



**HAL**  
open science

# Faisabilité et adhésion de patients hémiparétiques en phase chronique à un programme de renforcement musculaire excentrique visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout

Victorien Barré

## ► To cite this version:

Victorien Barré. Faisabilité et adhésion de patients hémiparétiques en phase chronique à un programme de renforcement musculaire excentrique visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04258267

**HAL Id: dumas-04258267**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04258267>**

Submitted on 20 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Faisabilité et adhésion de patients hémiparétiques en phase chronique à un programme de renforcement musculaire excentrique visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout

*Barré Victorien*

Tuteur universitaire : Olivier Anne-Hélène, maître de conférence à l'université de Rennes 2

Tuteur professionnel : Corneil Cédric, enseignant APA à la clinique LNA-Santé d'Alençon

### **Résumé**

**Contexte** : La faiblesse musculaire consécutive à une hémiparésie peut engendrer une réduction de l'autonomie et du niveau d'activité physique. L'objectif était d'examiner le rôle du renforcement musculaire excentrique sur les membres inférieurs et, finalement, sur l'amélioration de la capacité fonctionnelle de patients post-AVC en phase chronique.

**Méthodes** : L'étude incluait cinq patients hémiparétiques participant à un protocole de 5 semaines de renforcement musculaire excentrique sur presse à cuisse. Un total de 10 sessions se composant de 3 séries de 5 répétitions par jambe a été réalisé. L'adhésion à ce protocole a été mesurée. L'évolution des 1RM bipodale et unipodale, du 1-MSTST ont été évaluées en début (T0) et fin (T1) d'intervention.

**Résultats** : Une bonne adhésion et tolérance des patients au protocole a été observée. Une augmentation significative des 1RM (2 jambes, membre sain et lésé)( $p < 0.05$ ) ainsi que du 1-MSTST ( $p < 0.05$ ) entre T0 et T1 a été constatée.

**Discussion** : L'absence de groupe contrôle et le faible pool de participants ne permet pas de conclure sur l'efficacité du renforcement musculaire excentrique. Néanmoins, son utilisation est prometteuse afin d'optimiser la prise en charge des patients post-AVC.

**Mots clés** : hémiparésie post-AVC, entraînement excentrique, réadaptation, capacité fonctionnelle

Feasibility and adherence of chronic hemiparetic patients to an eccentric muscle strengthening program to develop strength gain and sit-to-stand transfer

**Abstract**

Background : Muscle weakness following hemiparesis can lead to reduced independence and physical activity. The aim was to examine the role of eccentric muscle strengthening on the lower limbs and ultimately on the improvement of functional capacity in post-stroke patients in chronic phase.

Methods : The study included five hemiparetic patients participating in a 5-week protocol of eccentric thigh press muscle strengthening. A total of 10 sessions consisting of 3 sets of 5 repetitions per leg were performed. Adherence to this protocol was measured. The evolution of the bipodal and unipodal 1RM, of the 1-MSTST were evaluated at the beginning (T0) and end (T1) of the intervention.

Results : Good patient compliance and tolerance of the protocol was observed. A significant increase in 1RM (both legs, healthy and injured limb) ( $p < 0.05$ ) as well as 1-MSTST ( $p < 0.05$ ) between T0 and T1 was observed.

Discussion : The absence of a control group and the small pool of participants makes it impossible to conclude on the effectiveness of eccentric muscle strengthening. Nevertheless, its use is promising to optimize the management of post-stroke patients.

**Keywords** : post-stroke hemiparesis, eccentric training, rehabilitation, functional capacity

Faisabilité et adhésion de patients hémiparétiques en phase chronique à un programme de renforcement musculaire excentrique visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout  
– Barré Victorien – Mémoire de Master 2 APAS – Parcours APPCM – Université Rennes 2, Année 2022-2023

## 1. Introduction

### a. Contexte

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est actuellement la deuxième cause de mortalité dans le monde et demeure la première cause de handicap acquis sévère chez l'adulte (Benjamin et al., 2017). Ce dernier provoque un arrêt brutal de la circulation sanguine au niveau d'une partie du cerveau pouvant entraîner des déficits neurologiques irréversibles (Sacco et al., 2013 ; HAS, 2022<sup>1</sup>). On retrouve deux grands types d'AVC qui se distinguent par leur cause : ischémique (obstruction) et hémorragique (rupture du vaisseau sanguin) (Sacco et al., 2013 ; HAS, 2022).

Une projection réalisée par l'American Heart Association estime qu'en 2030, la prévalence de l'AVC chez les personnes âgées de 18 ans et plus aura augmentée de 20 % avec une prédominance pour les femmes âgées de plus de 65 ans (Sacco et al. 2013). La cause étant principalement comportementale (altération du mode de vie), elle entraîne une augmentation des facteurs de risques associés à la physiopathologie de l'AVC (e.g, hypertension, DT2, hypercholestérolémie, etc.) (Mozaffarian et al., 2015). Malgré, une amélioration de la prévention secondaire, réduisant le taux de létalité (Béjot et al., 2016), ces données interpellent dès lors où l'accident est associé à un pronostic défavorable.

La sphère biopsychosociale de l'individu est impactée par l'AVC (Martinsen et al., 2012). En effet, les troubles cognitifs tels que le dysfonctionnement des fonctions exécutives (Burton & Tyson, 2015) ou psychosociaux comme le sentiment de

dépendance (Martinsen et al., 2012) participent à la détérioration de la qualité de vie chez ces patients. Quant à l'atteinte motrice, elle demeure la séquelle la plus fréquente post-AVC (Hafer-Macko et al., 2008). Elle est à l'origine de sédentarité et d'inactivité physique qui catalysent le risque de comorbidité (e.g, ostéoporose, infarctus du myocarde, etc.) et de récurrence (Whitney et al., 2020).

### b. L'atteinte motrice principale : l'hémiparésie

Suite à une lésion du faisceau pyramidal, le patient subit une détérioration de sa fonction motrice (Bariéty et al., 1990). Cette dernière peut prendre la forme d'une paralysie totale (hémiplégie) ou partielle (hémiparésie) touchant l'hémicorps controlatéral du siège de la lésion de façon proportionnée (membre inférieur et supérieur) ou non.

Elle induit une atrophie musculaire notable (particulièrement les fibres de type II), ainsi que des difficultés à initier et à produire des mouvements volontaires rapides avec une intensité importante (Hafer-Macko et al., 2008). La faiblesse musculaire et la dysfonction neuromotrice qui résulte de l'hémiparésie peuvent entraîner une raideur involontaire des muscles nommée spasticité. Cette dernière tend à majorer la détérioration de la capacité fonctionnelle des patients (Abdollahi et al., 2015) et notamment leurs performances de marche (Hsu et al., 2003).

La littérature a montré une corrélation négative entre force musculaire et performances fonctionnelles (Hsu et al., 2003). Au-delà de la locomotion, les déficiences musculaires notamment affectent l'équilibre (statique et dynamique) et les transferts posturaux (e.g, assis-debout ou sol-debout)(Bruyneel, 2017) des patients. Ce déclin des stratégies posturo-dynamiques

<sup>1</sup> HAS. (2022). *Rééducation à la phase chronique d'un AVC de l'adulte : Pertinence, indications et modalités*. Haute Autorité de Santé. Disponible sur : [https://www.has-sante.fr/jcms/p\\_3150692/fr/reeducation-a-la-phase-chronique-d-un-avc-de-l-adulte-pertinence-indications-et-modalites](https://www.has-sante.fr/jcms/p_3150692/fr/reeducation-a-la-phase-chronique-d-un-avc-de-l-adulte-pertinence-indications-et-modalites)

induit un risque de chute de 73 % dans l'année suivant le diagnostic (Denissen et al., 2018). Finalement, suite à ces énumérations symptomatiques, on s'aperçoit que le quotidien de la personne est drastiquement altéré par l'accident.

