

Faculté des sciences de la motricité

**L'efficacité de l'exosquelette sur la
marche auprès des patients atteints
d'une lésion médullaire complète et
incomplète**

Une revue de la littérature

Auteur : VANDEN DAEL Mazarine
Promoteur(s) : DEHEM Stéphanie
Année académique 2023-2024
Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] - KINE2M

Remerciements

Je tiens à remercier les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Tout d'abord, je souhaite remercier ma promotrice, Stéphanie Dehem, pour son soutien, son implication et ses nombreux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce mémoire.

Ensuite, je tiens aussi à remercier Louise Declerck pour ses diverses formations sur la mise en forme et le contenu du mémoire

Enfin, un tout grand merci pour le soutien de ma famille et de mes amis. Ils m'ont soutenu et encouragé tout au long de l'écriture de ce mémoire, en plus de différentes relectures et la correction orthographique. Sans ces personnes, ce mémoire ne serait pas ce qu'il est.

Merci !

1	Introduction.....	8
1.1	La lésion médullaire	8
1.2	La marche	10
1.3	Rééducation de la marche après une LM.....	10
1.4	Les exosquelettes	11
1.5	Les exosquelettes portables (EP)	15
2	Méthodologie	16
2.1	Protocole	16
2.2	Stratégie de recherche	16
2.3	Sources d'information	17
2.4	Critères d'éligibilité.....	17
2.4.1	Critères d'inclusion	17
2.4.2	Critères d'exclusion	18
2.5	Sélection des articles.....	18
2.6	Risque de biais	18
2.7	Extraction des données.....	19
2.8	Outils d'évaluation	19
2.8.1	Activité.....	20
2.8.2	Fonction musculaire.....	21
3	Résultats	22
3.1	Sélection des articles.....	22
3.2	Risque de biais.	23
3.3	Outils d'évaluation	23
3.4	Caractéristiques des études	24
3.4.1	Caractéristiques des participants.....	24
3.4.2	Types d'exosquelettes	25
3.4.3	Caractéristiques des interventions.....	28
3.5	Synthèse des résultats.....	30
3.5.1	Activité.....	30
3.5.1.1	Vitesse de marche.....	30
3.5.1.2	Périmètre de marche.....	31
3.5.1.3	Longueur du pas	31
3.5.1.4	Cadence du pas.....	32
3.5.1.5	Équilibre	32
3.5.2	Fonction corporelle	33
3.5.2.1	Force musculaire	33
4	Discussion	37
4.1.1	Activité	37
4.1.1.1	Vitesse de marche	37
4.1.1.2	Périmètre de marche.....	38
4.1.1.3	Longueur du pas	39
4.1.1.4	Cadence du pas	40

4.1.1.5	Équilibre	40
4.1.2	Fonction corporelle.....	41
4.1.2.1	Force musculaire	41
4.1.3	Amélioration de la marche et autres facteurs	42
4.1.4	Corrélation entre la LM et la marche.....	43
4.1.5	Implications cliniques.....	43
5	<i>Limitations de cette revue</i>	44
6	<i>Conclusion.....</i>	45
7	<i>Bibliographie</i>	46
8	<i>Annexes</i>	58
8.1	Annexe 1 : Score ASIA ⁹²	58
8.1	Annexe 2 : Guidelines PRISMA ⁹³	60
8.2	Annexe 3 : Équation de recherche PubMed.....	61
8.3	Annexe 4 : Équation de recherche EMBASE.....	63
8.4	Annexe 5 : Équation de recherche Cochrane.....	63
8.5	Annexe 6 : Critères PEDro ⁹⁴	64
8.6	Annexe 7 : Score PEDro des études sélectionnées	66
8.7	Annexe 8 : 10 Meter Walking Test (10MWT) ⁹⁵	67
8.8	Annexe 9 : 6 Minutes Walking Test (6MWT) ⁹⁶	68
8.9	Annexe 10 : Timed Up and Go test (TUG) ⁹⁷	70

Abréviations

<i>LM</i>	<i>Lésion médullaire</i>
<i>OMS</i>	<i>Organisation Mondiale de la Santé</i>
<i>CIF</i>	<i>Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé</i>
<i>ASIA</i>	<i>American Spinal Injury Association</i>
<i>CPG</i>	<i>Central Pattern Generator = (Générateur de Schémas Centraux)</i>
<i>EMG</i>	<i>Électromyogramme</i>
<i>AVC</i>	<i>Accident Vasculaire cérébral</i>
<i>EP</i>	<i>Exosquelette Portable</i>
<i>RCT</i>	<i>Randomized Controlled Trial</i>
<i>RCCT</i>	<i>Randomized Cross-over Controlled Trial</i>
<i>10MWT</i>	<i>10 Meter Walking Test (= test de marche de 10 mètres)</i>
<i>MDC</i>	<i>Minimal Detectable Change (= Différence Minimale Détectable)</i>
<i>6MWT</i>	<i>6 Minute Walking Test (= test de marche de 6 minutes)</i>
<i>TUG</i>	<i>Timed Up and Go test</i>
<i>LEMS</i>	<i>Lower Extremity Motor Test (= test moteur des membres inférieurs)</i>

1 Introduction

1.1 La lésion médullaire

Les lésions médullaires (LM) sont des atteintes de la moelle épinière survenues suite à un traumatisme accidentel, une maladie dégénérative ou une autre pathologie non dégénérative¹. L'incidence des LM est estimée entre 250 000 à 500 000 cas par an dans le monde² avec une prévalence d'approximativement 300 000 aux Etats-Unis d'Amérique³. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, (OMS), la majorité des LM sont dues aux traumatismes tels que les accidents de la route et les chutes⁴⁻⁷ et seulement 10% aux maladies dégénératives et aux cancers. Les origines traumatiques surviennent fréquemment durant la jeunesse au sein d'une population active (< 30 ans). Les causes dégénératives surviennent quant à elles plus fréquemment à un âge plus avancé⁸.

Les troubles engendrés par la LM dépendent du niveau de l'atteinte de la moelle épinière. Le modèle de la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) (figure 1) nous montre que l'impact est plus large que le niveau de l'atteinte et que les conséquences dépendent de deux facteurs contextuels : les facteurs personnels et environnementaux⁹. Les facteurs personnels concernent par exemple l'âge et le sexe de la personne, la personnalité, les croyances, l'éducation et la situation socio-économique¹⁰. Les facteurs environnementaux concernent le domicile, l'accessibilité au travail, le soutien financier etc^{9,11-13}.

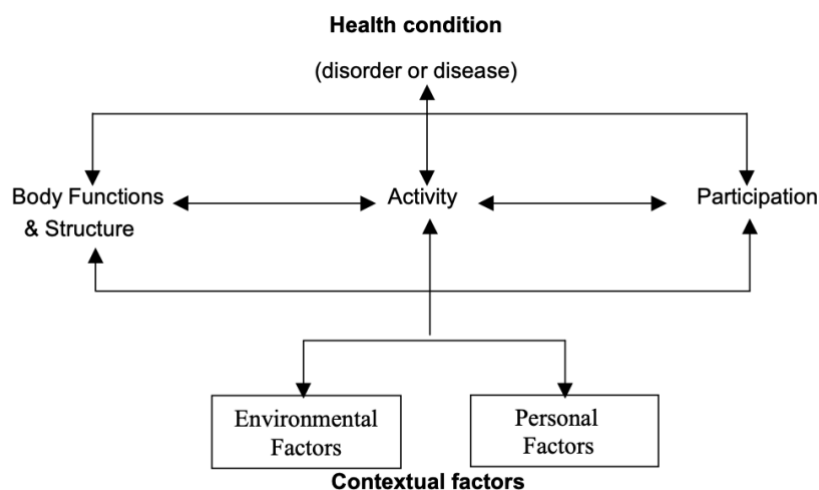


Figure 1: modèle CIF¹³

En suivant le schéma de la CIF, nous pouvons voir que la pathologie impacte différentes composantes telles que les fonctions organiques et structures anatomiques, l'activité et la participation⁹. Les fonctions organiques correspondent aux fonctions physiologiques du corps telle que la flexion du genou. Les structures anatomiques désignent les parties anatomiques du corps (les organes, les muscles). L'activité indique l'exécution d'une tâche ou d'une action par un individu, par exemple la marche, et la participation implique l'implication dans une situation de la vie réelle comme aller au restaurant^{9,12}.

Les LM induisent des atteintes motrices et sensorielles. L'atteinte motrice va limiter les activités dont l'incapacité de marcher et la réalisation de transferts^{11,12}. Ces éléments diminuent par conséquent la participation des personnes dans la vie familiale tel que faire une randonnée en famille un samedi après-midi ainsi que la réalisation de tâches domestiques telles que passer l'aspirateur. La participation sociale telle que la vie professionnelle, les loisirs (sportifs) ou tout simplement une vie sociale active, sont également impactés. Nous constatons dans ce cas une diminution de la sociabilisation de la personne atteinte de LM.

La sévérité de la LM est évaluée avec le score de *l'American Spinal Injury Association* (Score ASIA). Ce score permet d'établir une échelle de déficience afin d'évaluer le niveau lésionnel et de vérifier si la lésion est complète ou non. Cette échelle se trouve en annexe 1 p 57-58. Elle évalue les territoires de sensibilité et de motricité des deux hémicorps. L'éventail de l'échelle va de la catégorie ASIA A à la catégorie E. Le score ASIA A est classé comme étant « complet », c'est-à-dire que la LM est complète et ne reflète aucune sensibilité ni motricité dans le territoire des nerfs S4 et S5. Le score ASIA E est quant à lui « normal » ce qui signifie que la sensibilité et la motricité sont normales dans tous les territoires nerveux. La persistance de réflexes anormaux est toutefois possible dans ce score-là.

Nombreuses sont les complications dues aux LM. Elles peuvent être physiques, par exemple les infections des voies urinaires, la spasticité, l'obésité et les problèmes cardiovasculaires^{14,15}, ou bien psychologiques comme la dépression et la dégradation de la santé mentale de la personne^{1,16}. Le fait de rester en chaise

roulante pendant de longues périodes augmente les troubles sensitifs dues à la pression prolongée sur certaines régions anatomiques. La position assise permanente et un mode de vie moins actif lié à un manque de verticalisation peuvent être les causes de ces différentes complications¹⁷.

1.2 La marche

La rééducation à la marche après une LM est un objectif primordial et challengeant pour les patients ainsi que pour les kinésithérapeutes¹⁸⁻²⁰. Cette fonction motrice est utile et nécessaire afin d'être indépendant pour la réalisation des activités de la vie journalière²¹. La marche est par conséquent un élément clé qui initie grand nombre d'activités de la vie quotidienne, se lever, se déplacer, faire sa toilette, s'alimenter et s'habiller, et domestique, faire le ménage, les courses, etc. Il est par conséquent important d'entamer une rééducation précoce de cette fonction.

La marche permet de se déplacer, d'aller à la rencontre d'autrui et de sociabiliser avec d'autres personnes. Elle entraîne globalement la participation sociales et l'inclusion dans la vie professionnelle des personnes atteintes.

1.3 Rééducation de la marche après une LM

L'objectif primaire de la rééducation à la marche est la rééducation fonctionnelle de la locomotion. Différents types d'exercices sont recommandés pour la récupération de la marche auprès des patients atteints d'une LM. Hornby et al., (2020) conseillent pour se faire, du renforcement musculaire, du travail d'équilibre, de l'entraînement à la marche etc²². Ensuite, la réalisation d'exercices de marche à intensité moyenne ou élevée, l'entraînement sur cyclo-ergomètre et l'augmentation de la durée de l'entraînement font partie des objectifs secondaires tels que l'amélioration de la fonction cardio-vasculaire²².

Des exercices spécifiques à une tâche montrent une amélioration de la marche²³. Vient dès lors l'importance de la répétition de ces tâches dans la rééducation de la marche²⁴. D'après Yildirim et al., (2019) la fatigue des thérapeutes est un facteur limitant important dans le programme de rééducation²⁵. La réalisation d'un traitement de rééducation répétitif et intensif devient dès lors limitant pour les

thérapeutes qui aident et assistent la rééducation des personnes atteintes de LM. Afin de surmonter cette limitation, des dispositifs robotiques ont été développés²⁶.

La verticalisation et le mouvement sont primordiaux pour les personnes atteintes de LM afin de contrer ou diminuer les effets de la sédentarité¹⁷. Elle permet majoritairement d'éviter les rétractions musculaires et les troubles cardiovasculaires, mais également la prévention d'escarres qui apparaissent suite à la pression prolongée. Les tables de verticalisation sont fréquemment utilisées.

1.4 Les exosquelettes

Les générateurs de schéma centraux (CPG) sont des circuits neuronaux situés dans la moelle épinière avec la capacité de produire une activité rythmique répétitive, telle que la marche, en l'absence d'afférence sensorielle. Des études ont été faites sur les CPG sur des chats paraplégiques²⁷. Ces chats étaient placés sur un tapis roulant, leur marche était analysée et comparée à la marche des chats sains. Il en est ressorti que les chats paraplégiques avaient une démarche similaire aux chats sains avec en prime une amélioration de la locomotion des chats avec une LM. La question suivante s'est donc posée : « Est-il possible d'obtenir les mêmes résultats sur les humains ? ». Les cliniciens ont dès lors réalisé un entraînement intensif à la marche sur un tapis roulant avec des patients atteints de LM complète, les thérapeutes soutenaient et induisaient manuellement le mouvement de marche des blessés médullaires. Ceci a permis d'activer les neurones du CPG et par conséquent d'activer les neurones qui vont entraîner des contractions musculaires pour la marche (figure 2). Pinter et Dimitrijevic (1999) ont observés que la structure et le chronométrage du schéma des électromyogrammes (EMG) des muscles de la jambe des sujets paraplégiques étaient similaires au sujets sains lors de l'entraînement à la marche sur tapis roulant²⁷.

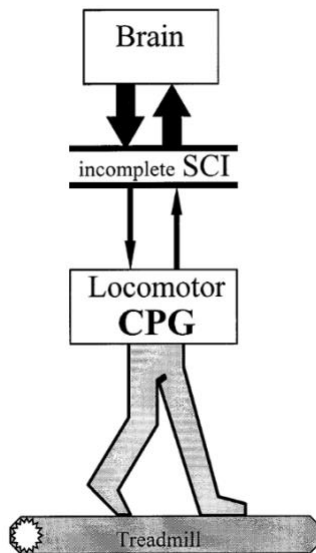


Figure 2 : activation des centres CPG grâce à la locomotion induite mécaniquement par le tapis roulant et les thérapeutes. (Pinter et Dimitrijevic 1999)

Ils en déduisent que les personnes paraplégiques peuvent également être entraînées à la marche grâce à la fonction motrice induite mécaniquement par la stimulation mécanique des thérapeutes (figure 2).

La charge physique des thérapeutes lors de ces séances de rééducation à la marche s'est donc vu accroître en peu de temps. Des dispositifs robotiques automatisés tels que les exosquelettes ont vu le jour dans le but de diminuer la charge physique des thérapeutes occasionnée lors de la rééducation à la marche.

Les exosquelettes visent un entraînement répétitif avec des mouvements les plus physiologiques possibles, tout en réduisant la charge physique du physiothérapeute²⁸. La répétition de mouvements répétitifs sollicite la neuroplasticité, c'est-à-dire la faculté du système neuronal récupérer et à se restructurer²⁹. Il existe des dispositifs d'aide robotique pour les membres supérieurs et pour les membres inférieurs. Nous nous concentrons dans cette étude sur les membres inférieurs.

Il existe deux types de robots, les effecteurs distaux et les exosquelettes. Les effecteurs distaux (Figure 2) fonctionnent par l'attache des pieds des sujets sur des pédales dont la trajectoire suit le mouvement physiologique de la marche³⁰.



Figure 3 : robot a effecteurs distaux, exemple du LokoHelp³¹
(https://www.mtm.ca/sn_uploads/product/Lokohelp_MTM.pdf)

Les exosquelettes sont des robots extracorporels mobilisant les articulations des genoux et des hanches pendant les phases de la marche³⁰ (figure 4). Ils permettant aux personnes paralysées de se maintenir en position debout et de marcher³². Les exosquelettes sont catégorisés en deux types : les exosquelettes de substitution et de rééducation. Les exosquelettes de substitution sont désignés dans un but communautaire. Ils permettent de se déplacer au domicile des personnes, ainsi que pour effectuer des déplacements en extérieurs, notamment pour les activités de la vie quotidienne (Figure 3). Les exosquelettes de rééducation sont liés à la rééducation des patients en centre avec la supervision d'un thérapeute.



Figure 4 : exosquelette d'assistance (ReWalk³³)

(<https://golifeward.com/products/rewalkpersonal-exoskeleton/>)

La majorité des études sur les exosquelettes de rééducation ont été réalisées sur le Lokomat^{23,34,35}. L'efficacité de celui-ci a par conséquent fait ses preuves^{36,37} en permettant de réaliser une rééducation intense, répétitive et dirigée vers une tâche précise, la locomotion. Ces preuves ont principalement été démontrés auprès des

patients après un accident vasculaire cérébral (AVC) et les études se sont progressivement concentrées sur la population des blessés médullaires.

Le Lokomat est un exemple fréquemment utilisé comme exosquelette à but rééducatif^{23,34,35}. C'est un type d'exosquelette fixe qui s'utilise avec ou sans soutien du poids du corps sur un tapis de marche (Figure 4).



Figure 5 : Exosquelette Lokomat avec un support extérieur et un tapis de marche³⁸

(<https://www.medicalexpo.fr/prod/hocoma/product-68750-438408.html>)

La marche assistée par exosquelette augmente les capacités de rééducation et permet une marche précoce des patients. Ceci permet également une verticalisation précoce et les bienfaits qui en découlent.

