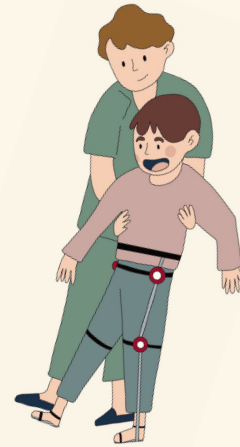


# L'exosquelette dans la rééducation à la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale

## Une revue systématique descriptive



### Introduction

La paralysie cérébrale (PC) est une pathologie complexe provoquant des troubles permanents du développement du mouvement et de la posture avec diverses comorbidités<sup>1</sup>. Elle peut impacter plus ou moins sévèrement la marche<sup>2</sup>. De nombreuses voies de thérapies ont pour but d'améliorer la marche des enfants atteints de PC, dont l'utilisation novatrice d'exosquelette sans support du poids du corps<sup>3</sup>.

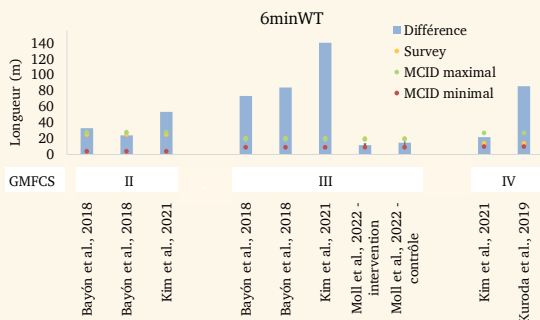
#### But de la revue :

Evaluer les effets de l'utilisation des exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables pour la rééducation à la marche chez les enfants atteints de PC

### Résultats

9 études incluses avec différents design

Les améliorations du test de 6 minutes de marche après l'utilisation d'exosquelette en fonction de la gravité de la PC des patients (score GMFCS) sont visible sur le graphique ci dessous:



Test de 6 minutes de marche; GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Après l'analyse de tous les *outcomes* :

**GMFCS II:** Améliorations cliniquement importantes du 6minWT et du score GMFM-88 (total et dimension D)

**GMFCS III:** Améliorations cliniquement importantes pour les 6 items analysés

**GMFCS IV:** Améliorations uniquement du 6minWT et du score GMFM-88 total

1

2

3

4

### Méthode

Revue systématique de la littérature, sur les principes de PRISMA 2020

Recherche d'études scientifiques dans les bases de données suivantes: *Embase, Cochrane, Pubmed, Cinahl, Pedro et SwissCovary*

- P** Enfants atteints de PC
- I** Exosquelette, rééducation à la marche
- C** Thérapie traditionnelle vs thérapie avec exosquelette
- O** Vitesse de marche, test de 6 minutes de marche (6minWT), cadence, *Gross Motor Function Measure of 88 Items* (GMFM-88) total, dimension D, dimension E

Analyse des résultats grâce aux valeurs des différences minimales cliniquement importantes (MCID) et des valeurs *survey*

### Discussion

Utilisation d'exosquelettes polyarticulés motorisés et portables dans la rééducation à la marche des enfants atteints de PC:

- Améliorations cliniques non-négligeables
- Pas de résultats statistiquement significatifs
- Pas de recommandations d'utilisation (intensité, temps, récurrence)
- Manque de recherches primaires de qualité méthodologique supérieur
- Nécessite des études avec des populations plus homogènes

### Take home message

Les exosquelettes représentent beaucoup d'espoir, mais leurs effets sur la marche chez les enfants atteints de PC nécessitent d'être plus amplement étudiés.



#### Contact

Lucie Widmer (lucie1999@bluewin.ch)  
Manon Dénervaud (manon.denervaud@gmail.com)  
Sous la direction de Jonas Denking (jonas.denking@hes-so.ch)



**Hes·so** VALAIS WALLIS  
Haute Ecole de Santé  
Hochschule für Gesundheit

#### Références

- Sellier et al., & Surveillance of Cerebral Palsy Network. (2016). Decreasing prevalence in cerebral palsy: A multi-site European population-based study, 1980 to 2003.
  - Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., & Bax, M. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006.
  - Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Illustrations partiellement générées par Canva ©, 2023 <https://www.canva.com>

**Utilisation d'un exosquelette motorisé polyarticulé et  
portable pour la rééducation à la marche chez les enfants  
atteints de paralysie cérébrale. Une revue systématique**

**LUCIE WIDMER**

**Etudiante HES – Filière Physiothérapie**

**MANON DENERVAUD**

**Etudiante HES – Filière Physiothérapie**

**Directeur de travail de Bachelor : JONAS DENKINGER**

**TRAVAIL DE BACHELOR**

**Déposé à Loèche-les-bains (VS-CH) le 09 juin 2023**

**En vue de l'obtention d'un**

**Bachelor of sciences HES-SO in Physiotherapy**

## **Résumé**

### **Introduction**

La paralysie cérébrale (PC) est la déficience motrice la plus courante en pédiatrie et affecte la marche. Les exosquelettes développés pour la population pédiatrique arrivent sur le marché et avec eux l'espoir de nouvelles voies thérapeutiques. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de l'utilisation des exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables dans la rééducation à la marche chez les enfants atteints de PC.

### **Méthode**

Six bases de données ont été utilisées. Le tri et la sélection des articles ont été réalisés en double aveugle en fonction de critères d'éligibilité. Le risque de biais des études a été évalué et une analyse de l'hétérogénéité de la population et des interventions a été réalisée. Les résultats ont été analysés grâce aux valeurs des différences minimales cliniquement importantes (MCID).

### **Résultats**

Neuf études de design différents ont été incluses. Des améliorations cliniquement importantes ont été observées pour le test de six minutes de marche et le score GMFM-88 des patients, indépendamment de leur score GMFCS. Plus globalement, des améliorations plus importantes ont été relevées pour les enfants atteints de PC ayant un score GMFCS de III.

### **Discussion-Conclusion**

L'utilisation des exosquelettes motorisés polyarticulés et portables semble améliorer certains paramètres de la marche chez les enfants avec PC. Cependant, la qualité méthodologique des études ne permet pas d'obtenir de résultats statistiquement significatifs. La réalisation de nouvelles études primaires randomisées contrôlées est nécessaire.

### **Mots-clés**

Exosquelette ; robot ; paralysie cérébrale ; PC ; pédiatrie ; enfant ; marche ; rééducation ; schéma de marche ; effet

## **Zusammenfassung**

### **Einteilung**

Zerebralparese (ZP) ist die häufigste motorische Beeinträchtigung in der Pädiatrie und behindert das Gehen mehr oder weniger stark. Die für die pädiatrische Bevölkerung entwickelten Exoskelette kommen auf den Markt und mit ihnen die Hoffnung auf neue therapeutische Möglichkeiten. Ziel dieser Arbeit ist es, die Wirkung des Einsatzes von polyartikulierten, motorisierten und tragbaren Exoskeletten in der Gehrehabilitation bei Kindern mit ZP zu bewerten.

### **Methode**

Die Suche erfolgte in sechs Datenbanken. Die Sichtung und Auswahl der Artikel erfolgte im Doppelblindverfahren anhand Eignungskriterien. Das Verzerrungsrisiko der eingeschlossenen Studien wurde im zuvor erwähnten Verfahren bewertet und eine Analyse der Heterogenität der Population und der Interventionen wurde durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anhand der Werte für die klinisch relevanten Mindestunterschiede (MCID) analysiert.

### **Resultate**

Es wurden neun Studien mit unterschiedlichen Designs eingeschlossen. Klinisch relevante Verbesserungen wurden für den 6-Minuten-Gehtest und den GMFM-88-Score der Patienten unabhängig von ihrem GMFCS-Score beobachtet. Insgesamt wurden grössere Verbesserungen bei Kindern mit ZP mit einem GMFCS-Score von III festgestellt.

### **Diskussion-Schlussfolgerung**

Die Verwendung von polyartikulierten, tragbaren, motorisierten Exoskeletten scheint einige Parameter des Gehens bei Kindern mit ZP zu verbessern. Die methodologische Qualität der eingeschlossenen Studien lässt jedoch keine statistisch signifikanten Ergebnisse zu. Die Durchführung weiterer primärer randomisierter kontrollierter Studien ist erforderlich.

### **Stichwörter**

Exoskelett; Roboter; Zerebralparese; ZP; Pädiatrie; Kind; Gehen; Gangrehabilitation; Gangmuster; Wirkung

## **Abstract**

### **Introduction**

Cerebral palsy (CP) is the most common motor impairment in pediatrics and affects walking more or less severely. Exoskeletons developed for the pediatric population are appearing on the market and with them the hope of new therapeutic possibilities. The objective of this study is to evaluate the effect of the use of polyarticulated, motorized and portable exoskeletons in the walking rehabilitation of children with CP.

### **Method**

Six databases were consulted. Screening and selection of articles were performed in a double-blind fashion according to eligibility criteria. The risk of bias of the included studies was assessed and an analysis of population and intervention heterogeneity was performed. Outcomes were analyzed using minimum clinically important difference (MCID) values.

### **Results**

Nine studies of different design were included. Clinically important improvements were observed for the 6-minute walk test and the GMFM-88 score of patients independently of their GMFCS score. More globally, better improvements were found for children with CP with a GMFCS score of III.

### **Discussion-Conclusion**

The use of polyarticulated, portable and motorized exoskeletons appears to improve some gait parameters in children with CP. However, the methodological quality of the included studies is too low to draw a statistically significant conclusion. New randomized controlled primary studies are necessary.

### **Keywords**

Exoskeleton; robot; cerebral palsy; CP; pediatrics; child; walking; gait rehabilitation; gait pattern; effect



**Avertissement (mention légale)**

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteurs et en aucun cas celle de la Haute Ecole de Santé Valais, du Jury ou du Directeur du Travail de Bachelor.

Nous attestons avoir réalisé seules le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste de références bibliographiques.

De plus, nous certifions n'avoir reçu aucun financement externe pour la réalisation de ce travail et ne pas avoir de conflit d'intérêts.

Lieu, date et nom des auteurs :

Loèche-les-Bain, le 9 juin 2023

Lucie Widmer et Manon Dénervaud

## **Remerciements**

Nous souhaitons remercier notre directeur de travail, Jonas Denkinger pour le temps consacré à notre travail, nos échanges constructifs et son écoute bienveillante.

Nous tenions également à remercier les voisines, Gaëlle et Laurianne, pour leur soutien et leurs réponses rapides et complètes à nos interrogations concernant le corps du travail, ainsi que notre chère colocataire Clara, qui nous a écouté parler d'exosquelette pendant près d'un an.

Enfin, nous paraît important de remercier nos relecteurs :

Samuel Berret, qui fût notre premier cobaye et qui a su nous conseiller et nous rassurer.

Tom Piller, qui nous a permis d'alléger le texte et de la rendre plus uniforme et compréhensible.

Michèle Berret, qui a pu apporter les dernières corrections orthographiques et grammaticales, ainsi qu'un ajout considérable de virgules facilitant la lecture.

## Table des matières

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b><i>Introduction</i></b> .....                | <b>1</b>  |
| 1.1       | Problématique/cadre théorique.....              | 2         |
| 1.2       | La paralysie cérébrale .....                    | 2         |
| 1.3       | L'exosquelette .....                            | 6         |
| 1.4       | Résumé de la problématique .....                | 10        |
| 1.5       | But de l'étude .....                            | 11        |
| 1.6       | Question de recherche .....                     | 12        |
| <b>2.</b> | <b><i>Méthode</i></b> .....                     | <b>12</b> |
| 2.1       | Stratégie de recherches.....                    | 12        |
| 2.2       | Sélection des études .....                      | 12        |
| 2.3       | Extraction des données.....                     | 13        |
| 2.4       | Analyse des risques de biais.....               | 13        |
| 2.5       | Évaluation de l'hétérogénéité.....              | 13        |
| 2.6       | Mesure des résultats .....                      | 13        |
| <b>3.</b> | <b><i>Résultats</i></b> .....                   | <b>14</b> |
| 3.1       | Études incluses .....                           | 14        |
| 3.2       | Risque de biais .....                           | 15        |
| 3.3       | Évaluation de l'hétérogénéité.....              | 16        |
| 3.4       | Données manquantes.....                         | 18        |
| 3.5       | Effets des interventions .....                  | 19        |
| 3.6       | Vitesse de marche .....                         | 19        |
| 3.7       | Cadence .....                                   | 21        |
| 3.8       | Test de six minutes de marche .....             | 22        |
| 3.9       | GMFM - 88 .....                                 | 24        |
| 3.10      | Résumé des résultats .....                      | 27        |
| <b>4.</b> | <b><i>Discussion</i></b> .....                  | <b>28</b> |
| 4.1       | Application des preuves .....                   | 28        |
| 4.2       | Risque de biais .....                           | 32        |
| 4.3       | Limitations .....                               | 32        |
| 4.4       | Comparaison avec la littérature.....            | 33        |
| <b>5.</b> | <b><i>Conclusion</i></b> .....                  | <b>34</b> |
| 5.1       | Implication pour la pratique .....              | 34        |
| 5.2       | Implication pour la recherche.....              | 35        |
| <b>6.</b> | <b><i>Références bibliographiques</i></b> ..... | <b>X</b>  |





|    |   |     |
|----|---|-----|
| 7. | <i>Listes des illustrations et tableaux</i> ..... | XX  |
| 8. | <i>Annexes</i> .....                              | XXI |

**Liste des abréviations**

6MinWT : 6 Minutes Walking Test (Test de 6 Minutes de Marche)

10mWT : 10 Meters Walking Test (Test de 10 Mètres de Marche)

AI : Assurance Invalidité Suisse

AL : Angel Legs

AS : Angel Suit

CP-W : CP-Walker

GMFCS : Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy (Système de Classification de la Fonction Motrice Globale pour la Paralysie Cérébrale)

GMFM-88 : Gross Motor Function Measure of 88 Items (Mesure de la Fonction Motrice Globale)

HAL : Hybrid Assisted Limb (Membre Hybride Assisté)

JB : Joanna Briggs Institute (Institut Joanna Briggs)

MA : Moyen Auxiliaire

MCID : Minimal Clinically Important Difference (Différence minimale cliniquement importante)

PBS : Pediatric Balance Scale (Échelle de l'équilibre pédiatrique)

PC : Paralysie Cérébrale

PRT : Pediatric Reach Test (Test de portée pédiatrique)

PVL : Leucomalacie Périventriculaire

SCPE : Surveillance Européenne de la Paralysie Cérébrale

## 1. Introduction

La paralysie cérébrale (PC) est la cause première de troubles moteurs chez les enfants. Dans le cadre de la surveillance européenne de la paralysie cérébrale (SCPE), Sellier et al. (2016) ont recensé qu'en 2003, 1.77 enfants nés vivants sur 1000 en sont atteints. D'après Tschertter et al. (2020) la Suisse dénombre environ 3'000 enfants et 12'000 adultes touchés de PC. Cette dernière est une pathologie complexe avec différentes atteintes possibles. Elle présente des troubles permanents du développement du mouvement et de la posture avec diverses comorbidités possibles comme par exemple des douleurs, de l'épilepsie, une déficience intellectuelle ou des troubles du langage. Les troubles moteurs chez les enfants diagnostiqués de PC se manifestent très tôt dans le développement, souvent avant 18 mois. Ils peuvent aboutir à des difficultés dans l'apprentissage et l'acquisition de différentes compétences telles que la marche, l'alimentation ou la déglutition. Ces troubles entraînent de ce fait une limitation des activités chez les personnes atteintes de PC (Rosenbaum et al., 2007) et c'est pourquoi environ 30 % des enfants atteints de cette pathologie ne seront pas capables de marcher (Beckung et al., 2008). Un enfant atteint de CP ayant acquis la marche autonome limite son handicap de la vie de tous les jours en comparaison à un enfant devant se déplacer en chaise roulante (Lepage et al., 1998).

À ce jour, il existe de nombreuses options de thérapies utilisées en physiothérapie pour la réhabilitation à la marche des enfants atteints de PC et pour le développement de leurs fonctions motrices, telles que le travail de la double tâche ou la marche sur tapis roulant avec ou sans support partiel du poids du corps (Novak et al., 2020). Une étude canadienne (Amankwah et al., 2020) a estimé qu'en 2010 les coûts directs de la prise en charge d'un enfant âgé entre un et quatre ans atteint de PC s'élevaient à 11'700 \$. En comparaison, les coûts de la santé d'un enfant sans atteinte neurologique se situaient aux alentours des 600\$. Malgré les diverses thérapies, les compensations lors de la marche affectent la vie quotidienne des enfants et le développement de leur autonomie. D'autant plus qu'il est reconnu que les performances motrices chez les patients atteints de PC atteignent un plafond vers l'âge de 7-8 ans (Rosenbaum et al., 2002).

Une récente étude de Takahashi et al. (2018) démontre qu'il est possible d'améliorer la capacité de marche des enfants diagnostiqués de PC au-delà de ce plafond grâce à l'entraînement à la marche avec un exosquelette. Cette assistance robotique qui peut être portable ou fixe sur un tapis roulant, seconde le patient lors de la marche et est de plus en

plus répandue. Chez les adultes ayant subi un accident vasculaire cérébral, il a été étudié que l'entraînement à la marche avec un exosquelette permet d'augmenter la distance parcourue pendant la réadaptation. L'exosquelette, dans ce contexte, permet d'augmenter l'intensité de l'entraînement à la marche sans augmenter la durée de l'entraînement (Nolan et al., 2020). Cependant, l'utilisation d'une telle technologie n'est pas encore une pratique recommandée par les institutions dans la population pédiatrique. En France, par exemple, la Haute Autorité de Santé a publié en 2021 les recommandations de bonne pratique au sujet de la rééducation des fonctions motrices pour les personnes diagnostiquées de PC. Selon cette dernière :

L'état des connaissances est insuffisant pour recommander des exercices de marche avec un système robotisé d'entraînement à la marche sur tapis roulant par un exosquelette dans le but d'améliorer la fonction motrice globale des enfants et adolescents diagnostiqués de paralysie cérébrale (Haute Autorité de Santé, 2021).