Quand on sait que seul un tiers des survivants d'un AVC ne présentent pas de séquelles permanentes et ne dépendent pas de leurs proches (Belda-Lois et al., 2011), cela interpelle sur l'intérêt d'optimiser la prise en charge (PEC) des patients. D'autant plus, que sur les deux tiers restants on estime qu'environ 50 % des patients retrouvent une marche autonome (Belda-Lois et al., 2011). La persistance des déficits moteurs et la réduction de la capacité de mouvement des patients justifient l'intérêt de s'intéresser aux modalités de PEC.

### **c. Le renforcement musculaire**

Le renforcement musculaire fait maintenant partie intégrante des programmes d'entraînement des sportifs (Douglas et al., 2017). Il s'avère bénéfique sur plusieurs variables neuromusculaires comme l'endurance, la vitesse, ou encore la force qui sont des déterminants de la performance sportive (Douglas et al., 2017).

Au-delà des bénéfices obtenus chez des sujets sains, le renforcement musculaire s'inscrit aujourd'hui dans les thérapies afin de pallier les effets débilissants de l'AVC (Wist et al., 2016 ; Saunders et al., 2020 ; HAS, 2022), sans exacerber la spasticité (Abdollahi et al., 2015) et ce, même s'il est initié en phase chronique (Wist et al., 2016). Néanmoins, son application demande certaines adaptations quand on sait que les patients post-AVC présentent une réduction d'environ 50 % de leur capacité d'exercice par rapport à des sujets sains du même sexe et âge (Loane & Faden, 2010). Ainsi, pour optimiser la

réhabilitation de ces patients, différentes recommandations sont définies. L' American College of Sports Medicine<sup>2</sup> a publié en 2019 une mise à jour de ces dernières à raison de 1 à 3 séries de 8 à 12 répétitions focalisant 6 à 12 groupes musculaires, 2 à 4 fois par semaine. On s'aperçoit que les caractéristiques de l'exercice telles que l'intensité, la forme (exercice continu ou intermittent) ou encore la durée sont largement documentées et critiquées pour leurs effets sur les fonctions musculaires et cardiovasculaires (Gambassi et al., 2017). Cependant, ces recommandations ne font pas de véritables distinctions en fonction de la pathologie du patient. De plus, aucune précision n'est apportée sur le type de contraction musculaire à privilégier. Or, les adaptations neuromusculaires ne sont pas similaires entre ces dernières (Hody et al., 2019). Ces différentes directives ne permettent pas de définir le moyen le plus efficace et ciblé pour optimiser la récupération motrice du patient.

### **d. Le renforcement musculaire concentrique versus excentrique**

Le renforcement musculaire fait appel à divers régimes de contractions musculaires : concentrique, excentrique et isométrique. Ce dernier ne sera pas explicité ici par son manque d'intérêt actuel dans la littérature. Le concentrique se définit par une production de force dépassant la charge externe subie, entraînant un raccourcissement du muscle (Herzog et al., 2008). À contrario, l'excentrique caractérise une charge appliquée au muscle supérieure à la tension produite par ce dernier, l'amenant à s'allonger (Herzog et al., 2008). De ce fait, la production de force

<sup>2</sup> ACSM. (2019). ACSM Guidelines for Strength Training .Disponible sur : <https://www.acsm.org/education-resources/trending-topics-resources/physical-activity-guidelines>

s'avère supérieure durant la phase d'étirement, permettant au muscle de supporter jusqu'à 20 à 30 % de charge supplémentaire comparé au régime concentrique (Lindstedt et al., 2001). Ce type de contraction engendre des adaptations neuromusculaires supérieures montrant leur efficacité sur les performances (vitesse, force et puissance) des sportifs (Douglas et al., 2017).

Le travail excentrique permet également de majorer les tensions musculaires tout en consommant en moyenne 4 fois moins d'énergie vis-à-vis du concentrique (Hoppeler, 2016). La faible demande métabolique de ce type de contraction induit une fatigue et une perception de l'effort inférieure au régime concentrique (Hody et al., 2019). Au-delà des améliorations fonctionnelles constatées (i.g force, puissance, hypertrophie musculaire), ces particularités semblent favoriser des niveaux d'adhésion supérieurs aux entraînements concentriques (à volume équivalent) chez des patients atteints de maladies cardiovasculaires ou encore des personnes âgées avec ou sans pathologies associées (Harper & Thompson, 2021 ; Lastrayo et al., 2014).

Un dernier point justifiant l'utilisation de l'excentrique chez des populations spécifiques, est son effet lors du phénomène d'éducation croisée. Lorsqu'un entraînement est réalisé de façon unilatérale sur le membre sain, un effet est également observé du côté controlatéral (membre lésé) (Lee & Carrol, 2007). La méta-analyse de Manca et al. (2017) montre une augmentation de la force du membre inférieur opposé à celui travaillé de 17,7 % en excentrique comparativement à 11,3 % pour le concentrique chez des sujets sains. Cela suggère que des adaptations neuronales supérieures sont initiées à partir

d'un travail excentrique unilatéral (Lastrayo et al., 2014).

Pour les survivants d'un AVC, la réautonomisation est un des objectifs principaux de la prise en charge (HAS, 2022). Or, cette dernière peut être freinée par de multiples tâches fonctionnelles (e.g, descente d'escalier, s'asseoir) qui impliquent des contractions musculaires excentriques, et qui en cas de déficit musculaire augmente le risque de chute (Denissen et al., 2018). Ainsi, le travail excentrique semble être une alternative pour répondre aux problématiques des patients post-AVC présentant des symptômes d'hémiparésie et de réduction de force.

#### **e. L'importance de la dose prescrite**

L'utilisation d'exercices excentriques sur un muscle naïf est connue pour induire des lésions et des douleurs musculaires d'apparitions retardées (DOMS : delayed-onset muscle soreness) supérieures aux autres régimes de contraction (Lieber & Friden, 1999). Au-delà des répercussions physiologiques, des sensations désagréables peuvent apparaître décourageant et retardant la progression des pratiquants. Actuellement, la stratégie préventive la plus efficace est l'utilisation du RENEW (Resistance Exercice via Negative Eccentric Work) ou excentrique "à charge modérée" (Lastrayo et al., 2014). L'intérêt est d'utiliser des charges sous-maximales dont la dose (intensité et volume) est augmentée progressivement au fil des semaines (Hoppeler, 2016). Les premiers rapports portant sur l'utilisation de ce régime de contraction chez les patients post-AVC montrent une efficacité égale voire supérieure sur la force, la vitesse de marche et l'équilibre dynamique par rapport au régime concentrique (Gambassi et al., 2017 ; Stone et al., 2022).

Bien qu'il existe une relation dose-réponse entre l'entraînement et la récupération post-AVC, les thérapeutes se heurtent à une faible tolérance à l'effort des patients à des programmes de forte acuité (Schneider et al., 2016). En outre, il est admis que le type d'entraînement constitue une part importante de l'adhésion du patient au-delà de la relation entretenue avec le thérapeute (Miller et al., 2016). Les études portées sur l'utilisation de l'excentrique à charge modérée rapportent des niveaux d'adhésion élevés chez ce public (Fernandez-Gonzalo, 2016 ; Gambassi et al., 2017). Ce type d'entraînement assignerait un fort stimulus neuromusculaire au patient tout en restant bien toléré, favorisant son adhésion (Harper & Thompson, 2021). Cette dernière est principalement mesurée par le biais de journaux de bords qui retranscrivent l'activité des patients (Lévy et al., 2019). Néanmoins, aucun outil standardisé existe chez les survivants d'un AVC (i.g, à domicile ou centre de réadaptation) (Lévy et al., 2019).