Les exosquelettes ont divers bénéfices physiques autres que la marche tels qu'une diminution des infections urinaires³⁹, l'amélioration de la fonction cardio-pulmonaire³⁹⁻⁴² et intestinale²¹ et la diminution des escarres³⁶. La participation sociale est également impactée et l'utilisation des exosquelettes améliore les interactions sociales dans la communauté^{36,43}. Il a également été reporté que les personnes se sentent plus en sécurité lors de la rééducation avec un exosquelette en comparaison avec la rééducation conventionnelle avec des attelles de maintien⁴⁴.

1.5 Les exosquelettes portables (EP)

Il est important de distinguer les exosquelettes portables des exosquelettes fixes. Les exosquelettes fixes fonctionnent, comme mentionné ci-dessus, sur un tapis de marche avec une fixation tandis que les exosquelettes portables permettent le déplacement libre de la personne dans l'espace (figure 5). Nous allons nous concentrer sur ce dernier type d'exosquelette dans cette revue.



Figure 6 : exosquelette portable (Ekso)⁴⁵

(<https://eksobionics.com/eksonr/>)

La rééducation assistée par exosquelette portable améliore potentiellement la capacité de marche³⁹ et la fonction cardio-pulmonaire^{26,46,47}. Ce type de rééducation nécessite moins d'effort physique de la part des thérapeutes et provoque moins de fatigue auprès des personnes atteintes de LM²⁸. Il permet également de réaliser des séances d'entraînement plus longues et un schéma de marche reproductible et plus physiologique^{47,48}.

L'efficacité de ces EP n'a pas encore été précisément démontrée dans la littérature sur les personnes atteintes de LM mais le nombre d'études réalisées sur ces effets a augmenté au cours des années. C'est pourquoi dans cette étude, nous allons nous concentrer sur les EP qui sont plus récents et réaliser une mise à jour des études sur ce sujet. Nous essayerons donc par cette revue d'analyser l'efficacité des EP sur les paramètres spatio-temporels de la marche des sujets avec une LM complète et incomplète. Différentes composantes seront analysées à cet effet telles que la longueur du pas et la fréquence du pas, la vitesse de marche et le périmètre de marche.

2 Méthodologie

2.1 Protocole

Cette revue a été menée suivant les guidelines PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*) (Page et al., (2021))⁴⁹. Elle a toutefois été réalisée par un effecteur au lieu de deux comme l'indiquent les guidelines. Les éléments repris dans les guidelines servent de structure aux revues systématiques et se trouvent en annexe. (Annexe 2)

2.2 Stratégie de recherche

Dans le but de répondre à la question de recherche « Quels sont les effets des exosquelettes portatifs sur les paramètres spatio-temporels de la marche des sujets atteints d'une lésion médullaire complète et incomplète ? », les critères PICO'S (Liberati et al. (2009))⁵⁰ ont été utilisés afin de cibler la recherche. Le Tableau 1 reprend les critères PICO's pour la présente étude.

Tableau 1 : critères PICO's

Critères PICO's	Français	Anglais
Population (P)	Lésion médullaire	Spinal cord injury
Intervention (I)	Exosquelette portatif	Wearable exoskeleton
Comparator (C)	Thérapie conventionnelle	Conventional therapy
Outcome (O)	Périmètre de marche, vitesse de marche, la longueur du pas, la cadence du pas	Walking distance, walking speed, step length, step cadence
Study design ('s)	Essais randomisés contrôlés et essais randomisés contrôlés croisés	Randomized controlled trial and Randomized (RCT), Randomized crossover-controlled trial (RCCT)

Les critères PICO'S ont permis de déterminer des mots clés et des synonymes. Ceux-ci combinés à des opérateurs booléens ont permis de déterminer les équations de recherche, adaptées à chaque base de données.

Les mots clés en anglais sont les suivant :

Tableau 2 : mots clés en anglais

Population	Intervention	Outcome
Spinal cord injury	Exoskeleton device	Gait, gait training, gait
Spinal cord trauma	Exoskeleton rehabilitation	analysis, biped gait, gait
Spinal cord laceration	Motorised exoskeleton	parameters, gait pattern,
Spinal cord contusion	Orthosis exoskeleton	walking pattern, walking
Spinal cord compression	Wearable exoskeleton	speed,
Spinal cord transection	Powered exoskeleton	walking velocity, gait
	Robotic exoskeleton	speed, gait velocity, stride
	Robotic device	speed,
		Walking distance, step
		length, step frequency,
		cadence, step phases, stride
		phases,

2.3 Sources d'information

Les bases de données Embase, PubMed et Cochrane ont été consultées pour cette étude. Les équations de recherche des différentes bases de données se trouvent en annexe 3, 4 et 5. Les recherches ont été faites jusqu'à début décembre 2023 sur PubMed et Embase et jusqu'à la mi-décembre 2023 sur la plateforme Cochrane.

2.4 Critères d'éligibilité

Des critères d'inclusion et d'exclusion ont été établis pour cette étude afin de sélectionner les articles les plus pertinents. Les critères PICO's repris dans le (tableau 1) ont guidé la sélection des critères d'inclusion ainsi que ceux d'exclusion.

2.4.1 Critères d'inclusion

- Sujets adultes, âgés de >18 ans ;
- Lésion médullaire score ASIA A jusque score ASIA E ;
- L'intervention devait être réalisée avec un EP ;
- Analyser au moins un des paramètre spatio-temporels suivants : la vitesse de marche, le périmètre de marche, la longueur du pas, la cadence du pas ;
- Les RCT et les RCCT ;

- Publié endéans les 5 ans (janvier 2018 - décembre 2023) ;
- Articles publiés en français ou en anglais.

2.4.2 Critères d'exclusion

- Toute autre pathologie pouvant impacter la locomotion ;
- L'intervention était réalisée avec une stimulation électrique fonctionnelle des muscles ;
- Utilisation de robots de substitutions.

2.5 Sélection des articles

Les articles obtenus ont été téléchargés sur le logiciel « Rayyan » (version 2022-2023 Rayyan system) dans le but de réaliser un premier triage basé sur la détection de doublons. Ensuite, une analyse des articles en se basant sur le titre et l'abstract de chaque article a été réalisée. La sélection finale s'est faite suite à la lecture du texte intégral des articles.

2.6 Risque de biais

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des articles, l'échelle PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*) a été utilisée⁵¹. Cette échelle reprend 11 items d'évaluation avec un score noté sur 10 car le premier élément de l'échelle n'est pas compris dans le score.

L'échelle PEDro permet d'identifier les RCT ayant une bonne qualité méthodologique, ceux-ci sont repris dans les critères de 2 à 9, ainsi que des données statistiques interprétables pour les critères 10 et 11. Le premier critère ne rentre pas dans le score et permet de déterminer la validité externe de l'étude.

Les articles avec un score inférieur à 4/10 montrent une faible qualité d'essais cliniques. Les scores 4-5/10 reflètent une qualité moyenne, un score entre 6 et 8 est déterminé comme des articles de bonne qualité et supérieur 8/10 reflète une excellente qualité⁵². Uniquement les articles avec un score supérieur ou égal à 5/10 sont inclus dans cette revue systématique. L'échelle se trouve en annexe avec le détail des calculs des scores pour chaque étude. (Annexe 6) Les scores PEDro des études ont été calculés manuellement et comparés avec les scores retrouvés sur la

plateforme⁵³. Le score de trois articles ne se trouvaient pas sur la plateforme et on donc simplement été calculés par l'effecteur de cette étude.

2.7 Extraction des données

Les informations pertinentes des études éligibles sont reprises dans des tableaux récapitulatifs afin de faciliter la comparaison et la compréhension des données.

Les différents éléments repris dans les tableaux sont les suivants :

- L'auteur de l'étude et l'année de parution ;
- Le type d'exosquelette utilisé lors de l'intervention ;
- Le nombre de participants par intervention ;
- L'âge moyen des participants par intervention ;
- Le sexe des participants ;
- Le score ASIA des participants ;
- Le type de lésion ainsi que le niveau de celle-ci ;
- Le protocole de rééducation suivant le principe FITT (*Frequency, Intensity, Time and Type of exercise*) ;
- Le protocole des séances de rééducation ;
- Paramètres évalués : vitesse de marche, périmètre de marche, équilibre et mobilité multi-tâche, longueur du pas, fréquence de marche, et la force musculaire ;
- Les outils d'évaluation : *Ten meter Walk Test* (10MWT), *Six Minute Walk Test* (6MWT), GAITrite et analyse quantifiée de la marche, *Timed Up and Go test* (TUG), *Lower Extremity Motor Score* (LEMS);
- Les résultats des paramètres évalués grâce aux tests.

2.8 Outils d'évaluation

Différents outils ont permis d'évaluer les paramètres de marche. Ces paramètres comprennent la vitesse de marche (m/s), le périmètre de marche (m), la longueur du pas (cm ou %taille du corps), la cadence du pas (pas/min). En dehors des paramètres spatio-temporels de marche, l'équilibre pendant la marche et la force musculaire ont également été évalués dans les études.

2.8.1 Activité

Le test de marche de 10 mètres (10MWT), est fréquemment utilisé dans la littérature pour mesurer la vitesse de marche des sujets et la longueur du pas sur une courte distance^{54,55}. Le sujet reçoit comme instruction de marcher à sa propre vitesse confortable jusqu'à un marqueur placé au sol. Trois tentatives sont faites et la moyenne des résultats est documentée. Le test se fait sur une distance de 10m^{54,56}. Une phase d'accélération de deux mètres précède et une phase de décélération succède les 10m. Le changement détectable minimal (MDC) est de 0,13 m/s^{57,58} (Annexe 8).

Le test de marche de 6 minutes (6MWT) permet d'obtenir le périmètre et la vitesse de marche sur une durée de 6 minutes⁵⁴. Le test se fait toujours sur une surface plate et droite, idéalement de 30m si l'espace le permet et au minimum 12m⁵⁹. Le participant peut décélérer et s'arrêter s'il le veut. Dans le deuxième cas, le chronomètre continue de tourner mais la distance atteinte est notée. Les différents éléments sont notés à la fin du test : la distance totale parcourue, le dispositif d'aide à la marche (béquille, déambulateur, etc.) et l'assistance humaine à la marche. (Annexe 9)

Le système GAITrite est un outil de mesure validé qui permet d'analyser les paramètres spatio-temporels de la marche⁶⁰. Il est constitué d'un tapis de 6m de long avec des capteurs de pression qui mesure la pression exercée sur le tapis lors de la marche^{61,62} (figure 7). Il permet de mesurer la longueur du pas (m) et la fréquence du pas (pas/min)^{62,63}.

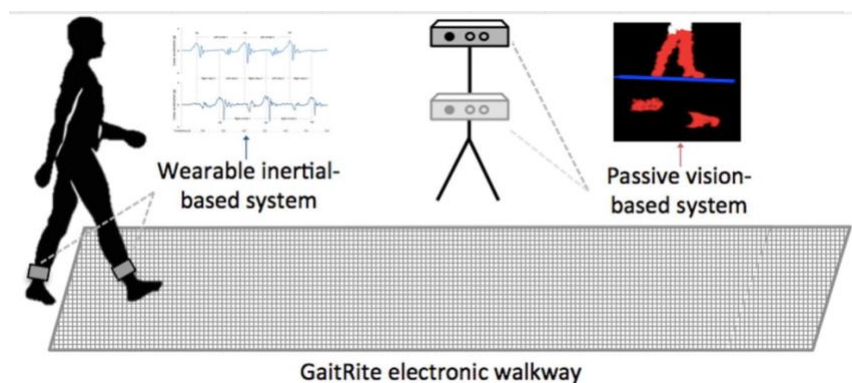


Figure 7 : système GAITrite comprenant un tapis muni de capteurs, un système inertiel portable aux chevilles et un système de caméra à vision passive¹ (González et al. 2016)

Le TUG permet de mesurer l'équilibre des participants⁶⁴. Son but initial était d'évaluer le risque de chute auprès des personnes âgées⁶⁵. Lors de ce test, un cône est placé à 3 mètres d'une chaise. Le participant doit se lever de sa chaise, parcourir 3 mètres, réaliser un demi-tour autour du cône et revenir s'asseoir sur la chaise^{54,59,66} (figure 8). Le participant réalise le test à vitesse de marche confortable. On note le temps en secondes que le participant met pour réaliser ce test (Annexe 10). Il est réalisé deux fois, la moyenne du temps mis pour réaliser les deux tests est enregistrée. Le MDC pour ce test est de 10,8 s²⁴.

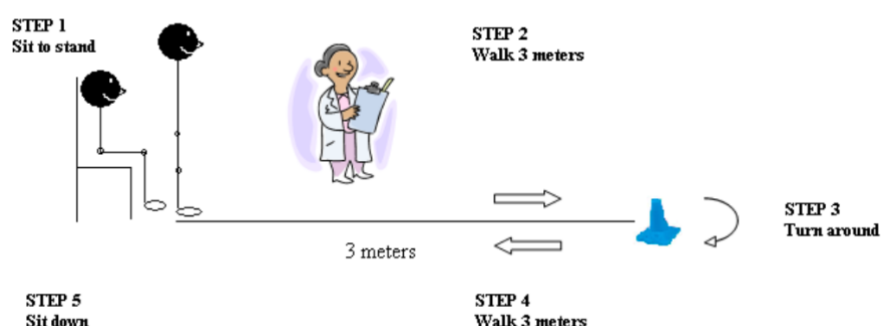


Figure 8 : TUG test⁶⁷

(<https://strokengine.ca/fr/assessments/timed-up-and-go-tug/>)

2.8.2 Fonction musculaire

En plus des paramètres de marche, la force musculaire a été évaluée grâce au score de motricité des membres inférieurs (LEMS). Les résultats du LEMS proviennent du score moteur de l'échelle ASIA (annexe 1). Il évalue la force musculaire des membres inférieure de 0 à 5 par groupe musculaire. 0 étant catégorisé comme une paralysie totale et 5 signifie une contraction musculaire complète dans toute l'amplitude de mouvement^{68,69}. Le score total des membres inférieure équivaut à 50 points car l'homme a deux membres inférieurs et 5 catégories de muscles par membre. Les cinq groupes sont les suivants : fléchisseurs de hanche, extenseur du genou, dorsiflexion de la cheville, longs extenseurs des orteils et fléchisseurs plantaire de la cheville⁶⁸.

3 Résultats

3.1 Sélection des articles

La sélection d'articles basée sur le diagramme de flux PRISMA (figure 9) a finalement été réalisée ainsi :

331 articles ont été importés sur le logiciel de références « Zotero », version Zotero 6.0.35, © 2006-2018 Contributors. Les 331 articles ont ensuite été exportés de « Zotero » et importés sur le logiciel « Rayyan », celui-ci étant un logiciel de triage d'articles. L'élimination de 53 doublons a eu lieu de façon manuelle sur le logiciel de triage. À la suite de cela, 278 articles ont été analysés sur base de leur titre et abstract. 219 articles ont été écartés car ils ne correspondaient pas à la question de recherche. La lecture du texte intégrale a donc été réalisée pour 69 articles. Plusieurs triages ont eu lieu à ce stade-là. Sur ces 69 articles, seuls 7 ont été retenus, les autres présentant un critère d'exclusion.

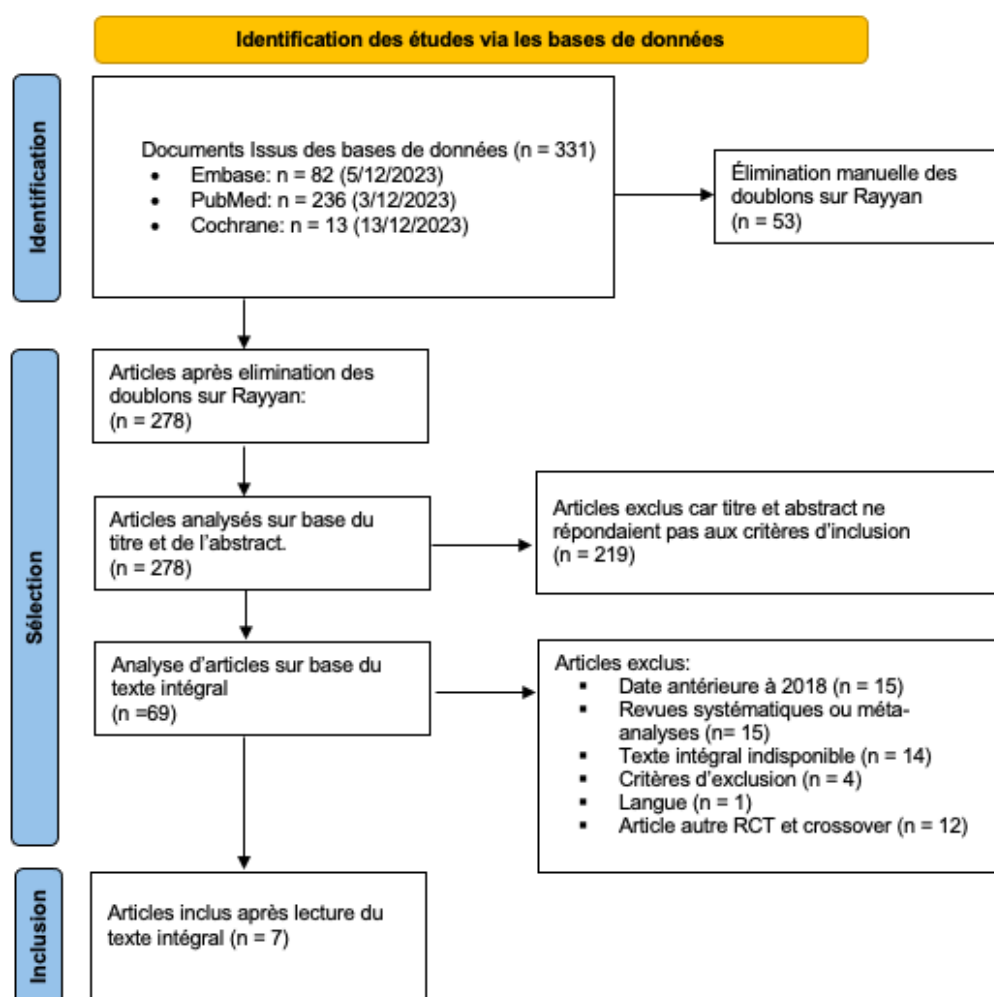


Figure 9 : diagramme PRISMA

3.2 Risque de biais.

Les scores obtenus grâce à l'échelle PEDro nous montrent que deux de nos études ont un score de 8/10, ce qui les classe dans la catégorie des études de haute qualité. Parmi les sept études sélectionnées, trois d'entre-elles ont obtenu un score de 7/10, les plaçant également dans la catégorie des études de haute qualité et fiabilité. Enfin, Edwards et al., 2022 et Chang et al. 2018 ont obtenu un score de 5/10, la qualité de ces articles est donc moyenne mais ils seront également inclus dans cette revue de la littérature en tenant compte de cela.