Il en est de même concernant les recommandations de l'utilisation d'exosquelette afin d'optimiser les paramètres de marche tels que la vitesse de marche et la longueur de pas, ainsi que le choix de la durée et de l'intensité de l'entraînement (Haute Autorité de Santé, 2021).

### 1.1 Problématique/cadre théorique

### 1.2 La paralysie cérébrale

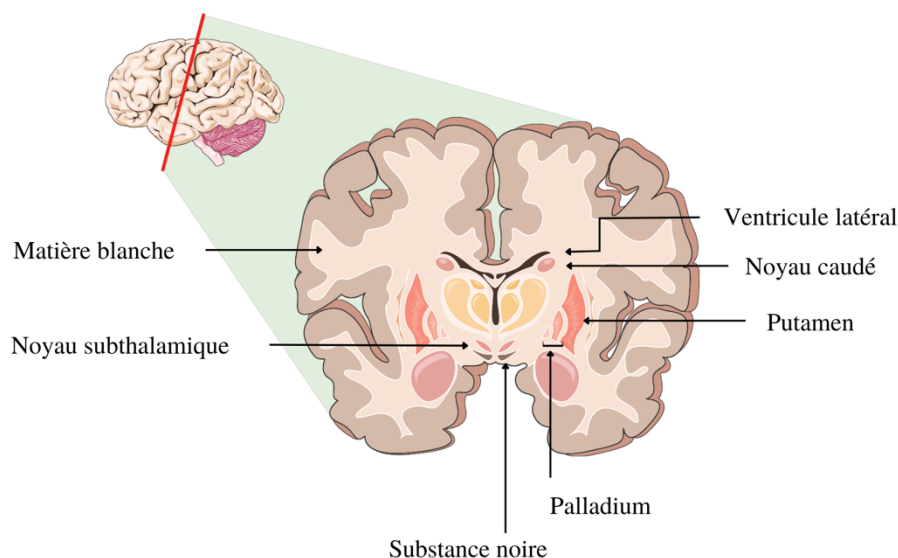
#### 1.2.1 Définition de la paralysie cérébrale

La paralysie cérébrale décrit un groupe de troubles permanents du développement du mouvement et de la posture, entraînant une limitation des activités, qui sont attribués à des perturbations non progressives survenues dans le cerveau du fœtus ou du nourrisson en développement. Les troubles moteurs sont souvent accompagnés de troubles de la sensation, de la perception, de la cognition, de la communication, du comportement, d'épilepsie et de problèmes musculo-squelettiques secondaires (P. Rosenbaum et al., 2007).

#### 1.2.2 Physiopathologie

Le type de PC et le site de l'affection sont définis selon le stade de développement du cerveau pendant lequel la lésion s'est produite. Les sites lésionnels sont variables et provoquent des conséquences motrices différentes pour chaque site (Graham et al., 2016).

Selon Bax et al. dans une étude basée sur une population européenne, en 2006, 42.5 % des enfants atteints de PC présentaient une lésion de la matière blanche, 12.8 % une atteinte des ganglions de la base, 9.4 % une lésion corticale et/ou sous-corticale, 9.1 % de malformations cérébrales et 26.2 % d'autres atteintes. Certains de ses lieux de lésions sont visibles sur la figure 1 ci-dessous.



*Figure 1: Illustration d'une coupe de cerveau  
Elle représente la matière blanche, les ventricules et les ganglions de la base (noyau subthalamique, substance noire, palladium, putamen et noyau caudé). La figure a été partiellement générée à l'aide de Servier Medical Art, fourni par Servier, sous licence Creative Commons Attribution 3.0 unported.*

En 2006, Billiards et al. ont mis en lumière la présence d'une période de vulnérabilité de la matière blanche entre les semaines 24 et 34 de gestation, due à la croissance des voies cérébrales. Les lésions de cette dernière peuvent prendre différentes formes comme une leucomalacie périventriculaire (PVL), caractérisée par une nécrose de la matière blanche proche des ventricules latéraux ou des séquelles d'hémorragie. Ces deux lésions sont les plus répandues chez les enfants prématurés atteints de PC. La PVL est typiquement bilatérale et engendre généralement une paralysie cérébrale bilatérale spastique (Graham et al., 2016; Krägeloh-Mann et al., 1995).

Les troubles associés à la PC sont multiples et différents pour chaque patient. Novak et al. (2012) ont recensé les principales déficiences associées à la PC : les trois quarts des personnes atteintes éprouvent des douleurs, la moitié présente une déficience intellectuelle et un quart souffre d'incontinence, d'épilepsie et/ou de trouble du langage. Un problème de vue grave et des troubles du sommeil peuvent également se présenter en cas de PC.

### 1.2.3 Les facteurs de risque

Les enfants nés à terme représentent jusqu'à 65 % des cas de PC et leurs déficiences ont tendance à être plus graves que celles observées chez les enfants nés prématurément. Les principaux facteurs de risque de la PC chez les enfants nés à terme sont : les anomalies placentaires, les malformations congénitales, le petit poids de naissance, l'aspiration méconiale (présence de méconium dans le liquide amniotique lors d'une inhalation pulmonaire), la césarienne d'urgence ou instrumentale, l'asphyxie à la naissance, les convulsions néonatales, le syndrome de détresse respiratoire, l'hypoglycémie et l'infection néonatale. Le seul facteur de risque disposant d'un traitement est l'asphyxie à la naissance (Mcintyre et al., 2013).

Mcintyre et al. (2013) ont mis à jour une liste de facteurs de risque pour la paralysie cérébrale en séparant les différentes phases jusqu'à la naissance d'un enfant.

**Pré conceptionnel :** Lorsque la mère présente un diagnostic d'épilepsie, de déficience intellectuelle ou d'hypo-/hyperthyroïdie, le risque de paralysie cérébrale pour l'enfant est augmenté. Un historique d'accouchement d'un enfant mort-né ou d'enfant mort en période néonatale, ainsi qu'un âge de la mère supérieur à 40 ans représentent également des facteurs de risque pour la PC.

**Prénatal :** Le facteur de risque principal avant la naissance est l'anomalie congénitale. Le risque de PC est augmenté si l'enfant naît avec un petit poids et une petite taille par rapport à l'âge gestationnel, ou s'il existe une anomalie placentaire. Les maladies maternelles durant la grossesse présentant des risques élevés de PC chez l'enfant sont les maladies respiratoires et cardiaques, les crises d'épilepsie et l'insuffisance cervicale. Le risque de PC chez l'enfant est également augmenté lors de saignements au cours des deuxième et troisième trimestres, d'hypertension gestationnelle et de pré-éclampsie. L'infection périnatale la plus fréquemment signalée, la chorioamniotite (infection de la cavité amniotique), constitue également un facteur risque de PC.

**Durant l'accouchement :** L'asphyxie et l'aspiration de méconium sont les deux facteurs de risque principaux de la survenue de paralysie cérébrale chez le nouveau-né.

**Durant la phase néonatale :** Le risque de PC est augmenté lorsque le nourrisson est victime de crises d'épilepsie, présente un syndrome de détresse respiratoire, une hypoglycémie ou une infection (méningite et sepsis).

#### 1.2.4 Classification selon la topographie

Les enfants atteints de paralysie cérébrale n'ont pas tous les mêmes atteintes motrices, pas les mêmes zones corporelles touchées, ni le même niveau d'activités fonctionnelles. De ce fait, il existe plusieurs catégories et plusieurs degrés de sévérité de PC.

La SCPE a mis au point une classification de la paralysie cérébrale basée sur la topographie des atteintes afin d'harmoniser les différentes catégories déjà existantes. Elle a séparé la paralysie cérébrale unilatérale de la paralysie cérébrale bilatérale.

Dans le premier cas, seule une jambe peut être touchée (monoplégie) ou tout un côté du corps (hémip légie), dans ce cas le membre supérieur est fréquemment plus touché que le membre inférieur.

Chez les enfants atteints de PC bilatérale, les quatre membres peuvent être touchés (quadriplégie), tout comme les deux jambes et un bras (triplégie) ou uniquement les jambes (diplégie). Cette dernière altère particulièrement la motricité globale des membres inférieurs, alors que les membres supérieurs souffrent plutôt d'atteintes de la motricité fine. La triplégie est asymétrique et touche plus fortement la jambe homolatérale au bras atteint (Cans, 2007; Graham et al., 2016).

#### 1.2.5 Classification selon le trouble moteur

Les atteintes motrices sont divisées en 4 groupes. La PC peut être spastique, dyskinétique, ataxique ou mixte. Les personnes atteintes de paralysie spastique présentent une augmentation du tonus et des réflexes pathologiquement plus élevés. Leurs hanches ont tendance à être en rotation interne et en adduction avec la présence de pieds équin (Cans et al., 2007).

Les atteintes dyskinétiques sont caractérisées par des mouvements typiques, involontaires et réguliers. Ces atteintes sont divisées en deux groupes : la paralysie cérébrale dystonique et la paralysie cérébrale choréo-athétosique (Cans et al., 2007).

Quant au syndrome ataxique, il rend la coordination musculaire déficiente, engendrant ainsi des mouvements réalisés avec une force, un rythme et une précision anormaux. Les enfants atteints d'ataxie présentent principalement une atteinte du tronc avec des troubles typiques de la marche et de l'équilibre (Cans et al., 2007).

Finalement, les enfants sont diagnostiqués d'une PC mixte lorsqu'aucun trait caractéristique n'est prédominant (Cans et al., 2007).

### 1.2.6 Classification selon la fonction motrice globale

Palisano et al. (1997) ont mis au point un système de classification de la fonction motrice globale (*Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy – GMFCS*) qui catégorise les enfants selon leurs limitations fonctionnelles, principalement lors de la position assise et de la marche (annexe I). La fonction motrice varie selon l'âge des enfants, c'est pourquoi il existe plusieurs catégories : 0-2 ans, 2-4 ans, 4-6 ans, 6-12 ans et, depuis 2007, 12-18 ans (Palisano et al., 2007).

Le GMFCS est divisé en cinq niveaux avec une description principale correspondante :

Niveau I : marche sans restriction de mouvements.

Niveau II : marche avec restriction de mouvements.

Niveau III : marche avec aide technique à la marche (cannes, béquilles, déambulateurs avec appui antérieur ou postérieur, sans soutien du tronc lors de la marche).

Niveau IV : mobilité autonome avec restriction des mouvements ; peut utiliser une aide motorisée (l'enfant ou l'adolescent actionne lui-même le *joystick* ou le bouton électrique de démarrage lui permettant ainsi d'être autonome pour se déplacer. L'équipement en question peut être constitué d'un fauteuil roulant électrique, d'un scooter électrique ou de tout autre type d'équipement motorisé.).

Niveau V : déplacement en fauteuil roulant manuel, poussé par un adulte. (Palisano et al., 2007)

## 1.3 L'exosquelette

### 1.3.1 Définition de l'exosquelette

Le terme exosquelette est composé du préfixe grec « exo- » relatif à l'extérieur et du mot « squelette », défini dans le dictionnaire (Larousse, 2023b) comme « charpente osseuse du corps de l'homme et des animaux ». Cette dénomination est utilisée en biologie pour parler d'une structure externe, qui assure le maintien et/ou la protection contre les prédateurs, en opposition à l'endosquelette, qui lui définit une structure interne. L'humain, comme tout vertébré, possède un endosquelette, à la différence de certains invertébrés, comme les crabes, qui sont composés d'un exosquelette (Larousse, 2023a).

La première apparition médicale du mot exosquelette remonte à 1969 (Neil J. Mizen, 1969). Neil J. Mizen (1969), un ingénieur du laboratoire d'aéronautique de Cornell aux Etats-Unis, décrit un exosquelette comme « une structure mécanique externe composée d'une ou



plusieurs articulations compatibles avec celles du corps humain, ayant pour but de maintenir les amplitudes physiologiques tout en amplifiant la force musculaire et la résistance du squelette afin d'accomplir la plupart des tâches désirées ».

### 1.3.2 Développement de la robotique

L'introduction du premier robot industriel « *Unimate* » (figure 2) marque le début de l'histoire de la robotique. Développé en 1961 par George Devol, l'un des pionniers de la robotique, et commercialisé par Joseph Engelberger, il se compose d'un bras polyarticulé motorisé conçu sur le principe de fonctionnement d'un bras humain (Laumond, 2016).

Initialement créé pour prendre place dans des chaînes de production d'usines, les robots se sont ensuite développés en devenant mobiles. D'abord sur roulettes, ils ont pris dès les années 1990 une forme plus anthropomorphe afin de pallier les défis de l'environnement humain : les pentes, les escaliers ou encore les petits obstacles. Le développement des premiers robots s'est fait à l'image de l'homme, dans le but de le remplacer dans les tâches du quotidien (Laumond, 2016).



Figure 2 : The unimate, 1961

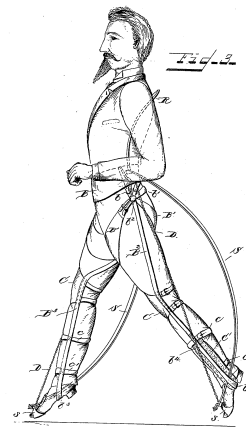


Figure 3 : "Apparatus for facilitating walking, running, and jumping".

Premier croquis d'exosquelette par N. Yagn en 1890.

### 1.3.3 Développement des exosquelettes

En janvier 1860, Nicholas Yagn, un ingénieur russe déposa un brevet pour son invention « *Apparatus for facilitating walking, running, and jumping* », considéré comme le premier croquis et descriptif d'un exosquelette passif (Yagn, 1890) (figure 3).

Plusieurs versions d'exosquelettes ont ensuite été pensées et mises sur plan, pour que finalement en 1960, le rêve initial de Nicholas Yagn devienne réalité. *The HARDIman I* (figure 4), le premier exosquelette motorisé pour tout le corps voit le jour. Développé par la *General Electric Company* dans le cadre d'un programme conjoint de l'armée et de la marine, il offre 30 degrés de liberté et une augmentation de ratio 1:25 de la force des membres.

Cependant, avec son poids total de 680kg, il était inutilisable au quotidien (Bao et al., 2019; Kumar et al., 2019a).

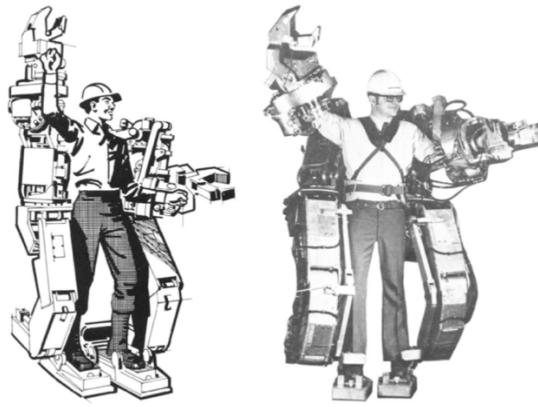


Figure 4 : The HARDiman, General Electric Compagny, 1960

#### 1.3.4 Classification des exosquelettes

Il existe à ce jour de nombreux modèles d'exosquelettes différents et un certain nombre de classifications (Butler, 2017; Kumar et al., 2019b; Linner et al., 2018).

Premièrement, les exosquelettes actifs possédant un moteur se différencient des exosquelettes passifs se basant sur des principes de physique, tels que des poulies ou des ressorts (Linner et al., 2018).

Une seconde classification s'appuie sur la topologie, en distinguant les exosquelettes pour les membres supérieurs, les membres inférieurs, le corps entier ou encore les exosquelettes d'extension permettant des mouvements non-physiologiques. Cette classification permet également de différencier les exosquelettes monoarticulés, agissant sur une seule articulation, des exosquelettes polyarticulés agissant sur plusieurs articulations (Linner et al., 2018).

Plus globalement, les exosquelettes sont également classifiables selon leur utilisation. Il est possible de distinguer les exosquelettes d'augmentation des exosquelettes de réadaptation. Les exosquelettes d'augmentation sont utilisés par exemple dans le domaine militaire afin d'améliorer l'endurance et la force physique des soldats, ainsi que pour réduire leur coût métabolique sur le terrain. Les exosquelettes de réadaptation ont quant à eux pour but de rétablir les mouvements physiologiques des patients souffrant d'un handicap physique (Butler, 2017; Kumar et al., 2019a).

### 1.3.5 Intérêts des exosquelettes en physiothérapie

L'intérêt des exosquelettes des membres inférieurs en physiothérapie est multiple.

Premièrement, dans la réhabilitation à la marche, il permet aux patients de réaliser un entraînement régulier avec une fonction motrice correcte, un engagement sur le plan cognitif, une haute intensité et une répétition des tâches, sans être physiquement exigeante pour les thérapeutes (Fasoli et al., 2012; Marchal-Crespo & Reinkensmeyer, 2009).

Ensuite, il a un intérêt plus général : l'augmentation de la qualité de vie. En effet, une verticalisation régulière induit une amélioration des fonctions respiratoires et cardiaques, prévient l'ostéoporose, les escarres, l'installation de la spasticité et des contractures des membres et permet une amélioration du contrôle du tronc (Ancona et al., 2019).

De plus, les exosquelettes ont un intérêt psychosocial en favorisant l'intégration et la participation de ceux qui en bénéficient. Ces derniers profitent des avantages de la verticalisation tels que l'amélioration des interactions sociales générales et avec le personnel soignant (Paleg et al., 2013).

### 1.3.6 Limites/problèmes des exosquelettes

#### **Technique**

Plusieurs problèmes techniques limitent la fonction des exosquelettes, tels que le poids et l'autonomie de la batterie. Les exosquelettes motorisés et polyarticulés de réadaptation à la marche actuels pèsent entre 12 et 30kg et leur autonomie varie entre 2,5 et 4,5 heures selon les appareils (Rupal et al., 2017).

S'adapter aux contraintes de terrains, telles que les pentes, les escaliers, les sols non lisses ou encore les portes représentent un réel défi à relever pour les concepteurs des exosquelettes.

