

Le Fauteuil Roulant Manuel : Choix et Réglages

Une approche pluridisciplinaire

Sous la direction de François Xavier Lepoutre

Comité de rédaction :

Laurence Cheze, Véronique Delcroix, Pascale Fodé,
François-Xavier Lepoutre, André Thevenon, Philippe Vaslin,
Isabelle Ville, Eric Watelain

Environ 600 000 personnes utilisent des **Fauteuils Roulants Manuels**, FRM, en France en 2011.

Qui sont-elles ? Quels usages en font-elles ? Dans quels environnements ? En sont-elles satisfaites ?

Quels sont les cadres juridique et réglementaire qui régissent, en France, la distribution et l'usage du FRM ?

Quels sont les risques de Troubles Musculo-Squelettiques, d'escarres et autres, encourus par les usagers du FRM ?

Comment mesurer les efforts nécessaires pour propulser le FRM ? pour franchir des obstacles ? pour effectuer les transferts ? en fonction du poids du FRM ? en fonction de la pression des pneus ?

Comment peut-on calculer et simuler les efforts biomécaniques ainsi que la stabilité du FRM ?

Quelles sont les caractéristiques essentielles de la personne, de son activité, de son environnement qu'il faut prendre en compte pour le choix et les réglages de son FRM ?

Quelles sont les contraintes à respecter impérativement et quels sont les critères de qualité à optimiser pour effectuer ce choix et ces réglages ?

Comment, et avec quels moyens informatiques, maximiser la satisfaction de la personne en tenant compte de l'ensemble de ces contraintes et de ces critères ?

Et enfin, quelles sont les activités sportives pratiquées en FRM ? avec quels types de matériels ?

Ce livre tente de répondre à ces questions et à d'autres dans un langage précis et compréhensible. Il est le fruit d'un projet de recherche qui a réuni des équipes de sociologues, de médecins, de biomécaniciens et d'informaticiens. Il se veut directement utile à des étudiants et praticiens du FRM : ergothérapeutes, kinésithérapeutes, distributeurs, utilisateurs, etc. et avantageux dans les services de gériatrie, maison de retraite, EPAD.

De nombreuses références bibliographiques permettent au lecteur spécialiste d'une discipline d'approfondir chacun de ces sujets.

www.saurampsmedical.com



9 782840 237471

Le Fauteuil Roulant Manuel : Choix et Réglages

François Xavier Lepoutre

Le Fauteuil Roulant Manuel : Choix et Réglages

Une approche pluridisciplinaire

Synthèse des résultats du projet SACR-FRM
soutenu par l'ANR-TECSAN 2006

Sous la direction de François Xavier Lepoutre



sauramps
médical

LE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES : UTILISATION DU "DEUX ROUES" - APPRENTISSAGE - RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX SUR LES EFFORTS ARTICULAIRES

D. Pradon¹, G. Desroches², E. Watelain³, E. Delpech¹

¹ CIC-IT 805, EA 4497 GRTCH - CHU Raymond Poincaré, 92380 Garches, France

² CRIR, Institut de réadaptation Gingras-Lindsay-de-Montréal, H3S 2J4, Montréal, QC, Canada

³ Univ. Lille Nord de France, F-59000 Lille, France ; UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes, France ; CNRS, FRE 3304 - F-59313 Valenciennes, France ; HandiBio, EA 4322, Univ. du Sud Toulon Var - F-83957 La Garde, France
Email : didier.pradon@rpc.aphp.fr

Introduction

Dans les chapitres précédents, les auteurs ont souligné qu'une grande majorité des utilisateurs de FRM expriment une limitation de leur autonomie de déplacements en intérieur comme à l'extérieur. Cette limitation est due à différents facteurs personnels et environnementaux. Parmi ces derniers, le franchissement d'obstacles est le plus critique car souvent bloquant. Il s'agit des montées et descentes de marches ou de rampes, des sols mous (ex : moquette, herbe) ou irréguliers (ex : graviers, racines d'arbres), des trous et autres déformations de la surface. Dans une étude sur 298 sujets, Kirby *et al.* [6] ont montré que moins de 1 % d'entre eux avaient été en mesure de monter sur un trottoir de 17 cm. Ces auteurs ont suggéré que le faible taux de réussite serait lié à un enseignement inapproprié de cette compétence, d'une part, et à l'importance des efforts générés au niveau des articulations des membres supérieurs, d'autre part.