Le tableau regroupant l'explication du score se trouve en annexe 6.

3.3 Outils d'évaluation

Les auteurs des études ont eu recours à différents tests afin de mesurer les paramètres spatiotemporels de la marche des participants.

Premièrement, le 10MWT a été utilisé dans six études différentes et évalue principalement la vitesse de marche ^{20,41,44,70-72}. Ce test a également permis de mesurer la longueur du pas et la cadence chez Chang et al., 2018.

Ensuite, le 6MWT a permis d'évaluer le périmètre de marche dans les sept études incluses ^{20,40,41,44,70-72}. Rodriguez-Fernandez et al., 2022 ont utilisé cet outil afin de fournir des mesures sur la longueur du pas et la cadence du pas grâce à des capteurs placés sur les articulations de la cheville. Les auteurs Rodriguez-Fernandez et al., 2023 ont également eu recours à des capteurs pour mesurer la fréquence du pas.

Seul une étude a eu recours au GAITrite pour analyser les paramètres spatio-temporels⁷⁰ comprenant la longueur du pas, la fréquence du pas et les phases de la marche.

Cinq études différentes se sont servies du TUG pour évaluer l'équilibre des participants ^{20,44,70-72}.

Pour finir, le LEMS qui permet d'évaluer la force musculaire des participants est un test utilisé dans trois études différentes^{20,40,41}.

3.4 Caractéristiques des études

3.4.1 Caractéristiques des participants

Le tableau récapitulatif des caractéristiques des participants se trouve dans le tableau 3 ci-dessous.

À noter que les participants des deux études de Rodriguez-Fernandez et al., (2022, 2023) se portent sur la même population. Les participants ne seront par conséquent repris qu'une seule fois dans les caractéristiques des participants.

Parmi les sept études sélectionnées, 128 participants ont été sélectionnés et 11 d'entre eux ont abandonné l'intervention à différents stades. Les raisons n'étaient pas liées à l'intervention. Toutefois, les données de 126 participants ont été récoltées. Parmi les 11 participants ayant quitté les études, la mesure des résultats de seulement deux d'entre eux ne sont pas comprises dans les résultats généraux. Les résultats partiels des neuf abandons ont quant à eux été inclus.

L'âge moyen de tous les participants était de 45,4 ans, allant de 24 ans jusqu'à 74 ans, avec une majorité de 66% d'hommes contre 34% de femmes. Trois études ciblaient des participants avec des lésions subaigües, c'est-à-dire, inférieures à six mois^{20,40,41}, tandis que les quatre autres se concentraient sur des lésions chroniques, supérieures à six mois^{44,70-72}.

Le Score ASIA des participants était repris dans leur dossier médical, et si ce n'était pas le cas, il a été évalué par les auteurs. Celui-ci varie entre A et D. Au sein des sept études sélectionnées, le score ASIA A est celui avec la plus grande proportion de participants, s'élevant à 36%. 7% des participants avaient un score ASIA B et 29% et 28% pour les scores des lésions motrices incomplètes respectivement ASIA C et ASIA D. La répartition du score de la lésion était hétérogène.

En ce qui concerne le niveau lésionnel des participants, trois études comprenaient des LM au niveau cervical, les quatre autres études incluaient le niveau lésionnel dans la zone thoraciques^{40,41,44,72}. L'éventail du niveau lésionnel se déployait jusqu'au niveau thoracique pour trois études et jusqu'au niveau lombaire pour les quatre autres.

L'étiologie des lésions était clairement mentionnée dans trois articles^{40,44,72}. Les quatre autres articles n'ont précisé aucune données concernant ce paramètre. Sur les informations disponibles sur l'étiologie des participants, 75% sont des lésions traumatiques et 25% des lésions non-traumatiques.

3.4.2 Types d'exosquelettes

Quatre différents types d'EP ont été utilisés dans ces études : AIDER, HANK, ABLE et EKS0.

Deux articles utilisaient l'exosquelette AIDER (Xiang et al., (2021, 2023)). (Figure 10) Cet exosquelette est constitué de deux moteurs par jambe, un pour les articulations de la hanche et un autre pour le genou, et une orthèse au niveau des articulations de la cheville. Il est contrôlé par deux boutons de pression sur les béquilles droite et gauche et la posture du corps⁷³. Le bouton de la béquille droite contrôle le démarrage et l'arrêt de la marche tandis que le bouton de la béquille gauche contrôle la vitesse de marche. L'inclinaison du corps vers l'avant⁷³ permet de monter des marches.

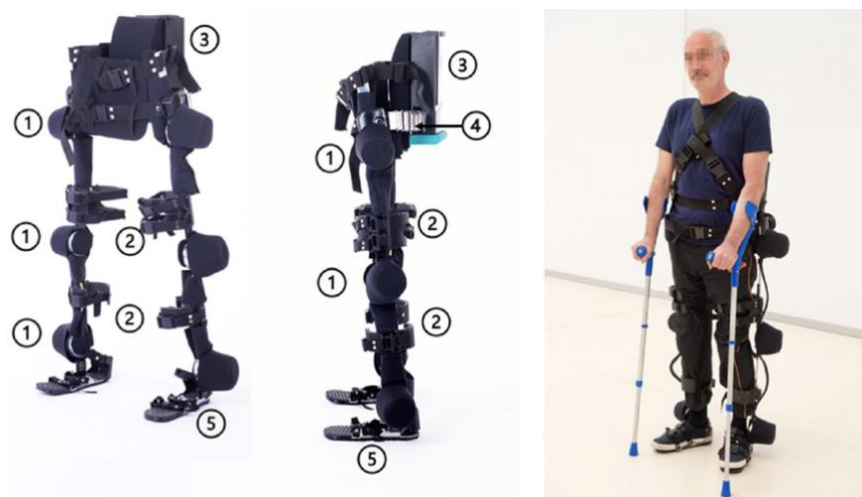
Figure 10: Exosquelette AIDER



Xiang et al., (2020)

Un seul article a opté pour HANK (Gil-Agudo et al., (2023)). (Figure 11). L'exosquelette HANK est constitué de trois moteurs par jambe, le premier pour la hanche, le second pour le genou et le dernier pour la cheville. Il contient un sac à dos rigide dans lequel se trouve la batterie de l'exosquelette, qui relie les deux branches (jambes) de l'exosquelette. L'interface qui permet le contrôle de l'exosquelette se trouve sur une tablette Android connectée grâce au Bluetooth au contrôleur principal²⁰. Gil-Agudo et al., (2023) ont fixé l'assistance de l'exosquelette HANK à 100%, permettant une assistance maximale de l'exosquelette lors de la marche et par conséquent des mouvements passifs de la part des participants.

Figure 11 : Exosquelette HANK



Gil-Agodu et al., (2023)

L'exosquelette ABLE a été utilisé dans deux articles (Rodriguez-Fernandes et al., (2022, 2023)) (Figure 12). Cet exosquelette est composé d'une batterie qui alimente un moteur par jambe, il est situé au niveau de l'articulation du genou et assiste les mouvements de flexion-extension de chaque genou. ABLE est uniquement motorisé au niveau du genou contrairement aux autres exosquelettes inclus dans cette étude avec au moins une motorisation au niveau de l'articulation du genou et de la hanche. Les articulations de la hanche et de la cheville sont des orthèses de marche. Cet EP comprend un mode manuel avec des boutons de pression situés sur le segment lombaire de l'EP. Ces boutons permettent l'activation du mouvement de flexion-extension du genou. Il est prévu que cet exosquelette soit utilisé avec l'aide d'une canne ou autre dispositif d'aide à la marche.

Figure 112 : Exosquelette ABLE



Wright et al., (2023)

Deux autres articles ont utilisé le robot EKSO (Chang et al., (2018) et Edwards et al., (2022)) (Figure 13). Cet exosquelette est composé de deux moteurs par jambe, comme AIDER, au niveau de la hanche et du genou. L'articulation de la cheville correspond à une orthèse de marche. Il est fréquemment utilisé dans la littérature concernant les exosquelettes portatifs. EKSO est équipé du logiciel GaitCoach qui permet d'analyser les composantes de la marche. Ce logiciel indique également les points d'amélioration potentiels de la marche.

Figure 13 : Exosquelette EKSO



(Edwards et al., (2022) et <https://eksobionics.com>)

3.4.3 Caractéristiques des interventions

Le tableau récapitulatif des caractéristiques des interventions regroupant les sept études sélectionnées se trouve dans le tableau 4. Cinq des études sélectionnées sont des essais randomisés contrôlés, les deux autres sont des essais randomisés contrôlés et croisés.

Une étude réalise les mesures sur trois groupes différents : intervention, contrôle actif (traitement conventionnel) et passif-contrôle (pas de traitement conventionnel)⁷¹. Les autres études ont toutes comparé un groupe contrôle étant le traitement conventionnel au groupe d'intervention avec un exosquelette.

L'étendue du traitement était en moyenne sur 5-6 semaines. La durée de l'intervention la plus courte, 3 semaines, était auprès des participants de l'étude de Chang et al., (2018). 4 semaines d'entraînement faisait partie du protocole de Xiang et al., (2021, 2023). Trois des sept études sélectionnées ont choisi de réaliser le traitement sur cinq semaines^{20,44,72}. Enfin, 12 semaines furent déterminées pour Edwards et al., (2022) comme durée de traitement.

En moyenne, chaque séance durait 60 minutes. Comme vu ci-dessus, les auteurs Edwards et al. ont déterminés la durée la plus longue du traitement⁷¹. Ils ont cependant la durée de séance la plus courte de la séance, soit 45 minutes. La durée de la séance variait entre 50 et 60 minutes^{40,41}. Elle était fixée à 60 minutes pour d'autres^{20,70}. Finalement, étant donné que le protocole de Rodríguez-Fernández et al., (2022, 2023) était le même, la durée de 90 minutes vaut pour les deux.

Cependant, le temps pour enfiler et enlever l'exosquelette était compris dans ce temps pour trois études^{20,44,72}. Gil-Agudo et al., (2023) est la seule étude où un temps était défini pour mettre (20 minutes) et enlever (5 minutes) l'EP. Ceci change et diminue donc la durée exacte de l'entraînement dans les groupes bénéficiant d'un exosquelette.

Le nombre de séances de traitement par semaine était en moyenne de 3 et variait entre 2 et 5 fois par semaine. Les auteurs Rodríguez-Fernández et al., (2022, 2023) ont déterminé 2 séances par semaine dans leur protocole. Deux études comptaient 3 séances par semaine^{20,71} et deux autres études ont établi une fréquence de quatre

séances par semaine^{40,41}. Pour finir, le dernier article réalisait cinq séances par semaine de traitement⁷⁰.

Le protocole du groupe d'intervention était assez similaire pour la plupart des études et consistait principalement par un entraînement aux transferts assis-debout et debout-assis, travailler l'équilibre en station debout et l'entraînement à la marche ambulatoire sur une surface lisse à l'intérieur. Xiang et al., (2021, 2023) incluaient le fait de monter une pente et des escaliers dans les exercices fait lors des séances^{40,41}. Les participants de l'intervention chez Gil-Agudo et al., (2023) étaient uniquement entraînés à la marche et un feedback sur la distance parcourue était donnée à la fin de leur séance²⁰.

L'intensité de la rééducation diffère entre les études. Rodríguez-Fernández et al., (2022, 2023) sont des études de plus faible intensité^{44,72}. Les participants avaient dix séances réparties sur cinq semaines. Deux semaines de repos ont suivi la première intervention, le même nombre de séance a ensuite été réalisé pour un crossover des rééducations. Edwards et al., (2022) les suit de près, le nombre de séance s'élève à 36, cependant, le traitement s'étend sur 12 semaines⁷¹. Deux études comptabilisent le même nombre et la même durée de séances. Elles divergent toutefois sur l'étendue du traitement, cinq semaines chez l'une²⁰, contre trois semaines chez l'autre⁷⁰. Nous pouvons dire que l'intensité de la seconde étude est donc considérée comme plus intense que l'intensité de la rééducation de la première. Les deux dernières études se situent toutes les deux à 16 semaines de rééducation réparties sur quatre semaines^{40,74}.

Le groupe contrôle incorporait des exercices de renforcement musculaire des membres inférieurs dans six études, toutes les études hormis une⁷⁵. L'entraînement à la marche était compris dans chaque étude et les transferts assis-debout étaient inclus dans trois études^{40,70,74}. Chang et al., (2018) était le seul à inclure l'entraînement à monter et descendre les escaliers pour les participants du groupe contrôle⁷⁰.

3.5 Synthèse des résultats

Les résultats des paramètres de marche sont présentés séparément dans cette étude en suivant le modèle de la CIF. C'est-à-dire qu'ils sont séparés en fonction des activités et de la fonction corporelle. Les paramètres ont été évalués avant et après l'intervention.

3.5.1 Activité

3.5.1.1 Vitesse de marche

La vitesse de marche est un paramètre ayant été évalué grâce au 10MWT. Aucune études incluses dans cette revue ne montrent une différence significative entre le groupe exosquelette et le groupe conventionnel à la suite du traitement.

Cependant, les résultats de la vitesse de marche s'améliorent de façon significative pour le groupe exosquelette dans une étude²⁰. Cette étude documente pour ce groupe une amélioration moyenne de + 0,19 m/s ($\pm$ 0,16 m/s).

Les mesures du groupe conventionnel de deux études ont été significativement améliorées. L'amélioration moyenne de la thérapie conventionnelle est quantifiée à + 0,12 m/s ($\pm$ 0,17 m/s)²⁰ et à + 0,04 m/s ($\pm$ SD inconnu)⁴⁴. Trois articles n'ont pas documenté de différence significative au sein des groupes conventionnels, + 0,04 m/s ($\pm$ 0,13 m/s) et + 0,07 m/s ($\pm$ 0,11 m/s) pour le groupe actif conventionnel et + 0,03 m/s ($\pm$ 0,03 m/s) pour le groupe passif⁷¹. Les résultats précis de la vitesse de marche de la troisième étude ne sont pas disponibles⁷².

Quatre études montrent une amélioration non significative du groupe exosquelette^{44,71,72,76}. Les augmentations moyennes valent + 0,04 m/s ($\pm$ 0,06 m/s) chez Chang et al., (2018), + 0,18 m/s ($\pm$ 0,23 m/s) chez Edwards et al., (2022), + 0,03 ($\pm$ SD inconnu) chez Rodríguez-Fernández et al., (2023). Les mesures de l'étude de Rodríguez-Fernández et al., (2022) ne sont pas précisées mais sont tout de même non significatives.

3.5.1.2 Périmètre de marche

Les deux groupes ont montré une amélioration significative du périmètre de marche lors du 6MWT^{20,44}. Pourtant, les auteurs n'ont pas noté d'amélioration significative entre le groupe contrôle et le groupe avec exosquelette. Une amélioration de + 68,79m ($\pm 67,55$ m) pour le groupe exosquelette et + 48,18 m ($\pm 48,58$ m) pour le groupe conventionnel est mesurée chez Gil-Agodu et al., (2018). Quant à Rodríguez-Fernández et al., (2023), ils documentent une amélioration de + 11,61 m dans le groupe exosquelette et + 7,44 m dans le groupe conventionnel.

Les résultats du périmètre de marche montrent une amélioration significative dans le groupe exosquelette avec une amélioration de + 16,9 m ($\pm 15,65$ m)⁷⁶. Le groupe conventionnel est amélioré de + 7,7 m (± 17 m), ce n'est cependant pas assez que pour être une augmentation significative.

Trois études exposent des résultats similaires^{40,72,75}. Les groupes de chaque étude améliorent leur périmètre de marche de façon non significative ainsi que la différence entre chaque groupe. A noter que l'amélioration du groupe exosquelette, aussi minime soit-elle, est dans ces trois études à chaque fois plus grande que pour le groupe conventionnel. Les mesures du périmètre de marche du groupe avec exosquelette sont de + 17,3 m ($\pm 11,9$ m) comparé à + 0 m (± 16 m) pour le groupe contrôle⁴⁰. Les augmentations chez Edwards et al., (2022) sont notées en pourcentages, + 34% dans le groupe exosquelette, + 28% dans le groupe conventionnel actif et + 18% dans le groupe conventionnel passif par rapport aux valeurs basales. Les valeurs précises ne sont à nouveau pas données dans l'étude de Rodríguez-Fernández et al., (2022).

Toutes les études montrent l'absence d'amélioration significative entre le groupe conventionnel et le groupe exosquelette pour le périmètre de marche.

3.5.1.3 Longueur du pas

Seulement deux études ont évalué la longueur du pas. Elles convergent sur l'amélioration significative de la longueur du pas au sein du groupe avec exosquelette sans différence d'effet entre les deux groupes.

La longueur du pas a augmenté de + 6,33 cm ($\pm$ 2,94 cm) pour le groupe avec exosquelette en opposition au groupe conventionnel où la moyenne des résultats a diminué, - 2,2 cm ($\pm$ 7,7 cm)⁷⁶. Selon les auteurs, l'augmentation est significative pour la longueur du pas du pied droit, + 2 cm ($\pm$ 3,65 cm) pour le groupe exosquelette et + 1,2 cm ($\pm$ 0,9 cm) pour le groupe conventionnel. Même si la longueur du pas du pied gauche augmente, elle n'est pas significative dans les deux groupes.