Cependant, les études portant sur le RENEW ne sont que des preuves isolées. Les auteurs préconisent l'élargissement du pool d'étude en apportant davantage de validité externe (Gambassi et al., 2017). En effet, les protocoles se focalisent sur des dispositifs coûteux comme le volant d'inertie ou l'ergocycle excentrique (excentron) rarement présents au sein des cliniques (Hody et al., 2019). Une seule étude chez les post-AVC a porté sur l'utilisation d'une presse horizontale en régime excentrique (Lattouf et al., 2021). Pourtant ce dispositif est régulièrement utilisé en thérapie et s'avère particulièrement efficace dans le renforcement musculaire des membres inférieurs (Veldema & Jansen, 2020).

## **f. Problématique**

Au vu de la littérature, l'intérêt est désormais d'investiguer les modalités d'exercice (i.g, intensité, volume, récupération, etc.) de la presse horizontale produisant le stimulus le plus intense, maximisant les adaptations neuromusculaires de patients hémiparétiques (e.g, force, puissance, hypertrophie musculaire). Ces caractéristiques doivent également prendre en compte la tolérance des patients à l'effort pour une meilleure adhésion à long terme.

Dans ce contexte, nous étudierons la faisabilité et l'adhésion de patients post-AVC en phase chronique à un programme de 5 semaines de renforcement musculaire à dominante excentrique sur presse horizontale, visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout. Compte tenu de l'efficacité de ce paradigme d'intervention chez diverses populations, nous supposons qu'une bonne tolérance et adhésion des patients sera observée. En outre, par le type de régime appliqué et l'importance du travail excentrique lors de l'assise, on peut s'attendre à ce qu'une amélioration de la force musculaire des membres inférieurs et de la capacité assis-debout soit constatée.

## **2. Outils et Méthodes**

### **a. Population**

Cinq patients atteints d'hémiparésie chronique consécutive à un AVC ont été inclus dans cette étude. L'ensemble des patients était pris en charge au sein de la Clinique d'Alençon (LNA Santé) et présentait des critères standards d'AVC définis par des neurologues spécialisés. Un seul groupe d'étude composé de 3 hommes et 2 femmes, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1 a reçu un programme de renforcement musculaire excentrique. Les patients retenus répondaient aux critères



**Tableau 1.** Données cliniques des patients

Variable	P1	P2	P3	P4	P5	M ± ET
Sexe	H	H	F	F	H	X
Âge (années)	66	60	62	73	74	67 ± 6,3
Taille (cm)	160	176	158	164	160	163,6 ± 7,3
Masse (kg)	50	105	61	57	68	68,2 ± 21,9
Délai post-AVC (années)	2,5	3	1,5	1	4	2,4 ± 1,2
Hémicorps touché	G	G	D	D	G	X
Tour de cuisse JD (cm)	40	58,4	53,2	55,2	44,4	50,2 ± 7,7
Tour de cuisse JG (cm)	39,2	59,6	50,2	54,2	46	49,8 ± 7,8
Troubles cognitifs	X	X	Attention et mémorisation	Attention et mémorisation	Aphasie	X

M : Moyenne ; ET : Écart-type ; H : Homme ; F : Femme ; G : Gauche ; D : Droit ; JD : Jambe droite ; JG : Jambe gauche

d'inclusion suivants : capacité à communiquer et comprendre les informations liées à l'expérimentation, capacité à effectuer les tests, capacité à effectuer l'exercice demandé sur la presse horizontale. La présence de troubles cognitifs n'était pas un critère de non-inclusion, mais le patient devait avoir la capacité de comprendre et d'interagir avec le thérapeute. Cependant, ces derniers n'ont pas été évalués pour diverses raisons comme l'absence de neuropsychologue dans la structure. Les critères d'exclusion des patients étaient : l'impossibilité d'être présent durant toute la durée de l'étude, l'incapacité d'utiliser la presse, des douleurs trop importantes (>8/10 sur l'échelle de Borg modifiée) demandant l'intervention d'un spécialiste, présence de syncinésie. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé avant le début de l'étude.

## **b. Mesures cliniques**

Les mesures de force et de capacité d'exercice ont été réalisées la semaine précédent (T0) et suivant le protocole (T1). L'adhésion a quant à elle été évaluée tout au long du programme.

### ***i. Evolution de la force et du volume musculaire***

Le test à répétition maximale (1RM) est utilisé pour mesurer la force maximale dynamique des membres inférieurs des patients. La 1RM représente la charge maximale que l'individu est capable de déplacer dans toute la gamme d'un exercice donné (ici la presse à cuisse). Ce test dispose d'une excellente fiabilité test-retest et est validé chez des patients post-AVC (Grgic et al. 2020). Pour cette étude, une méthode indirecte basée sur l'estimation de la charge maximale à partir de la formule de Brzycki (charge optimale / (1.0278-0.0278 \* Nombre de répétitions) a été utilisée. L'objectif était de limiter le risque de blessures chez les sujets non entraînés. Afin de conserver la fiabilité du test, le patient ne devait pas excéder les 10 répétitions (Brzycki, 1993). Le test a été réalisé en bipodale et en unipodale (jambe droite et gauche) sur deux séances distinctes pour limiter l'effet de la fatigue.

Le tour de cuisse de chacune des jambes des patients a également été mesuré.

### ***ii. Evaluation de la capacité de transfert assis-debout***

Le 1-Minute Sit to Stand Test (1-MSTST) ou "test de levers de chaise enchaînés d'une minute" est un test validé et fiable qui mesure la force-endurance des

extenseurs du genou (Bohannon & Crouch, 2019). Ce dernier renvoie également à la capacité d'exercice des patients (Bohannon & Crouch, 2019). Le 1-MSTST implique une chaise sans accoudoirs et l'exécution du maximum de répétitions durant 1 minute par le patient. Chacune des exécutions est validée si la séquence complète assis-debout-assis est respectée.

### **iii. Evaluation de l'adhésion**

L'adhésion est une notion complexe qui s'exprime au travers de divers comportements impliquant une mesure multifactorielle (Millet et al., 2016). Ainsi, 3 outils ont été utilisés :

Premièrement, l'observance a été mesurée par le pourcentage d'assiduité (calculé en divisant le nombre de sessions de renforcement musculaire réalisées par le nombre de séances et en multipliant par 100). Cette méthode est régulièrement utilisée dans la littérature pour quantifier l'adhésion lors de la réadaptation (Brewer et al., 2002 ; Kolt & McEvoy, 2003). La volonté du patient à réaliser le protocole excentrique durant la séance a été enregistrée plutôt que sa présence à cette dernière (ayant l'obligation d'y assister sauf motif impérieux).

Deuxièmement, l'adhésion du patient durant les sessions de renforcement musculaire a été mesurée par le Sport Injury rehabilitation Adherence Scale (SIRAS) créé par Brewer et al. (2002) qui est un questionnaire de 3 items (noté sur 5 selon une échelle de Likert) complété par le praticien. Ces items concernent le degré d'effort physique, la fréquence de suivi des conseils et des instructions du thérapeute et la réceptivité aux changements durant le protocole (Brewer et al., 2002). La validité et la fiabilité de l'outil ont été démontrées chez les patients atteints de troubles

musculo-squelettiques et lombalgiques (Koltun et al., 2007). Cependant, il n'est pas traduit en français et n'est pas validé chez les patients post-AVC malgré la présence régulière de troubles cognitifs justifiant une mesure de l'adhésion par le biais du thérapeute.

Troisièmement, pour compléter le SIRAS, l'échelle de Borg modifiée (CR10) a été utilisée pour mesurer le niveau d'effort perçu (RPE) des patients pendant les sessions. Cette échelle graduée de 0 (aucun effort) à 10 (effort maximal) est un bon indicateur de l'intensité de l'exercice chez les patients post-AVC (Sage et al., 2013).