L'École Polytechnique Fédérale de Zurich a créé une catégorie dans sa compétition *Cyathlon* réservée aux exosquelettes motorisés des membres inférieurs qui se déroule en trois manches avec les différentes contraintes citées ci-dessus, dans le but de promouvoir le développement d'exosquelettes fonctionnels sur tous types de terrains (ETH Zurich, 2020).

#### **Coûts**

Les coûts d'achat d'un exosquelette pour la réhabilitation à la marche sont actuellement encore conséquents. Malgré de nombreuses recherches, aucune publication révélant les coûts d'exosquelettes pour enfant n'a été trouvée. À titre indicatif, les coûts de l'exosquelette pour adulte *ReWalk<sup>TM</sup>* (*ReWalk Robotics*) s'élèvent à 71,600 \$ pour une utilisation personnelle. À cela s'ajoutent des frais de 4'000 \$ par année pour les services techniques de l'appareil. En

prenant en compte que l'espérance de vie du *ReWalk* est estimée à cinq ans, cela revient en moyenne à plus de 18'000 \$ par année (Murtagh, 2015).

En Suisse, l'Assurance Invalidité (AI) n'a pas officiellement statué sur les exosquelettes. Le terme « exosquelette » n'apparaît ni dans le règlement des prestations de l'AI s'occupant des moyens auxiliaires (MA), ni dans la liste des MA reconnus publiée par la confédération suisse (Ordonnance du DFI du 29 novembre 1976 concernant la remise de moyens auxiliaires par l'assurance-invalidité [OMAI]).

### **Développement – état actuel du marché**

Actuellement, peu de modèles d'exosquelettes sont disponibles sur le marché. Dans une étude menée en 2021, Rodríguez-Fernández et al. (2021) ont mis en évidence que sur les 25 modèles d'exosquelettes étudiés, seuls six étaient déjà accessibles à la vente, dont un seul adapté à la pédiatrie. Dans leur revue, Pană et al. (2022) précisent que la mise sur le marché de plusieurs exosquelettes a été retardée à cause de la pandémie du COVID-19 qui a ralenti les essais cliniques, les demandes de brevets et l'approvisionnement des matières premières.

#### **1.4 Résumé de la problématique**

Actuellement, la paralysie cérébrale est reconnue comme la première cause de difficultés motrices chez l'enfant et impacte plus ou moins fortement son schéma de marche (Sellier et al., 2016). La rééducation à la marche détient une place majeure dans la thérapie des enfants atteints de PC. Les dernières recommandations de thérapie, afin d'améliorer la vitesse de marche et l'endurance chez les enfants et les jeunes atteints de PC, préconisent l'entraînement de la marche au sol (avec ou sans MA), l'entraînement sur tapis roulant et la méthode de thérapie intensive *HABIT-ILE* (*Hand and Arm Bimanual Intensive Therapy Including Lower Extremity*) par rapport à une intervention sur les fonctions et la structure du corps ou à l'absence d'intervention (Jackman et al., 2022).

Les exosquelettes de réadaptation à la marche représentent une nouvelle voie de thérapie en permettant d'entraîner la marche avec moins de contraintes (Fasoli et al., 2012). Certains exosquelettes non-portables tels que le *Lokomat* sont de plus en plus présents dans les centres de réhabilitation et plusieurs études ont démontré les bénéfices de leur utilisation pour la réhabilitation à la marche des enfants atteints de PC (Apolo-Arenas et al., 2021; Cherni et al., 2019). Un nouveau type d'exosquelette se développe de plus en plus : l'exosquelette polyarticulé, motorisé et portable. Ce type d'exosquelette représente beaucoup d'espoir, car

il ne permettrait pas uniquement une utilisation en thérapie, mais également à la maison et dans les activités de la vie quotidienne (Drewitt-Smith & Huntsdale, 2022).

Plusieurs adaptations pédiatriques de ces appareils arrivent sur le marché, malgré le peu de littérature à leurs sujets. (Colomera & Nahuelhual, 2020; Lefmann et al., 2017; Llamas-Ramos et al., 2022).

### 1.5 But de l'étude

L'objectif de cette étude est de réaliser un état des connaissances scientifiques au sujet des exosquelettes et de leur utilisation pour la rééducation à la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Une revue systématique a déjà été réalisée concernant les exosquelettes et la rééducation à la marche chez les personnes atteintes de PC (Bunge et al., 2021). Cependant, cette dernière a inclus des patients adultes et enfants. De ce fait, réaliser une revue incluant seulement une population pédiatrique, afin d'obtenir des résultats plus précis et transférables chez les enfants uniquement, constitue un des buts de ce travail.

D'autres auteurs ont intégré uniquement des enfants à leur revue systématique. Malgré cela, plusieurs d'entre eux ont abouti à la même conclusion : il serait nécessaire de conduire des études supplémentaires avec un plus grand nombre de patients et des mesures objectives intégrant différents domaines de la classification internationale du fonctionnement (Colomera & Nahuelhual, 2020; Lefmann et al., 2017; Llamas-Ramos et al., 2022). De plus, ces trois études concernent les exosquelettes non portables avec un système automatique de marche sur tapis roulant. Puisque ces revues systématiques de la littérature sont récentes et que peu de nouveaux essais randomisés contrôlés ont été publiés à ce sujet depuis, cette revue porte sur l'utilisation des exosquelettes polyarticulés motorisés portables, basés sur le déclenchement volontaire du pas, dans la rééducation à la marche chez les enfants atteints de PC. Cette revue permet ainsi de faire le point des connaissances scientifiques concernant les exosquelettes portables et de mettre en lumière les résultats des études qui les incluent dans leurs recherches.

L'objectif de cette étude est donc de relever les informations importantes au sujet de ce type d'exosquelette afin d'offrir aux physiothérapeutes un aperçu des recommandations à ce sujet. Cela leur permetta ainsi d'anticiper les questions de l'entourage des patients et/ou des autres professionnels de la santé et de se positionner sur l'intérêt de tels investissements pour un enfant.

## 1.6 Question de recherche

Est-ce que l'utilisation d'un exosquelette polyarticulé motorisé portable améliore les caractéristiques de marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale avec des troubles de la marche par rapport à un traitement physiothérapique standard ?

## 2. Méthode

Cette étude est une revue systématique descriptive de la littérature. Elle se base sur les principes de *PRISMA 2020* disponible en annexe II.

### 2.1 Stratégie de recherches

Les recherches ont été ciblées grâce à la méthode PICO comme suit :

|                |   |
|----------------|---|
| Population :   | Enfant atteints de PC                                       |
| Intervention : | Marche avec exosquelette motorisé, polyarticulé et portable |
| Comparaison :  | Traitement physiothérapique standard                        |
| Outcome :      | Caractéristiques de marche                                  |

Aucun *outcome* spécifique n'a été défini, afin de ne pas restreindre les résultats. Ce PICO nous a permis de créer une équation de recherche (annexe III) qui a été utilisée dans les bases de données suivantes : *CINAHL*, *Cochrane*, *Embase*, *PEDro*, *Pubmed* et *Swisscovery*. Les dernières recherches ont été faites en date du 13 janvier 2023.

### 2.2 Sélection des études

Tous les articles trouvés ont été extraits et introduits dans le logiciel *Zotero* afin d'identifier et exclure les doublons. Les articles restants ont ensuite été exportés sur le logiciel *Ryvan* afin de permettre une première sélection en double aveugle sur la base des titres et résumés, puis une deuxième grâce à une lecture intégrale des études. Les incohérences ont été réglées par consensus.

Les études ont été incluses ou exclues grâce aux critères d'éligibilité suivants :

#### Critères d'inclusion :

- L'âge des participants est compris entre 0 et 18 ans
- Les participants ont un diagnostic clinique de paralysie cérébrale
- L'étude est focalisée sur la comparaison d'un traitement physiothérapique standard et d'un traitement avec un exosquelette
- Les exosquelettes sont destinés aux membres inférieurs
- L'étude comprend une évaluation comparative de la marche sur tapis roulant ou marche au sol

### Critères d'exclusion :

- Les participants bénéficient d'un traitement combiné
- Le traitement contient de l'électrostimulation
- Les exosquelettes sont unilatéraux, mono-articulés, non motorisés ou non portables

Les études écrites dans des langues autres que l'anglais, l'allemand ou le français n'ont pas été retenues. Lors du tri final, la décision de ne pas inclure uniquement les études randomisées contrôlées a été prise, afin d'élargir les recherches.

Un *screening* des références de chacun des articles a également été réalisé, afin de s'assurer de n'exclure aucun article pouvant intégrer notre revue.

Une fois la sélection des études terminée, un formulaire résumant les caractéristiques de chaque étude a été créé, afin d'identifier les différents résultats des études (annexe IV).

### 2.3 Extraction des données

Un tableau récapitulatif de toutes les mesures présentes dans chaque étude a été réalisé, dans le but de déterminer les mesures de résultats à inclure dans ce travail (annexe V).

Ensuite, l'extraction des résultats utilisés dans cette étude a été réalisée et mise sous forme de tableau (annexe VI).

### 2.4 Analyse des risques de biais

Les risques de biais des études incluses ont été analysés avec trois grilles d'analyse différentes en fonction du design des études incluses. L'outil *RoB 2* de *Cochane* a été utilisé pour l'étude randomisée contrôlée, l'outil *ROBINS-I* également de *Cochane* pour les études quantitatives non-randomisées et non-contrôlées et le *JBI (Joanna Briggs Institute) Critical Appraisal Tools for case report* pour les études de cas. Cette dernière a dû être ajustée afin d'être utilisable dans un contexte physiothérapique et applicable pour les études incluses (annexe VII).

### 2.5 Évaluation de l'hétérogénéité

Afin d'analyser l'hétérogénéité de la population et des traitements, les données des études ont été extraites sous forme de tableaux (annexe VIII).

### 2.6 Mesure des résultats

Les études n'ayant pas toutes le même design, les analyses des résultats ont été réalisées grâce aux valeurs des différences minimales cliniquement importantes (MCID). Toutes les valeurs MCID proviennent de méthodes de distribution.

### 3. Résultats

#### 3.1 Études incluses

Les résultats des recherches sont présentés sous forme d'un diagramme de flux des données dans la figure 5 ci-dessous. La recherche dans les bases de données *CINHAL*, *Cochrane*, *Embase*, *PEDro*, *Pubmed* et *Swisscovery*, a permis d'extraire 551 articles. Après identification et exclusion des 215 doublons, 336 articles ont été préservés pour la suite. La sélection par titre et résumé a permis d'identifier 35 articles potentiellement éligibles. 26 articles supplémentaires ont été éliminés selon les critères cités dans le diagramme de flux ci-dessous. Finalement, neuf articles ont été inclus dans cette revue systématique. Ces neuf articles ont des méthodes scientifiques différentes. Il y a un essai randomisé contrôlé (Moll et al., 2022) quatre études de cas (Kuroda et al., 2019; Nakagawa et al., 2019c, 2019b; Yoo et al., 2021), deux études pilotes (Kim et al., 2021; Nakagawa et al., 2019a) et deux études quantitatives non randomisées et non contrôlées (Aycardi et al., 2019; Bayón et al., 2018).

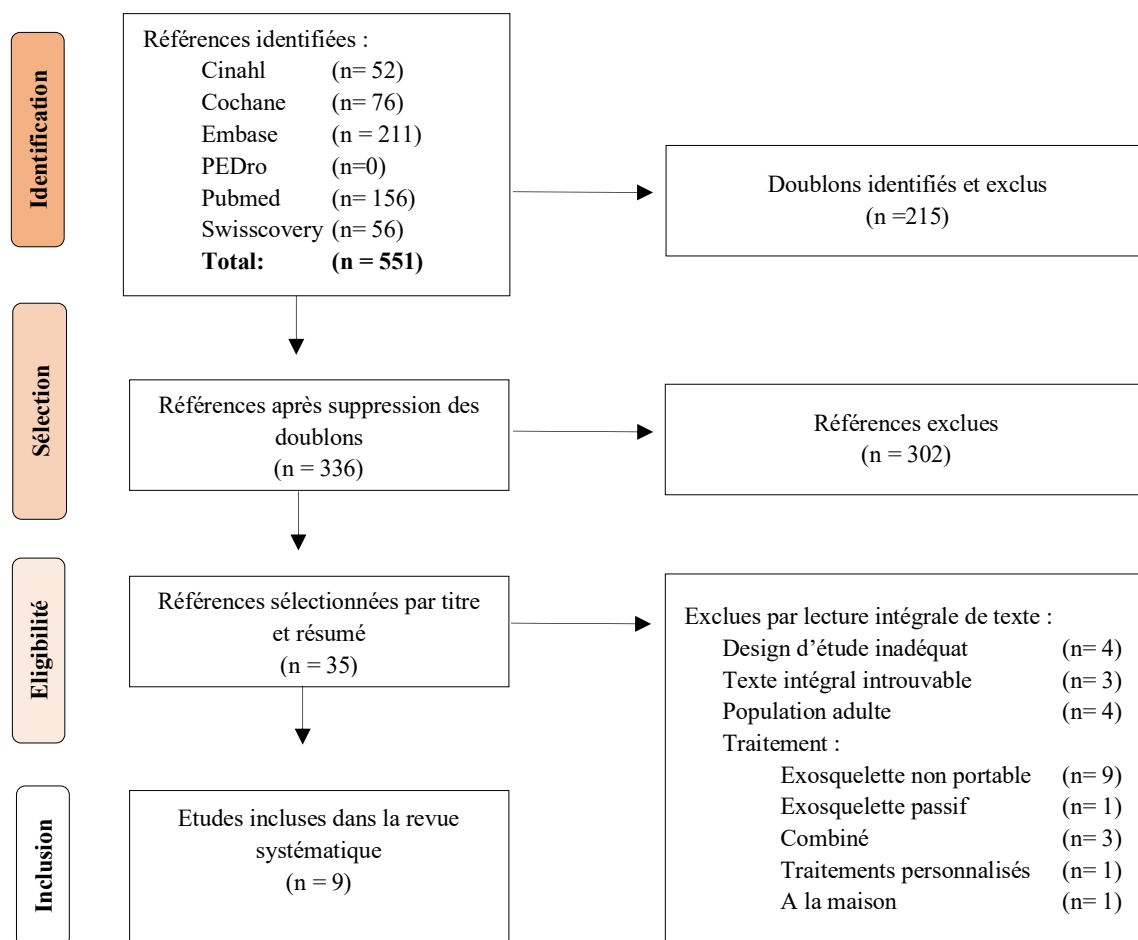


Figure 5: Diagramme de flux



### 3.2 Risque de biais

Réalisé à l'aide de l'outil *Robins-I* de *Cochrane*, le tableau (figure 6) représentant l'analyse des risques de biais des études non-randomisées révèle que l'étude de Kim et al. (2021) présente un biais de sélection jugé critique, que l'étude d'Aycardi et al. (2019) présente un biais modéré dû à des données manquantes et que les quatre études présentent un risque de biais modéré en ce qui concerne les mesures des résultats.

| Etude                  | Risque de biais |    |    |    |    |    |    | Overall |
|------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|---------|
|                        | D1              | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 |         |
| Aycardi et al., 2019   | +               | +  | +  | +  | -  | -  | +  | -       |
| Bayón et al., 2018     | +               | +  | +  | +  | +  | -  | +  | -       |
| Kim et al., 2021       | +               | X  | +  | +  | +  | -  | +  | X       |
| Nakagawa et al., 2019a | +               | +  | +  | +  | +  | -  | +  | -       |

D1: Facteurs de confusion  
 D2: Sélection des participants  
 D3: Classification de l'intervention  
 D4: Ecart par rapport à l'intervention prévue  
 D5: Données de résultats manquantes  
 D6: Mesures des résultats  
 D7: Sélection des résultats

Jugement  
 X Risque de biais sérieux  
 - Risque de biais modéré  
 + Risque de biais faible

Figure 6: Analyse des risques de biais des études non-randomisées, réalisée avec l'outil *Robins-I*

La figure 7 représente l'analyse des risques de biais de l'étude randomisée contrôlée réalisés à l'aide de l'outil *Rob-2* de *Cochrane*. Le tableau démontre que l'étude de Moll et al. (2022) présente un risque de biais modéré en raison du processus de randomisation et de la sélection des résultats. Le risque de biais global de cette étude est, en conséquence, jugé haut.

| Etude             | Risque de biais |    |    |    |    | Overall |
|-------------------|-----------------|----|----|----|----|---------|
|                   | D1              | D2 | D3 | D4 | D5 |         |
| Moll et al., 2022 | -               | +  | +  | +  | -  | X       |

D1: Processus de randomisation  
 D2: Ecart par rapport à l'intervention prévue  
 D3: Données de résultats manquantes  
 D4: Mesures des résultats  
 D5: Sélection des résultats

Jugement  
 X Risque de biais haut  
 - Quelques inquiétudes  
 + Risque de biais bas

Figure 7 : Analyse des risques de biais de l'étude randomisée contrôlée, réalisée avec l'outil *Rob-*

Enfin, le tableau exposant l'analyse des risques de biais des études de cas incluses (figure 8) a été réalisé grâce à l'outil *JB1 for case study*. Il révèle que les études de Nakagawa et al. (2019c) et Yoo et al. (2021) ne présentent pas de risque de biais. De plus, il est possible de remarquer que les critères des conditions cliniques n'étaient pas applicables à l'étude de Yoo et al. (2021). Les études de Nakagawa et al. (2019b) et Kuroda et al. (2019) présentent un risque de biais modéré dû à un manque de précision dans l'historique médical du patient. De

plus, l'étude de Kuroda et al. (2019) présente également un risque de biais modéré dans la catégorie événement non-anticipé.

| Etude                  | Risque de biais |    |    |    |    |    |    |    | Overall |
|------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|---------|
|                        | D1              | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 |         |
| Kuroda et al. 2019     | +               | -  | +  | +  | +  | +  | -  | +  |         |
| Nakagawa et al., 2019b | +               | -  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |         |
| Nakagawa et al., 2019c | +               | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |         |
| Yoo et al., 2021       | +               | +  | ?  | +  | +  | +  | +  | +  |         |