De plus, une amélioration significative a été observée par les auteurs Rodríguez-Fernández et al., (2022) concernant la longueur du pas au sein du groupe d'intervention⁷². Ils abordent la longueur du pas en fonction du pourcentage de la taille du corps (% TC). Le groupe exosquelette montre une plus grande amélioration par rapport au groupe conventionnel, + 23,43 % TC ($\pm$ 4,1 % TC) pour le groupe exosquelette et + 18,6 % TC ($\pm$ 6,31 % TC) pour le groupe conventionnel.

3.5.1.4 Cadence du pas

Les améliorations de la fréquence du pas ont été observées lors des mêmes études que pour la longueur du pas et une étude en plus^{44,72,76}. Elles ne sont cependant pas significatives dans les deux groupes + 26,62 pas/min ($\pm$ 14,28 pas/min) pour les exosquelettes et + 28,91 pas/min ($\pm$ 15,51 pas/min) pour le groupe conventionnel. Cette dernière étude montre que l'amélioration n'est pas non plus significative entre les deux groupes.

Néanmoins, une amélioration similaire a été observée dans les deux groupes, + 3,59 pas/min dans le groupe exosquelette et + 3,26 pas/min dans le groupe conventionnel⁴⁴. Celle-ci est uniquement significative pour le groupe conventionnel.

Il n'y a donc pas de différence significative mesurée entre les deux groupes selon les articles sélectionnés.

3.5.1.5 Équilibre

Malgré une différence relevée dans certaines études à propos de l'évolution intra-groupe, aucune étude ne démonte une différence significative entre les différents groupes lors de l'évaluation de l'équilibre au TUG test.

Une amélioration significative est observée pour le groupe avec exosquelette, - 13,23 s ($\pm 7,71$ s) ainsi que le groupe contrôle - 6,9 s ($\pm 7,22$ s)²⁰. Ces résultats ne sont en revanche pas statistiquement significatifs entre les deux groupes.

Le temps mis pour réaliser le TUG test a diminué de façon plus importante pour les participants dans le groupe exosquelette – 15,4 s ($\pm 3,2$ s) comparé aux participants du groupe conventionnel – 1,6 s (± 1 s)⁷⁶. Cette diminution en temps n'est toutefois pas significative dans le groupe exosquelette contrairement au groupe conventionnel malgré qu'elle soit plus grande. Tout comme les précédents paramètres de cette étude, il n'y a pas de comparaison faite entre les deux groupes. Rodríguez-Fernández et al., (2023) documentent également les mêmes résultats. Aucune différence entre les deux groupes n'a été observée dans leur étude.

Malgré une évolution positive du temps mis lors du TUG test, elle n'est pas suffisamment significatives en intra-groupe et en inter-groupe⁷⁵. L'amélioration du groupe exosquelette et du groupe actif conventionnel s'équivalent avec + 18,7 % et + 19,9 %. Les auteurs de cette étude sont soutenus par Rodríguez-Fernández et al., (2022) concernant l'absence de différence dans l'évolution du traitement ainsi que dans la comparaison des deux groupes.

3.5.2 Fonction corporelle

3.5.2.1 Force musculaire

Toutes les études mesurant la force musculaire des membre inférieurs observent une amélioration positive au sein du groupe exosquelette. Ces améliorations ne sont pas significatives^{40,74,76}. Un seul article observe une amélioration significative pour le groupe exosquelette de + 4,45 ($\pm 5,37$)²⁰.

L'amélioration observée au sein du groupe conventionnel n'est pas significative⁷⁶, voire nulle + 0 (± 11)⁴⁰. Tandis qu'elle est significative pour deux articles, amélioration de + 3 ($\pm 2,66$) et + 5 ($\pm$ SD inconnu)^{20,74}.

Les différents articles ayant mesuré la force musculaire grâce au LEMS confirment le fait qu'il n'y ait pas de différence significative entre les deux groupes.

Tableau 3 : caractéristiques des participants des études

Auteurs et année de parution	Type d'exosquelette	nombre de participants par étude (n=)	Nombre de participants par groupe (n=)	Nombre final de participants (n=)	Âge moyen (années)	Sexe des participants	Score ASIA	Niveau lésionnel	type de lésion	phase de rééducation
Xiang et Al. (2021)	AIDER	18	9	8	39,8	7 F et 2H	8 ASIA A, 1 ASIA C	T4 -> L1	14T et 4NT	subaigu
	contrôle		9	8	36,6	8F et 1H	4 ASIA A, 2 ASIA B et 3 ASIA C	T4 -> L1		subaigu
Gil-Agudo (2023)	HANK	23	12	11	41	4F et 7H	8 ASIA C et 3 ASIA D	T1 -> L4	IN	subaigu
	contrôle		11	10	51,8	2F et 8H	4 ASIA C et 6 ASIA D	C2 -> L4		subaigu
Chang et Al. (2018)	EKSO	7	4	4	56	1F et 3H	1 ASIA C et 3 ASIA D	C7 -> T12	IN	chronique
	contrôle		3	3	60	1F et 2H	1 ASIA C et 2 ASIA D	C5 -> T12		chronique
Edwards et Al. (2022)	EKSO	30	12	9	41,7	5F et 7H	6 ASIA C et 6 ASIA D	C3 -> L4	IN	chronique
	contrôle actif		12	10	51,9	6F et 6H	3 ASIA C et 9 ASIA D	C3 -> L1		chronique
	contrôle passif		6	6	49	1F et 5H	6 ASIA D	C2 -> L4		chronique
Xiang et Al. (2023)	AIDER	40	20	19	36,6	4F et 16H	15 ASIA A, 3 ASIA B et 2 ASIA C	T4 -> L1	IN	subaigu
	contrôle		20	19	37,7	3F et 17H	10 ASIA A, 2 ASIA B et 8 ASIA C	T4 -> L1		subaigu
Rodriguez-Fernandez et Al. (2022) = Rodriguez-Fernandez et al., (2023)	ABLE	10	5	5	41,6	5H	4 ASIA A et 1 ASIA B	T4 -> T12	7T et 3 NT	chronique
	controle		5	5	46,6	1F et 4H	4 ASIA A et 1 ASIA B	T4 -> T11		chronique
TOTAL :	/	118	128	107	45,4	34%F et 66%H (n = 126)	36% ASIA A, 7% ASIA B, 29% ASIA C et 28% ASIA D (n = 126)	C2 -> L4	75%T et 25%NT	/

IN = données inconnues, F = femme, H = Homme, ASIA = American Spinal Injury Association, C = vertèbre cervicale, T = vertèbre thoracique, L = vertèbre lombaire, chronique = > 6 mois, Subaigu = < 6 mois, exosquelettes: AIDER, EKSO, HANK, ABLE.

Tableau 4 : caractéristiques des interventiosn et évaluations des études

Auteurs et année de parution	Type d'intervention	protocole de rééducation	Protocole de la séance de rééducation	Paramètres évalués	Outils d'évaluation	Résultats
Xiang et Al. (2021)	Exosquelette	40-60% Fréquence cardiaque max, 50-60 min/session, 4x/semaine jours consécutifs, 4 semaines . (16 séances) Enfiler et retirer l'exosquelette pas compris dans la séance.	Entrainement : transferts, marche, monter des escaliers, monter une pente avec assistance max. Évaluation sans exosquelette	Périmètre de marche	6MWT	E = + 17,3 m (± 11,9 m) et C = + 0 m (± 16 m) avec p > 0,05 inter et intra-groupe.
	contrôle	40-60% Fréquence cardiaque max, 50-60 min/session, 4x/semaine, 4 semaines	Renforcement musculaire des membres inférieurs : haltères et entrainement aérobic: marche avec atelle, exercices statiques et dynamiques d'équilibre en position assise et debout	Force musculaire MI	LEMS	E = + 1,0 (± 16) et C = + 0 (± 11) avec p > 0,05 inter et intra-groupe.
Gil-Agudo (2023)	Exosquelette	60 min/session, 3x/sem non consécutif, 5 semaines (15 séances) . 60min de séance, 20min pour enfiler, 30 min de marche, 5 min pour enlever l'exo et 5 min pour encoder les données évaluées	Marche surface stable à l'intérieur, avec aide favorisée par le patient. Évaluation sans exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	E = + 0,19 m/s (± 0,16 m/s) avec p < 0,05 intra-groupe et C = + 0,12 m/s (± 0,17 m/s) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
				Périmètre de marche	6MWT	E = + 68,79 m (± 67,55 m) avec p < 0,05 intra-groupe et C = + 48,1 m (± 48,58 m) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
	Contrôle	30min/session, 3x/sem non consécutifs, 5 semaines	Mobilisation analytique, exercices de renforcement des membres inférieurs, exercices de marche.	Équilibre	TUG	E = - 13,23 s (± 7,71 s) avec p < intra-groupe et C = -6,9 s (± 7,22 s) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
				Force musculaire MI	LEMS	E = + 4,45 (± 5,37) et C = +3 (± 2,66) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
Chang et Al. (2018)	Exosquelette	60 min/session 5x/sem, 3 semaines, 15 séances. Eenlever et mettre l'exosquelette pas compris dans la séance	Exercices de transfert assis-debout, équilibre dynamique debout, transfert de poids, marche, demi-tour, et transfert debout-assis. Évaluation sans exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	E = + 0,4 m/s (± 0,06 m/s) et C = + 0,04 m/s (± 0,13 m/s) avec p > 0,5 intra-groupe
				Périmètre de marche	6MWT	E = + 16,9 m (± 15,65 m) avec p < 0,05 intra-groupe et C = + 7,7 m (± 17 m) avec p > 0,05 intra-groupe.
				Équilibre	TUG	E = - 15,4 s (± 32,05 s) avec p > 0,05 intra-groupe et C = - 1,6 s (± 1 s) avec p < 0,05 intra-groupe.
	Contrôle	60min/sesssion 5x/sem, 3 semaines, 15 séances	Exercices d'étirement, de renforcement, d'équilibre, transfert assis-debout, entrainement aux escaliers.	Force musculaire MI	LEMS	E = augmentation p > 0,05 intra-groupe et C = pas d'augmentation
				Longueur du pas	GAITRite	E = + 6,33 cm (± 2,95 cm) avec p < 0,05 intra-groupe et C = - 2,2 cm (± 7,7 cm) avec p > 0,05 intra-groupe
Edwards et Al. (2022)	Exosquelette	45 min/ session, 3x/sem, 12 semaines -> 36 séances. Enfiler et enlever l'exosquelette pas compris dans la séance.	45 min réentrainement à la marche, ensuite si marche sans exo possible, 30 min d'exosquelette et 15 min en dehors de l'exosquelette. Évaluation sans exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	E = + 0,18 m/s (±0,23 m/s), AC = + 0,07 m/s (± 0,11 m/s), PC = + 0,03 m/s (±± 0,03 m/s) avec p > 0,05 inter et intra-groupe.
	Contrôle Actif	45 min/session BWSTT 3x/sem, 12 semaines. Entrainement tapis roulant avec support de poids du corps, si possible sans support	Minimum 15 premières minutes BWSTT et minimum 15 dernières minutes OG training, 15 minutes intermédiaires au choix.	Périmètre de marche	6MWT	E = 163 m (± 209,65 m) = + 34 %, AC = 115,6 m (±74,98 m) = + 28 % et PC = 97,53 m (±48,4 m) = + 18 % avec p = inconnu.
	Contrôle Passif	Pas de revalidation conventionnelle	Activité quotidiennes et évaluations semaine 0, 6 et 12	Équilibre	TUG	E = 26,45 s (± 17,85 s) = - 18,7 %, AC = 30,0 s (± 22,35 s) = - 19,9 %, PC = 46,0 s (± 17,95 s) = - 12,7 % avec p = inconnu.

Tableau 4 : suite des caractéristiques des interventiosn et évaluations des études

Auteurs et année de parution	Type d'intervention	protocole de rééducation	Protocole de la séance de rééducation	Paramètres évalués	Outils d'évaluation	Résultats
Xiang et AL (2023)	Exosquelette	50-60 min, 4x/sem, 4 semaines,16 séances, 60-70% Fréquence cardiaque max -> 16 séances Enfiler et retirer l'exosquelette pas compris dans la séance.	Ergothérapie, entraînement d'endurance avec cycloergomètre membre supérieur, entraînement station debout, marche, monter des escaliers, monter une pente avec assistance maximale de l'exosquelette. Évaluation sans exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	Inconnu
				Périmètre de marche	6MWT	Inconnu
	Contrôle	50-60 min, 4x/sem, 4 semaines,16 séances, 60-70% Fréquence cardiaque max -> 16 séances	Ergothérapie, entraînement d'endurance avec cycloergomètre membre supérieur, renforcement musculaire avec haltères 5-20 kg, travail d'équilibre dynamique position assise et debout, souplesse et entraînement à la marche	Force musculaire MI	LEMS	E = + 0,5 (± inconnu) avec p > 0,05 intragroupe, C = + 5 (± inconnu) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
Rodriguez-Fernandez et AL (2022)	Exosquelette	90 min/ session, 2x/sem, 5 semaines (10 séances) (enfiler et enlever l'exosquelette compris dans la séance), 2 semaines de repos ensuite traitement croisé.	8 séances de marche dans l'espace et 2 séances d'évaluation, minimum 30min d'entraînement aux transferts assis-debout et debout-assis, station debout, exercices de marche avec une aide (déambulateur) avec deux semaines de repos entre les évaluations initiales et le début du traitement. Évaluation avec exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	Inconnu et p > 0,05 intergroupe
				Périmètre de marche	6MWT	Inconnu et p > 0,05 intergroupe
				Équilibre	TUG	Inconnu et p > 0,05 intergroupe
	controle	90cmin/ session, 2x/sem, 5 semaines (10 séances)	8 séances de marche dans l'espace et 2 séances d'évaluation, minimum 30min d'entraînement aux transferts assis-debout et debout-assis, station debout, exercices de marche avec une aide (déambulateur)avec deux semaines de repos entre les évaluations initiales et le début du traitement.	Longueur du pas	Capteurs	E = 23,43 %TC (± 4,1 %TC), C = + 18,6 %TC (± 6,31 %TC) avec p < 0,05 intrer-groupe.
				Cadence du pas	capteurs	E = 26,62 pas/min (± 14,28 pas/min), C = 28,91 pas/min (± 13,51 pas/min) avec p > 0,05 inter-groupe.
Rodriguez-Fernandez et AL (2023)	Exosquelette	90 min/ session, 2x/sem, 5 semaines (10 séances) (enfiler et enlever l'exosquelette compris dans la séance) 2 semaines de repos ensuite traitement croisé	8 séances de marche dans l'espace et 2 séances d'évaluation, minimum 30min d'entraînement aux transferts assis-debout et debout-assis, station debout, exercices de marche avec une aide (déambulateur) avec deux semaines de repos entre les évaluations initiales et le début du traitement. Évaluation avec exosquelette.	Vitesse de marche	10MWT	E = + 0,03 m/s (± SD inconnu) avec p > 0,05 intra-groupe, C = + 0,04 m/s (± SD inconnu) avec p < 0,05 intra-groupe.
				Périmètre de marche	6MWT	E = + 11,61m (±SD inconnu) avec p < 0,05 intragroupe, C = + 7,44 m (± SD inconnu) avec p < 0,05 intra-groupe et p > 0,05 inter-groupe.
	controle	90 min/ session, 2x/sem, 5 semaines (10 séances)	8 séances de marche dans l'espace et 2 séances d'évaluation, minimum 30min d'entraînement aux transferts assis-debout et debout-assis, station debout, exercices de marche avec une aide (déambulateur)avec deux semaines de repos entre les évaluations initiales et le début du traitement.	Équilibre	TUG	E = - 21 s (± SD inconnu) avec p > 0,05 intra-groupe, C = - 24 s (± SD inconnu) avec p < 0,05 intra-groupe.
				Cadence du pas	capteurs	E = + 3,59 pas/min (± SD inconnu) avec p > 0,05 intra-groupe, C = + 3,26 pas/min (± SD inconnu) avec p < 0,05 intra-groupe.

6MWY = 6 Minute Walking Test, 10MWT = 10 meter Walking Test, TUG = Timed Up and Gp Test, LEMS = Lower Extremity Motor Score, KAFO = Knee-Ankle-Foot-Orthosis, (± SD) = écart-type, p < 0,05 = , E = exosquelette, C = traitement conventionnel, AC = traitement conventionnel, PC = traitement passif

4 Discussion

L'objectif de cette revue de la littérature était d'analyser l'efficacité des exosquelettes portables sur les paramètres spatio-temporels et fonctionnels de la marche auprès des personnes atteintes de LM complètes et incomplètes.

4.1.1 Activité

4.1.1.1 Vitesse de marche

Aucune différence d'efficacité entre la rééducation par EP et conventionnelle n'a été documentée dans trois articles^{20,71,72,76}. Le MDC de 0,13 m/s⁵⁸ n'a pas été dépassé entre les deux groupes, sauf chez Chang et al., (2018) où la différence était de 0,36 m/s. Malgré la grande différence entre les deux groupes, les auteurs déclarent qu'elle n'est pas assez grande que pour montrer une réelle différence d'effet. Le MDC était dépassé pour trois études^{20,70,71} dans le groupe avec EP, le groupe conventionnel n'a pas dépassé ce seuil. Ces augmentations entre l'évaluation initiale et l'évaluation finale chez Rodríguez-Fernández et al., (2023) n'a pas atteint le MDC. Même si lors de cette dernière étude, le seuil du MDC n'a pas été atteint (+ 0,04 m/s), les auteurs ont trouvé une amélioration significative de la vitesse de marche. Ces deux types d'intervention ont le même effet sur ce paramètre sur les LM, les EP ne sont donc pas moins efficaces que la rééducation conventionnelle^{22,28}.

