifique du projet par courrier électronique à faupin@univ-tln.fr (ou par téléphone au 04.94.14.27.57).

Consentement à la participation

En signant le formulaire de consentement, vous certifiez que vous avez lu et compris les renseignements ci-dessus, qu'on a répondu à vos questions de façon satisfaisante et qu'on vous a avisé que vous étiez libre d'annuler votre consentement ou de vous retirer de cette recherche en tout temps, sans préjudice.

A remplir par le participant :

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré de participer à cette recherche.

Nom, Prénom – Signature

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier

ANALYSE DE LA PROPULSION EN FAUTEUIL ROULANT AVANT ET ARRIERE EN PARABADMINTON

Résumé

Dans le but d'optimiser les performances et d'éviter les troubles musculo-squelettiques en handisport, nombreuses études se sont intéressées à l'étude de la propulsion. L'objectif de cette étude est de comparer les paramètres biomécaniques déterminant les risques de blessures et l'efficacité de la propulsion avant et arrière en para badminton.

Méthode : dix sujets valides (six garçons et quatre filles : âge $21,7 \pm 2,3$ ans ; masse $67 \pm 12,2$ kg ; taille $172,3 \pm 5,4$ cm) pratiquants le para badminton ont participé à notre étude. L'ensemble des tests était fixé à une vitesse imposée sous maximale (5km/h). Tous les sujets ont utilisé le même fauteuil roulant manuel. Les roues du FRM sont toutes équipées de roues dynamométriques (smartwheels).

Résultats : la fraction efficace de force moyenne était plus grande en PAr versus PAv ($P < 0,05$). Pour les paramètres de blessures, la Ftot et la RoR Pic étaient supérieurs en PAv versus PAr ($P < 0,05$). Aussi, le TR et le TC étaient supérieurs en PAv par rapport à la PAr.

Conclusion : la PAr est plus efficace que la PAv en termes de FEF. La PAr permet de limiter les risques de blessures en termes de Ftot et RoR Pic. En revanche, la PAv permettrait d'améliorer la technique de propulsion.

Perspective : il serait palpitant de poursuivre cette étude dans le milieu écologique et sur les sujets paraplégiques experts en para badminton avec un échantillon plus important et avec la raquette.

Mots clefs : *Smartwheel – mode de propulsion – efficacité – blessure.*