### **iv. Protocole expérimental**

Le renforcement musculaire réalisé s'est appuyé sur plusieurs principes (Lastrayo et al., 2014 ; Lattouf et al., 2021 ; Lee & Carrol, 2007) :

- Une exposition progressive des patients au travail excentrique (principe de progressivité)
- Une activité volontaire et contrôlée des patients
- Une recherche de l'augmentation de la capacité à recruter et synchroniser les unités motrices (i.g, coordination intra-musculaire, capacité à produire davantage de force nerveusement).
- Un travail unipodal sur le membre sain afin de solliciter le phénomène d'éducation croisée
- Une exposition à des actions poly-articulaires intenses afin d'obtenir un phénomène d'irradiation des muscles voisins (overflow) en mettant l'accent sur la coordination inter-musculaire (i.g, ordre passé entre les muscles) lors du mouvement.

Le protocole s'est déroulé sur une période de 5 semaines à raison de 2 sessions par semaine non consécutives, soit 10 sessions. Le renforcement musculaire a été effectué sur un leg presse horizontal (BH HiPower Leg Press L050). Il était dispensé en début de séance (évite des limitations liées à la fatigue ou la douleur) de réadaptation et précédé d'un échauffement articulaire, musculaire et cardiovasculaire. Le reste de la séance était dédiée aux objectifs spécifiques du patient (e.g marche, transfert, membre supérieur). Une session se composait de 3 séries de 5 répétitions par jambe (passage à 6 répétitions à partir de la troisième semaine). Tout d'abord, le patient était amené à pousser avec les deux jambes (phase concentrique) sur une seconde jusqu'à ce qu'elles soient tendues (légère flexion des genoux). Ensuite, la phase statique amenait le patient à retirer l'une de ces jambes du plateau. Enfin, le patient freinait la charge sur 4 secondes avec son autre jambe (phase excentrique). Les deux premières séries étaient dispensées à 40% de la 1RM bipodale. La dernière était réalisée à 60 % de la 1RM afin d'accroître la production de force par les muscles (majoritairement les quadriceps fémoraux) et la sensibilité au contrôle neuromusculaire volontaire (Lattouf et al., 2021). Un temps de récupération de 1'30 à 2' était pris après la réalisation d'une série par jambe.

Afin de faciliter l'adhésion des patients au protocole et respecter le principe de progressivité, les douleurs musculaires et les DOMS via la Faces Pain Scale (FPS)(de Vries et al., 2017) et l'effort perçu (CR10) étaient évalués lors de la session. L'effort perçu devait être compris entre 3-4/10 (i.g "facile") en fin de session durant les deux premières semaines et augmenter progressivement. Les DOMS ne devaient pas excéder 7/10 pour

maintenir le protocole et 4/10 pour augmenter la charge (Lastrayo et al., 2014).

#### **v. Analyse statistique**

Une analyse descriptive des résultats caractérisait par la moyenne (M) et l'écart-type (ET) a été faite. Une analyse individuelle des données a été réalisée pour les variables de force et de transfert assis-debout. La distribution normale des données a été testée par le biais du Shapiro-Wilk. Ensuite, ces dernières ont été analysées par un t-test pour échantillon appariés. Le logiciel Jamovi a été utilisé pour l'analyse statistique. Un seuil de significativité de 5% ( $p \leq 0.05$ ) a été fixé.

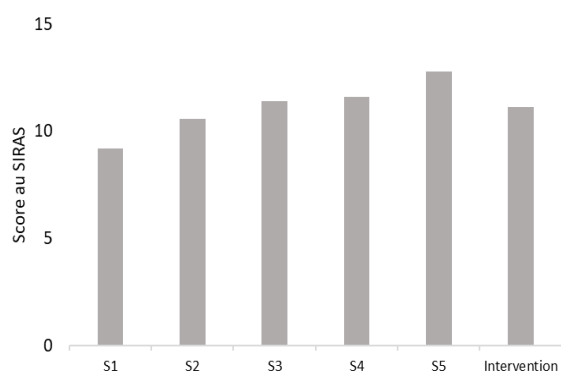
### **3. Résultats**

Les 5 patients inclus dans cette étude ont terminé le protocole, aucun participant ne s'est retiré ou a été exclu.

#### **a. Adhésion des patients**

Les mesures concernant l'observance thérapeutique ont traduit que l'ensemble des patients ont accompli l'entièreté du protocole, c'est-à-dire que les 10 sessions initialement programmées ont été réalisées volontairement durant les séances ( $10 \pm 0$ ). Ces résultats expriment une assiduité absolue (i.g de 100%) aux sessions de renforcement musculaire.

La figure 1 traduit les scores moyens obtenus au Sport Injury Rehabilitation Adherence Scale (SIRAS).



**Figure 1.** Histogramme des score moyen des participants obtenus au SIRAS au cours du suivi de 5 semaines

Les résultats ont montré un score moyen pour l'ensemble de l'échantillon de 11,12/15 (74,1 %). On remarque une amélioration de 3,6 points (+ 39,1 %) entre le score moyen obtenu à la première (9,2) et dernière semaine (12,8). Cette augmentation au fil des semaines traduit une bonne adhésion des participants au programme.

Le tableau 2 illustre les niveaux moyens d'intensité perçus (RPE) via l'échelle de Borg modifiée lors de l'exercice et l'intensité des DOMS via la Faces Pains Scale (FPS).

**Tableau 2.** Données descriptives des niveaux d'intensité perçus lors de l'exercice et des douleurs liées aux DOMS des participants sur l'ensemble de l'intervention, semaine 1 et 5

Variable	Intervention	Semaine 1	Semaine 5
	M±ET	M±ET	M±ET
Score de l'échelle de Borg modifiée (0-10)	5.03 ± 0.54	4.20 ± 1.04	5.30 ± 0.45
Score de Faces Pain Scale (0-10)	2.85 ± 1.01	2.40 ± 0.82	2.20 ± 0.84

M±ET : Moyenne ± Ecart-type

Ces résultats ont attesté que la RPE moyenne des participants lors du renforcement musculaire était de 5,028 (± 0,54) soit une intensité modérée (entre 4 à 6) comme recommandé par le protocole. Ces résultats suggèrent également que la notion de progressivité a été respectée avec une augmentation de 1,1 points sur l'échelle de Borg modifiée entre la semaine 1 (4,2 ± 1,04) et 5 (5,3 ± 0,45). Enfin, pour l'intensité des DOMS durant le programme, un score moyen de 2,856 (± 1,01) a été reporté par la FPS, reflétant une douleur légère, conforme au protocole.

### b. Force et volume musculaire

L'évolution de la 1RM (kg) entre T0 (pré-test) et T1 (post-test) de chaque patient est retranscrite dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Données individuelles en bipodale et unipodale en kilogrammes avant et après le protocole

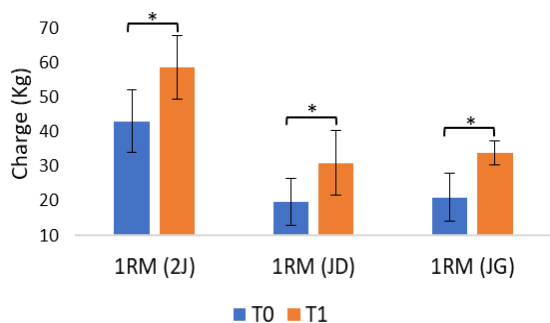
Variable	P1			P2			P3			P4			P5		
	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ
1RM (2J) (kg)	45	70	25	55	62	7	30	46	16	40	62	12	45	53	8
1RM (JD) (kg)	17,5	27	9,5	30	47	17	14	23	11	20	31	11	20	27	7
1RM (JG) (kg)	20	33	11	20	31	11	19	33	14	30	40	10	24	33	9

T0 : Pré-test ; T1 : Post-test ; Δ : Différence en T0 et T1 ; 2J : 2 jambes ; JD : Jambe droite ; JG : Jambe gauche

On remarque que l'ensemble des participants ont amélioré leur répétition maximale indépendamment du test. Une forte augmentation de la 1RM bipodale de 55,5 % (+25 kg) pour le patient 1 et de 53,3 % (+16 kg) pour le patient 3 est à noter. À contrario, cette augmentation n'est seulement que de 7 kg (+12,7 %) pour le patient 2. Les patients 4 et 5 ont quant à eux des gains équilibrés sur l'ensemble du test avec respectivement 11 kg (±1) et 8 kg (±1) d'augmentation. En ce qui concerne les données unipodales, excepté l'augmentation marquante (+17 kg, 56,7%) du

patient 2 sur son membre sain (6 kg de différence par rapport à l'homologue), les gains obtenus aux 2 tests semblent similaires.