Une étude sélectionnée pour cette revue a mesuré une efficacité significative sur la vitesse de marche pour le groupe avec EP avec une amélioration de 0,4 m/s²⁰. Plusieurs études dans la littérature rapportent également une amélioration significative de ce paramètre pour les participants ayant suivi une rééducation avec un exosquelette^{21,39,77-81}, cela n'exclut pas le fait que les deux traitements s'équivalent.

Lors de la comparaison des LM chroniques et subaigües, Les participants dans les deux phases de lésion augmentent la vitesse de marche^{77,81}, les EP apportent donc des effets positifs sur ce paramètre. Le groupe en phase chronique n'augmente pas de façon significative ses résultats pour une étude⁷⁷.

Ces deux études sont équivalentes^{77,81} du point de vue du type de la lésion (ASIA A, B, C et D) et de la durée depuis la lésion (subaigüe et chronique). Elles divergent toutefois sur le nombre de séances ainsi que l'étendue du traitement, 5x/sem pendant 12 semaines avec un total de 60 séances de traitement pour Zieracks et al., (2021)⁸¹ contrairement à 3x/sem pendant 8 semaines et donc 24 séances pour Back Baunsgaard et al., (2018)⁷⁷. Cette différence pour les lésions chronique peut confirmer l'hypothèse qu'une étendue de traitement continue à impacter l'amélioration des paramètres de la marche^{22,37,44,79,82} même si un plateau peut apparaître dans l'évolution après 24 séances⁷⁷.

De plus, la littérature établit qu'il n'y a pas d'effet supérieur^{77,82-84} concernant la vitesse de marche suite à la rééducation avec exosquelette dans la rééducation de la marche comparée à la rééducation conventionnelle. Deux des études sélectionnées dans cette revue rejoignent cette observation^{44,85}. Les quatre études mentionnées ci-dessus avaient une durée de traitement aux alentours de 25 séances ou inférieure sauf une avec un total de 40 séances⁸². Malgré le grand nombre de séances de cette étude, les auteurs pensent qu'augmenter le nombre de séance pourrait potentiellement d'augmenter les performances de l'exosquelette sur la vitesse de marche et donc montrer un effet différent entre les deux types de rééducations.

4.1.1.2 Périmètre de marche

Les études comprises dans cette revue n'indiquent pas de différence significative concernant le périmètre de marche entre la rééducation conventionnelle et la rééducation par exosquelette^{20,28,40,71,72}.

Le groupe avec les EP a montré une augmentation du périmètre de marche dans trois études^{20,44,85}. Cependant, une d'entre elles n'a pas atteint le seuil MDC de 45,8 m (ou 22%)⁵⁸ car la distance a augmenté de seulement 16,9 m⁷⁰. La littérature est controversée concernant les effets sur ce paramètre. Une partie confirme l'effet significatif de la rééducation avec exosquelette^{21,28,37,78-80}, tandis que l'autre partie ne détecte pas de différence de ce type de rééducation sur la distance de marche^{39,40,82}. Il faut toutefois être prudent avec l'interprétation des résultats de Rodríguez-Fernández et al., (2022, 2023) car la réalisation du 6MWT n'a pas été faite sur une distance de 30 m comme recommandé^{54,59} mais sur une distance

d'évaluation plus courte. Le nombre de demi-tours et donc d'accélération et de décélérations est par conséquent plus nombreux, ce qui risque d'impacter la distance totale du test. Les résultats de cette étude auraient peut-être pu changer avec une réalisation adéquate du test.

4.1.1.3 Longueur du pas

La longueur du pas pour le groupe avec EP s'améliore de façon significative selon Chang et al., (2018) et Rodríguez-Fernández et al., (2022)^{20,72}. Les résultats de Chang et al., (2018) n'atteignent toutefois pas le seuil MDC (+ 11 cm) avec une augmentation moyenne de seulement 6,33 cm au sein du groupe EP et d'une diminution moyenne de 2,2 cm pour le groupe conventionnel. La longueur du pas dans le groupe EP était de 72 cm chez Chang et al., (2018) comparé à 40,77 cm pour Rodríguez-Fernández et al., (2022). Un grand écart est aussi retrouvé au sein du groupe conventionnel. Cette différence de longueur du pas peut être expliquée par le fait que les participants des études variaient quant au score ASIA de la LM et de la phase de rééducation. Cette observation a été confirmée notamment par Sale et al.²¹. La différence d'effet entre les deux groupes est démontrée par Rodríguez-Fernández et al., (2022) tandis que la rééducation des deux groupes s'équivaut chez Chang et al., (2018). Ce qui était surprenant, c'est qu'ils ont également mesuré la différence entre la longueur du pied droit et celle du pied gauche⁷⁶. Cette mesure n'a pas beaucoup d'intérêt, sauf dans le cas où une atteinte latéralisée est présente. Mesurer la différence entre la jambe plus atteinte et la jambe moins atteinte aurait été plus intéressant. C'est d'ailleurs ce qui a été mesuré dans une étude précédente où la longueur du pas des deux jambes est augmentée⁸⁶. La longueur de pas du pied droit augmente de façon significative contrairement à celle du pied gauche. Aucune explication concernant cette différence n'a été abordée dans leur étude, nous pouvons toutefois émettre des hypothèses quant à la raison de cette différence. La fonction motrice pourrait être plus atteinte dans le membre inférieur gauche que dans le membre inférieur droit et par conséquent, le membre inférieur gauche plus faible.

A noter que les deux études qui ont mesuré ces paramètres ont inclus des sujets avec un score ASIA différent. Le score des participants inclus était catégorisé comme ASIA C et D⁷⁶ pour l'une et un score ASIA A et B⁷² pour l'autre. Les répercussions motrices ne sont par conséquent pas les mêmes⁷⁹, ceci peut avoir influencé les

résultats. Sale et al étudient également des participants avec un score ASIA A et B, ils n'observent toutefois pas de différence entre le traitement par exosquelette et le traitement conventionnel.

L'augmentation de la longueur du pas auprès des participants ayant suivi le traitement avec exosquelette peut être liée à l'augmentation de l'amplitude de mouvement que l'exosquelette apporte à la marche comparé au traitement conventionnel⁷².

4.1.1.4 *Cadence du pas*

Ce paramètre a été mesuré dans peu d'études. Les trois études comprises dans cette revue qui ont analysé ce paramètre n'ont pas observé de différence entre l'effet de la rééducation avec l'EP et l'effet de la rééducation conventionnelle. Il n'y a pas eu d'amélioration significative au sein du groupe exosquelette ni dans le groupe conventionnel^{44,76,79}. Même si les résultats ne sont pas concluants, on observe une augmentation de la cadence dans chaque étude qui mentionne ce paramètre. Elle reste tout de même inférieure au MDC de 13 pas/min⁸⁷. Nous n'avons actuellement pas trouvé plus de preuve concernant les effets de la rééducation avec EP sur la cadence du pas dans la littérature. Une hypothèse pourrait être qu'avec la vitesse de marche qui augmente, le nombre de pas augmente et par conséquent la cadence du pas aussi.

4.1.1.5 *Équilibre*

L'équilibre n'est pas une mesure faisant partie des paramètres spatio-temporels de la marche mais elle donne tout de même une indication sur la capacité de marche. L'équilibre est abordé dans cinq des études sélectionnées. Même si une seule étude nous montre un effet significatif de la rééducation avec EP sur l'équilibre lors de la marche²⁰, toutes les études mesurant ce paramètre dépassent le seuil MDC établi à 10,8 s⁵⁸ indiquant un effet positif sur l'équilibre. La littérature nous montre également l'efficacité de ce type de rééducation pour les LM^{21,77,88}.

En plus d'avoir un effet positif au sein du groupe conventionnel^{20,44,70}, Rodríguez-Fernández et al., (2023) dépassent le seuil MDC pour ce paramètre avec 24 s de différence entre l'évaluation initiale et l'évaluation finale.

Toutes les études abordant ce paramètre montrent un effet au sein du groupe conventionnel et avec EP. L'efficacité des deux groupes de rééducation sur l'équilibre pendant la marche est considérée comme similaire.

4.1.2 Fonction corporelle

4.1.2.1 Force musculaire

Tout comme l'équilibre, la force musculaire ne fait pas partie des paramètres spatio-temporelles de la marche. Elle donne toutefois une indication de la fonction motrice lors de la marche. En effet, c'est la contraction des muscles qui permet le mouvement des articulations et donc des membres inférieurs.

La rééducation conventionnelle est considérée comme aussi efficace que la rééducation par EP. Les études de cette revue ne montrent pas de différence d'efficacité entre ces deux groupes malgré une amélioration de la force musculaire des membres inférieurs^{20,28,40,74,76}.

La force musculaire augmente de façon significative pour Xiang et al., (2021, 2023) et Chang et al., (2018)^{40,41,70} contrairement à Gil-Agudo et al., (2023) où les auteurs n'ont pas observé d'augmentation statistiquement significative. Ces résultats peuvent paraître surprenant car les effets de la rééducation avec EP chez Gil-Agudo et al., (2023) sont de + 4,45, ce qui est largement supérieur au MDC qui équivaut à + 1 pour le score moteur du LEMS. Un deuxième aspect est étonnant dans ces résultats étant donné qu'il n'y a pas de réelle différence entre les différents paramètres des participants de l'étude, ni dans la durée du traitement. Le seul facteur qui change est le protocole de traitement. Gil-Agudo et al., (2023) qui est le seul article où la rééducation du groupe avec EP consistait uniquement à un entraînement à la marche sur sol stable à l'intérieur. Le fait que les autres études incluaient d'autres exercices tels que monter les escaliers, l'entraînement aux transferts et la réalisation d'exercices d'équilibre dynamique en station bipodale montre qu'un réentraînement global permettrait d'avoir des améliorations de la fonction musculaire.

Enfin, la littérature diverge quant aux résultats de ce paramètre pour l'entraînement avec exosquelette. Les blessés médullaires en phase chronique ne constatent pas

d'amélioration significative contrairement aux lésions subaigües auprès desquelles une vraie amélioration s'aperçoit^{39,77}. Cette évolution peut être due à la récupération neuronale spontanée suite à une lésion mais aussi à la plasticité neuronale dans les phases précoces de la réadaptation^{39,77}.

4.1.3 Amélioration de la marche et autres facteurs

La marche assistée par exosquelette portable permet d'améliorer les troubles de la marche⁸⁹. Rodriguez-Fernandez et al., (2022) indique que la marche avec exosquelette permet d'avoir un schéma de marche similaire aux personnes saines⁷².

Outre les effets sur les paramètres spatio-temporels de la marche, les EP permettent également un travail de la verticalisation et un travail postural. La verticalisation réalisée sur de plus longues périodes grâce à la rééducation avec exosquelette a un impact sur la santé physique et mentale. Elle permet également d'éviter les complications secondaires telles que des complications respiratoires, cardiovasculaires ou encore des rétractions. Ces paramètres n'étaient pas pris en compte dans cette revue mais sont toutefois importants pour comprendre les effets généraux de l'exosquelette lors de la rééducation des personnes atteintes de LM. La verticalisation induite par l'exosquelette diminue la spasticité^{43,82,90} mais aussi les ulcères de position. En plus de ça, la compression osseuse suite à la verticalisation prolongée augmente la densité osseuse et diminue par conséquent l'ostéoporose⁴¹. Les exercices de changement du poids du corps d'un membre à l'autre lors de la rééducation à la marche ne sont pas à sous-estimer. Le contrôle musculaire est par ce fait retravaillé et est une des premières étapes dans la rééducation de la marche étant donné que le changement du poids du corps fait partie de l'initiation du pas⁷².

De plus, il a été rapporté par les participants des études que la santé sociale s'était améliorée auprès des personnes avec des LM utilisant un exosquelette de substitution⁴³, le fait de pouvoir parler à hauteur des yeux de l'interlocuteur est un élément clé. La participation aux activités de la vie quotidienne a augmenté^{20,25} ainsi que la capacité de locomotion^{20,28,79-81} chez les sujets atteints de LM ayant eu une rééducation avec EP. Le temps mis par les sujets pour mettre et enlever l'exosquelette ainsi que l'aide pour le faire a diminué au cours des séances de rééducation^{44,84} et facilite l'utilisation des EP pour les personnes atteintes de LM.

Ceci montre que les sujets devenaient de plus en plus indépendants pour utiliser l'exosquelette⁸⁸. Les participants se sentaient en meilleure forme après les séances et une amélioration de la qualité de sommeil a été notée. Les personnes atteintes de LM pourraient, après un entraînement avec l'utilisation d'un exosquelette en rééducation, obtenir un exosquelette de substitution pour les déplacements au domicile et en communauté étant donné qu'ils deviennent plus indépendants.

En conclusion, la rééducation avec EP permet de travailler d'autres paramètres que la marche.

4.1.4 Corrélation entre la LM et la marche

Il existe une corrélation forte entre le niveau lésionnel et l'évolution des paramètres de la marche avec une attelle lors du traitement conventionnel. Le coefficient entre la distance de marche et le niveau lésionnel ainsi que la vitesse de marche et le niveau lésionnel est positif et se rapproche de 1. Tandis que le coefficient de corrélation pour le temps mis lors du TUG test et le niveau lésionnel est égal à -0,89. C'est-à-dire qu'au plus la lésion est basse, au plus les effets de la rééducation conventionnelle sont élevés. Cependant, le coefficient de corrélation diminue lors de la rééducation avec exosquelette. La marche avec exosquelette est par conséquent moins impactée par le niveau de la lésion⁷². L'augmentation de la stabilité grâce au support lombaire pourrait diminuer les limitations du contrôle du tronc et de la hanche causées par les LM, surtout dans les LM hautes.

4.1.5 Implications cliniques

Au vu des résultats qui ressortent de cette revue, la rééducation avec Exosquelette portable devrait être vue comme un complément à la rééducation conventionnelle^{25,28}.

Il ne faut pas sous-estimer en tant que kinésithérapeute le temps pour enfiler et enlever l'exosquelette lors de la rééducation. Ceci peut impacter l'adhésion des thérapeutes pour l'utilisation d'un exosquelette.

L'utilisation d'un EP pourrait donc être plus utile lors de la phase subaiguë de la rééducation car les patients sont encore hospitalisés ou en centre durant cette phase. L'adhésion des patients au traitement est par ce fait, facilitée. Les EP semble utile autant dans une atteinte motrice sévère que plus légère.

Les bienfaits sur la santé qui ressortent de la rééducation avec EP sont tout aussi important que les effets sur la marche. Ce type de rééducation a par conséquent un intérêt auprès des LM compétes et incomplètes avec l'objectif principal qui varie pour ces deux catégories de lésions.

5 Limitations de cette revue

Cette revue comporte plusieurs limites. Tout d'abord, la sélection des articles de cette revue s'est faite par un seul examinateur.

Malgré le fait que cette pathologie a une grande incidence, la taille de l'échantillon des études sélectionnées est assez petite. Les normes de taille et de poids pour rentrer dans l'exosquelette étaient un facteur limitant important des participants. Les études faites sur l'utilisation des EP pour les personnes atteintes de LM est récente comparé aux exosquelettes fixes (EF), un nombre limité de RCT sont donc disponibles. Il y a une grande hétérogénéité au sein des études, que ce soit concernant la population ou le protocole même des interventions. Concernant la population, un large éventail du type de lésion était inclus dans cette revue de la littérature, les études futures devraient potentiellement scinder les lésions motrices complètes et incomplètes afin d'avoir des résultats plus précis ou adéquats.

Ensuite, il y avait une grande variabilité dans les phases de rééducation. Il serait intéressant de rassembler les résultats dans des catégories subaiguës et chroniques distinctes afin de voir l'évolution des paramètres dans ces deux phases de la rééducation. De plus, peu d'études avaient le même protocole de traitement : durée, intensité, nombre de séances et étendue du traitement.

Pour finir, il est important de prendre en compte que les participants ayant suivi la rééducation conventionnelle ont suivi le traitement avec leur propre attelle. Cet

élément peut potentiellement fausser les résultats des paramètres évalués car contrairement aux participants du groupe d'intervention, ils étaient habitués à ce dispositif d'aide à la marche et n'ont pas eu besoin de temps d'adaptation. Ceci vaut surtout pour Rodríguez-Fernández et al. (2022, 2023) étant donné que ces études ont évalué les paramètres de la marche avec l'exosquelette.

Un effet qui n'est certainement pas à sous-estimer est l'effet placebo liée à l'utilisation de la nouvelle technologie. Contrairement au traitement médicamenteux, il n'est pas possible de mesurer cet effet auprès des participants suivant une rééducation avec EP. Il se pourrait donc que l'efficacité des EP incluent un effet placebo qui vienne fausser les résultats réellement liés aux exosquelettes.

6 Conclusion

Cette revue de la littérature avait pour but de montrer l'efficacité de la rééducation avec exosquelette sur les paramètres spatio-temporels de la marche auprès de personnes atteintes de LM complètes et incomplètes.

La rééducation avec exosquelette ne se montre pas plus efficace qu'un traitement conventionnel pour les personnes atteintes de LM. Elle apporte néanmoins beaucoup d'aspects positifs au quotidien et permet de réduire la charge physique des thérapeutes lors de la rééducation. De futures études pourraient se pencher sur les bienfaits au quotidien de la rééducation par exosquelette afin d'avoir une meilleure visibilité de ceux-ci.

Il serait intéressant de revoir la méthodologie des études concernant le protocole de rééducation. Créer plusieurs protocoles en fonction des phases de rééducation (subaigüe ou chronique) et du score ASIA. Ceci permettrait d'obtenir des résultats plus précis concernant l'efficacité de la rééducation avec EP.