Les facteurs qui peuvent faciliter ces franchissements sont de trois ordres. En premier lieu, il s'agit d'améliorer l'environnement, c'est-à-dire de réduire ou supprimer les obstacles, comme cela se généralise progressivement en ville pour les bordures de trottoir. Il s'agit ensuite d'améliorer le FRM pour ces franchissements. Le chapitre sur la *Résistance au roulement des FRM* fournit certaines recommandations sur ce point et le chapitre *"Les critères de choix et les indices*

de qualité et d'importances" en fournit d'autres à propos des facteurs favorisant le confort du FRM pour le franchissement. Il s'agit enfin que l'utilisateur, et la personne aidante, soit formés aux techniques de franchissement d'obstacles.

Ce chapitre a pour objectif de présenter deux points de vue, relatifs à la personne, sur le franchissement d'obstacles. Le premier concerne la pratique du "deux roues" (*wheelie* en anglais) qui consiste à placer le FRM en équilibre instable (cf. chapitre *"Stabilité"*), pour éliminer les effets négatifs des petites roues avant sur la résistance à l'avancement, (cf. chapitre *"Résistance au roulement"*), et sur le franchissement, (cf. chapitre *"Stabilité"*). Le second point de vue est une démonstration expérimentale des effets potentiellement traumatisants des franchissements d'obstacles pour les articulations des membres supérieurs.

L'apprentissage du "deux roues" : de l'équilibre instable au franchissement d'obstacle

L'équilibre sur les roues arrière : les deux roues

L'équilibre sur les roues arrière, communément appelé deux roues (2R), correspond au décollage des petites roues situées à l'avant afin de positionner le fauteuil roulant en équilibre instable ou "dynamique" sur les grandes roues

situées à l'arrière (Kauzlarich and Thacker (1987) [3] + (cf. chapitre "Stabilité"). La régulation de l'équilibre sur les roues arrière consiste à maîtriser les oscillations antéropostérieures du FRM autour de l'axe des grandes roues.

Le passage en 2R est possible grâce à un mouvement du tronc (une extension qui permet le déplacement de la masse de la personne, (cf. chapitre "Stabilité"), et à une poussée rapide des mains sur les mains courantes du fauteuil : le FRM bascule alors vers l'arrière. Cette bascule ne correspond pas uniquement à un blocage des roues arrière puisque cela pourrait amener vers la chute [4]. La bascule du FRM vers l'arrière est la combinaison entre un blocage des roues arrière pour permettre la rotation de l'assise autour de l'axe des roues arrière et un déplacement vers l'avant des roues arrière sur le sol pour compenser ou ralentir cette bascule de l'assise vers l'arrière. Le maintien de l'équilibre en 2R se fait grâce à l'action des mains qui doivent rester en contact avec les mains courantes. Le déplacement des mains courantes vers l'avant (dans le sens de la propulsion) permet de compenser un déséquilibre vers l'avant et, à l'inverse, un déplacement des mains courantes vers l'arrière est nécessaire pour rattraper le déséquilibre vers l'arrière. Bonaparte *et al.* [1] ont montré qu'il existait deux stratégies pour maintenir cet équilibre instable : la stratégie réactive (*Reactive Balance Strategy*) lorsque la personne réagit aux déséquilibres du FRM et la stratégie proactive (*Proactive Balance Strategy*) lorsque la personne fait osciller volontairement le FRM autour du point d'équilibre.

Le passage en 2R et son utilisation pour franchir des obstacles sont grandement facilités par certaines caractéristiques du FRM. Par exemple, un réglage avancé des roues arrière diminue la stabilité du FRM vers l'arrière (cf. chapitre "Stabilité") et facilite le passage à l'équilibre instable. Ce réglage est possible sur les FRM dits dynamiques grâce à la présence d'un multi-palier. Cette instabilité est très utile pour la mise en 2R mais, *a contrario*, impose à l'utilisateur de maîtriser cette habileté motrice quelles que soient les conditions (pente,

obstacle, seuil, etc.). Par conséquent, plus l'utilisateur maîtrise son fauteuil, plus il va rechercher l'instabilité pour faciliter la mise en 2R qui facilite le franchissement d'obstacles.

L'acquisition de cette habileté passe par deux phases successives d'apprentissage : l'une concerne l'apprentissage du passage de l'appui sur les quatre roues au 2R et le maintien de l'équilibre sur 2R, l'autre l'apprentissage du déplacement et du franchissement d'obstacles en 2R.