L'analyse statistique des moyennes obtenus par le calcul indirect des 1RM en bipodale et unipodale à T0 et T1 est retranscrite dans la Figure 2.



**Figure 2.** Histogramme de l'évolution des 1RM bipodales et unipodales en kilogramme entre T0 et T1 (les étoiles représentent une différence significative entre les résultats,  $p < 0.05$ ).

Les 1RM bipodales des participants à T0 ( $43 \pm 9.1$  kg) étaient inférieures à celles obtenues à T1 ( $58.6 \pm 9.3$  kg) ( $t(df) = 4.317$ ,  $p < 0.05$ ,  $d = 1.930$ ). Cela atteste donc d'une augmentation significative de 31,6 % ( $15,6 \pm 3,6$  kg). Lorsqu'on s'intéresse aux résultats des tests unipodaux, on note également que les valeurs à T0 ( $20.3 \pm 6.8$  kg) étaient inférieures à celles obtenues à T1 ( $31 \pm 9.4$  kg) ( $t(df) = 6.827$ ,  $p < 0.05$ ,  $d = 3.053$ ) pour la jambe droite comme pour la jambe gauche ( $22.6 \pm 4.6$  kg à T0, versus  $34 \pm 3.5$  kg à T1) ( $t(df) = 5.543$ ,  $p < 0.05$ ,  $d = 2.479$ ). Cela démontre respectivement une augmentation significative de 52,7% ( $10,7 \pm 3,8$  kg) et 52,4% ( $11,4 \pm 1,6$  kg). Une amélioration de la puissance musculaire des membres inférieurs (i.g., membre sain et lésé) des participants entre T0 et T1 est donc avérée.

L'analyse statistique des moyennes du tour de cuisse des membres inférieurs entre T0 et T1 est retranscrite dans le Tableau 4.

**Tableau 4.** Évolution du tour de cuisse en centimètre des membres inférieurs entre T0 et T1

Variable	Jambe droite			Jambe gauche		
	T0	T1	p	T0	T1	p
	M±ET	M±ET		M±ET	M±ET	
Tour de cuisse (cm)	50.24 ± 7.73	50.28 ± 7.77	0.58	49.84 ± 7.78	49.82 ± 7.78	0.70

M±ET : Moyenne ± écart-type ; p : p-value

On a remarqué que ce soit pour la jambe droite entre T0 ( $50,24 \pm 7,73$  cm) et T1 ( $0,28 \pm 7.77$ ) ( $t(df) = 0.590$ ,  $p > 0.05$ ,  $d = 0.264$ ) ou la jambe gauche entre T0 ( $49,84 \pm 7,78$  cm) et T1 ( $49.82 \pm 7.78$  cm) ( $t(df) = 0.408$ ,  $p > 0.05$ ,  $d = 0.183$ ) sensiblement les mêmes valeurs. Ainsi, les mesures avant/après du tour de cuisse des patients n'ont pas révélé de différence significative.

### c. Capacité assis-debout

L'évolution du nombre de répétitions au 1-MSTST entre T0 et T1 pour chaque patient est retranscrite dans le tableau 5.

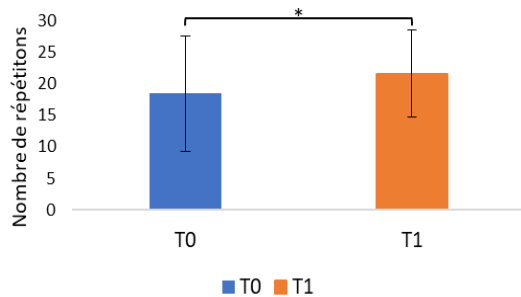
**Tableau 5.** Données individuelles du 1-MSTST avant et après le protocole

Variable	P1			P2			P3			P4			P5		
	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ
1-MSTST (Répétitions)	21	24	3	16	21	5	10	15	5	33	33	0	12	16	4

T0 : Pré-test ; T1 : Post-test ; Δ : Différence en T0 et T1

Au vu de ces résultats, 4 patients sur 5 ont augmenté d'au moins 3 répétitions leur score entre les deux mesures. On note que le patient 4 n'a pas eu d'évolution entre T0 et T1. Cependant, il possède un score moyen de 33 répétitions ce qui est largement supérieur aux autres participants ( $\approx 10$  répétitions).

L'analyse statistique des moyennes obtenues par rapport au 1-Minute Sit to Stand Test (1-MSTST) à T0 et T1 est retranscrite par la Figure 3.



**Figure 3.** Histogramme de l'évolution du nombre de répétitions au 1-MSTST des participants entre T0 et T1 (l'étoile représente une différence significative entre les résultats,  $p < 0,05$ )

Le nombre de répétitions au 1-MSTST des participants à T0 ( $18,4 \pm 9,1$  répétitions) étaient inférieures à celles obtenues à T1 ( $21,9 \pm 6,9$  répétitions) ( $t(df) = 2,874$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 1,285$ ). Cela atteste donc d'une augmentation significative de 17,4 % ( $3,2 \pm 2,5$  répétitions). Ces données semblent démontrer une amélioration de la capacité assis-debout des patients suite au protocole.

#### 4. Discussion

Les survivants d'un AVC éprouvent des difficultés importantes dans les activités de la vie quotidienne (e.g marche, assis-debout). L'une des principales causes est l'hémiparésie. Elle induit une faiblesse musculaire ainsi qu'une dysfonction neuromusculaire affectant la capacité du patient à produire et maintenir une tension musculaire importante (Hafer-macko et al., 2008). En outre, les patients post-AVC possèdent une capacité d'exercice réduite par rapport à leurs pairs du même âge (Loane & Faden, 2010) altérant leur adhésion à des protocoles de forte intensité. Le développement de méthodes améliorant le

contrôle musculaire et la tolérance à l'exercice est donc d'un intérêt fonctionnel majeur pour les patients hémiparétiques. Cette étude visait donc à tester un nouveau protocole de renforcement musculaire qui répondent à ces problématiques.

##### a. Adhésion au programme

L'adhésion des patients post-AVC aux programmes de réadaptation est un sujet qui suscite un intérêt croissant (Gunnes et al., 2019). Il est désormais admis qu'il existe une relation dose-réponse entre la quantité de rééducation et la restauration des fonctions motrices des patients (Schneider et al., 2016). Pour rappel, notre première hypothèse était qu'une bonne tolérance des patients serait observée facilitant leur adhésion à notre programme de renforcement musculaire excentrique à charge modérée sur presse horizontale. À notre connaissance, aucune évaluation de l'adhésion à ce type de protocole n'a été réalisée précédemment chez les survivants d'un AVC. La faisabilité d'un tel dispositif était également évaluée à travers cette étude. Les résultats obtenus semblent montrer une bonne adhésion des patients au programme sur 5 semaines. Tout d'abord, l'ensemble du pool de participants a réalisé les sessions de renforcement musculaire ce qui coïncide avec l'étude de Lattouf et col. (2021) menée sur 4 semaines. Ensuite, malgré l'absence de comparaison avec la littérature chez ce public, le score moyen obtenu au SIRAS (11,12/15, 74,1 %) semble refléter une bonne adhésion des participants, avec des résultats sensiblement similaires (11,6/15, 77,4%) à ceux obtenus par Kotl et McEvoye (2003) chez des patients lombalgiques. Enfin, le respect d'intensités de travail sous-maximales tout au long du protocole, ne semble pas avoir exacerbé les DOMS facilitant

la tolérance et l'observance des patients (Lastrayo et al., 2014).