7 Bibliographie

1. New, P. W., Rawicki, H. B., & Bailey, M. J. (2002). Nontraumatic spinal cord injury : Demographic characteristics and complications. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(7), 996-1001.
<https://doi.org/10.1053/apmr.2002.33100>
2. Jusqu'à 500 000 personnes sont victimes de lésions de la moelle épinière chaque année. (2013, décembre 2). Organisation Mondiale de la Santé.
<https://www.who.int/fr/news/item/02-12-2013-spinal-cord-injury-as-many-as-500-000-people-suffer-each-year>
3. Spinal Cord Injury (SCI) 2016 Facts and Figures at a Glance. (2016). *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 39(4), 493-494.
<https://doi.org/10.1080/10790268.2016.1210925>
4. Barbiellini Amidei, C., Salmaso, L., Bellio, S., & Saia, M. (2022). Epidemiology of traumatic spinal cord injury : A large population-based study. *Spinal Cord*, 60(9), 812-819. <https://doi.org/10.1038/s41393-022-00795-w>
5. Gautam, S., Rijal, B., & Sharma, L. K. (2023). Traumatic Spinal Cord Injury among Patients Admitted to the Spine Unit in a Tertiary Care Centre. *JNMA; Journal of the Nepal Medical Association*, 61(266), 765-768.
<https://doi.org/10.31729/jnma.8292>
6. Hagen, E., Rekand, T., Gilhus, N., & Grønning, M. (2012). Traumatiske ryggmargsskader—Forekomst, skademekanismer og forløp. *Tidsskrift for Den norske legeforening*, 132(7), 831-837. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.10.0859>
7. Joseph, C., Andersson, N., Bjelak, S., Giesecke, K., Hultling, C., Nilsson Wikmar, L., Phillips, J., Seiger, Å., Stenimahitis, V., Trok, K., Åkesson, E., & Wahman, K. (2017). Incidence, aetiology and injury characteristics of traumatic spinal cord injury in Stockholm, Sweden : A prospective, population-based update. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(5), 431-436.
<https://doi.org/10.2340/16501977-2224>
8. *Spinal cord injury*. (s. d.). World Health Organization. Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
9. Rauch, A., Cieza, A., & Stucki, G. (2008). How to apply the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) for rehabilitation management in clinical practice. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 44(3), 329-342.

10. Wade, D. T., & Halligan, P. W. (2017). The biopsychosocial model of illness : A model whose time has come. *Clinical Rehabilitation*, 31(8), 995-1004.
<https://doi.org/10.1177/0269215517709890>
11. Rouquette, A., Badley, E. M., Falissard, B., Dub, T., Leplege, A., & Coste, J. (2015). Moderators, mediators, and bidirectional relationships in the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) framework : An empirical investigation using a longitudinal design and Structural Equation Modeling (SEM). *Social Science & Medicine*, 135, 133-142.
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.05.007>
12. Stucki, G., Cieza, A., & Melvin, J. (2007). The international classification of functioning, disability and health (ICF) : A unifying model for the conceptual description of the rehabilitation strategy. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39(4), 279-285. <https://doi.org/10.2340/16501977-0041>
13. *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. (s. d.). Consulté 8 mai 2024, à l'adresse
<https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health>
14. Lavie, C. J., Ozemek, C., Carbone, S., Katzmarzyk, P. T., & Blair, S. N. (2019). Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circulation Research*, 124(5), 799-815. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669>
15. Solinsky, R., Betancourt, L., Schmidt-Read, M., Kupfer, M., Owens, M., Schwab, J. M., Dusseau, N. B. 2nd, Szlachcic, Y., Sutherland, L., Taylor, J. A., & Nash, M. S. (2022). Acute Spinal Cord Injury Is Associated With Prevalent Cardiometabolic Risk Factors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 103(4), 696-701. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.04.022>
16. Gupta, A., Taly, A. B., Srivastava, A., & Murali, T. (2009). Non-traumatic spinal cord lesions : Epidemiology, complications, neurological and functional outcome of rehabilitation. *Spinal Cord*, 47(4), 307-311.
<https://doi.org/10.1038/sc.2008.123>
17. Biddle, S. J. H., Bennie, J. A., De Cocker, K., Dunstan, D., Gardiner, P. A., Healy, G. N., Lynch, B., Owen, N., Brakenridge, C., Brown, W., Buman, M., Clark, B., Dohrn, I.-M., Duncan, M., Gilson, N., Kolbe-Alexander, T., Pavey, T., Reid, N., Vandelanotte, C., ... Vincent, G. E. (2019). Controversies in the Science of Sedentary Behaviour and Health : Insights, Perspectives and Future Directions

from the 2018 Queensland Sedentary Behaviour Think Tank. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23).

<https://doi.org/10.3390/ijerph16234762>

18. Gorgey, A. S., Wade, R., Sumrell, R., Villadelgado, L., Khalil, R. E., & Lavis, T. (2017). Exoskeleton Training May Improve Level of Physical Activity After Spinal Cord Injury : A Case Series. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 23(3), 245-255. <https://doi.org/10.1310/sci16-00025>

19. Mehrholz, J., Kugler, J., & Pohl, M. (2012). Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006676.pub3>

20. Gil-Agudo, Á., Megía-García, Á., Pons, J. L., Sinovas-Alonso, I., Comino-Suárez, N., Lozano-Berrio, V., & Del-Ama, A. J. (2023). Exoskeleton-based training improves walking independence in incomplete spinal cord injury patients : Results from a randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 20(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01158-z>

21. Sale, P., Russo, E. F., Scarton, A., Calabrò, R. S., Masiero, S., & Filoni, S. (2018). Training for mobility with exoskeleton robot in spinal cord injury patients : A pilot study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(5), 745-751. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.04819-0>

22. Hornby, T. G., Reisman, D. S., Ward, I. G., Scheets, P. L., Miller, A., Haddad, D., Fox, E. J., Fritz, N. E., Hawkins, K., Henderson, C. E., Hendron, K. L., Holleran, C. L., Lynskey, J. E., & Walter, A. (2020). Clinical Practice Guideline to Improve Locomotor Function Following Chronic Stroke, Incomplete Spinal Cord Injury, and Brain Injury. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 44(1), 49-100. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000303>

23. Van Kammen, K., Boonstra, A., Reinders-Messelink, H., & den Otter, R. (2014). The combined effects of body weight support and gait speed on gait related muscle activity : A comparison between walking in the Lokomat exoskeleton and regular treadmill walking. *PloS One*, 9(9), e107323. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107323>

24. Lam, T., Eng, J., Wolfe, D., Hsieh, J., & Whittaker, M. (2007). A Systematic Review of the Efficacy of Gait Rehabilitation Strategies for Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 13(1), 32-57. <https://doi.org/10.1310/sci1301-32>

25. Yildirim, M. A., Öneş, K., & Gökşenoğlu, G. (2019). Early term effects of robotic assisted gait training on ambulation and functional capacity in patients with spinal cord injury. *TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES*, 49(3), 838-843. <https://doi.org/10.3906/sag-1809-7>
26. Van Vliet, P., & Wing, A. M. (1991). A New Challenge—Robotics in the Rehabilitation of the Neurologically Motor Impaired. *Physical Therapy*, 71(1), 39-47. <https://doi.org/10.1093/ptj/71.1.39>
27. Pinter, M., & Dimitrijevic, M. (1999). Gait after spinal cord injury and the central pattern generator for locomotion. *Spinal Cord*, 37(8), 531-537. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100886>
28. Hayes, S. C., James Wilcox, C. R., Forbes White, H. S., & Vanicek, N. (2018). The effects of robot assisted gait training on temporal-spatial characteristics of people with spinal cord injuries : A systematic review. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 41(5), 529-543. <https://doi.org/10.1080/10790268.2018.1426236>
29. Behrman, A. L., Bowden, M. G., & Nair, P. M. (2006). Neuroplasticity After Spinal Cord Injury and Training : An Emerging Paradigm Shift in Rehabilitation and Walking Recovery. *Physical Therapy*, 86(10), 1406-1425. <https://doi.org/10.2522/ptj.20050212>
30. Mehrholz, J., & Pohl, M. (2012). Electromechanical-assisted gait training after stroke : A systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(3), 193-199. <https://doi.org/10.2340/16501977-0943>
31. *Lokohelp_MTM.pdf*. (s. d.). Consulté 8 mai 2024, à l'adresse https://www.mtm.ca/sn_uploads/product/Lokohelp_MTM.pdf
32. Geigle, P. R., & Kallins, M. (2017). Exoskeleton-Assisted Walking for People With Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(7), 1493-1495. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.12.002>
33. *Lifeward Personal 6.0 Exoskeleton For Spinal Cord Injury*. (s. d.). Lifeward. Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://golifeward.com/products/rewalkpersonal-exoskeleton/>
34. Weiland, S., Smit, I. H., Reinders-Messelink, H., van der Woude, L. H. V., van Kammen, K., & den Otter, R. (2018). The effect of asymmetric movement support on muscle activity during Lokomat guided gait in able-bodied individuals.

PloS One, 13(6), e0198473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198473>

35. Bonanno, M., & Calabrò, R. S. (2023). Robot-Aided Motion Analysis in Neurorehabilitation : Benefits and Challenges. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13233561>

36. Xue, X., Yang, X., Tu, H., Liu, W., Kong, D., Fan, Z., Deng, Z., & Li, N. (2022). The improvement of the lower limb exoskeletons on the gait of patients with spinal cord injury : A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 101(4), e28709. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000028709>

37. Aach, M., Schildhauer, T. A., Zierjacks, A., Jansen, O., Weßling, M., Brinkemper, A., & Grasmücke, D. (2023). Feasibility, safety, and functional outcomes using the neurological controlled Hybrid Assistive Limb exoskeleton (HAL®) following acute incomplete and complete spinal cord injury—Results of 50 patients. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 46(4), 574-581. <https://doi.org/10.1080/10790268.2023.2200362>

38. Lokomat®Pro—Système de rééducation démarche by Hocoma | MedicalExpo. (s. d.). Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.medicalexpo.fr/prod/hocoma/product-68750-438408.html>

39. Tamburella, F., Lorusso, M., Tramontano, M., Fadlun, S., Masciullo, M., & Scivoletto, G. (2022). Overground robotic training effects on walking and secondary health conditions in individuals with spinal cord injury : Systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 19(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01003-9>

40. Xiang, X.-N., Zong, H.-Y., Ou, Y., Yu, X., Cheng, H., Du, C.-P., & He, H.-C. (2021). Exoskeleton-assisted walking improves pulmonary function and walking parameters among individuals with spinal cord injury : A randomized controlled pilot study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 18(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00880-w>

41. Xiang, X.-N., Zhang, L.-M., Zong, H.-Y., Ou, Y., Yu, X., Liu, Y., Jiang, H.-Y., Cheng, H., He, H.-C., & He, C.-Q. (2023). Exoskeleton-Assisted Walking for Pulmonary and Exercise Performances of SCI Individuals. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 31, 39-47. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3215652>

42. Karelis, A. D., Carvalho, L. P., Castillo, M. J., Gagnon, D. H., & Aubertin-

- Leheudre, M. (2017). Effect on body composition and bone mineral density of walking with a robotic exoskeleton in adults with chronic spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(1), 84-87.
<https://doi.org/10.2340/16501977-2173>
43. van Dijsseldonk, R. B., van Nes, I. J. W., Geurts, A. C. H., & Keijsers, N. L. W. (2020). Exoskeleton home and community use in people with complete spinal cord injury. *Scientific Reports*, 10(1), 15600. Medline.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-72397-6>
44. Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., Tolrà-Campanyà, M., Pérez-Cañabate, F., Font-Llagunes, J. M., & Guirao-Cano, L. (2023). *Randomized, Crossover Clinical Trial on the Safety, Feasibility, and Usability of the ABLE Exoskeleton : A Comparative Study with Knee-Ankle-Foot Orthoses* [Preprint]. Rehabilitation Medicine and Physical Therapy.
<https://doi.org/10.1101/2023.04.11.23288209>
45. Home—Eksobionics. (s. d.). The Leader in Exoskeleton Technology. Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://eksobionics.com/>
46. Duddy, D., Doherty, R., Connolly, J., McNally, S., Loughrey, J., & Faulkner, M. (2021). The Effects of Powered Exoskeleton Gait Training on Cardiovascular Function and Gait Performance : A Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(9), 3207. <https://doi.org/10.3390/s21093207>
47. Colombo, G., Joerg, M., Schreier, R., & Dietz, V. (2000). Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(6), 693-700.
48. Colombo, G., Wirz, M., & Dietz, V. (2001). Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients. *Spinal Cord*, 39(5), 252-255. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101154>
49. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement : An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
50. Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009).

The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions : Explanation and elaboration.

Journal of Clinical Epidemiology, 62(10), e1-e34.

<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>

51. Brosseau, L., Laroche, C., Sutton, A., Guitard, P., King, J., Poitras, S., Casimiro, L., Tremblay, M., Cardinal, D., Cavallo, S., Laferrière, L., Grisé, I., Marshall, L., Smith, J. R., Lagacé, J., Pharand, D., Galipeau, R., Toupin-April, K., Loew, L., ... Vaillancourt, V. (2015). [Not Available]. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*, 67(3), 232-239. <https://doi.org/10.3138/ptc.2014-37F>

52. Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics : Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, 66(1), 59.

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>

53. PEDro—Advanced Search. (s. d.). Consulté 14 mai 2024, à l'adresse <https://search.pedro.org.au/advanced-search>

54. Quinn, L., Khalil, H., Dawes, H., Fritz, N. E., Kegelmeyer, D., Kloos, A. D., Gillard, J. W., Busse, M., & for the Outcome Measures Subgroup of the European Huntington's Disease Network. (2013). Reliability and Minimal Detectable Change of Physical Performance Measures in Individuals With Pre-manifest and Manifest Huntington Disease. *Physical Therapy*, 93(7), 942-956.

<https://doi.org/10.2522/ptj.20130032>

55. de Baptista, C. R. J. A., Vicente, A. M., Souza, M. A., Cardoso, J., Ramalho, V. M., & Mattiello-Sverzut, A. C. (2020). Methods of 10-Meter Walk Test and Repercussions for Reliability Obtained in Typically Developing Children. *Rehabilitation Research and Practice*, 2020, 4209812.

<https://doi.org/10.1155/2020/4209812>

56. Lindholm, B., Nilsson, M. H., Hansson, O., & Hagell, P. (2018). The clinical significance of 10-m walk test standardizations in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 265(8), 1829-1835. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8921-9>

57. Forrest, G. F., Hutchinson, K., Lorenz, D. J., Buehner, J. J., VanHiel, L. R., Sisto, S. A., & Basso, D. M. (2014). Are the 10 Meter and 6 Minute Walk Tests Redundant in Patients with Spinal Cord Injury? *PLoS ONE*, 9(5), e94108.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094108>

58. Lam, T., Noonan, V. K., & Eng, J. J. (2008). A systematic review of functional ambulation outcome measures in spinal cord injury. *Spinal Cord*,

46(4), 246-254. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3102134>

59. Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age- and Gender-Related Test Performance in Community-Dwelling Elderly People : Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and Gait Speeds. *Physical Therapy*, 82(2), 128-137. <https://doi.org/10.1093/ptj/82.2.128>

60. Scully, A., & Tan, D. (2019). Within-Assessment Variability of the GAITRite System in People With Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 98(6), 446-449. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001123>

61. Granja Domínguez, A., Romero Sevilla, R., Alemán, A., Durán, C., Hochsprung, A., Navarro, G., Páramo, C., Venegas, A., Lladonosa, A., & Ayuso, G. I. (2023). Study for the validation of the FeetMe® integrated sensor insole system compared to GAITRite® system to assess gait characteristics in patients with multiple sclerosis. *PLOS ONE*, 18(2), e0272596.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272596>

62. Nelson, A. J., Zwick, D., Brody, S., Doran, C., Pulver, L., Rooz, G., Sadownick, M., Nelson, R., & Rothman, J. (2002). The validity of the GaitRite and the Functional Ambulation Performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 255-262.

<https://doi.org/10.3233/NRE-2002-17312>

63. McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai, J. (2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements : A preliminary evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(3), 419-425.

<https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19778>

64. van Hedel, H. J., Wirz, M., & Dietz, V. (2005). Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury : Validity and reliability of 3 walking tests.

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 86(2), 190-196.

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.02.010>

65. Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed "Up & Go" : A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>

66. Ortega-Bastidas, P., Gómez, B., Aqueveque, P., Luarte-Martínez, S., & Cano-de-la-Cuerda, R. (2023). Instrumented Timed Up and Go Test (iTUG)-More Than Assessing Time to Predict Falls : A Systematic Review. *Sensors (Basel)*,

Switzerland), 23(7). <https://doi.org/10.3390/s23073426>

67. *Timed Up and Go (TUG) – Strokengine*. (s. d.). Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://strokengine.ca/fr/assessments/timed-up-and-go-tug/>

68. Shin, J. C., Yoo, J. H., Jung, T.-H., & Goo, H. R. (2011). Comparison of lower extremity motor score parameters for patients with motor incomplete spinal cord injury using gait parameters. *Spinal Cord*, 49(4), 529-533. <https://doi.org/10.1038/sc.2010.158>

69. Maynard, F. M., Bracken, M. B., Creasey, G., Donovan, W. H., Ducker, T. B., Garber, S. L., Marino, R. J., Stover, S. L., Tator, C. H., & Waters, R. L. (1997). International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal cord*, 35(5), 266-274.