L'apprentissage du deux roues : Proposition d'une technique étape par étape

Dans le cadre de la rééducation, l'apprentissage du 2R peut être proposé précocement, et parallèlement à l'apprentissage d'autres activités telles que la toilette, l'habillage, l'auto sondage, les transferts fauteuils, etc. C'est plus souvent l'évolution psychologique que les aspects physiques et fonctionnels qui retarde le début de l'apprentissage. En effet, évoquer cet apprentissage avec le patient est loin d'être anodin car il est lié à la notion de pronostic (espoir de récupération) et cette proposition représente toujours un moment délicat.

E. Delpech [2] propose une méthodologie d'apprentissage du 2R qui comprend plusieurs étapes décrites dans les paragraphes suivants :

Maîtrise de l'équilibre en deux roues (fig. 1)

La première étape concerne l'apprentissage de la mise en 2R et du maintien de cet équilibre instable. Pour sécuriser le patient, le FRM est placé entre un mur, à l'arrière, et une cale devant les grandes roues (1 m de long, 5 à 7 cm de haut). La cale est placée à une distance du mur de telle façon qu'il y ait une dizaine de centimètres entre le mur et les omoplates du patient lorsque le fauteuil roulant est en équilibre sur les roues arrière. Cette disposition permet d'éviter des impacts trop forts contre le mur en cas de déséquilibre postérieur. La cale et le mur servent de repères lors de la réalisation du 2R et sécurisent la personne.



Fig. 1 : Deux-roues avec aide

On demande à celle-ci de forcer les roues contre la cale pour que le fauteuil puisse basculer vers l'arrière autour de leur axe. La personne est en équilibre quand le FRM n'est plus en appui contre la cale. Elle est au-delà de l'équilibre quand ses épaules sont en contact avec le mur. L'exercice évolue en écartant la cale du mur de façon à augmenter la surface d'oscillation. Il est demandé à la personne de prendre des repères dans l'espace mais aussi de "ressentir" le déséquilibre et le mouvement du FRM.

La mise en deux roues

A cette étape, on supprime les repères externes : la cale et l'appui sur le mur. La personne apprend à se mettre en 2R par une bascule lente du siège vers l'arrière, suivie d'une poussée vers l'avant des mains sur les mains courantes. Pour la sécurité de la personne, la mise en 2R s'effectue d'abord avec parade et il est conseillé que l'intervenant se place derrière le fauteuil pour parer la chute.

Déplacements et pivots (fig. 2)

L'objectif de cette étape est de se déplacer en 2R à l'aide d'oscillations qui correspondent à un déséquilibre rattrapé. Il s'agit d'une succession de déséquilibres vers l'avant, compensés par des poussées des mains sur les mains courantes. Le déplacement vers l'arrière est plus difficile à cause du manque de repères visuels. L'action dissociée des deux mains – traction d'un côté, poussée de l'autre – permet de pivoter autour d'un axe vertical. Pour cela, la personne s'exercera dans un slalom de précision dont la distance totale sera progressivement augmentée tandis que la distance entre les plots sera progressivement diminuée.



Fig. 2 : Slalom en Deux-Roues

Le franchissement d'obstacles (fig. 3-4)

Le franchissement d'obstacle nécessite deux aptitudes cruciales pour sa réussite : la première correspond à la capacité de l'utilisateur de poser les roues avant sur l'obstacle (ex : trottoir) ou après l'obstacle (ex : seuil), la seconde correspond à la capacité de

l'utilisateur de générer suffisamment de force sur les mains courantes pour que les roues arrière franchissent l'obstacle. L'apprentissage du franchissement vise à ce que la personne réalise ces deux actions dans la continuité du déplacement, sans pause. Pour cela, l'apprentissage se fait suivant deux modalités : en première approche, il faut apprendre à poser les roues avant sur ou après l'obstacle puis à le franchir après une courte pause (franchissement en deux temps) et en seconde approche, il faut franchir l'obstacle sans arrêt comme cela se fait dans le cadre d'un déplacement. La modalité de franchissement en deux temps est dite "sans élan" et le franchissement sans pause est dit "avec élan".