La méthode utilisée peut expliquer ces résultats. En effet, l'utilisation du RENEW fait appel à une stratégie basée sur la RPE permettant d'ajuster la charge d'entraînement du patient en fonction de l'intensité souhaitée et de sa progression (Lastrayo et al., 2014). Cette théorie corrobore avec l'étude de Fernandez et al. (2016) sur volant d'inertie et les revues respectives de Lastrayo et al. (2014) et Hody et al. (2019) chez des populations séniors ou atteintes de troubles cardiorespiratoires. Ainsi, ce type d'approche réduirait la non-adhésion des patients au programme de réhabilitation relatée dans la littérature comme la faible tolérance à l'effort ou encore les douleurs engendrées par l'exercice (Miller et al., 2016). Finalement, l'ensemble de ces données semble montrer la faisabilité de notre programme auprès de patients post-AVC, même en présence de troubles cognitifs. L'étude de Fernandez et col. (2016) est à notre connaissance la seule à avoir évalué l'effet du renforcement musculaire excentrique sur les troubles cognitifs. Ces derniers devront être davantage considérés dans de prochaines études.

Néanmoins, l'absence d'analyse statistique ne permet pas de conclure à une bonne adhésion. Le faible pool de participants et le manque de recul sur une durée plus longue ne permettent pas d'affirmer l'adhésion des patients post-AVC à ce type de protocole. D'autant plus que le genre féminin, le niveau de dépendance et l'avancée en âge semblent influencer négativement l'adhésion à l'exercice physique à long terme (Gunnes et al., 2019).

Par ailleurs, certains biais sont également à soulever. Le SIRAS n'est pas validé

chez la population post-AVC. En outre, bien qu'il ait été complété par plusieurs indicateurs (pourcentage d'assiduité, Borg, FPS), il réduit la construction multidimensionnelle de l'adhésion à seulement 3 questions (Shaw et al., 2005), limitant les inférences qui peuvent en être extraites. Il s'avère également que les échelles analogiques (Borg, FPS) utilisées sont assujetties aux biais de rappel, de vulnérabilité aux inexactitudes ou encore de désirabilité sociale (Gunnes et al., 2019). Malgré la validité de ces outils chez les survivants d'un AVC (Sage et al., 2013 ; de Vries et al., 2017), la présence de troubles cognitifs chez les participants pourrait limiter leur capacité à retranscrire avec précision la RPE et les DOMS. Les mesures auto-déclarées pourraient sous ou surestimer les valeurs obtenues (Gunnes et al., 2019). Il convient donc d'interpréter les résultats avec prudence. Enfin, il s'agit de préciser que la relation thérapeute-patient a pu influencer le niveau d'adhésion des participants indépendamment du programme. Une meilleure implication et collaboration du patient dans sa réadaptation peuvent faciliter son observance. Ce point pourrait susciter de l'intérêt dans de prochaines recherches (Wright et al., 2014).

### **b. Force musculaire et capacité assis-debout des patients**

Le protocole mis en place dans cette étude s'est appuyé sur les travaux de Lattouf et al. (2021) qui se sont focalisées sur l'effet du renforcement musculaire excentrique des membres inférieurs sur la force et la vitesse de marche. À l'instar de ces auteurs, nous avons travaillé sur les deux membres (lésé et sain) de manière unilatérale afin de stimuler le phénomène d'éducation croisée (Lee & Carrol, 2007). De plus, une progression des charges de travail en fonction du RPE des patients a été appliquée (Wist et al., 2016). Les résultats

attestent d'une amélioration significative de la force musculaire des membres inférieurs qui se traduit par des différences significatives des 1RM réalisées sur la presse à cuisse. En outre, des gains similaires indépendamment du côté travaillé ont été retrouvés, concordant avec ceux obtenus par Lattouf et al. (2021). Une augmentation significative du nombre de répétitions au 1-MSTST a été observée, reflétant une amélioration de la capacité assis-debout des patients (Bohannon & Crouch, 2019). La littérature montre que l'entraînement excentrique semble également avoir un effet bénéfique sur la vitesse de marche et l'équilibre dynamique égal ou supérieur aux protocoles traditionnels (Clark & Patten, 2013 ; Stone et al., 2022). Nos résultats pourraient donc attester d'une amélioration de la capacité fonctionnelle des patients. Pour rappel, notre seconde hypothèse était que des gains sur la force musculaire des membres inférieurs et la capacité de transfert assis-debout seraient constatés. Néanmoins, l'absence de groupe contrôle empêche de distinguer le rôle seul du renforcement musculaire durant les séances de réadaptation dans notre étude. Ces résultats sont donc à interpréter avec prudence, d'autant plus que le pool de participants est faible.

Dans la littérature, on distingue suite à des programmes de renforcement musculaire deux grands types d'adaptations : la première est neuronale, avec une augmentation du nombre et de la taille des unités motrices recrutées améliorant la coordination inter et intra-musculaire durant les premiers mois. Elle est succédée par l'hypertrophie (Hughes et al., 2018). Or, aucune différence significative du tour de cuisse des participants n'a été observée entre le pré et le post-test. En outre, l'exercice excentrique est reconnu pour utiliser une stratégie neuronale unique

particulièrement efficace pour stimuler la neuroplasticité et ainsi améliorer le contrôle moteur de l'individu (Douglas et al., 2017). Au vu de la faible durée du protocole (5 semaines), il semblerait donc que les adaptations observées soient d'origine neuromusculaires et conjonctives (Hughes et al., 2018). Enfin, il est à noter qu'un seul participant a eu une augmentation légèrement inférieure de sa 1 RM bipodale (+ 7 kgs) par rapport au reste du groupe pouvant s'expliquer par un entraînement préalable (Hughes et al., 2018). En effet, les adaptations neuromusculaires sont rapides chez les sujets non-entraînés mais s'atténuent avec la pratique (Hody et al., 2019 ; Hughes et al., 2018).

Les explications de l'accroissement de la force observée justifieraient également celles retrouvées sur la capacité assis-debout des patients. Pour rappel, ce genre d'action fait appel à des contractions excentriques importantes des membres inférieurs qui ont été majoritairement stimulés dans notre programme. En outre, l'étude de Mentiplay et al. (2020) a conclu que la capacité à se lever et s'asseoir était influencée par la force des extenseurs du genou. Malgré l'absence de différence minimale cliniquement importante (DMCI) chez les patients post-AVC pour ce test, cette dernière est fixée à 3 répétitions chez les patients atteints de BPCO âgées de  $64,5 \pm 9,8$  ans (Vaidya et al., 2016). Or, 4 patients sur 5 ont une augmentation supérieure ou égale à cette DMCI correspondant à une amélioration significative d'un point de vue individuel. Seul un patient ne présentait qu'une atteinte légère des membres inférieurs justifiée par un nombre de répétitions plus important. Ce type de test fonctionnel est sensible aux changements lorsque le nombre de répétitions initiales est faible. L'action assis-debout n'a pas



été travaillée spécifiquement dans ce programme pouvant expliquer un effet plafond de ce patient (Bohannon & Crouch, 2019). L'étude de Mentiplay et col. 2020 précise également que l'équilibre debout contribue indépendamment à la capacité de se lever. Il serait intéressant d'évaluer ce paramètre dans de prochaines études.