D1: Caractéristiques démographiques du patient  
 D2: Histoire du patient  
 D3: Conditions cliniques  
 D4: Méthode et résultats  
 D5: Intervention  
 D6: Conditions post-intervention  
 D7: Evénements non-anticipés  
 D8: Conclusion

Jugement  
 - Peu clair  
 + Oui  
 ? Pas d'information  
 - Pas applicable

Figure 8 : Analyse des risques de biais des études de cas, réalisée avec l'outil JBI for case study

### 3.3 Évaluation de l'hétérogénéité

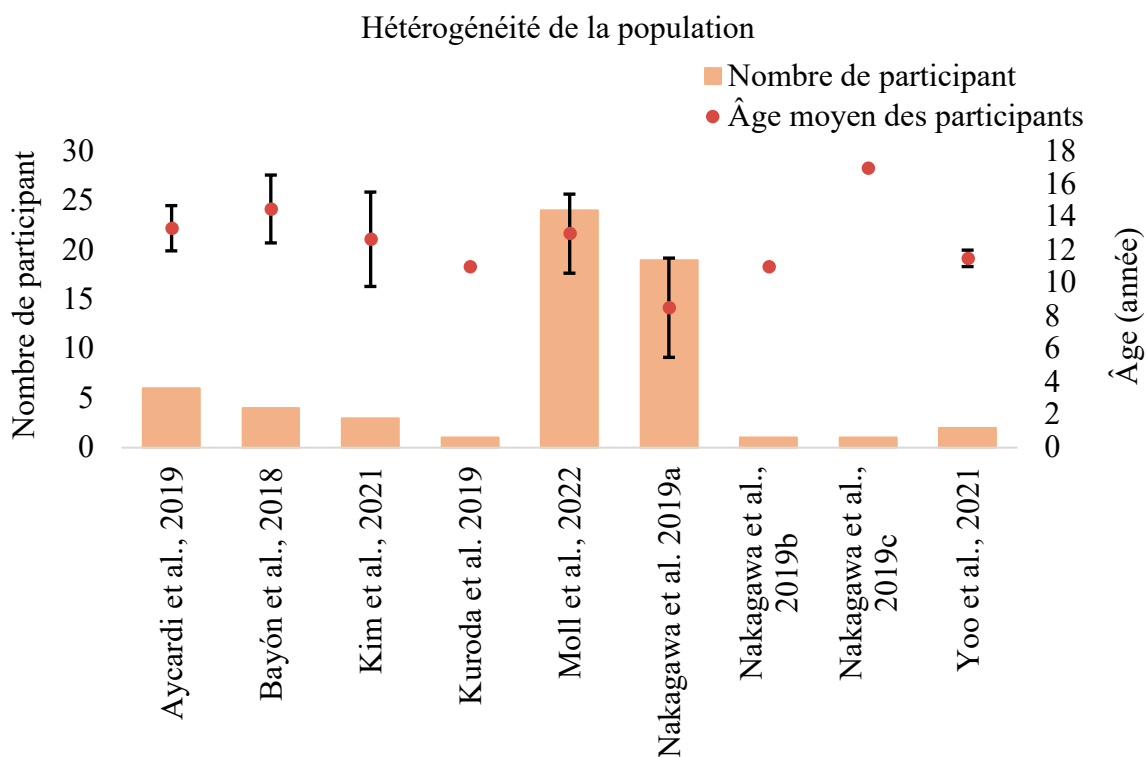


Figure 9 : Hétérogénéité de la population

Les figures 9 et 10 représentent l'hétérogénéité de la population incluse dans les études sélectionnées. Premièrement, la figure 9 met en évidence une différence au niveau du nombre de participants de chaque étude, allant de 1 à 25 pour celle de Moll et al. (2022). De plus, une différence au niveau de l'âge moyen des participants peut être constatée, allant de 8,5 ans

pour l'étude de Nakagawa et al. (2019a) à 17 ans pour l'étude des mêmes auteurs parue en 2019 (Nakagawa et al., 2019c). L'adolescence étant définie par l'Organisation mondiale de la Santé comme « une période de la vie se situant entre 10 et 19 ans », il peut être observé que la majorité des études incluses s'intéressent à des adolescents (Organisation mondiale de la Santé, 2023).

La figure 10 ci-dessous, montre les scores moyens du GMFCS des participants inclus dans les études sélectionnées. Il souligne que la majorité des participants ont un score supérieur à II, c'est-à-dire qu'ils sont dépendants de MA pour la marche. Seuls les participants des études de Kuroda et al. (2019) et Nakagawa et al. (2019a) atteignent un score GMFCS moyen supérieur à III, c'est-à-dire dépendant d'une aide externe (physique ou motrice) afin de se déplacer à l'aide de leurs MA. De plus, pour deux études, les scores GMFCS des participants n'ont pas été publiés (Aycardi et al., 2019; Yoo et al., 2021).

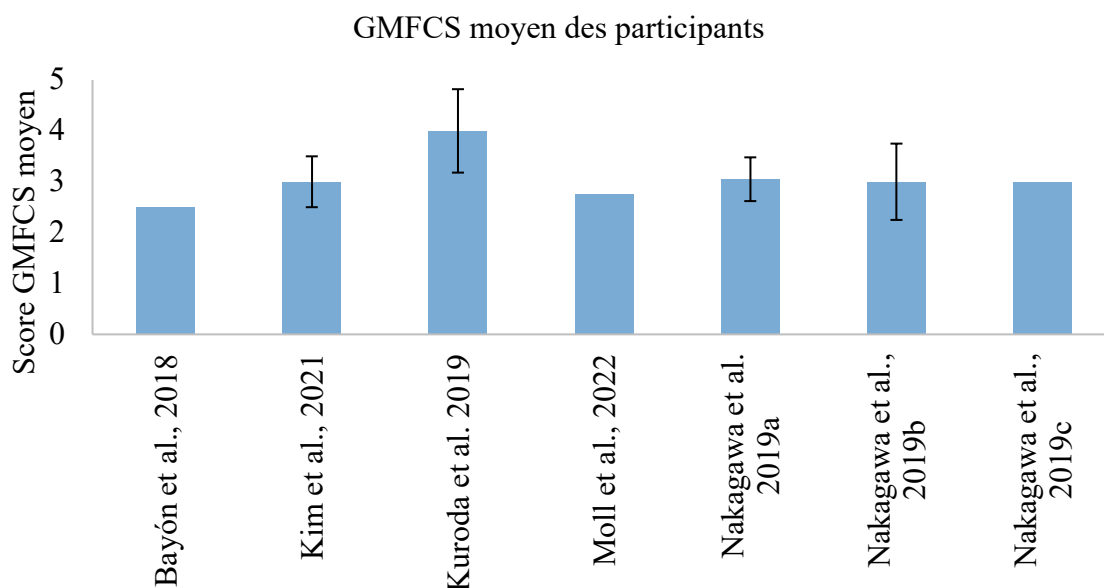


Figure 10 : Scores GMFCS moyen des participants  
GMFCS : Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy

La figure 11 ci-dessous représente l'hétérogénéité des traitements par exosquelette des études incluses. Sur le graphique, les différents appareils utilisés dans les études incluses sont visibles : l'étude de Kim et al. (2021) porte sur l'exosquelette *Angel Suit* (AS), l'étude de Yoo et al. (2021) étudie l'appareil *Angel Legs* (AL), trois études (Aycardi et al., 2019; Bayón et al., 2018; Kuroda et al., 2019) intègrent l'exosquelette *CP-Walker* (CP-W) et quatre études (Moll et al., 2022; Nakagawa et al., 2019a, 2019b, 2019c) ont eu recours au système *Hybrid*

*assistive Limb* (HAL). Plus d'informations sur ces exosquelettes sont disponibles en annexe IX.

Le graphique (figure 11) fait également ressortir les différences en termes de durée d'étude. En effet, certaines études ne se basent que sur une unique séance avec l'exosquelette, alors que d'autres se basent sur plusieurs séances par semaine pour une durée allant jusqu'à 13 semaines pour l'étude de Kim et al. (2021). Le temps total de traitement avec l'exosquelette est également imagé sur ce graphique et met en avant le fait qu'aucune des études réalisées avec l'exosquelette HAL n'atteint un temps total d'entraînement supérieur à 360 minutes.

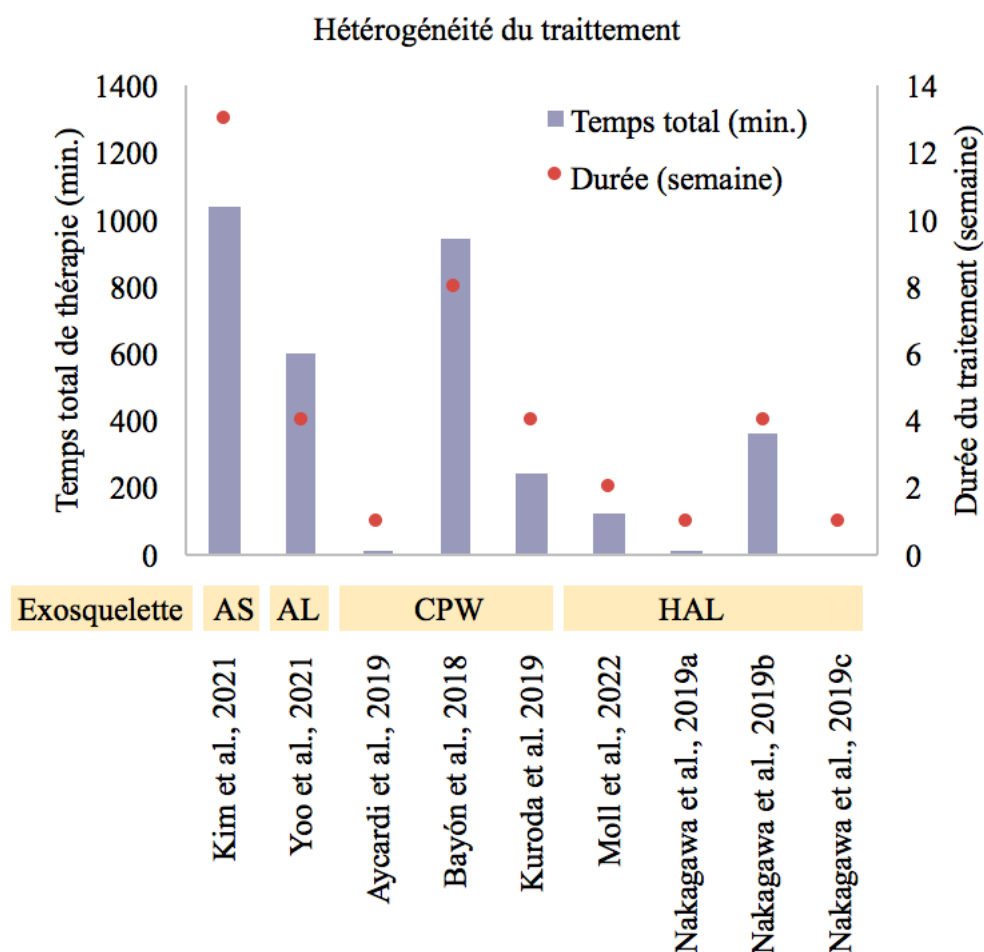


Figure 11 : Hétérogénéité du traitement

AL : Angel Legs; AS: Angel Suit; CPW: CP-Walker; HAL: Hybrid assistive Limb; Min : minutes

### 3.4 Données manquantes

Plusieurs prises de contact avec les auteurs ont été réalisées, afin d'obtenir des résultats détaillés ou des précisions concernant certains participants aux études. Ces démarches n'ont malheureusement pas abouti.

De plus, les entreprises fabriquant les exosquelettes présents dans les études sélectionnées ont été approchées afin de leur demander des photos des appareils. Une seule a répondu favorablement à cette demande. Un document comprenant des images ainsi que des explications plus précises nous a été envoyé.

### 3.5 Effets des interventions

Après avoir réalisé un tableau récapitulatif des mesures des résultats, plusieurs dimensions récurrentes ont été relevées : la vitesse de marche, la longueur de pas, la cadence, le test de 6 minutes de marche (6MinWT), le test de 10 mètres de marche (10mWT) et le *Gross Motor Function Measure of 88 items* (GMFM-88 – test de la fonction motrice globale). Selon Novacheck et Schwartz (2020), l'analyse biomécanique de la marche en trois dimensions permet d'évaluer les données cinématiques et cinétiques, de même que les mesures de données spatio-temporelles telles que la vitesse de marche, la longueur de pas ou la cadence. Toutes ces informations rendent possibles le diagnostic, la prise de décision au sujet du traitement et l'évaluation de ce dernier. Les professionnels de la santé peuvent par la suite s'appuyer sur ces résultats pour argumenter leurs choix.

Pour des questions de quantité de données, la décision a été prise d'analyser uniquement la vitesse de marche, la cadence, le 6MinWT et le GMFM-88 (total, dimension D et dimension E) et ceci avec les valeurs absolues.

### 3.6 Vitesse de marche

La vitesse de marche a été calculée avant et après l'intervention dans huit études incluses (Aycardi et al., 2019; Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019; Moll et al., 2022; Nakagawa et al., 2019b, 2019c; Yoo et al., 2021). Les différences minimales cliniquement importantes sont changeantes selon le score GMFCS. Pour que la différence de vitesse de marche soit considérée comme cliniquement importante, l'enfant doit présenter une augmentation de sa vitesse de 6,8 à 10,9 % après l'intervention. Ceci est valable pour les enfants atteints de PC avec un score GMFCS II. Les patients avec un score GMFCS III doivent quant à eux présenter une augmentation de 5,5 à 8,8 % de leur vitesse de marche (Oeffinger et al., 2008).

Le graphique ci-dessous (figure 12) représente les améliorations de la vitesse de marche référencées dans les études incluses.

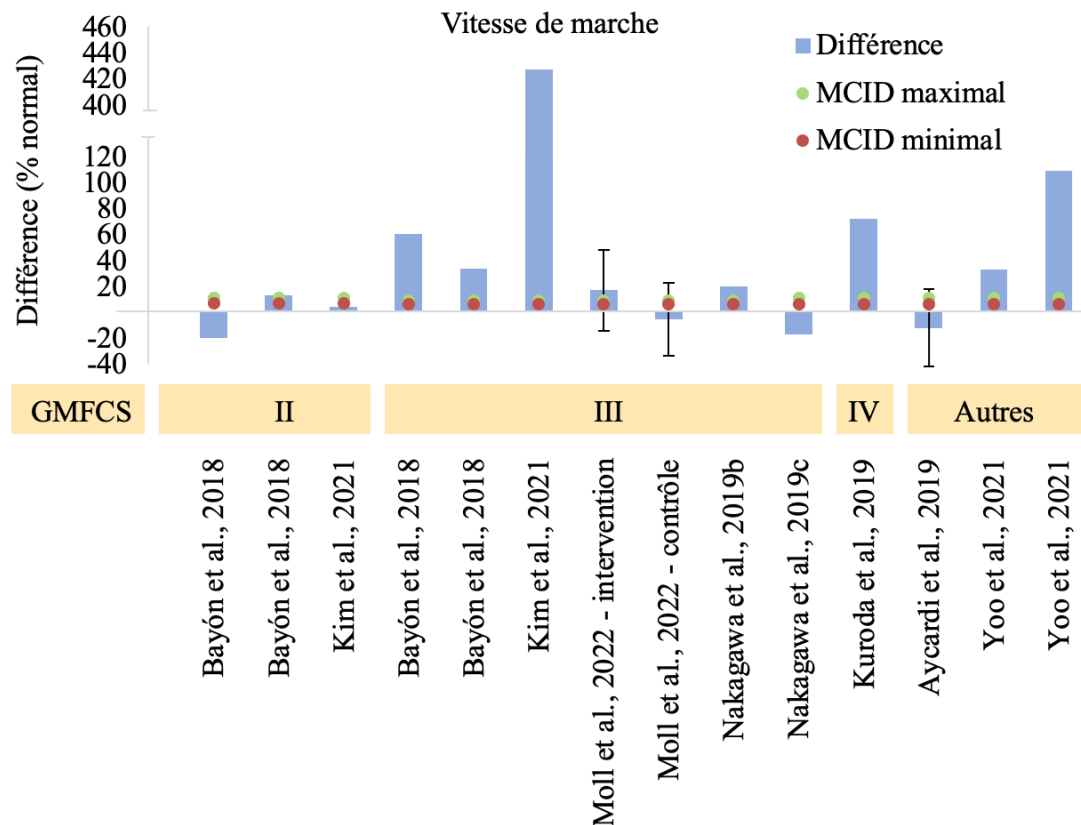


Figure 12 : Vitesse de marche

GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Les résultats pour le groupe d'enfants de GMFCS II sont variables. Le deuxième patient de l'étude de Bayón et al. (2018) est le seul à avoir atteint la valeur MCID maximale. L'enfant étudié dans l'étude de Kim et al. (2021) présente une amélioration de sa vitesse de marche sans atteindre la valeur MCID minimale et enfin, le premier patient de l'étude de Bayón et al. (2018) présente une péjoration de sa vitesse de marche après l'intervention.

Cinq groupes d'enfants sur sept ayant un score GMFCS III présentent des résultats cliniquement importants. En revanche, le groupe contrôle de l'étude de Moll et al. (2022) montre une péjoration de la vitesse de marche de 5,71 % après l'intervention, tout comme l'enfant de l'étude de Nakagawa et al. (2019c) (-17,67 %).

Le graphique illustre également les résultats des enfants dont les scores GMFCS ne sont pas publiés. Ne disposant pas de leur score, il a été décidé de prendre la MCID la plus basse (5,5 %) et la plus haute (10,9 %) proposée par Oeffinger et al. (2008) pour la vitesse de marche. Indépendamment de cela, une étude (Aycardi et al., 2019) fait part de péjoration de la vitesse de marche pour ses sujets d'étude. À contrario, les deux enfants étudiés dans l'étude de Yoo

et al. (2021) présentent une augmentation de leur vitesse de marche jugée pour les deux cas comme cliniquement importante.