70. Chang, S.-H., Afzal, T., Berliner, J., & Francisco, G. E. (2018). Exoskeleton-assisted gait training to improve gait in individuals with spinal cord injury : A pilot randomized study. *Pilot and Feasibility Studies*, 4, 62. <https://doi.org/10.1186/s40814-018-0247-y>

71. Edwards, D. J., Forrest, G., Cortes, M., Weightman, M. M., Sadowsky, C., Chang, S.-H., Furman, K., Bialek, A., Prokup, S., Carlow, J., VanHiel, L., Kemp, L., Musick, D., Campo, M., & Jayaraman, A. (2022). Walking improvement in chronic incomplete spinal cord injury with exoskeleton robotic training (WISE) : A randomized controlled trial. *Spinal Cord*, 60(6), 522-532. <https://doi.org/10.1038/s41393-022-00751-8>

72. Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., Tarragó, R., Chaverri, D., Iglesias, X., Guirao-Cano, L., & Font-Llagunes, J. M. (2022). Comparing walking with knee-ankle-foot orthoses and a knee-powered exoskeleton after spinal cord injury : A randomized, crossover clinical trial. *Scientific Reports*, 12(1), 19150. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23556-4>

73. Qiu, J., Wang, Y., Cheng, H., Wang, L., & Yang, X. (2022). Auditory movement feedforward for a lower-limb exoskeleton device (AIDER) to increase transparency. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 7(3-4), 247-261. <https://doi.org/10.1504/IJHFMS.2022.124303>

74. Xiang, X.-N., Zhang, L.-M., Zong, H.-Y., Ou, Y., Yu, X., Liu, Y., Jiang, H.-Y., Cheng, H., He, H.-C., & He, C.-Q. (2023). Exoskeleton-Assisted Walking for Pulmonary and Exercise Performances of SCI Individuals. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE*

Engineering in Medicine and Biology Society, 31, 39-47.

<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3215652>

75. Edwards, D. J., Forrest, G., Cortes, M., Weightman, M. M., Sadowsky, C., Chang, S.-H., Furman, K., Bialek, A., Prokup, S., Carlow, J., VanHiel, L., Kemp, L., Musick, D., Campo, M., & Jayaraman, A. (2022). Walking improvement in chronic incomplete spinal cord injury with exoskeleton robotic training (WISE) : A randomized controlled trial. *Spinal Cord*, 60(6), 522-532.

<https://doi.org/10.1038/s41393-022-00751-8>

76. Chang, S.-H., Afzal, T., Berliner, J., & Francisco, G. E. (2018). Exoskeleton-assisted gait training to improve gait in individuals with spinal cord injury : A pilot randomized study. *Pilot and Feasibility Studies*, 4, 62.

<https://doi.org/10.1186/s40814-018-0247-y>

77. Bach Baunsgaard, C., Vig Nissen, U., Katrin Brust, A., Frotzler, A., Ribeill, C., Kalke, Y.-B., León, N., Gómez, B., Samuelsson, K., Antepohl, W., Holmström, U., Marklund, N., Glott, T., Opheim, A., Benito, J., Murillo, N., Nachtegaal, J., Faber, W., & Biering-Sørensen, F. (2018). Gait training after spinal cord injury : Safety, feasibility and gait function following 8 weeks of training with the exoskeletons from Ekso Bionics. *Spinal Cord*, 56(2), 106-116.

<https://doi.org/10.1038/s41393-017-0013-7>

78. McIntosh, K., Charbonneau, R., Bensaada, Y., Bhatiya, U., & Ho, C. (2020). The Safety and Feasibility of Exoskeletal-Assisted Walking in Acute Rehabilitation After Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(1), 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.09.005>

79. Okawara, H., Sawada, T., Matsubayashi, K., Sugai, K., Tsuji, O., Nagoshi, N., Matsumoto, M., & Nakamura, M. (2020). Gait ability required to achieve therapeutic effect in gait and balance function with the voluntary driven exoskeleton in patients with chronic spinal cord injury : A clinical study. *Spinal Cord*, 58(5), 520-527. <https://doi.org/10.1038/s41393-019-0403-0>

80. Stampacchia, G., Olivieri, M., Rustici, A., D'Avino, C., Gerini, A., & Mazzoleni, S. (2020). Gait rehabilitation in persons with spinal cord injury using innovative technologies : An observational study. *Spinal Cord*, 58(9), 988-997. <https://doi.org/10.1038/s41393-020-0454-2>

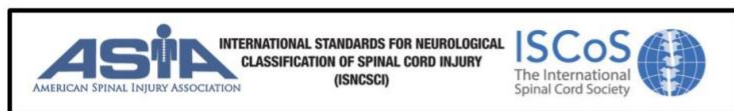
81. Zierliacks, A., Aach, M., Brinkemper, A., Koller, D., Schildhauer, T. A., & Grasmücke, D. (2021). Rehabilitation of Acute Vs. Chronic Patients With Spinal

- Cord Injury With a Neurologically Controlled Hybrid Assistive Limb Exoskeleton : Is There a Difference in Outcome? *Frontiers in Neurorobotics*, 15((Zierjacks A.; Aach M.; Grasmücke D.) Department of Spinal Cord Injuries, BG University Hospital Bergmannsheil, Bochum, Germany). Embase. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.728327>
82. Khan, A. S., Livingstone, D. C., Hurd, C. L., Duchcherer, J., Misiaszek, J. E., Gorassini, M. A., Manns, P. J., & Yang, J. F. (2019). Retraining walking over ground in a powered exoskeleton after spinal cord injury : A prospective cohort study to examine functional gains and neuroplasticity. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 16(1), 145. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0585-x>
83. Gupta, A., Prakash, N., & Honavar, P. (2023). Gait training with robotic exoskeleton assisted rehabilitation system in patients with incomplete traumatic and non-Traumatic spinal cord injury : A pilot study and review of literature. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 26(7), S26-S31. Embase. https://doi.org/10.4103/aian.aian_1075_21
84. Tefertiller, C., Hays, K., Jones, J., Jayaraman, A., Hartigan, C., Bushnik, T., & Forrest, G. F. (2018). Initial Outcomes from a Multicenter Study Utilizing the Indego Powered Exoskeleton in Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 24(1), 78-85. <https://doi.org/10.1310/sci17-00014>
85. Chang, S.-H., Zhu, F., Patel, N., Afzal, T., Kern, M., & Francisco, G. E. (2020). Combining robotic exoskeleton and body weight unweighing technology to promote walking activity in tetraplegia following SCI: A case study. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 43(1), 126-129. <https://doi.org/10.1080/10790268.2018.1527078>
86. Nooijen CF; ter Hoeve N; Field-Fote EC. (2009). Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach. *Journal of NeuroEngineering & Rehabilitation* 2009 Oct 2;6(36):Epub. Downloaded from PEDro <http://www.pedro.org.au>.
87. Mohandas Nair, P., George Hornby, T., & Louis Behrman, A. (2012). Minimal Detectable Change for Spatial and Temporal Measurements of Gait After Incomplete Spinal Cord Injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 18(3), 273-281. <https://doi.org/10.1310/sci1803-273>
88. Wright, M. A., Herzog, F., Mas-Vinyals, A., Carnicero-Carmona, A., Lobo-

- Prat, J., Hensel, C., Franz, S., Weidner, N., Vidal, J., Opisso, E., & Rupp, R. (2023). Multicentric investigation on the safety, feasibility and usability of the ABLE lower-limb robotic exoskeleton for individuals with spinal cord injury : A framework towards the standardisation of clinical evaluations. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 20(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01165-0>
89. Shackleton, C., Evans, R., Shamley, D., West, S., & Albertus, Y. (2019). Effectiveness of over-ground robotic locomotor training in improving walking performance, cardiovascular demands, secondary complications and user-satisfaction in individuals with spinal cord injuries : A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 51(10), 723-733. <https://doi.org/10.2340/16501977-2601>
90. Adams, M. M., & Hicks, A. L. (2011). Comparison of the effects of body-weight-supported treadmill training and tilt-table standing on spasticity in individuals with chronic spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 34(5), 488-494. <https://doi.org/10.1179/2045772311Y.0000000028>

8 Annexes

8.1 Annexe 1 : Score ASIA⁹²



Nom du patient _____ Date / heure de l'examen _____

Nom de l'examineur _____ Signature _____



DROITE				MOTEUR		SENSITIF		POINTS SENSITIFS CLÉS		TOUCHER (LTD)		PIQÛRE (PPD)		GAUCHE		MOTEUR		POINTS SENSITIFS CLÉS		TOUCHER (LTG)		PIQÛRE (PPG)					
				C2												C2											
				C3												C3											
				C4												C4											
				C5		Flexion du coude										C5		Flexion du coude									
				C6		Extension du poignet										C6		Extension du poignet									
				C7		Extension du coude										C7		Extension du coude									
				C8		Flexion du majeur										C8		Flexion du majeur									
				T1		Abduction du 5ème doigt										T1		Abduction du 5ème doigt									
MSD (membre supérieur droit)				T2												T2											
				T3												T3											
				T4												T4											
				T5												T5											
				T6												T6											
				T7												T7											
				T8												T8											
				T9												T9											
				T10												T10											
				T11												T11											
MID (membre inférieur droit)				L1												L1											
				L2		Flexion de la hanche										L2		Flexion de la hanche									
				L3		Extension du genou										L3		Extension du genou									
				L4		Dorsiflexion de cheville										L4		Dorsiflexion de cheville									
				L5		Extension du gros orteil										L5		Extension du gros orteil									
				S1		Flexion plantaire de cheville										S1		Flexion plantaire de cheville									
				S2												S2											
				S3												S3											
				S4-5												S4-5											
				(VAC) Contraction Anale Volontaire (Oui / Non)												(VAC) Contraction Anale Volontaire (Oui / Non)											
TOTAL DROITE														TOTAL GAUCHE													
(MAXIMUM)				(50)		(56)		(56)		(56)				(50)				(MAXIMUM)		(56)		(112)					
SCORES MOTEURS										SCORES SENSITIFS																	
MSD + MSG = MS TOTAL										LTD + LTG = LT TOTAL										PPD + PPG = PP TOTAL							
MAX (25)				(25)		(50)		MAX (25)		(25)		(50)		MAX (56)				(56)		(112)		MAX (56)				(112)	
NIVEAUX NEUROLOGIQUES										4. COMPLETE OU INCOMPLETE								ZONE DE PRÉSERVATION PARTIELLE									
Étapes de classification 1 à 5 au verso										Incomplète : toute fonction motrice ou sensitive en S4-5								SENSITIVE MOTRICE									
1. SENSITIF										3. NIVEAU LÉSIONNEL																	
2. MOTEUR																											

Ce formulaire peut être copié librement, mais ne peut pas être modifié dans la permission de l'American Spinal cord Injury Association.

Radiguer et de Crouy, 2018

Cotation fonction musculaire

0 = paralysie totale
1 = contraction visible ou palpable
2 = mouvement actif dans son amplitude complète, sans pesanteur
3 = mouvement actif dans son amplitude complète, contre pesanteur
4 = mouvement actif dans son amplitude complète, contre résistance
5 = mouvement normal (dans son amplitude complète, contre résistance complète)
NT = non testable (immobilisation, douleur, amputation, hypertonie sur > 50% amplitude du mouvement)

Cotation sensitive

0 = absente
1 = diminuée (appréciation partielle ou altérée, incluant hyperesthésie)
2 = normale
NT = non testable

Fonctions musculaires non clés (facultatif)

Peut être utilisé pour attribuer un niveau moteur et différencier AIS B vs C

Mouvement	Racine
Epaule : flexion, extension, abduction, adduction, rotation interne et externe Coude : supination Coude : pronation Poignet : flexion	C5 C6
Doigts : flexion, extension Pouce : flexion, extension, abduction dans le plan	C7
Doigts : flexion MCP Pouce : opposition, adduction et abduction dans le plan perpendiculaire à la paume	C8
Doigts : abduction de l'index Hanche : adduction	T1 L2
Hanche : rotation externe Hanche : extension, abduction, rotation Interne	L3 L4
Genou : flexion Cheville : inversion et éversion Orteils : extension MTP et IP	
Hallux et Orteils : flexion et abduction IPP et IPD Hallux : adduction	L5 S1

Echelle de déficience ASIA

A = Complet : aucune sensibilité ou motricité dans le territoire S4-S5.

B = Incomplet sensitif : la sensibilité mais pas la motricité est préservée au dessous du niveau lésionnel, en particulier dans le territoire S4-S5.

C = Incomplet moteur : la motricité est préservée au dessous du niveau lésionnel et plus de la moitié des muscles testés au dessous de ce niveau a un score < 3 (motricité non fonctionnelle).

D = Incomplet moteur : la motricité est préservée au dessous du niveau lésionnel et au moins la moitié des muscles testés au dessous de ce niveau a un score ≥ 3.

E = Normal : la sensibilité et la motricité sont normales. Il peut persister des anomalies des réflexes.



Etapes de la classification

- Déterminer les niveaux sensitifs pour les côtés droit et gauche.
Le niveau sensitif est le dernier dermatome sain pour la piqure et le toucher.
- Déterminer les niveaux moteurs pour les côtés droit et gauche.
Défini par le dernier muscle clé côté ≥ 3, à condition que les muscles sus-jacents soient considérés intacts.
Note : dans les régions où il n'y a pas de myotome à tester, le niveau moteur est présumé être le même que le niveau sensoriel, si la fonction motrice testable au dessus de ce niveau est également normale.
- Déterminer le niveau lésionnel
Il s'agit de la partie la plus distale avec sensibilité intacte et force musculaire antigravitaire (≥ 3), pourvu qu'il y ait au-dessus respectivement une fonction normale. Le niveau lésionnel est la plus proximal des niveaux sensoriels et moteurs déterminés dans les étapes 1 et 2.
- Déterminer si la lésion est complète ou incomplète.
(c'est à dire l'absence ou la présence d'épargne sacrée)
Si la contraction anale volontaire = **Non** ET tous scores sensoriels S4-S5 = **0** ET la pression anale profonde = **Non**, alors la lésion est considérée comme **Complète**. Sinon, la lésion est **Incomplète**.

5. Déterminer le score de déficience ASIA

Est-ce une lésion complète ? Si **OUI**, **ASIA = A** et noter la zone de préservation partielle (dernier dermatome ou myotome de chaque côté avec une préservation)

Est-ce une lésion motrice complète ? Si **OUI**, **ASIA = B**
(Non = contraction anale volontaire OU présence d'une fonction motrice sur plus de trois niveaux au-dessous du niveau moteur sur un côté donné, si le patient a une classification sensitive incomplète)

Y a-t'il au moins la moitié (moitié ou plus) des muscles clés en dessous du niveau neurologique lésionnel classés 3 ou mieux ?

NON → **ASIA = C**
OUI → **ASIA = D**

Si la sensation et la fonction motrice sont normales dans tous les segments, alors **ASIA = E** (si ATCD lésion documentée)

8.1 Annexe 2 : Guidelines PRISMA⁹³

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	

Page 1 of 2

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit: www.prisma-statement.org.

Page 2 of 2

8.2 Annexe 3 : Équation de recherche PubMed

("spinal cord trauma"[All Fields] OR "cord trauma spinal"[All Fields] OR "spinal cord traumas"[All Fields] OR "trauma spinal cord"[All Fields] OR "traumatic myelopathies"[All Fields] OR "traumatic myelopathy"[All Fields] OR "injuries spinal cord"[All Fields] OR "cord injuries spinal"[All Fields] OR "cord injury spinal"[All Fields] OR "injury spinal cord"[All Fields] OR "spinal cord injury"[All Fields] OR "spinal cord transection"[All Fields] OR ("spinal cord injuries"[MeSH Terms] OR ("spinal"[All Fields] AND "cord"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "spinal cord injuries"[All Fields] OR ("cord"[All Fields] AND "transections"[All Fields] AND "spinal"[All Fields])) OR "spinal cord transections"[All Fields] OR "spinal cord transections"[All Fields] OR "transections spinal cord"[All Fields] OR "transection spinal cord"[All Fields] OR "spinal cord laceration"[All Fields] OR "laceration spinal cord"[All Fields] OR "post-traumatic myelopathy"[All Fields] OR "post-traumatic myelopathies"[All Fields] OR "spinal cord contusion"[All Fields] OR "contusion spinal cord"[All Fields] OR "contusions spinal cord"[All Fields] OR "cord contusions spinal"[All Fields] OR "spinal cord contusions"[All Fields] OR "spinal cord injuries"[MeSH Terms]) AND ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR (((((((((((((((((((((((((((((((("exoskeleton device"[All Fields] OR "exoskeleton devices"[All Fields] OR "device exoskeleton"[All Fields] OR ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "exoskeleton device"[All Fields] OR ("devices"[All Fields] AND "exoskeleton"[All Fields]) OR "devices exoskeleton"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "exoskeleton device"[All Fields] OR ("robotic"[All Fields] AND "exoskeleton"[All Fields]) OR "robotic exoskeleton"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "exoskeleton device"[All Fields] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "robotic"[All Fields]) OR "exoskeleton robotic"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "exoskeleton device"[All Fields] OR ("exoskeletons"[All Fields] AND "robotic"[All Fields]) OR "exoskeletons robotic"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("exoskeleton device"[MeSH Terms] OR ("exoskeleton"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "exoskeleton device"[All Fields] OR ("robotic"[All

Fields] AND "exoskeletons"[All Fields]) OR "robotic exoskeletons"[All Fields]))
AND ("gait"[MeSH Terms] OR ("gait"[MeSH Terms] OR "gait"[All Fields]))
AND ("gait analysis"[MeSH Terms] OR ("gait"[All Fields] AND "analysis"[All
Fields]) OR "gait analysis"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("gait
analysis"[MeSH Terms] OR ("gait"[All Fields] AND "analysis"[All Fields]) OR
"gait analysis"[All Fields] OR ("analysis"[All Fields] AND "gait"[All Fields]) OR
"analysis gait"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH
Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking
speed"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH Terms]
OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking speed"[All
Fields] OR ("speed"[All Fields] AND "walking"[All Fields]) OR "speed
walking"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH
Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking
speed"[All Fields] OR ("speeds"[All Fields] AND "walking"[All Fields]) OR
"speeds walking"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking
speed"[MeSH Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR
"walking speed"[All Fields] OR ("gait"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR
"gait speed"[All Fields])) AND "OR g"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH
Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking
speed"[All Fields] OR ("gait"[All Fields] AND "speeds"[All Fields]) OR "gait
speeds"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH
Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking
speed"[All Fields] OR ("walking"[All Fields] AND "pace"[All Fields]) OR
"walking pace"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking
speed"[MeSH Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR
"walking speed"[All Fields] OR ("pace"[All Fields] AND "walking"[All Fields])
OR "pace walking"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("walking
speed"[MeSH Terms] OR ("walking"[All Fields] AND "speed"[All Fields]) OR
"walking speed"[All Fields] OR ("paces"[All Fields] AND "walking"[All Fields]))
AND "OR"[All Fields]) AND ("walking speed"[MeSH Terms] OR ("walking"[All
Fields] AND "speed"[All Fields]) OR "walking speed"[All Fields] OR
("walking"[All Fields] AND "paces"[All Fields]) OR "walking paces"[All Fields]))
AND "oxygen consumption"[MeSH Terms]) AND ("oxygen consumption"[MeSH
Terms] OR ("oxygen"[All Fields] AND "consumption"[All Fields]) OR "oxygen

consumption"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("oxygen consumption"[MeSH Terms] OR ("oxygen"[All Fields] AND "consumption"[All Fields]) OR "oxygen consumption"[All Fields] OR ("oxygen"[All Fields] AND "consumptions"[All Fields]) OR "oxygen consumptions"[All Fields])) AND "OR"[All Fields]) AND ("oxygen consumption"[MeSH Terms] OR ("oxygen"[All Fields] AND "consumption"[All Fields]) OR "oxygen consumption"[All Fields] OR ("consumption"[All Fields] AND "oxygen"[All Fields]) OR "consumption oxygen"[All Fields]))