Les résultats de cette étude doivent être considérés avec certaines limites. Tout d'abord, aucune mesure de la spasticité des patients n'a été réalisée par manque de protocolisation dans la structure. L'aggravation de ce symptôme n'est donc pas à exclure. Cependant, Lattouf et al. (2021) n'ont pas trouvé de modification de cette dernière via l'échelle d'Ashworth modifiée. D'autant plus qu'il est maintenant admis que le renforcement musculaire n'exacerbe pas la spasticité (Abdollahi et al., 2015 ; Wist et al., 2016). Ensuite, l'extrapolation de ces résultats à toutes les personnes ayant subi un AVC est impossible, particulièrement aux personnes présentant un niveau fonctionnel inférieur avec une dépendance et/ou des troubles cognitifs sévères. L'absence de neuropsychologue et de bilans spécifiques à cette population au sein de la structure n'a pas permis de mesurer précisément ces éléments. L'évaluation du niveau d'incapacité, de spasticité et d'atteinte cognitive devront être quantifiés dans une prochaine étude. Enfin, l'absence de groupe témoin limite la comparaison avec d'autres régimes de contraction. L'application d'un renforcement musculaire concentrique pourrait avoir un effet égal voir supérieur à l'excentrique (Gambassi et al. 2017).

## 5. Conclusion et perspectives

Cette étude apporte de nouveaux éléments sur la tendance actuelle du

renforcement musculaire excentrique à charge modéré. En accord avec la littérature, la faisabilité d'un protocole de RENEW sur une presse à cuisse chez des patients hémiparétiques en phase chronique semble établie (Lattouf et al., 2021). Cela permettrait d'améliorer l'accessibilité et l'utilité de ce type d'exercice. Bien que l'efficacité de notre protocole soit encore à démontrer, des résultats encourageants ont été observés. Outre les effets positifs sur la force et la puissance musculaire, une tendance à accroître les capacités fonctionnelles des patients semble se profiler. Limiter le déclin moteur et la dépendance des patients demeurent les objectifs principaux de la PEC (HAS, 2022). Des études portant sur un plus grand nombre de patients sont nécessaires afin de conclure à moyen et long terme de l'efficacité de ce type d'intervention. Il sera également important de tester plusieurs modalités d'exercice (i.g, répétition, charge, récupération, etc.) afin de potentialiser les effets. Une attention particulière doit être portée chez les patients les plus atteints ayant l'impossibilité d'utiliser leur membre lésé, afin d'identifier le rôle seul du phénomène de transfert croisé dans l'augmentation de la force musculaire des membres inférieurs (Hody et al., 2019).

## Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Mme Anne-Hélène Olivier pour son aide précieuse en toutes circonstances sur ces deux années de master. Je remercie aussi Cédric pour sa pédagogie, ses conseils et sa reconnaissance. Une attention également à Amélie, Antoine, Matthieu et Camille pour leur accueil et leur temps. Et enfin, un grand merci à l'ensemble

des patients que j'ai pu encadrer et qui ont participé à ce projet.

## 6. Références bibliographiques

- Abdollahi, I., Taghizadeh, A., Shakeri, H., Eivazi, M., & Jaberzadeh, S. (2015). The relationship between isokinetic muscle strength and spasticity in the lower limbs of stroke patients. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(2), 284-290. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.07.00>
- Bariéty, M., Bonniot, R., Bariéty, J. et Moline, J. *Sémiologie médicale*. Masson, Paris, France, 7e édition, 1990
- Béjot, Y., Daubail, B., & Giroud, M. (2016). Epidemiology of stroke and transient ischemic attacks: Current knowledge and perspectives. *Revue Neurologique*, 172(1), 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2015.07.013>
- Belda-Lois, J.-M., Mena-del Horno, S., Bermejo-Bosch, I., Moreno, J. C., Pons, J. L., Farina, D., Iosa, M., Molinari, M., Tamburella, F., Ramos, A., Caria, A., Solis-Escalante, T., Brunner, C., & Rea, M. (2011). Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 8, 66. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-66>
- Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo, R., de Ferranti, S. D., Floyd, J., Fornage, M., Gillespie, C., Isasi, C. R., Jiménez, M. C., Jordan, L. C., Judd, S. E., Lackland, D., Lichtman, J. H., Lisabeth, L., Liu, S., Longenecker, C. T., ... American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2017). Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 135(10), e146-e603. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000485>
- Bohannon, R. W., & Crouch, R. (2019). 1-Minute Sit-to-Stand Test: SYSTEMATIC REVIEW OF PROCEDURES, PERFORMANCE, AND CLINIMETRIC PROPERTIES. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 39(1), 2-8. <https://doi.org/10.1097/HCR.00000000000000336>
- Brewer, B. W., Avondoglio, J. B., Cornelius, A. E., Raalte, J. L. V., Brickner, J. C., Petitpas, A. J., Kolt, G. S., Pizzari, T., Schoo, A. M. M., Emery, K., & Hatten, S. J. (2002). Construct Validity and Interrater Agreement of the Sport Injury Rehabilitation Adherence Scale. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(3), 170-178. [https://www.academia.edu/78010848/Construct\\_VValidity\\_and\\_Interrater\\_Agreement\\_of\\_the\\_Sport\\_Injury\\_Rehabilitation\\_Adherence\\_Scale](https://www.academia.edu/78010848/Construct_VValidity_and_Interrater_Agreement_of_the_Sport_Injury_Rehabilitation_Adherence_Scale)
- Bruyneel, A.-V. (2017). Tests cliniques d'évaluation de l'équilibre assis et des tâches de transfert pour les patients présentant une hémiparésie secondaire à un accident vasculaire cérébral : revue de littérature. *Kinésithérapie, la Revue*, 17(191), 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2017.08.021>
- 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>
- Burton, L., & Tyson, S. F. (2015). Screening for cognitive impairment after stroke: A systematic review of psychometric properties and clinical utility. *Journal of*

- Rehabilitation Medicine*, 47(3), 193-203.  
<https://doi.org/10.2340/16501977-1930>
- Clark, D. J., & Patten, C. (2013). Eccentric Versus Concentric Resistance Training to Enhance Neuromuscular Activation and Walking Speed Following Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(4),335-344.  
<https://doi.org/10.1177/1545968312469833>
- Denissen, S., Staring, W., Kunkel, D., Pickering, R. M., Lennon, S., Geurts, A. C., Weerdesteyn, V., & Verheyden, G. S. (2019). Interventions for preventing falls in people after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10.  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD008728.pub3>
- de Vries, N. J. (Carolien), Sloot, P. H., & Achterberg, W. P. (2017). Pain and pain assessment in stroke patients with aphasia: a systematic review. *Aphasiology*, 31(6), 703-719.  
<https://doi.org/10.1080/02687038.2016.1254150>
- Fernandez-Gonzalo, R., Fernandez-Gonzalo, S., Turon, M., Prieto, C., Tesch, P. A., & García-Carreira, M. del C. (2016). Muscle, functional and cognitive adaptations after flywheel resistance training in stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*,13,37.  
<https://doi.org/10.1186/s12984-016-0144-7>
- Gambassi, B. B., Coelho-Junior, H. J., Schwingel, P. A., Almeida, F. de J. F., Gaspar Novais, T. M., Lauande Oliveira, P. de L., Saaia, B. A., Melo, C. D., Uchida, M. C., & Rodrigues, B. (2017). Resistance Training and Stroke: A Critical Analysis of Different Training Programs. *Stroke Research and Treatment*, 2017, e4830265.  
<https://doi.org/10.1155/2017/4830265>
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 31.  
<https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Gunnes, M., Langhammer, B., Aamot, I.-L., Lydersen, S., Ihle-Hansen, H., Indredavik, B., Reneflot, K. H., Schroeter, W., Askim, T., & LAST Collaboration group. (2019). Adherence to a Long-Term Physical Activity and Exercise Program After Stroke Applied in a Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*,99(1),74-85.  
<https://doi.org/10.1093/ptj/pzy126>
- Hafer-Macko, C. E., Ryan, A. S., Ivey, F. M., & Macko, R. F. (2008). Skeletal muscle changes after hemiparetic stroke and potential beneficial effects of exercise intervention strategies. *Journal of rehabilitation research and development*, 45(2), 261-272.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2978978/>
- Harper, S. A., & Thompson, B. J. (2021). Potential Benefits of a Minimal Dose Eccentric Resistance Training Paradigm to Combat Sarcopenia and Age-Related Muscle and Physical Function Deficits in Older Adults. *Frontiers in Physiology*, 12, 790034.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.790034>
- Herzog, W., Leonard, T. R., Joumaa, V., & Mehta, A. (2008). Mysteries of muscle contraction. *Journal of Applied Biomechanics*,24(1),1-13.  
<https://doi.org/10.1123/jab.24.1.1>
- Hody, S., Croisier, J.-L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Frontiers in Physiology*,10,536.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>
- Hoppeler, H. (2016). Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality.