### 3.7 Cadence

La cadence est un paramètre spatio-temporel donnant l'indication du nombre de pas réalisés par minute. Dans une population d'adultes sains, elle varie entre 109 et 148 pas par minute (Delporte et al., 2020). Oeffinger et al. (2008) donnent les valeurs pour la MCID chez les enfants atteints de PC comme suit : entre 7,6 et 12,2 % d'amélioration (GMFCS II) et entre 5,2 et 8,3 % d'amélioration (GMFCS III). Pour l'étude de Kuroda et al. (2019), n'ayant pas la valeur de la MCID pour les enfants scorés à IV, les valeurs utilisées sont respectivement la plus basse et la plus haute donnée pour les patients GMFCS II et III (5,2 et 12,2 %).

Le graphique ci-dessous (figure 13) présente les améliorations de la cadence après l'utilisation des exosquelettes pour les patients issus de cinq études.

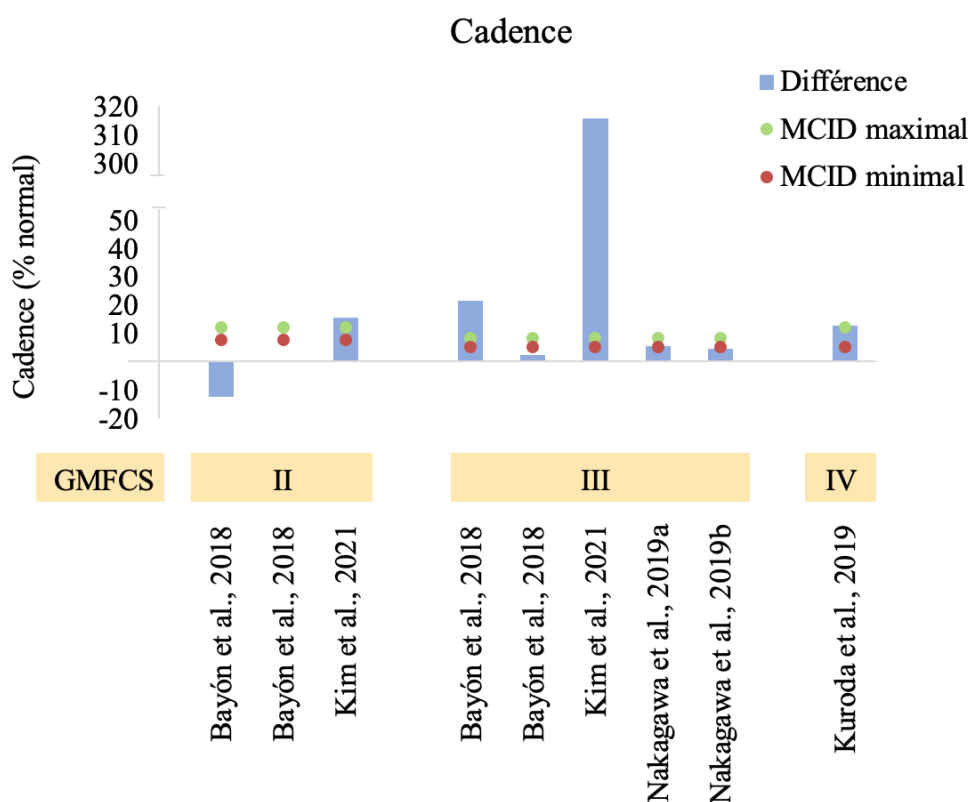


Figure 13 : Cadence

GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Les résultats pour les enfants avec un score GMFCS II sont variables. En effet, la cadence d'un enfant a diminué (Bayón et al., 2016), un second enfant dispose d'une cadence inchangée après l'intervention (Bayón et al., 2016) et le dernier enfant présente une augmentation de cadence de 15,53 % (Kim et al., 2021).

Les différences entre avant et après l'intervention pour les enfants avec un GMFCS III et IV sont elles aussi visibles sur le graphique ci-dessus. La majorité des patients étudiés présentent une augmentation cliniquement importante de leur cadence après l'intervention (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019; Nakagawa et al., 2019a). Seuls deux participants ne montrent pas une amélioration cliniquement importante pour leur cadence (Bayón et al., 2018; Nakagawa et al., 2019b). Même s'ils n'atteignent pas la valeur MCID minimale, ils ont tout de même augmenté leur cadence après l'utilisation d'un exosquelette.

### 3.8 Test de six minutes de marche

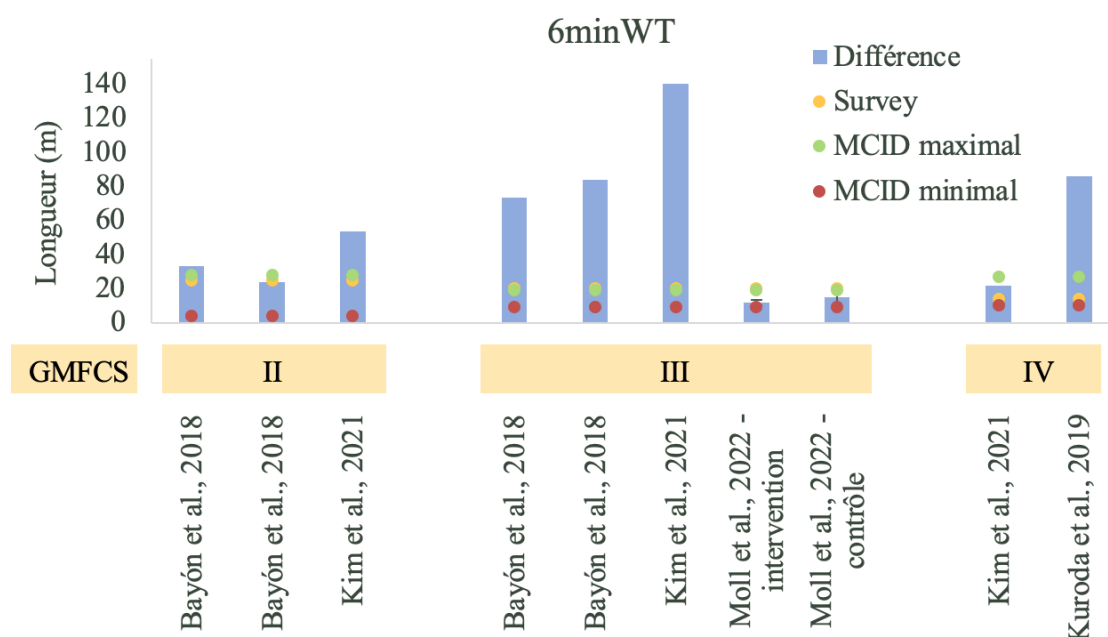


Figure 14 : Test de six minutes de marche

GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Présent dans quatre études incluses (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019; Moll et al., 2022), le 6MinWT est un test sous-maximal, dans lequel le patient décide à quelle vitesse il marche (annexe X). Ce n'est, par conséquent, pas un test de vitesse maximale. Il est utilisé pour mesurer les capacités fonctionnelles des patients (Crapo et al., 2002).

Pour les enfants atteints de PC avec un score de GMFCS II, la valeur MCID se situe à 4m et la valeur MCID maximale à 28m. Un groupe d'experts (valeur *survey*) la situe à 25m. Chez les personnes présentant un score de III, la différence minimale est de 9m, la différence maximale est de 19 m, alors que la valeur *survey* est de 20m. Pour finir, chez les patients ayant un score de IV, une différence de 10m est considérée comme minimale, une différence



de 27m comme maximale et le groupe d'experts place à 14m la différence cliniquement importante (Storm et al., 2020).

Le graphique ci-dessus (figure 14) présente les différences entre les valeurs du test de six minutes de marche avant et après l'intervention chez les enfants.

Bayón et al. (2018) ont inclus deux patients atteints de PC avec un score de GMFCS II dans leur étude. Un des deux présente une différence minimale cliniquement importante, que ce soit avec une MCID minimale ou maximale, tout comme le patient de l'étude de Kim et al. (2021). Leur deuxième patient a quant à lui réussi à augmenter sa distance de marche en six minutes, mais pas de manière importante selon la MCID maximale.

Les deux patients avec un GMFCS III de l'étude de Bayón et al. (2018) et le patient de l'étude de Kim et al. (2021) présentent tous les trois une différence minimale cliniquement importante, que ce soit avec les valeurs minimales ou maximales. En comparaison, les deux groupes de l'étude de Moll et al. (2022) révèlent une différence de longueur de marche moindre et une valeur qui peut être considérée comme supérieure à la MCID minimale mais inférieur à la MCID maximale.

Le patient avec un score GMFCS IV de l'étude de Kuroda et al. (2019) présente une différence importante, que ce soit avec une MCID minimale ou maximale. En revanche, Kim et al. (2021) obtiennent des résultats moins importants, car la différence de longueur de marche entre avant et après l'intervention ne peut être que considérée comme cliniquement importante avec une valeur MCID minimale.

### 3.9 GMFM - 88

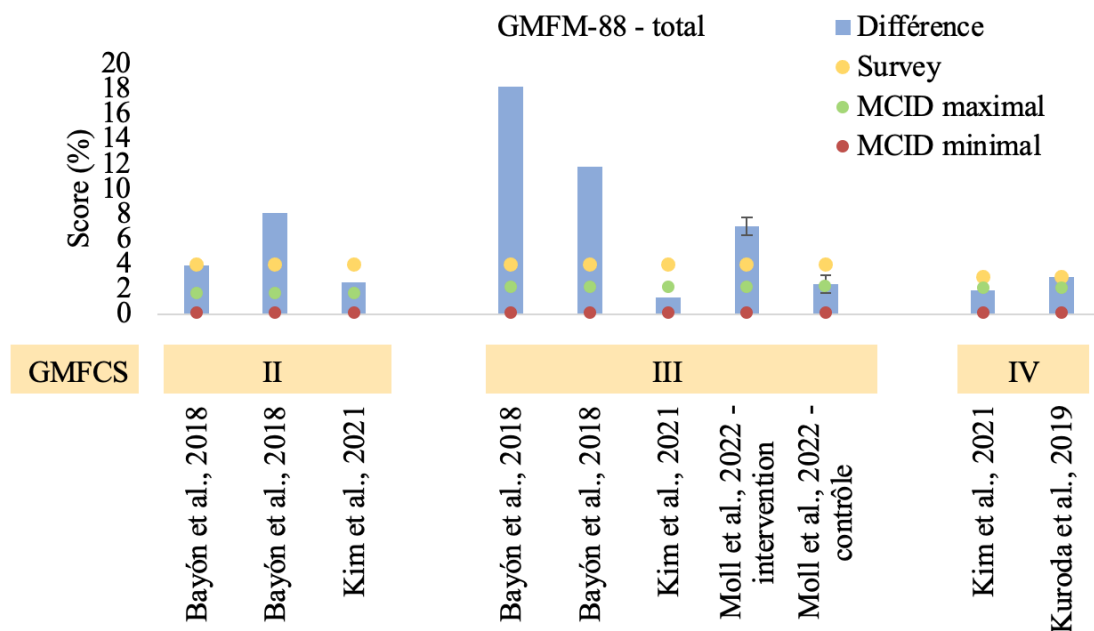


Figure 15 : Gross Motor Function Measure of 88 items  
GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Le score GMFM-88 mesure la fonction motrice globale en cinq dimensions (annexe XI) et il a été utilisé dans cinq des neuf études incluses dans cette revue (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019; Moll et al., 2022; Yoo et al., 2021). Pour tous les scores GMFCS (de II à IV), la MCID minimale se situe à 0,1 % alors que les MCID maximales se situent à 1,7 % pour le GMFCS II, à 2,2 % pour le GMFCS III et à 2,1 % pour le GMFCS IV. Quant à eux, les experts placent la valeur *survey* à 4 % pour les GMFCS II et III et à 3 % pour le GMFCS IV (Storm et al. (2020)).

Le graphique (figure 15) ci-dessus présente les améliorations du score GMFM-88 après le traitement par exosquelette. Il montre que toutes les études présentent des résultats cliniquement importants pour le GMFM-88 chez les patients avec un score GMFCS de II. Cependant, tous les patients n'atteignent pas la valeur de la MCID donnée par le groupe d'experts (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021).

Lors du GMFM-88, tous les enfants de score GMFCS III ayant pris part aux études incluses présentent une différence cliniquement importante qui dépasse la MCID maximale et la valeur *survey*, à l'exception du participant de l'étude de Kim et al. (2021) ainsi que du groupe contrôle de l'étude de Moll et al. (2022).

Pour finir, des deux patients avec un score de GMFCS IV, seulement un atteint la norme de la MCID maximale et aucun des deux n'atteint la norme fixée par le groupe d'experts.

La dimension D du test GMFM-88 évalue l'équilibre des enfants lors de la position debout. L'enfant doit par exemple tenir sur une jambe pendant 10 secondes ou ramasser un objet au sol et se redresser. Selon Storm et al. (2020), la MCID pour le GMFCS II se situe entre 0,8 % et 3,3 % alors que les experts la placent eux à une différence de 4 %. Pour le score GMFCS III, la différence minimale se situe à 0,6 % et la maximale à 4,1 % et les experts déterminent la MCID à 4 %. Finalement, les valeurs pour les GMFCS IV sont de 1,6 % et 4,6 % alors que la valeur *survey* est à 5 %.

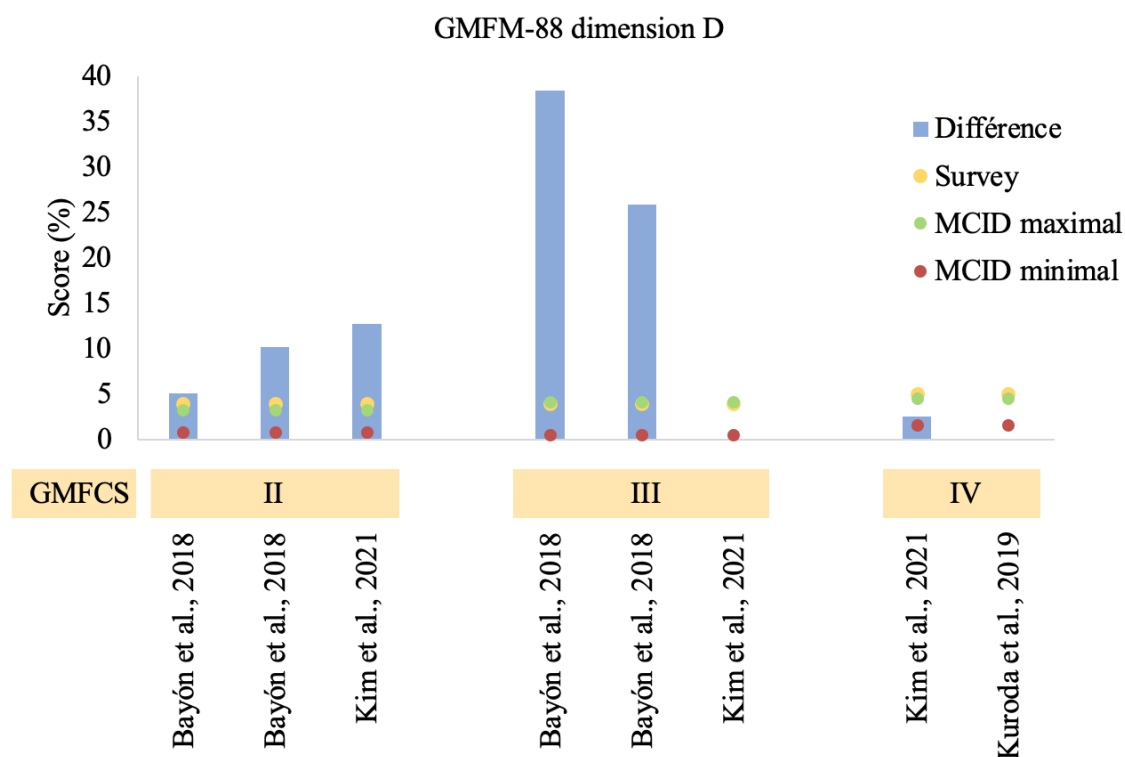


Figure 16 : Gross Motor Function Measure of 88 items - Dimension D  
GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

Les améliorations de la dimension D du score GMFM-88 après l'entraînement à la marche à l'aide d'un exosquelette sont visibles sur le graphique ci-dessus (figure 16).

Les différences de score pour la dimension D peuvent être considérées comme cliniquement importantes pour tous les enfants avec une PC ayant un score GMFCS II (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021).

La même constatation est applicable pour les patients avec un GMFCS III (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021), excepté pour le participant de l'étude de Kim et al. (2021) qui ne présente pas de différence de score avant et après l'intervention.

En revanche, les différences de résultats sont moins importantes chez les enfants diagnostiqués de paralysie cérébrale avec un score GMFCS IV (Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019).

La dernière dimension du test de GMFM-88, la dimension E, repose sur l'évaluation de la marche, de la course et du saut (annexe XI). C'est pour cette raison que les résultats sont disponibles uniquement pour les enfants présentant un score GMFCS II ou III. Ces résultats sont visibles sur le graphique ci-après (figure 17).

Un seul enfant présente une amélioration cliniquement importante chez les sujets d'étude avec un score GMFCS de II (Bayón et al., 2018). Les deux enfants avec un score de GMFCS III de l'étude de Bayón et al. (2018) présentent également une différence qualifiée de cliniquement importante. En revanche, l'enfant étudié dans l'étude de Kim et al. (2021) présente une amélioration cliniquement importante, mais seulement avec une MCID minimale. De plus, il n'atteint pas la valeur établie par les experts.