Fig. 3 : Franchissement d'obstacle



Fig. 4 : Descente d'obstacle

Le franchissement d'obstacle sans élan comporte quatre phases : la première correspond à la phase d'approche : **1**) au cours de laquelle la personne évalue la distance la séparant de l'obstacle ; la deuxième correspond à la mise en 2R **2**) la troisième correspond à la pose des roues avant **3**) sur (ou après) l'obstacle. Au cours des phases (2) et (3), la personne focalise son attention sur la prise de repères afin d'évaluer la distance séparant les roues avant du bord du trottoir. La quatrième phase correspond au franchissement **4**) au cours duquel la personne exerce une poussée sur les mains courantes coordonnée avec une flexion du tronc sur le bassin.

Le franchissement "sans élan" permet de supprimer la phase (1) et d'intercaler une pause entre les phases 3 et 4. Cette pause offre la possibilité à la personne de percevoir l'élément-clé de chacune des phases, à savoir l'évaluation de la distance nécessaire à la mise en 2R afin de poser les roues avant (sur ou après l'obstacle) et la coordination de la flexion du tronc à la poussée sur les mains courantes pour monter sur l'obstacle.

La descente de trottoir et de plans inclinés (fig. 5)

La descente du trottoir se fait en 2R, en plaçant l'axe des roues arrière parallèlement à la bordure du trottoir et en retenant légèrement le fauteuil lors de la descente par la saisie des mains courantes.



Fig. 5 : Descente de plan incliné

Pour descendre un plan incliné en limitant les risques de chute vers l'avant, il est utile de compenser l'inclinaison du sol en mettant le fauteuil en 2R : plus la pente est importante, plus le fauteuil doit être basculé vers l'arrière pour maintenir l'équilibre. Cette technique est capitale pour éviter les chutes par blocage des roues avant par exemple lorsque le revêtement est détérioré (cf. chapitre "Stabilité").

Regard biomécanique sur le franchissement d'obstacle

Comme rapporté précédemment, Kirby *et al.* [5] ont suggéré que le faible taux de réussite du franchissement d'obstacle serait lié à la nécessité de produire des efforts importants au niveau des articulations des membres supérieurs. En effet, lors du franchissement sans élan d'un obstacle de 10 cm, Van Drongelen *et al.* [7] ont rapporté des moments articulaires nets au niveau du coude et de l'épaule plus de dix fois supérieurs à ceux mesurés lors de la propulsion sur terrain plat. Afin de compléter ces données, quelques résultats sur le franchissement avec élan sont présentés dans les paragraphes suivants.

Résultats biomécaniques du franchissement d'obstacle avec élan

Procédure expérimentale

Cette étude a été réalisée avec cinq sujets valides maîtrisant cette habileté motrice dans leur pratique professionnelle (27,8 ± 13,5 ans ; 1,77 ± 0,04 m ; 75,0 ± 3,7 kg). Tous les sujets ont été testés avec le même FRM dont la roue droite était instrumentée avec un dynamomètre à six composantes (TSR, France). Les efforts appliqués par l'utilisateur sur la main courante ont été mesurés à l'aide d'une roue dynamométrique développée dans le cadre d'un partenariat entre le CIC-IT 805 et la société française *Transmissions Services Roulements* (TSR, Mérignac, France). Cette roue est adaptable sur tous les fauteuils à propulsion manuelle et permet la transmission des mesures sans fil, (cf. chapitre "FRET-2"). Les sujets ont été placés à 1,5 m de l'obstacle

(plate-forme carrée de type trottoir de 8 cm de hauteur et 150 cm de côté) et aucune consigne de vitesse de déplacement n'a été donnée. Trois essais ont été effectués par sujet. Les moments ont été normalisés par le poids total (en kg) du système (sujet + fauteuil roulant). Par ailleurs, afin de comparer les résultats obtenus lors du franchissement d'obstacle, nous avons demandé à neuf blessés médullaires (niveau lésionnel inférieur à C7) n'ayant pas de douleurs articulaires aux membres supérieurs dans les six derniers mois (39,1 ± 16,5 ans ; 1,72 ± 0,08 m ; 61,1 ± 14,9 kg) de réaliser une propulsion du FRM sur le plat à vitesse préférentielle.

Les mouvements des membres supérieurs ainsi que les efforts articulaires ont été obtenus suivant la méthodologie décrite (cf. Chapitre "Méthode de la dynamique inverse").