8.3 Annexe 4 : Équation de recherche EMBASE

('spinal cord injury'/mj OR 'injury, spinal cord':ti,ab OR 'spinal cord injuries':ti,ab OR 'spinal cord injury':ti,ab OR 'spinal cord trauma':ti,ab OR 'trauma, spinal cord':ti,ab OR 'spinal cord laceration' OR 'spinal cord contusion'/exp) AND ('exoskeleton (rehabilitation)'/mj OR 'exoskeleton (motorized)':ti,ab OR 'exoskeleton (orthoses)':ti,ab OR 'exoskeleton (orthotics)':ti,ab OR 'exoskeleton (powered)':ti,ab OR 'exoskeleton (prostheses)':ti,ab OR 'exoskeleton (prosthetic)':ti,ab OR 'exoskeleton (rehabilitation)':ti,ab OR 'exoskeleton (wearable)':ti,ab OR 'exoskeleton device':ti,ab OR 'exoskeleton, orthosis':ti,ab OR 'exoskeletons, orthosis':ti,ab OR 'orthosis exoskeleton':ti,ab OR 'orthosis exoskeletons':ti,ab OR 'exoskeleton device') AND ('gait'/mj OR 'biped gait':ti,ab OR 'gait':ti,ab OR 'gait analysis':ti,ab OR 'gait training':ti,ab OR 'pattern, walking':ti,ab OR 'walking pattern':ti,ab OR 'oxygen consumption'/mj OR 'o2 consumption':ti,ab OR 'o2 uptake':ti,ab OR 'oxygen consumption':ti,ab OR 'oxygen demand':ti,ab OR 'oxygen intake':ti,ab OR 'oxygen requirement':ti,ab OR 'oxygen uptake':ti,ab OR 'oxygen utilization':ti,ab)

8.4 Annexe 5 : Équation de recherche Cochrane

((MeSH descriptor :[Gait] explode all trees) OR (gait OR 'gait training' OR 'gait walking' OR 'speed walking' OR 'gaits') :ti,ab,kw) AND ((MeSH descriptor : [spinal Cord Injuries] explode all trees) OR (spinal cord injury :ti,ab,kw AND ('spinal cord lacerations' OR 'spinal cord trauma' OR 'myelopathy trauma' OR 'spinal cord contusion')) :ti,ab,kw) AND ((MeSH descriptor : [exoskeleton device] explode all trees) OR ('exoskeleton device' OR 'exoskeleton deviecs' OR robotic device') :ti,ab,kw)

8.5 Annexe 6 : Critères PEDro⁹⁴

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non ☐ oui ☐	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non ☐ oui ☐	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non ☐ oui ☐	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non ☐ oui ☐	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non ☐ oui ☐	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non ☐ oui ☐	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non ☐ oui ☐	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

- Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

8.6 Annexe 7 : Score PEDro des études sélectionnées

Articles	Xiang et Al. (2021)	Agudo et Al. (2023)	Chang et Al. (2018)	Edwards et Al. (2022)	Xiang et Al. (2023)	Rodríguez-Fernández et Al. (2022)	Rodríguez-Fernández et Al. (2023)
Critères d'éligibilité	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Répartition aléatoire	1	1	1	1	1	1	1
Assignment secrète	1	1	1	0	1	1	1
Comparabilité de base	1	1	1	1	0	1	1
Sujets en aveugle	1	1	0	0	1	1	1
Thérapeutes en aveugle	0	0	0	0	0	0	0
Évaluateurs en aveugle	0	0	0	0	0	0	0
Suivi adéquat des résultats	1	1	0	1	1	1	1
Analyses en intention de	1	1	0	0	1	1	1
Comparaison inter-groupe	1	1	1	1	1	1	1
Estimation de l'effet	1	1	1	1	1	1	1
Total	8	8	5	5	7	7	7

Cadre jaune: qualité méthodologique moyenne, cadre vert: bonne qualité méthodologique.

8.7 Annexe 8: 10 Meter Walking Test (10MWT)⁹⁵

10 Meter Walking Test (10 MWT)

Assessment Overview

Assessment Area

ICF Domain:

Activity

Subcategory:

Mobility

You Will Need

Length:

Less than 5 minutes

Equipment:

14m corridor

Stopwatch

Scoring:

The time (to the nearest second) is reported.

Walking speed (m/s) can be calculated by dividing 10 metres by time in seconds.

Summary

The 10 Meter Walking Test (10 MWT) assesses short duration walking speed (m/s). It has been used in various patient populations including stroke, Parkinson's disease, general neurologic movement disorders and SCI.

The 10 Meter Walking Test (10 MWT) is clinician-administered, and measures the time required to walk 10 meters. The test is performed using a "flying start": the patient walks 14 meters and the time is measured for the intermediate 10 meters.

The individual performing the test:

- ☐ Walks at his/her preferred walking speed,
- ☐ May use their usual assistive devices (e.g. braces, walker), and
- ☐ Must wear shoes.

Availability

Available for free here (Under How to Use):

<https://scireproject.com/outcome-measures/outcome-measure-tool/10-meter-walking-test-10-mwt/#1467983894177-6b9fb7a3-f550>

Video: <https://www.scireproject.com/outcome-measures/video>

Assessment Interpretability

Minimal Clinically Important Difference

0.15 m/s

(Forrest et al. 2014; n=249, 190 male, incomplete SCI, outpatient, median time since injury = 0.7 years)

Statistical Error

Standard Error of Measurement:

0.05 m/s

(Lam et al. 2008, calculated from measurements made in van Hedel et al. 2005; n=22, 14 males, mixed injury types, no information on chronicity)

Minimal Detectable Change:

0.105 m/s

(Tester et al. 2016; N=72, 57 male; 20 sessions of locomotor training; mixed injury type; median (range) time post-SCI = 0.7 (0.1-14.7) years)

Typical Values

Median (range) Scores:

All individuals: 0(0-2.0)-0(0-2.6)

AIS-A/B: All non-ambulatory

AIS-C: 0(0-0.5)-0(0-1.7)

AIS-D: 0.3(0-2.0)-0.8(0-2.6)

(Post locomotor training; Harkema et al. 2016; N=152, 123 male; mixed injury type; median (range) time post-SCI = 0.9 (0.1-45.2) years)

Threshold Values:

Not established in SCI, but for stroke patients:

Household ambulation: < 0.4 m/s

Limited community ambulation:

0.4 – 0.8 m/s

Full community ambulation: > 0.8 m/s

(Perry et al., 1995, N=147, stroke patients)

8.8 **Annexe 9** : 6 Minutes Walking Test (6MWT)⁹⁶



6 MINUTE WALK TEST (6MWT)

Orange text indicates that the reference was also critically appraised and cited in the publication "A Core Set of Outcome Measures for Adults with Neurologic Conditions Undergoing Rehabilitation: A Clinical Practice Guideline". Journal of Neurologic Physical Therapy 2018; 42(2): 174-220.

Instructions:^{1,2}

- Please refer to the protocol for standardized administration of the 6MWT. This can be found at: <http://neuropt.org/practice-resources/anpt-clinical-practice-guidelines/core-outcome-measures-cpg>
- This protocol includes standardized instructions, timing and examples of encouragement to provide during the test.

Scoring:^{1,2}

- Distance (in meters) covered in six minutes is calculated by multiplying the number of total laps by 12 meters, then adding the distance of the partial lap completed at the time the test ended.

Considerations:³⁻⁵

- Document any assistive device/bracing used.
- Document the amount of assistance using the 7-point ordinal scale described in the standardized administration protocol.
- If a patient requires total assistance, is unable to ambulate, or requires assistance for limb swing or forward propulsion, a score of 0 should be documented.
- If your patient needs to sit and rest, the test stops and this distance is recorded as the 6MWT score.

What Does my Patient's Score Mean?*

- Normative values may be used in conjunction with a complete evaluation to interpret the meaning of a patient's 6MWT.
- Community-dwelling Elderly (n=96, non-smoking, independent function, no dizziness, no assistive device use).⁶

AGE	MALE	FEMALE
60-69 yrs	572 meters	538 meters
70-79 yrs	527 meters	471 meters
80-89 yrs	417 meters	392 meters

- Or, calculate the normal distance (in meters) for their gender, age, height, and weight using these equations (n=290, healthy adults 40-80yo)⁷:

MEN: distance = (7.57 × height cm) - (5.02 × age) - (1.76 × weight kg) - 309

WOMEN: distance = (2.11 × height cm) - (2.29 × weight kg) - (5.78 × age) + 667

**Healthy age- and gender-matched normative values and reference equations were calculated using longer course configurations than the protocol recommendation. Exercise caution when comparing walking distances achieved on the 12 m course outlined in the ANPT protocol to these normative values.*

What Constitutes a Change in Walking Distance?*

Change can be determined using values of Minimal Detectable Change (MDC) and Minimal Clinically Important Difference (MCID). MDC is the minimal change required to ensure the change is not the result of measurement error. MCID is the minimal change required for the patient to also feel an improvement in the construct being measured.

[†]Denotes that the MDC was calculated from the Standard Error of the Measure.

- Alzheimer's Disease:
 - MDC: 33.5 meters(m)⁸
- Geriatrics:
 - MDC[†]: 58.2 m⁹

- Huntington's Disease (HD):
 - MDC (premanifest HD): 39.2 m¹
 - MDC (manifest HD): 86.6 m¹
 - MDC (early stage HD): 56.6 m¹
 - MDC (middle stage HD): 126.14 m¹
 - MDC (late stage HD): 70.7 m¹
- Multiple Sclerosis (mean EDSS= 3.5)
 - MDC: 88m or 20% change¹⁰
- Parkinson Disease (Hoehn & Yahr 1-4, median 2):
 - MDC: 82 m¹¹
- Spinal Cord Injury:
 - MDC (Incomplete injuries, < 12 months post-injury): 45.8 m¹²
 - MCID (ASIA scale C/D, chronic SCI): 0.1 m/s change in gait speed using distance covered on 6MWT¹³
- Stroke:
 - MDC (chronic, >12 months post-stroke, BBS= 46-55): 34.4m¹⁴
 - MDC (chronic, 6-48 months post-stroke, ability to ambulate 300m): 36.6 m¹⁵
 - MDC⁺ (subacute, 30-150 days post-stroke): 61.0 m⁶
 - MCID (chronic, >6 months post-stroke): 34.4 m¹⁶
 - MCID (2-6 months post-stroke, ability to walk 3 m with < max assist):
 - when initial gait speed <0.40 m/s = 44 m¹⁷
 - when initial gait speed ≥0.40 m/s = 71 m¹⁷

*All change values were calculated from 6 minute walk protocols that varied in course walkway length and configuration. Exercise caution when comparing walking distances achieved on the 12 m course outlined in the ANPT protocol

REFERENCES

1. Quinn L, Khalil H, Dawes H, et al. Reliability and minimal detectable change of physical performance measures in individuals with pre-manifest and manifest Huntington disease. *Phys Ther.* 2013;93(7):942-956. doi:10.2522/ptj.20130032
2. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-117.
3. Tyson S, Connell L. The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2009. 23(11): p. 1018-33.
4. Watson MJ. Refining the ten-metre walking test for use with neurologically impaired people. *Physiother.* 2002;88(7):386-397.3. Stephens JM, Goldie PA. Walking speed on parquetry and carpet after stroke: effect of surface and retest reliability. *Clin Rehabil.* 1999;13(2):171-181.
5. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, et al. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(5):487-499.
6. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther.* 2002;82(2):128-137.
7. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998. doi:10.1164/ajrccm.161.4.16147a
8. Ries JD, Echternach JL, Nof L, Gagnon Blodgett M. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "up & go" test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther.* 2009. doi:10.2522/ptj.20080258
9. Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2006. doi:10.1111/j.1532-5415.2006.00701.x
10. Learmonth YC, Dlugonski DD, Pilutti LA, Sandroff BM, Motl RW. The reliability, precision and clinically meaningful change of walking assessments in multiple sclerosis. *Mult Scler J.* 2013. doi:10.1177/1352458513483890
11. Steffen T, Seney M. Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-Item Short-Form Health Survey, and the Unified Parkinson Disease Rating Scale in people with Parkinsonism. *Phys Ther.* 2008. doi:10.2522/ptj.20070214
12. Lam T, Noonan VK, Eng JJ. A systematic review of functional ambulation outcome measures in spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2008. doi:10.1038/sj.sc.3102134
13. Forrest GF, Hutchinson K, Lorenz DJ, et al. Are the 10 meter and 6 minute walk tests redundant in patients with spinal cord injury? *PLoS One.* 2014. doi:10.1371/journal.pone.0094108
14. Eng JJ, Dawson AS, Chu KS. Submaximal Exercise in Persons with Stroke: Test-Retest Reliability and Concurrent Validity with Maximal Oxygen Consumption. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004. doi:10.1016/S0003-9993(03)00436-2
15. Flansbjerg UB, Holmbäck AM, Downham D, Patten C, Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med.* 2005. doi:10.1080/16501970410017215
16. Tang A, Eng JJ, Rand D. Relationship between perceived and measured changes in walking after stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2012. doi:10.1097/NPT.0b013e318262dbd0
17. Fulk GD, He Y. Minimally clinically important difference of the 6-Minute Walk Test in people with stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2018; 42: 235-240.

Referenced information was reviewed by the Core Measures KT Taskforce in 2019 at www.neuropt.org. Some values are condition specific and caution should be used in generalizing them to all patients.

8.9 Annexe 10 : Timed Up and Go test (TUG)⁹⁷



Timed Up and Go (TUG) Test

► Instructions

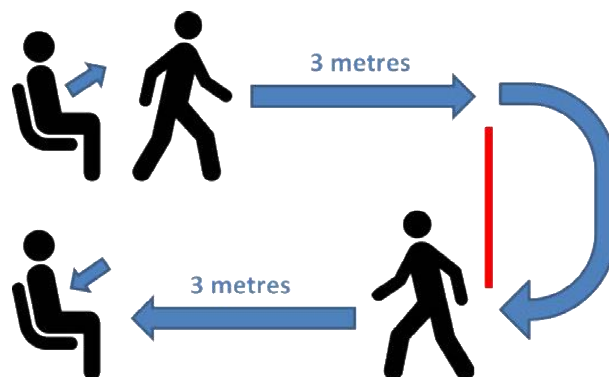
The test can be performed with any patient able to stand up from a chair and walk several metres.

1. Patients may use an assistive device, if needed.
2. Begin by having the patient sit back in a standard chair and point out a line 3 metres away on the floor.
3. Start the timer on the word “Go”.
4. Stop the timer when the patient has sat back down in the chair.

Directions to the patient:

When I say “Go”, I want you to:

- ☐ Stand up from the chair.
- ☐ Walk to the line on the floor at your normal pace.
- ☐ Turn.
- ☐ Walk back to the chair at your normal pace.
- ☐ Sit down again.



Time to complete TUG test:

Observe the patient’s postural stability, gait, stride length, and sway
Notes:

SCORING: A TUG time of > 10 seconds suggests an increased risk of frailty and the need for further clinical review.

References:

1. Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 1414.
2. General Practice Services Committee, Fall Prevention Resources, Timed Up and Go test. Available from: http://www.gpsc.bc.ca/sites/default/files/Timed%20Up%20and%20Go%20Test_Final-June7_0.pdf.

Résumé du mémoire

Introduction

Cette revue de la littérature avait pour objectif de montrer les effets de la rééducation avec exosquelette portable (EP) sur la marche des sujets atteints de lésions médullaires complètes et incomplètes.

Méthodologie

La recherche d'études a été faite sur trois bases de données : PubMed, Embase et Cochrane. Les équations de recherches qui ont découlées des critères PICO's, ainsi que la lecture des articles et les critères d'inclusion et d'exclusion ont permis de sélectionner sept études pour cette revue. Différents tests ont été utilisés à cet effet : le 10MWT, le 6MWT, et le GAITrite. Le TUG et le LEMS ont évalués la fonction motrice.

Résultats

Les études comprises dans cette revue ont montré que la rééducation par EP avait un effet sur la vitesse de marche, la distance de marche, la longueur du pas, la cadence, la force musculaire des membres inférieurs et l'équilibre des participants. Elles n'ont toutefois pas mis en évidence de différence significatives entre la rééducation avec EP et la rééducation conventionnelle pour les paramètres spatio-temporels de la marche. Seule une étude a montré un plus grand effet pour la longueur de pas dans le groupe EP.

Conclusion

Les résultats obtenus dans ces études montrent une amélioration similaire des paramètres spatio-temporels de la marche au sein des deux groupes de cette revue. L'utilisation des EP apporte aussi des bienfaits au quotidien et diminue la charge physique des thérapeutes.