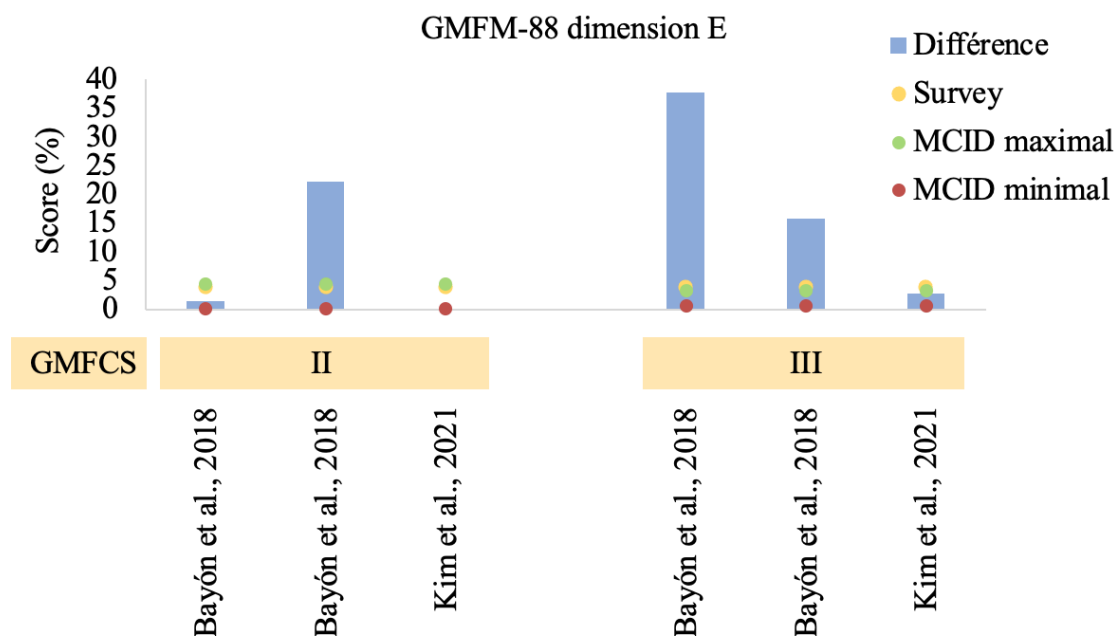


Figure 17 : Gross Motor Function Measure of 88 items – Dimension E  
GMFCS : Gross Motor Function Classification System; MCID : Minimal Clinical Important Difference

### 3.10 Résumé des résultats

#### GMFCS II

Pour ce groupe de patients, les résultats sont plutôt mitigés. Des améliorations cliniquement importantes peuvent être constatées dans les études pour les résultats du test de six minutes de marche, pour le GMFM-88 total ainsi que pour la dimension D de ce test. En revanche, aucune différence importante entre avant et après le port d'un exosquelette ne peut être relevée pour la vitesse de marche, la cadence ainsi que pour la dimension E du GMFM-88.

#### GMFCS III

En ce qui concerne les enfants atteints de paralysie cérébrale scorée à III sur V, le port d'un exosquelette pour la réhabilitation de la marche présente des effets positifs. En effet, les résultats se révèlent cliniquement importants pour la plupart des enfants et cela pour tous les items développés précédemment dans cette étude.

#### GMFCS IV

Les enfants scorés à IV sur V sont ceux qui ont le plus de difficultés à marcher de manière autonome. Des améliorations au niveau du test de six minutes de marche ainsi qu'au niveau du score GMFM-88 peuvent tout de même être relevées.

## 4. Discussion

### 4.1 Application des preuves

#### 4.1.1 Caractéristiques de la population

Les résultats obtenus ne permettent pas d'établir des caractéristiques de population inductrices de l'effet possible de la rééducation à la marche se basant sur l'utilisation des exosquelettes chez les enfants atteints de PC. Pour ce faire, il serait nécessaire de réaliser davantage d'études randomisées contrôlées comparant différents groupes d'âges (petite enfance, enfance, préadolescence, adolescence), différents scores GMFCS, ainsi que différents types de PC. Cependant, les résultats obtenus tendent vers l'hypothèse que le score GMFCS serait un indicateur favorable à l'utilisation d'un exosquelette. Comme décrit plus haut dans ce travail, les résultats des différentes études analysées révèlent des améliorations plus importantes des caractéristiques de la marche après l'utilisation thérapeutique des exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables chez les enfants atteints de PC de type III. Aucune hypothèse ne peut être faite quant à l'indicateur de l'âge, du fait que la plupart des études incluses se sont intéressées à une population d'adolescents. Il en est de même pour le type de PC, car la plupart des études s'intéressent à des enfants atteints de diploégie spastique.

#### 4.1.2 Protocole d'entraînement

Les analyses des résultats des différentes études incluses ne permettent pas de réaliser un protocole thérapeutique optimal pour l'utilisation des exosquelettes dans la rééducation à la marche des enfants atteints de PC. Pour que cela puisse être possible, il est nécessaire d'analyser d'avantage d'études randomisées contrôlées comparant diverses durées de séances, de prise en charge, d'intensités d'entraînements et de combinaisons de co-thérapies. Il s'agirait également de comparer divers nombres de séances par semaine et différents modèles d'exosquelettes, ainsi que des études comprenant des follow-up, afin de connaître les effets sur le court, moyen et long terme. Malgré les différents protocoles de thérapie utilisés dans les études incluses, aucune hypothèse relative aux caractéristiques du traitement ne peut être établie. En effet, dans les résultats des caractéristiques de la marche étudiées, certains patients ayant reçu seulement quelques heures de thérapie avec un exosquelette démontrent une amélioration semblable aux patients ayant reçu un nombre d'heures de séances plus élevé. Seuls les résultats du 6minWT tendent à démontrer qu'un temps total de prise en charge avec un exosquelette plus long permet une amélioration plus importante. En effet, pour cet item, les études de Bayón et al. (2018) et de Kim et al. (2021), comprenant

toutes deux un temps de traitement total supérieur à 800 heures et se déroulant sur plus de deux mois, démontrent une grande amélioration de la distance parcourue pour les patients de GMFCS III étudiés. À contrario, l'étude de Moll et al. (2022), s'étendant sur deux semaines et comprenant un temps de traitement total avec l'exosquelette de 120 heures, démontre pour la même population une amélioration qui n'atteint pas la MCID maximale. Globalement, ces résultats sont encourageants, car des améliorations sont visibles dans toutes les études, indépendamment du protocole d'entraînement utilisé.

#### 4.1.3 Caractéristiques de l'exosquelette

Les différentes études incluses ont étudié plusieurs exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables. L'analyse des résultats ne permet pas d'établir qu'un modèle est plus performant que les autres. Bien que les résultats des études utilisant l'exosquelette HAL soient moins probants (Kuroda et al., 2019; Moll et al., 2022; Nakagawa et al., 2019c, 2019b, 2019a), la conclusion que cela est dû à l'exosquelette ne peut pas être tirée. En effet, parmi toutes les études ayant étudié l'HAL, aucune ne dépasse une durée de prise en charge d'un mois et un temps de traitement total de 400 minutes, contrairement à des traitements de plus de 1000 h et se déroulant sur quatre mois pour d'autres exosquelettes. Il est donc probable que ces résultats moins convaincants soient liés à ces différences de protocoles.

#### 4.1.4 Moyens d'évaluation

Dans les neuf études incluses dans cette revue, 42 moyens d'évaluation ont été répertoriés. Seuls six d'entre eux ont été développés dans ce travail. Les autres moyens d'évaluation peuvent avoir un grand intérêt pour les études futures. Il serait également important pour le futur d'avoir des résultats liés à des tests standardisés ayant une bonne reproductibilité intra- et interobservateur ainsi qu'une fiabilité test-retest élevée, afin de pouvoir les comparer statistiquement.

#### **Tests de marche et vitesse de marche**

Dans les études incluses, la vitesse de marche n'a pas toujours été calculée de la même manière. Certaines ont utilisé le test de 10m de marche (Kuroda et al., 2019; Nakagawa et al., 2019b), d'autres ont fait des analyses biomécaniques de la marche en trois dimensions sur des distances variables (Aycardi et al., 2019; Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Nakagawa et al., 2019c) et une dernière a employé le test de une minute de marche (Yoo et al., 2021). Le test de 10m de marche est plus utile à l'analyse de marche et à l'observation des paramètres de marche (Pirpiris et al., 2003). Cependant, Pirpiris et al. (2003) ont conclu

que lors du test de 10 mètres de marche, les enfants atteints de PC développent une marche plus rapide que lors du test de 10 minutes. Ils ont également relevé que ce dernier est plus représentatif de la marche quotidienne et communautaire de ces enfants et reflète de ce fait leurs capacités fonctionnelles. Ils concluent en ajoutant que des tests de marche de différentes durées permettraient une évaluation plus globale des capacités fonctionnelles.

Finalement, le 6minWT est présent dans quatre études incluses (Bayón et al., 2018; Kim et al., 2021; Kuroda et al., 2019; Moll et al., 2022). Dans une population d'enfants atteints de PC, le 6minWT ne permet pas d'évaluer la capacité aérobique de l'enfant, mais plutôt son handicap fonctionnel (Guinet & Desailly, 2018).

### **Test de force**

D'après Willemse et al. (2013), le dynamomètre manuel est un outil permettant de détecter les changements de la force isométrique chez les enfants atteints de PC au niveau des membres inférieurs. Pour que la mesure soit la plus efficiente possible, il est préférable de réaliser deux mesures sur différents jours. La validité n'est pas connue, mais la mesure de la force à l'aide d'un dynamomètre est réalisable sur une population d'enfants atteints de PC (Vulpen et al., 2013). Bayón et al. (2018) démontrent, dans leur étude, une amélioration de la force maximale en contraction isométrique après l'intervention, principalement au niveau des muscles extenseurs et fléchisseurs de la hanche et du genou.

La force isométrique et la force fonctionnelle, qui elle, est plus en lien avec les activités quotidiennes d'un enfant comme la marche, devraient être mesurées, car elles relatent des informations complémentaires (Aertssen et al., 2019). Chez les jeunes enfants, la capacité de se lever d'une chaise et de se rasseoir de manière autonome est un indicateur de la force fonctionnelle et est prédictive de sa capacité future à réussir à marcher trois pas ou plus de manière indépendante (Begnoche et al., 2016). De plus, la puissance musculaire est également importante dans la vie quotidienne des enfants, car elle est utilisée dans des activités tels que le sprint, le saut ou encore le lancer. C'est pourquoi il serait utile de la mesurer dans les études futures, afin de connaître l'impact de l'intervention sur cette composante de la force (Aertssen et al., 2019). Ces aspects sont mesurables grâce au FSM-CP (*Functional Strengt Measurement in Cerebral Palsy*), un test réalisable avec des enfants atteints de PC.

Le *Muscle Power Sprint* est un test validé pour le diagnostic de PC et permet de mesurer la performance anaérobique chez les patients atteints de PC. Il est fiable et sensible au



changement, ce qui en fait un outil intéressant. En revanche, il ne peut s'employer qu'avec des enfants capables de marcher ou courir sans aide externe, ce qui limite son utilisation (Verschuren et al., 2013).

### **Équilibre**

Le contrôle postural est réduit chez les enfants atteints de PC, que ce soient des enfants avec un diagnostic d'hémiplégie spastique ou de diplégie. Cette réduction impacte également l'efficacité de la marche (Woollacott & Shumway-Cook, 2005). Malgré ces connaissances, seules deux études (Kim et al., 2021; Yoo et al., 2021) ont réalisé des tests d'équilibre en dehors du GMFM-88. Le *Pediatric Balance Scale* (PBS) est un score permettant la mesure de l'équilibre fonctionnel ayant l'avantage d'être standardisé et réalisable en moins de 15 minutes. Il a été démontré que la fiabilité test-retest et la fiabilité inter-professionnel du PBS sont extrêmement hautes (Franjoine et al., 2003). De son côté, le *Pediatric Reach Test* (PRT) peut être réalisé en position debout ou assis, incluant ainsi les patients pédiatriques dans l'incapacité à rester en position debout statique sans aide ou MA. Il permettrait la réalisation de statistique avec un plus grand spectre de patients (Bartlett & Birmingham, 2003).

Dans leur étude, Yoo et al. (2021) ont publié les résultats du PBS et du PRT. Ils dénotent une amélioration pour ces deux tests chez les deux sujets étudiés. De leur côté, Kim et al. (2021) ont publié les résultats détaillés du PBS (score total, statique et dynamique). Le patient avec un GMFCS III démontre une amélioration de tous les items de ce test, alors que le patient GMFCS II démontre une amélioration globale et dynamique, mais présente un score pour le PBS statique inchangé. Les résultats de Yoo et al. (2021) montrent que les exosquelettes peuvent avoir un effet sur le contrôle postural, même dans la position assise. Ce résultat ouvre une voix de recherche prometteuse pour les enfants ne marchant pas ou très peu.

### **Contrôle moteur**

L'échelle SCALE (*Selective Control Assessment of Lower Extremity*) est utilisée pour quantifier le contrôle moteur volontaire et sa progression. Fowler et al. (2009) ont réalisé une étude sur la corrélation entre SCALE et PBS et ils ont conclu qu'il existe une forte corrélation entre ces deux tests. De plus, SCALE peut être utilisé afin de prédire le score du PBS. En effet, si le score de SCALE est amélioré, la fonction motrice globale est améliorée, alors que les co-contractions sont diminuées, et cela va permettre à l'enfant d'améliorer son score PBS (Lim, 2015).

## 4.2 Risque de biais

Bien que les analyses des risques de biais révèlent plusieurs facteurs de risque, le choix a été fait de garder toutes les études pour notre revue, car les biais identifiés ont été jugés acceptables et justifiés comme suit.

Premièrement, toutes les études évaluées à l'aide de l'échelle *Robin-I* présentent un risque de biais modéré en ce qui concerne les mesures des résultats à l'aveugle. Cela est dû au fait que les thérapeutes étaient au courant du traitement reçu par les participants. Au vu du sujet de l'étude, cet item ne pouvait pas être respecté.

Ensuite, l'étude de Moll et al. (2022) présente un risque de biais modéré dû à la randomisation à l'aveugle qui n'a pas été respectée. Étant donné le sujet de l'étude, ainsi que le jeune âge des participants, cet item ne pouvait pas être respecté. Sans prendre en compte cet item, le risque de biais global de cette étude ne serait pas jugé autant élevé.

De plus, l'instrument *JBI for case study* conçu initialement pour évaluer des études du domaine des soins infirmiers a été modifié. Malgré ces modifications, le fait que cette échelle de biais n'est pas spécifique à notre domaine de recherche peut également expliquer que les études de Kuroda et al. (2019) et de Nakagawa et al. (2019b) présentent un risque de biais modéré dans l'item 2 « historique du patient ».

## 4.3 Limitations

Plusieurs limitations de notre revue systématique ont été identifiées concernant les études incluses. La première concerne l'hétérogénéité des traitements. Comme décrit plus haut dans ce travail, les études incluses dans cette revue utilisent trois modèles d'exosquelettes différents, appliquent des protocoles de traitements divers, ainsi qu'un suivi des patients sur des durées très variables.

Une seconde limitation réside dans le manque de *follow-up* dans les études sélectionnées. En effet, sur les neuf études incluses, seules celles de Kuroda et al. (2019) et de Nakagawa et al. (2019c) ont réalisé des *follow-up*. Il s'est donc avéré irréalisable de les analyser dans cette revue. De ce fait il est impossible de tirer des conclusions sur l'effet des exosquelettes sur le moyen et le long terme en ce qui concerne les caractéristiques de la marche.

Une troisième limitation est basée sur la méthodologie des études incluses, qui ne sont, pour la plupart, pas de qualité scientifique suffisante. La preuve en est qu'une seule étude randomisée contrôlée est incluse dans cette revue.

Et enfin, des informations majeures manquantes dans les études représentent une quatrième limitation. Pour commencer, dans les études de Aycardi et al. (2019) et de Yoo et al. (2021), les scores GMFCS des patients ne sont pas publiés. Ensuite, dans l'étude de Kim et al. (2021), les séances sont décrites comme durant 60 minutes, mais le temps réel de traitement avec l'exosquelette, après déduction du temps pour mettre et enlever l'appareil, l'échauffement et les explications, n'est pas précisé. Et enfin, dans l'étude de Moll et al. (2022), les résultats des dimensions D et E du GMFM-88 ne sont pas publiés séparément.

Nous avons également constaté plusieurs limitations concernant la méthode appliquée dans cette revue systématique. La première concerne nos connaissances limitées en robotique, qui nous permettent de comprendre globalement les différences entre les exosquelettes inclus, mais pas certaines différences techniques subtiles. La deuxième limitation est le choix des études de risque de biais, qui comme décrit plus haut dans ce travail, n'étaient pas toujours adaptées au domaine de la physiothérapie. Finalement, la troisième limitation réside dans le fait que les résultats des études n'ont pas été extraits en double aveugle.

#### 4.4 Comparaison avec la littérature

À notre connaissance, ce travail est la première revue systématique s'intéressant à l'amélioration des caractéristiques de la marche grâce à l'utilisation d'un exosquelette chez les enfants atteints de PC, qui n'inclut que des études réalisées avec des exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables.

Dans plusieurs revues systématiques portant sur la même patientèle et incluant des exosquelettes polyarticulés, motorisés et non-portables, des bénéfices sur les caractéristiques de la marche ont également été révélés (Cortés-Pérez et al., 2022; Cumplido-Trasmonte et al., 2022; Llamas-Ramos et al., 2022). La littérature au sujet de ce type d'exosquelette est plus fournie, étant donné que le *Lokomat* a été développé en 1994 (Colombo, 2000).

Dans leur revue incluant sept études, suite à un traitement avec le *Lokomat*, Llamas-Ramos et al. (2022) identifient des améliorations à court terme pour l'endurance à la marche, la vitesse de marche, le contrôle postural et la force musculaire, permettant ainsi une meilleure indépendance fonctionnelle par rapport à un traitement physiothérapique seul. Néanmoins, ils insistent sur le fait que la réhabilitation à la marche grâce à un exosquelette ne doit en aucun cas remplacer le traitement physiothérapique standard et que ces appareils doivent être utilisés comme des compléments de thérapie.