Résultats de l'étude

La propulsion du Fauteuil :

Les 9 sujets blessés médullaires se sont déplacés à une vitesse moyenne de 1,27 ± 0,13 m/s. Pour le poignet, les pics de moments sont observés entre 20 et 25 % du cycle de propulsion, lorsque l'articulation réalise une extension combinée avec une inclinaison ulnaire (0,017 Nm/kg) et une rotation externe (0,019 Nm/Kg). Au niveau du coude, les pics des moments apparaissent entre 10 et 20 % du cycle de propulsion, lorsque l'articulation réalise une flexion (0,028 Nm/kg) combinée avec une adduction (0,003 Nm/kg) et une pronation (0,019 Nm/kg). Concernant l'épaule, les pics des moments apparaissent à environ 20 % du cycle de propulsion, lorsque l'articulation réalise une flexion (0,076 Nm/kg) combinée avec une adduction (0,024 Nm/kg) et une rotation interne (0,068 Nm/kg).

Le franchissement d'obstacle :

Les résultats obtenus par les cinq sujets valides (maîtrisant cette habileté) au cours du franchissement d'obstacle ont montré que lors du départ en 4 roues (4R), de la mise en 2 roues (2R) et du franchissement (FObs), les efforts étaient plus importants à

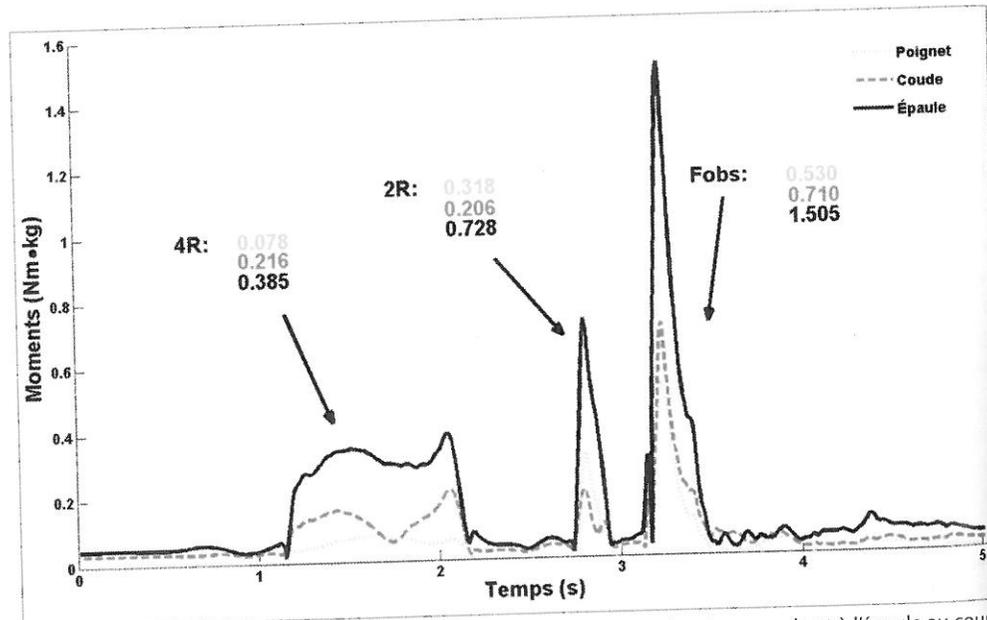
l'épaule puis au coude et au poignet (fig. 2). Lors du franchissement (FObs) les valeurs des moments articulaires ont atteint le double de celles mesurées lors du départ en 4 roues (4R)

soit : $0,38 \pm 0,05$ Nm/kg pour le poignet, $0,46 \pm 0,08$ Nm/kg pour le coude et $1,25 \pm 0,3$ Nm/kg pour l'épaule, Tableau 1.

	Moments (Nm/kg)	4R	2R	FObs
Poignet	Inclinaison Ulnaire	0.11 (0.05)	0.16 (0.06)	0.25 (0.09)
	Extension	0.07 (0.04)	0.08 (0.02)	0.14 (0.02)
	Net*	0.16 (0.07)	0.24 (0.04)	0.38 (0.05)
Coude	Supination	0.07 (0.03)	0.06 (0.03)	0.11 (0.05)
	Flexion	0.19 (0.06)	0.27 (0.07)	0.40 (0.14)
	Net*	0.20 (0.06)	0.28 (0.07)	0.46 (0.08)
Epaule	Adduction	0.30 (0.22)	0.22 (0.07)	0.35 (0.13)
	Rotation Interne	0.16 (0.05)	0.21 (0.07)	0.27 (0.07)
	Flexion	0.43 (0.17)	0.62 (0.20)	0.97 (0.31)
	Net*	0.58 (0.27)	0.78 (0.18)	1.25 (0.30)

* correspond à la somme algébrique des différentes composantes

Tableau 1 : Valeur des pics des moments articulaires moyens normalisés (écart type) au poignet, au coude et à l'épaule lors du départ (4R), de la mise en deux-roues (2R) et lors du franchissement (FObs).