- Frontiers in Physiology*, 7, 483.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00483>
- Hsu, A.-L., Tang, P.-F., & Jan, M.-H. (2003). Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(8), 1185-1193.  
[https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00030-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00030-3)
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6), a029769.  
<https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Kolt, G. S., & McEvoy, J. F. (2003). Adherence to rehabilitation in patients with low back pain. *Manual Therapy*, 8(2), 110-116.  
[https://doi.org/10.1016/S1356-689X\(02\)00156-X](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(02)00156-X)
- LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Frajacomo, F., & Lindstedt, S. (2014). Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 116(11), 1426-1434.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00008.2013>
- Lattouf, N. A., Tomb, R., Assi, A., Maynard, L., & Mesure, S. (2021). Eccentric training effects for patients with post-stroke hemiparesis on strength and speed gait: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 48(4), 513-522.  
<https://doi.org/10.3233/NRE-201601>
- Lee, M., & Carroll, T. J. (2007). Cross Education. *Sports Medicine*, 37(1), 1-14.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00001>
- Levy, T., Laver, K., Killington, M., Lannin, N., & Crotty, M. (2019). A systematic review of measures of adherence to physical exercise recommendations in people with stroke. *Clinical Rehabilitation*, 33(3), 535-545.  
<https://doi.org/10.1177/0269215518811903>
- Lieber, R. L., & Fridén, J. (1999). Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(3), 253-265.  
[https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80177-7](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80177-7)
- Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C., & Reich, T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News in Physiological Sciences: An International Journal of Physiology Produced Jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society*, 16, 256-261.  
<https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256>
- Loane, D. J., & Faden, A. I. (2010). Neuroprotection for traumatic brain injury: translational challenges and emerging therapeutic strategies. *Trends in Pharmacological Sciences*, 31(12), 596-604.  
<https://doi.org/10.1016/j.tips.2010.09.005>
- Manca, A., Dragone, D., Dvir, Z., & Deriu, F. (2017). Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2335-2354.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-017-3720-z>
- Martinsen, R., Kirkevold, M., & Sveen, U. (2012). Younger Stroke Survivors' Experiences of Family Life in a Long-Term Perspective: A Narrative Hermeneutic Phenomenological Study. *Nursing Research*

- and Practice*, 2012, e948791.  
<https://doi.org/10.1155/2012/948791>
- Mentiplay, B. F., Clark, R. A., Bower, K. J., Williams, G., & Pua, Y.-H. (2020). Five times sit-to-stand following stroke: Relationship with strength and balance. *Gait & Posture*, 78,35-39.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.03.005>
- Miller, K. K., Porter, R. E., DeBaun-Sprague, E., Van Puymbroeck, M., & Schmid, A. A. (2017). Exercise after Stroke: Patient Adherence and Beliefs after Discharge from Rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 24(2), 142-148.  
<https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1200292>
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M., de Ferranti, S., Després, J.-P., Fullerton, H. J., Howard, V. J., Huffman, M. D., Judd, S. E., Kissela, B. M., Lackland, D. T., Lichtman, J. H., Lisabeth, L. D., Liu, S., Mackey, R. H., Matchar, D. B., ... American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2015). Heart disease and stroke statistics--2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 131(4), e29-322.  
<https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000152>
- Sacco, R. L., Kasner, S. E., Broderick, J. P., Caplan, L. R., Connors, J. J. (Buddy), Culebras, A., Elkind, M. S. V., George, M. G., Hamdan, A. D., Higashida, R. T., Hoh, B. L., Janis, L. S., Kase, C. S., Kleindorfer, D. O., Lee, J.-M., Moseley, M. E., Peterson, E. D., Turan, T. N., Valderrama, A. L., & Vinters, H. V. (2013). An Updated Definition of Stroke for the 21st Century. *Stroke*, 44(7), 2064-2089.  
<https://doi.org/10.1161/STR.0b013e318296aece>
- Sage, M., Middleton, L. E., Tang, A., Sibley, K. M., Brooks, D., & McIlroy, W. (2013). Validity of Rating of Perceived Exertion Ranges in Individuals in the Subacute Stage of Stroke Recovery. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 20(6),519-527.  
<https://doi.org/10.1310/tsr2006-519>
- Saunders, D. H., Sanderson, M., Hayes, S., Johnson, L., Kramer, S., Carter, D. D., Jarvis, H., Brazzelli, M., & Mead, G. E. (2020). Physical fitness training for stroke patients. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*,3,CD003316.  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003316.pub7>
- Schneider, E. J., Lannin, N. A., Ada, L., & Schmidt, J. (2016). Increasing the amount of usual rehabilitation improves activity after stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*,62(4),182-187.  
<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2016.08.006>
- Shaw, T., Williams, M. T., & Chipchase, L. S. (2005). A review and user's guide to measurement of rehabilitation adherence following anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy in Sport*, 6(1),45-51.  
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2004.12.001>
- Stone, W. J., Toluoso, D. V., Duchette, C., Malone, G., & Dolan, A. (2023). Eccentric resistance training with neurological conditions: A meta analysis. *Gait & Posture*, 100,14-26.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.11.018>
- Vaidya, T., de Bisschop, C., Beaumont, M., Ouksel, H., Jean, V., Dessables, F., & Chambellan, A. (2016). Is the 1-minute sit-to-stand test a good tool for the evaluation of the impact of pulmonary rehabilitation? Determination of the minimal important difference in COPD. *International Journal of Chronic Obstructive*

Faisabilité et adhésion de patients hémiparétiques en phase chronique à un programme de renforcement musculaire excentrique visant à développer le gain de force et le transfert assis-debout – Barré Victorien – Mémoire de Master 2 APAS – Parcours APPCM – Université Rennes 2, Année 2022-2023

*Pulmonary Disease*, 11, 2609-2616.

<https://doi.org/10.2147/COPD.S115439>

Veldema, J., & Jansen, P. (2020). Resistance training in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 34(9), 1173-1197.

<https://doi.org/10.1177/0269215520932964>

Whitney, D. G., Caird, M. S., Jepsen, K. J., Kamdar, N. S., Marsack-Topolewski, C. N., Hurvitz, E. A., & Peterson, M. D. (2020). Elevated fracture risk for adults with neurodevelopmental disabilities. *Bone*, 130, 115080.

<https://doi.org/10.1016/j.bone.2019.115080>

Wist, S., Clivaz, J., & Sattelmayer, M. (2016). Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59(2), 114-124.

<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.001>

Wright, B. J., Galtieri, N. J., & Fell, M. (2014). Non-adherence to prescribed home rehabilitation exercises for musculoskeletal injuries: the role of the patient-practitioner relationship. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46(2), 153-158.

<https://doi.org/10.2340/16501977-1241>