Valeurs des moments articulaires nets moyens normalisés (Nm/kg) au poignet, au coude et à l'épaule au cours trois phases du franchissement d'obstacle avec élan (4R : le FRM se déplace avec les quatre roues en contact le sol ; 2R : correspond à la mise en équilibre du fauteuil sur les roues arrière suivi de la pose des roues avant sur l'obstacle ; FObs : correspond au franchissement de l'obstacle).

La comparaison entre les deux situations (propulsion et franchissement d'obstacle) met en évidence deux points intéressants, le premier sur l'initiation du déplacement et le deuxième sur le franchissement. En effet, si nous comparons les valeurs obtenues lors de la propulsion, nous observons que l'initiation du déplacement du FRM nécessite des moments quasiment deux fois supérieurs à une situation de déplacement entretenu. Ces moments deviennent nettement plus importants lors du franchissement d'obstacle. Les résultats de cette étude soulignent donc l'impact potentiel des efforts brefs et irréguliers fournis lors du franchissement d'obstacle sur l'apparition des troubles musculo-squelettiques (TMS) observés chez les utilisateurs de FRM. Ils suggèrent également d'optimiser les techniques de franchissement d'obstacle afin de diminuer les contraintes au niveau des articulations de l'épaule, du coude et du poignet.

Conclusion

Ce chapitre a eu pour objectif de présenter d'une part une technique d'apprentissage du franchissement d'obstacle et d'autre part de souligner le niveau d'effort généré par les articulations lors du franchissement d'obstacle. La technique d'apprentissage repose, pour l'essentiel, sur l'apprentissage du deux roues stationnaire avec puis sans aide et ensuite sur le franchissement d'un obstacle (approche - deux roues - franchissement). Concernant, le regard biomécanique sur le franchissement, nous avons présenté les résultats de deux sessions d'enregistrements : lors de la propulsion et lors d'un franchissement de trottoir. Les résultats montrent que le niveau d'efforts articulaires lors du franchissement est nettement plus important que lors de la propulsion du fauteuil mais aussi lors de l'initiation de son déplacement. Ces résultats soulignent l'importance à porter sur la technique de franchissement afin de réduire le risque de troubles musculo-squelettiques liés à l'utilisation du FRM.

Bibliographie

- [1] BONAPARTE JP, KIRBY RL, MACLEOD DA. Learning to perform wheelchair wheelies: comparison of 2 training strategies. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85(5): p. 785-93.
- [2] DELPECH E. Le deux-roues en fauteuil roulant : un nouvel équilibre. *Kinésithérapie Scientifique* 2004, 443 : p 7-11.
- [3] KAUZLARICH JJ, THACKER JG. A theory of wheelchair wheelie performance. *J Rehabil Res Dev.* 1987, 24(2): 67-80.
- [4] KIRBY RL, DIPERSIO M, MACLEOD D. Wheelchair safety: effect of locking or grasping the rear wheels during a rear tip. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996, 77(12): p 1266-70.
- [5] KIRBY RL, GILLIS DJ, BOUDREAU AL, SMITH C, RUSHTON P, CLARK-GALLANT L, PARKER KE, WEBBER A. Effect of a

high-rolling-resistance training method on the success rate and time required to learn the wheelchair wheelie skill: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2008; 87(3): p. 204-11.

[6] KIRBY RL, CORKUM CG, SMITH C, RUSHTON P, MACLEOD DA, WEBBER A. Comparing performance of manual wheelchair skills using new and conventional rear anti-tip devices: randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89(3): p. 480-5.

[7] VAN DRONGELEN S, VAN DER WOUDE LH, JANSSEN TW, ANGENOT EL, CHADWICK EK, VEEGER DH. Mechanical load on the upper extremity during wheelchair activities. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86: p. 1214-20.