La méta-analyse réalisée par Cortés-Pérez et al. (2022) montre quant à elle une efficacité supérieure partielle de l'utilisation des exosquelettes non-portables par rapport à la physiothérapie conventionnelle ou à la réhabilitation à la marche sur tapis roulant. En effet, sur le court terme, un bénéfice est visible pour les items suivants : vitesse de marche, endurance à la marche et dimension E du score GMFM-88. Au-delà de deux mois d'utilisation de l'exosquelette, un bénéfice sur la longueur de pas est également relevé. Néanmoins, dans les autres caractéristiques de la marche telles que la longueur du pas et de la foulée, la largeur du pas, la cadence, la capacité à se tenir debout, la fonction motrice globale et l'indépendance fonctionnelle, cette efficacité supérieure n'a pas été relevée.

Ces résultats ouvrent donc la voie à ce type d'étude sur les exosquelettes portables, afin de pouvoir définir s'ils sont autant efficaces que la physiothérapie standard ou s'ils doivent également être considérés comme des compléments thérapeutiques.

Une récente revue systématique et méta-analyse réalisée par Zhang et al. (2022) compare l'effet des exosquelettes non-portables aux exosquelettes portables lors de la réhabilitation à la marche de patients adultes souffrant de lésions de la moelle épinière. Ils dressent le constat suivant : les exosquelettes portables induisent une meilleure activation musculaire et un effort cognitif plus important. Ils permettent ainsi une amélioration de la vitesse de marche (10mWT) et de l'endurance à la marche (6MinWT) plus importante que les exosquelettes non-portables.

Ces résultats sont très encourageants pour le développement des exosquelettes portables et il serait intéressant à l'avenir de mener de telles études sur la population pédiatrique atteinte de PC.

## **5. Conclusion**

### **5.1 Implication pour la pratique**

Les différentes études menées sur les exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables démontrent que ces appareils ont un effet bénéfique sur les caractéristiques de marche des patients atteints de PC et que leur utilisation semble sécuritaire. Plus généralement, ces appareils représentent une nouvelle voie de thérapie prometteuse, non seulement sur le plan de la réhabilitation à la marche, mais également sur l'autonomie, la prévention des maladies causées par la sédentarité, la sphère bio-psycho-sociale et la motivation des patients.

Néanmoins, il réside un manque d'études avec des échantillons de patients importants, des suivis à long terme et une meilleure qualité méthodologique afin de pouvoir l'affirmer. De ce fait, l'utilisation de ces exosquelettes en thérapie n'est, pour le moment, pas recommandée. Plusieurs défis pratiques, quant à l'utilisation de ce type d'exosquelettes en thérapie persistent. Premièrement, le temps nécessaire pour mettre et enlever l'appareil est conséquent, ce qui diminue le temps effectif de la séance de physiothérapie. Ensuite, l'accessibilité de ces exosquelettes est compliquée, car, actuellement, seuls quelques modèles sont présents sur le marché et leurs prix représentent certainement un frein pour les patients, compte tenu du fait que les assurances n'ont pas encore statué pour une prise en charge financière.

## 5.2 Implication pour la recherche

Puisque peu d'études ont été réalisées au sujet des exosquelettes polyarticulés, motorisés et portables sur la population pédiatrique atteinte de paralysie cérébrale, beaucoup de travail reste encore à accomplir.

Afin d'analyser scientifiquement l'efficacité de ces appareils sur le court, moyen et long terme, ainsi que la sécurité de leur utilisation, il est primordial de réaliser des études primaires de qualité méthodologique supérieure, comprenant un groupe contrôle et un *follow-up*. Il est également important pour les études futures de respecter l'homogénéité de la population, ce qui permettrait d'évaluer l'efficacité de ce type de thérapie en fonction du type de PC et de la cotation des troubles moteurs que celle-ci engendre (score GMFCS).

De plus, des études comparant différents protocoles d'entraînement sont nécessaires, en vue d'établir des recommandations quant à la durée, ainsi qu'à l'intensité et la fréquence optimale du traitement.

Pour aller plus loin, des études comparant l'utilisation de ces exosquelettes à l'utilisation d'autres techniques de réhabilitation innovantes, ainsi que des études comparant les effets de différentes combinaisons de thérapies permettraient d'optimiser les prises en charge des patients atteints de paralysie cérébrale présentant des troubles de la marche.

Enfin, les études déjà réalisées à ce sujet analysent l'impact de ce nouveau type de thérapie sur les altérations motrices et fonctionnelles, mais leurs impacts sur les thématiques psychosociales telles que la qualité de vie, la motivation ou la prévention de la dépression représentent une piste d'étude encore inexplorée.

## 6. Références bibliographiques

- Aertssen, W., Smulders, E., Smits-Engelsman, B., & Rameckers, E. (2019). Functional strength measurement in cerebral palsy: Feasibility, test–retest reliability, and construct validity. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(7), 453-461. <https://doi.org/10.1080/17518423.2018.1518963>
- Amankwah, N., Oskoui, M., Garner, R., Bancej, C., Manuel, D. G., Wall, R., Finès, P., Bernier, J., Tu, K., & Reimer, K. (2020). La paralysie cérébrale au Canada, 2011-2031 : Résultats d’une étude de modélisation par microsimulation des répercussions épidémiologiques et économiques. *Promotion de la santé et prévention des maladies chroniques au Canada*, 40(2), 27-40. <https://doi.org/10.24095/hpcdp.40.2.01f>
- Ancona, E., Quarenghi, A., Simonini, M., Saggini, R., Mazzoleni, S., De Tanti, A., Saviola, D., & Salvi, G. P. (2019). Effect of verticalization with Erigo® in the acute rehabilitation of severe acquired brain injury. *Neurological Sciences*, 40(10), 2073-2080. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-03917-0>
- Apolo-Arenas, M. D., Jerônimo, A. F. de A., Caña-Pino, A., Fernandes, O., Alegrate, J., & Parraca, J. A. (2021). Standardized Outcomes Measures in Physical Therapy Practice for Treatment and Rehabilitation of Cerebral PALSY : A Systematic Review. *Journal of Personalized Medicine*, 11(7), 604. <https://doi.org/10.3390/jpm11070604>
- Aycardi, L. F., Cifuentes, C. A., Múnera, M., Bayón, C., Ramírez, O., Lerma, S., Frizera, A., & Rocon, E. (2019). Evaluation of biomechanical gait parameters of patients with Cerebral Palsy at three different levels of gait assistance using the CPWalker. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0485-0>
- Bao, G., Pan, L., Fang, H., Wu, X., Yu, H., Cai, S., Yu, B., & Wan, Y. (2019). Academic Review and Perspectives on Robotic Exoskeletons. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(11), 2294-2304. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2019.2944655>
- Bartlett, D., & Birmingham, T. (2003). Validity and Reliability of a Pediatric Reach Test: *Pediatric Physical Therapy*, 15(2), 84-90. <https://doi.org/10.1097/01.PEP.0000067885.63909.5C>
- Bax, M., Tydeman, C., & Flodmark, O. (2006). Clinical and MRI Correlates of Cerebral Palsy : The European Cerebral Palsy Study. *Yearbook of Pediatrics*, 2008, 341-343.

[https://doi.org/10.1016/S0084-3954\(08\)70458-5](https://doi.org/10.1016/S0084-3954(08)70458-5)

- Bayón, C., Martín-Lorenzo, T., Moral-Saiz, B., Ramírez, Ó., Pérez-Somarriba, Á., Lerma-Lara, S., Martínez, I., & Rocon, E. (2018). A robot-based gait training therapy for pediatric population with cerebral palsy : Goal setting, proposal and preliminary clinical implementation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0412-9>
- Bayón, C., Ramirez, O., Del Castillo, M. D., Serrano, J. I., Raya, R., Belda-Lois, J. M., Poveda, R., Molla, F., Martin, T., Martinez, I., Lerma Lara, S., & Rocon, E. (2016). CPWalker : Robotic platform for gait rehabilitation in patients with Cerebral Palsy. *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3736-3741. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2016.7487561>
- Beckung, E., Hagberg, G., Uldall, P., Cans, C., & for Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. (2008). Probability of Walking in Children With Cerebral Palsy in Europe. *Pediatrics*, 121(1), e187-e192. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0068>
- Begnoche, D. M., Chiarello, L. A., Palisano, R. J., Gracely, E. J., McCoy, S. W., & Orlin, M. N. (2016). Predictors of Independent Walking in Young Children With Cerebral Palsy. *Physical Therapy*, 96(2), 183-192. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140315>
- Billiards, S. S., Haynes, R. L., Folkerth, R. D., Trachtenberg, F. L., Liu, L. G., Volpe, J. J., & Kinney, H. C. (2006). Development of microglia in the cerebral white matter of the human fetus and infant. *The Journal of Comparative Neurology*, 497(2), 199-208. <https://doi.org/10.1002/cne.20991>
- Bunge, L. R., Davidson, A. J., Helmore, B. R., Mavrandonis, A. D., Page, T. D., Schuster-Bayly, T. R., & Kumar, S. (2021). Effectiveness of powered exoskeleton use on gait in individuals with cerebral palsy : A systematic review. *PLOS ONE*, 16(5), e0252193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252193>
- Butler, T. (2017). Exoskeleton Technology : Making Workers Safer and More Productive. *Paper presented at the ASSE Professional Development Conference and Exposition, ASSE-17-579*. [https://aeasseincludes.assp.org/professionalsafety/pastissues/061/09/F1\\_0916.pdf](https://aeasseincludes.assp.org/professionalsafety/pastissues/061/09/F1_0916.pdf)
- Cans, C. (2007). Surveillance of cerebral palsy in Europe : A collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(12), 816-824. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2000.tb00695.x>



- Cans, C., Dolk, H., Platt, M., Colver, A., Prasauskene, A., & Rägelo-Mann, I. K. (2007). Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 35-38. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.tb12626.x>
- Cherni, Y., Ballaz, L., Lemaire, J., & Begon, M. (2019). Effects of robot-assisted gait training on walking abilities of children with cerebral palsy. *Neurophysiologie Clinique*, 49(6), 421. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2019.10.041>
- Colombo, G. (2000). *Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis*.
- Colomera, J. A., & Nahuelhual, P. (2020). Efectividad de la asistencia robótica para el entrenamiento de la marcha en niños con parálisis cerebral. Una revisión sistemática. *Rehabilitación*, 54(2), 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2019.12.001>
- Cortés-Pérez, I., González-González, N., Peinado-Rubia, A. B., Nieto-Escamez, F. A., Obrero-Gaitán, E., & García-López, H. (2022). Efficacy of Robot-Assisted Gait Therapy Compared to Conventional Therapy or Treadmill Training in Children with Cerebral Palsy : A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sensors*, 22(24), 9910. <https://doi.org/10.3390/s22249910>
- Crapo, R. O., Enright, P. L., & Zeballos, J. R. (2002). *ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test*.
- Cumplido-Trasmonte, C., Ramos-Rojas, J., Delgado-Castillejo, E., Garcés-Castellote, E., Puyuelo-Quintana, G., Destarac-Eguizabal, M. A., Barquín-Santos, E., Plaza-Flores, A., Hernández-Melero, M., Gutiérrez-Ayala, A., Martínez-Moreno, M., & García-Armada, E. (2022). Effects of ATLAS 2030 gait exoskeleton on strength and range of motion in children with spinal muscular atrophy II: a case series. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 19(1), 1-75.
- Delporte, L., Rebour, R., Arsenault, L., Revol, P., & Rossetti, Y. (2020, juillet). *Apport de l'Analyse quantifiée du mouvement dans les enjeux de la rééducation de la marche*.
- Drewitt-Smith, A., & Huntsdale, J. (2022, mars 15). *Hybrid Assistive Limb technology gives hope to spinal injury patients to move again*. <https://www.abc.net.au/news/2022-03-06/robotic-skeleton-improves-mental-health-while-restoring-movement/100856708>
- ETH Zurich, C. (2020). *CYBATHLON Races & Rules*. [https://cybathlon.ethz.ch/documents/downloads/CYBATHLON\\_global\\_edition\\_Races\\_and\\_Rules.pdf](https://cybathlon.ethz.ch/documents/downloads/CYBATHLON_global_edition_Races_and_Rules.pdf)



- Fasoli, S. E., Ladenheim, B., Mast, J., & Krebs, H. I. (2012). New Horizons for Robot-Assisted Therapy in Pediatrics. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 91(11), S280-S289. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31826bcff4>
- Fowler, E. G., Staudt, L. A., Greenberg, M. B., & Oppenheim, W. L. (2009). Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE) : Development, validation, and interrater reliability of a clinical tool for patients with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(8), 607-614. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03186.x>
- Franjoine, M. R., Gunther, J. S., & Taylor, M. J. (2003). Pediatric Balance Scale : A Modified Version of the Berg Balance Scale for the School-Age Child with Mild to Moderate Motor Impairment: *Pediatric Physical Therapy*, 15(2), 114-128. <https://doi.org/10.1097/01.PEP.0000068117.48023.18>
- Graham, H. K., Rosenbaum, P., Paneth, N., Dan, B., Lin, J.-P., Damiano, D. L., Becher, J. G., Gaebler-Spira, D., Colver, A., Reddihough, D. S., Crompton, K. E., & Lieber, R. L. (2016). Cerebral palsy. *Nature Reviews Disease Primers*, 2(1), 15082. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.82>
- Guinet, A.-L., & Desailly, E. (2018). Test de marche de six minutes (6MWT) aux enfants atteints de paralysie cérébrale. Revue de littérature et proposition d'une version adaptée. *Motricité Cérébrale*, 39(4), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.motcer.2018.09.002>
- Haute Autorité de Santé, H. A. S. (2021). *Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale* [Recommandation de bonne pratique]. [https://www.has-sante.fr/jcms/p\\_3166294/fr/reeducation-et-readaptation-de-la-fonction-motrice-de-l-appareil-locomoteur-des-personnes-diagnostiquees-de-paralysie-cerebrale](https://www.has-sante.fr/jcms/p_3166294/fr/reeducation-et-readaptation-de-la-fonction-motrice-de-l-appareil-locomoteur-des-personnes-diagnostiquees-de-paralysie-cerebrale)
- Jackman, M., Sakzewski, L., Morgan, C., Boyd, R. N., Brennan, S. E., Langdon, K., Toovey, R. A. M., Greaves, S., Thorley, M., & Novak, I. (2022). Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy : International clinical practice guideline. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 64(5), 536-549. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15055>
- Kim, S. K., Park, D., Yoo, B., Shim, D., Choi, J.-O., Choi, T. Y., & Park, E. S. (2021). Overground Robot-Assisted Gait Training for Pediatric Cerebral Palsy. *Sensors*,

21(6), 2087. <https://doi.org/10.3390/s21062087>

- Krägeloh-Mann, I., Petersen, D., Hagberg, G., Vollmer, B., Hagberg, B., & Michaelis, R. (1995). Bilateral spastic cerebral palsy—MRI pathologie and origin. Analysis from a representative series of 56 cases. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 37(5), 379-397. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1995.tb12022.x>
- Kumar, V., Hote, Y. V., & Jain, S. (2019a). Review of Exoskeleton : History, Design and Control. *Power Engineering*.
- Kumar, V., Hote, Y. V., & Jain, S. (2019b). Review of Exoskeleton : History, Design and Control. *2019 3rd International Conference on Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE)*, 677-682. <https://doi.org/10.1109/RDCAPE47089.2019.8979099>
- Kuroda, M., Nakagawa, S., Mutsuzaki, H., Mataka, Y., Yoshikawa, K., Takahashi, K., Nakayama, T., & Iwasaki, N. (2019). Robot-assisted gait training using a very small-sized Hybrid Assistive Limb® for pediatric cerebral palsy : A case report. *Brain and Development*, 42(6), 468-472. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2019.12.009>
- Larousse. (2023a). *Définitions : Exosquelette—Dictionnaire de français Larousse*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/exosquelette/32197>
- Larousse. (2023b). *Définitions : Squelette—Dictionnaire de français Larousse*. Larousse. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/squelette/74382>
- Laumond, J.-P. (2016). Anthropomorphic action in robotics. *10/2016*.
- Lefmann, S., Russo, R., & Hillier, S. (2017). The effectiveness of robotic-assisted gait training for paediatric gait disorders : Systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0214-x>
- Lepage, C., Noreau, L., & Bernard, P.-M. (1998). Association Between Characteristics of Locomotion and Accomplishment of Life Habits in Children With Cerebral Palsy. *Physical Therapy*, 78(5), 458-469. <https://doi.org/10.1093/ptj/78.5.458>
- Lim, H. (2015). Correlation between the selective control assessment of lower extremity and pediatric balance scale scores in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(12), 3645-3649. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3645>
- Linner, T., Pan, M., Pan, W., Taghavi, M., Pan, W., & Bock, T. (2018). *Identification of Usage Scenarios for Robotic Exoskeletons in the Context of the Hong Kong*

- Construction Industry*. 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Taipei, Taiwan. <https://doi.org/10.22260/ISARC2018/0006>
- Llamas-Ramos, R., Sánchez-González, J. L., & Llamas-Ramos, I. (2022). Robotic Systems for the Physiotherapy Treatment of Children with Cerebral Palsy : A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.
- Marchal-Crespo, L., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-20>
- Mcintyre, S., Taitz, D., Keogh, J., Goldsmith, S., Badawi, N., & Blair, E. (2013). A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries : Review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(6), 499-508. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12017>
- Moll, F., Kessel, A., Bonetto, A., Stresow, J., Herten, M., Dudda, M., & Adermann, J. (2022). Use of Robot-Assisted Gait Training in Pediatric Patients with Cerebral Palsy in an Inpatient Setting—A Randomized Controlled Trial. *Sensors*, 22(24), 9946. <https://doi.org/10.3390/s22249946>
- Murtagh, J. (2015). *ReWalk : Robotic Exoskeletons for Spinal Cord Injury*. 141, 9.
- Nakagawa, S., Mutsuzaki, H., Mataki, Y., Endo, Y., Kamada, H., & Yamazaki, M. (2019c). Improvement and sustainability of walking ability with hybrid assistive limb training in a patient with cerebral palsy after puberty : A case report. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(8), 633-637. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.633>
- Nakagawa, S., Mutsuzaki, H., Mataki, Y., Endo, Y., Matsuda, M., Yoshikawa, K., Kamada, H., Iwasaki, N., & Yamazaki, M. (2019a). Safety and immediate effects of Hybrid Assistive Limb in children with cerebral palsy : A pilot study. *Brain and Development*, 42(2), 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2019.10.003>
- Nakagawa, S., Mutsuzaki, H., Mataki, Y., Endo, Y., Matsuda, M., Yoshikawa, K., Kamada, H., & Yamazaki, M. (2019b). Newly developed hybrid assistive limb for pediatric patients with cerebral palsy : A case report. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(8), 702-707. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.702>
- Neil J. Mizen. (1969). *Powered exoskeletal apparatus for amplifying human strength in response to normal body movements* (Patent N° US3449769). <http://www.google.com/patents/US3449769>

- Nolan, K. J., Karunakaran, K. K., Chervin, K., Monfett, M. R., Bapineedu, R. K., Jasey, N. N., & Oh-Park, M. (2020). Robotic Exoskeleton Gait Training During Acute Stroke Inpatient Rehabilitation. *Frontiers in Neurorobotics*, 14, 581815. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2020.581815>
- Novacheck, T. F., & Schwartz, M. H. (Éds.). (2020). *Improving quality of life for individuals with cerebral palsy through treatment of gait impairment : International cerebral palsy function and mobility*. Mac Keith Press.
- Novak, I., Hines, M., Goldsmith, S., & Barclay, R. (2012). Clinical Prognostic Messages From a Systematic Review on Cerebral Palsy. *Pediatrics*, 130(5), e1285-e1312. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0924>
- Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the Evidence Traffic Lights 2019 : Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Oeffinger, D., Bagley, A., Rogers, S., Gorton, G., Kryscio, R., Abel, M., Damiano, D., Barnes, D., & Tylkowski, C. (2008). Outcome tools used for ambulatory children with cerebral palsy : Responsiveness and minimum clinically important differences. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(12), 918-925. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03150.x>
- Ordonnance du DFI du 29 novembre 1976 concernant la remise de moyens auxiliaires par l'assurance-invalidité (=OMAI; RS 831.232.51; état le 01 juillet 2020). [https://fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1976/2664\\_2664\\_2664](https://fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1976/2664_2664_2664)
- Organisation mondiale de la Santé. (2023). *Santé des adolescents*. Organisation mondiale de la santé. [https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/fr/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1)
- Paleg, G. S., Smith, B. A., & Glickman, L. B. (2013). Systematic Review and Evidence-Based Clinical Recommendations for Dosing of Pediatric Supported Standing Programs. *Pediatric Physical Therapy*, 25(3), 232-247. <https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e318299d5e7>
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. (2007). *Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale Étendu, Revu et Corrigé*.

- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(4), 214-223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>
- Pană, C. F., Rădulescu, V. M., Pătrașcu-Pană, D. M., Petcu (Besnea), F. L., Reșceanu, I. C., Cismaru, Ștefan I., Trășculescu, A., & Bîzdoacă, N. (2022). The Impact of COVID on Lower-Limb Exoskeleton Robotic System Patents—A Review. *Applied Sciences*, 12(11), 5393. <https://doi.org/10.3390/app12115393>
- Pirpiris, M., Wilkinson, A. J., Rodda, J., Nguyen, T. C., Baker, R. J., Natrass, G. R., & Graham, H. K. (2003). Walking Speed in Children and Young Adults With Neuromuscular Disease : Comparison Between Two Assessment Methods: *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 23(3), 302-307. <https://doi.org/10.1097/01241398-200305000-00006>
- Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., & Font-Llagunes, J. M. (2021). Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00815-5>
- Rosenbaum, P. L., Walter, S. D., Hanna, S. E., Palisano, R. J., Russell, D. J., Raina, P., Wood, E., Bartlett, D. J., & Galuppi, B. E. (2002). *Creation of Motor Development Curves*.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., & Bax, M. (2007). *A report : The definition and classification of cerebral palsy April 2006*.
- Rupal, B. S., Rafique, S., Singla, A., Singla, E., Isaksson, M., & Virk, G. S. (2017). Lower-limb exoskeletons : Research trends and regulatory guidelines in medical and non-medical applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(6), 172988141774355. <https://doi.org/10.1177/1729881417743554>
- Sankai, Y. (2010). HAL : Hybrid Assistive Limb Based on Cybernetics. In M. Kaneko & Y. Nakamura (Éds.), *Robotics Research* (Vol. 66, p. 25-34). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14743-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14743-2_3)
- Sellier, E., Platt, M. J., Andersen, G. L., Krägeloh-Mann, I., De La Cruz, J., Cans, C., & Surveillance of Cerebral Palsy Network. (2016). Decreasing prevalence in cerebral palsy : A multi-site European population-based study, 1980 to 2003. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(1), 85-92. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12865>

- Storm, F. A., Petrarca, M., Beretta, E., Strazzer, S., Piccinini, L., Maghini, C., Panzeri, D., Corbetta, C., Morganti, R., Reni, G., Castelli, E., Frascarelli, F., Colazza, A., Cordone, G., & Biffi, E. (2020). Minimum Clinically Important Difference of Gross Motor Function and Gait Endurance in Children with Motor Impairment: A Comparison of Distribution-Based Approaches. *BioMed Research International*, 2020, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2020/2794036>
- Takahashi, K., Mutsuzaki, H., Mataka, Y., Yoshikawa, K., Matsuda, M., Enomoto, K., Sano, K., Kubota, A., Mizukami, M., Iwasaki, N., & Yamazaki, M. (2018). Safety and immediate effect of gait training using a Hybrid Assistive Limb in patients with cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(8), 1009-1013. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.1009>
- Tscherter, A., Kuehni, C., Grunt, S., & Schlaepfer, T. R. (2020). *Registre suisse de la paralysie cérébrale : Une plateforme de recherche et de communication*. 31, 6.
- Verschuren, O., Bongers, B. C., Obeid, J., Ruyten, T., & Takken, T. (2013). Validity of the Muscle Power Sprint Test in Ambulatory Youth With Cerebral Palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 25(1), 25-28. <https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e3182791459>
- Vulpen, L. F. V., Groot, S. D., Becher, J. G., Wolf, G. S. D., & Dallmeijer, A. J. (2013). Feasibility and test-retest reliability of measuring lower-limb strength in young children with cerebral palsy. *EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICAL AND REHABILITATION MEDICINE*, 49(6).
- Willemse, L., Brehm, M. A., Scholtes, V. A., Jansen, L., Woudenberg-Vos, H., & Dallmeijer, A. J. (2013). Reliability of Isometric Lower-Extremity Muscle Strength Measurements in Children With Cerebral Palsy: Implications for Measurement Design. *Physical Therapy*, 93(7), 935-941. <https://doi.org/10.2522/ptj.20120079>
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2005). Postural Dysfunction During Standing and Walking in Children With Cerebral Palsy : What are the Underlying Problems and What New Therapies Might Improve Balance? *Neural Plasticity*, 12(2-3), 211-219. <https://doi.org/10.1155/NP.2005.211>
- Yagn, N. (1890). *Apparatus for facilitating walking, running, and jumping* (Patent N° 420,179). <https://patents.google.com/?q=APPARATUSFORFACILITATINGWALKING%2cRUNNING%2cANDJUMPING&oq=APPARATUSFORFACILITATINGWALKI>

## NG%2cRUNNING%2cANDJUMPING

- Yoo, M., Ahn, J. H., & Park, E. S. (2021). The Effects of Over-Ground Robot-Assisted Gait Training for Children with Ataxic Cerebral Palsy : A Case Report. *Sensors*, 21(23), 7875. <https://doi.org/10.3390/s21237875>
- Zhang, L., Lin, F., Sun, L., & Chen, C. (2022). Comparison of Efficacy of Lokomat and Wearable Exoskeleton-Assisted Gait Training in People With Spinal Cord Injury : A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, 13, 772660. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.772660>



## 7. Listes des illustrations

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Illustration d'une coupe de cerveau .....  | 3  |
| Figure 2 : The unimate, 1961 .....  | 7  |
| Figure 3 : “Apparatus for facilitating walking, running, and jumping”. .....                                  | 7  |
| Figure 4 : The HARDIman, General Electric Compagny, 1960 .....  | 8  |
| Figure 5 : Diagramme de flux.....   | 14 |
| Figure 6 : Analyse des risques de biais des études non-randomisées, réalisée avec l’outil<br>Robins-I .....   | 15 |
| Figure 7 : Analyse des risques de biais de l’étude randomisée contrôlée, réalisée avec l’outil<br>Rob-2 ..... | 15 |
| Figure 8 : Analyse des risques de biais des études de cas, réalisée avec l’outil JBI for case<br>study.....   | 16 |
| Figure 9 : Hétérogénéité de la population.....  | 16 |
| Figure 10 : Scores GMFCS moyen des participants.....  | 17 |
| Figure 11 : Hétérogénéité du traitement .....   | 18 |
| Figure 12 : Vitesse de marche.....  | 20 |
| Figure 13 : Cadence .....   | 21 |
| Figure 14 : Test de six minutes de marche .....   | 22 |
| Figure 15 : Gross Motor Function Measure of 88 items .....  | 24 |
| Figure 16 : Gross Motor Function Measure of 88 items - Dimension D.....                                       | 25 |
| Figure 17 : Gross Motor Function Measure of 88 items – Dimension E.....                                       | 26 |

### Sources :

Figure 1 : La figure a été partiellement générée à l'aide de Servier Medical Art, fourni par Servier, sous licence Creative Commons Attribution 3.0 unported (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

Figure 2 : SSPL/Getty images. (1979). *Unimate 2000B industrial* [photo]. Getty Images. <https://robotsguide.com/robots/unimate>

Figure 3 : Yang Nicholas (1890). Apparatus for facilitationg walking, running, and jumping [illustration]. Google patents. <https://patents.google.com/patent/US420179A/en>

Figure 4 : Mosher Ralph (1970). *General Electrics Hardiman I exoskeleton* [photo et illustration]. Cyberneticzoo. <https://cyberneticzoo.com/man-amplifiers/1966-69-g-e-hardiman-i-ralph-mosher-american/>



## 8. Liste des annexes

|  |        |
|--|--------|
| <b>Annexe I</b> : Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy - GMFCS .. | XXII   |
| <b>Annexe II</b> : PRISMA 2020 .....   | XXVIII |
| <b>Annexe III</b> : Equation de recherche .....  | XXIX   |
| <b>Annexe IV</b> : Tableaux des études .....   | XXX    |
| <b>Annexe V</b> : Choix des outcomes .....   | XXXIX  |
| <b>Annexe VI</b> : Tableaux d'extraction des résultats.....                                | XLII   |
| <b>Annexe VII</b> : Modifications de l'échelle de risque de biais JBI for case study.....  | XLV    |
| <b>Annexe VIII</b> : Tableaux de l'hétérogénéité du traitement et de la population .....   | XLVI   |
| <b>Annexe IX</b> : Les exosquelettes utilisés dans cette revue .....                       | XLVII  |
| <b>Annexe X</b> : 6MinWT .....   | XLIX   |
| <b>Annexe XI</b> : GMFM-88 .....   | LIII   |

**Annexe I: Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy - GMFCS**

CanChild Centre for Childhood Disability Research  
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,  
1400 Main Street West, Room 408, Hamilton, ON, Canada L8S 1C7  
Tel: 905-525-9140 ext. 27850 Fax: 905-524-0069  
E-mail: canchild@mcmaster.ca Website: www.canchild.ca

**GMFCS – E & R****Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale  
Étendu, Revu et Corrigé**

GMFCS - E & R © 2007 *CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University*  
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Doreen Bartlett, Michael Livingston

GMFCS © 1997 *CanChild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University*  
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Stephen Walter, Dianne Russell, Ellen Wood, Barbara Galuppi  
(Reference: Dev Med Child Neurol 1997;39:214-223)

**Traduit par :** Laurent Bourcheix, chirurgien pédiatre et  
Vincent Gautheron, médecin de médecine physique et de réadaptation

**INTRODUCTION ET INSTRUCTIONS POUR L'UTILISATEUR**

Le système de classification de la fonction motrice globale (GMFCS) pour la Paralysie Cérébrale est basé sur les mouvements volontaires, en mettant l'accent sur la station assise, les transferts et la mobilité. Dans la définition de ce système de classification à 5 niveaux, notre premier critère, qui permet la distinction entre les différents niveaux s'inspire des activités de la vie de tous les jours. Les différences sont basées sur les limitations ou restrictions fonctionnelles, l'appel aux aides techniques à la marche (comme un déambulateur, des cannes anglaises, ou des béquilles) ou à un appareillage de mobilité sur roues et non pas basées sur la qualité du mouvement. Les distinctions décrites entre les niveaux 1 et 2 ne sont, en aucune manière superposables aux nuances faites pour distinguer les autres niveaux entre eux, tout particulièrement chez les enfants de moins de 2 ans.

La version étendue de cette classification (GMFCS E&R; 2007) inclut une tranche d'âge supplémentaire : les adolescents de 12 à 18 ans. Elle met l'accent sur les concepts inhérents à la Classification Internationale du handicap, du Fonctionnement et de la santé (CIF), éditée sous l'égide de l'OMS. Nous encourageons les utilisateurs à être bien conscients de l'importance que peuvent avoir les paramètres personnels et environnementaux sur ces enfants et ces adolescents, sur ce qu'ils sont capables de faire lors d'une observation directe ou ce qui est relaté par eux. L'objectif principal de cette classification de la fonction motrice globale (GMFCS E&R) est de déterminer quel est le niveau décrivant le mieux les capacités et les restrictions fonctionnelles globales de l'enfant ou de l'adolescent. L'accent est porté sur les performances habituelles observées à domicile, à l'école ou en collectivité (= ce que font réellement les enfants et adolescents) et non pas ce qu'on leur prête, en termes de capacité au meilleur de leur forme. Il est cependant important de classer les performances habituelles de motricité globale et ne pas y inclure l'appréciation subjective qu'on peut avoir de la qualité du mouvement ou des hypothèses d'amélioration fonctionnelle.

L'intitulé de chaque niveau indique le mode de déplacement qui caractérise au mieux la performance réalisée après l'âge de 6 ans. La description des capacités et des restrictions fonctionnelles pour chaque tranche d'âge n'est pas exhaustive et ne peut pas prétendre décrire l'ensemble des fonctions de chaque enfant ou adolescent. Par exemple, un enfant hémiparétique qui est incapable de faire du quatre pattes, mais qui par ailleurs répond aux critères du niveau I (c'est-à-dire qu'il peut tirer sur ses bras pour se mettre debout et marcher), devrait être classé au niveau I. Cette échelle est ordinale, sans prétendre que les écarts entre les différents niveaux soient égaux ni que les enfants souffrant d'une Paralysie Cérébrale se répartissent de manière homogène parmi les 5 niveaux. Un résumé décrivant les distinctions qui existent entre deux niveaux consécutifs est fourni, afin de vous aider au classement de chaque enfant ou adolescent dans le niveau qui se rapproche le plus de ses performances

courantes de motricité globale.

Nous devons admettre le fait que l'expression clinique de la motricité globale est dépendante de l'âge, tout particulièrement chez le nourrisson et le petit enfant. Pour chaque niveau, différentes descriptions sont fournies selon la tranche d'âge. Pour les enfants, anciens prématurés, il faudra prendre en compte l'âge corrigé et ce, jusqu'à l'âge légal de 2 ans. La description des modes de mobilité qui s'appliquent aux tranches d'âges : 6-12 ans et 12-18 ans, reflète l'influence potentielle qu'ont les facteurs environnementaux (comme les trajets parcourus à l'école ou en collectivité) et les facteurs personnels (énergie requise pour réaliser un effort et affinités sociales).

Nous mettons l'accent sur les capacités fonctionnelles plutôt que sur les restrictions fonctionnelles. Ainsi on doit admettre pour principe général que pour un niveau fonctionnel donné, si l'enfant parvient à réaliser les activités décrites, il sera alors classé à ce niveau ou au niveau au-dessus ; à l'inverse, si un enfant ou un adolescent ne parvient pas à réaliser les activités décrites, il sera alors classé au niveau inférieur.

### DÉFINITIONS D'USAGES

**Déambulateur avec assise et soutien du tronc** : Il s'agit d'une aide technique qui soutient la ceinture pelvienne (assise) et le tronc. L'enfant ou l'adolescent est installé dans le déambulateur par une autre personne.

**Aide technique à la marche** : Cannes, béquilles, déambulateurs avec appui antérieur ou postérieur, sans soutien du tronc lors de la marche.

**Assistance physique** : Une autre personne aide physiquement l'enfant ou l'adolescent à se déplacer.

**Aide motorisée** : L'enfant ou l'adolescent actionne lui-même le joystick ou le bouton électrique de démarrage lui permettant ainsi d'être indépendant pour se déplacer. L'équipement en question peut être constitué par un fauteuil roulant électrique, un scooter électrique ou tout autre type d'équipement motorisé.

**Fauteuil roulant manuel auto propulsé** : L'enfant ou l'adolescent utilise l'ensemble de son membre supérieur y compris ses mains ou bien ses pieds, pour actionner les roues et ainsi se déplacer en fauteuil.

**Déplacé** : Une autre personne pousse l'aide technique à la mobilité (comme un fauteuil roulant manuel, une poussette, ou encore un landau) afin de déplacer l'enfant ou l'adolescent, d'un endroit à l'autre.

**Marche** : Sans indication particulière, ce terme signifie que la marche s'effectue sans assistance physique de la part d'une tierce personne et sans l'assistance d'une aide technique à la marche. Une orthèse (comme une attelle ou autre appareillage orthopédique) peut être portée.

**Mobilité sur roues** : Ce terme fait référence à tous les types d'aides techniques munis de roues qui permettent les déplacements (comme une poussette, un fauteuil roulant manuel ou électrique).

### RUBRIQUE GÉNÉRALE POUR CHAQUE NIVEAU

**Niveau I** : Marche sans restriction de mouvements

**Niveau II** : Marche avec restriction de mouvements

**Niveau III** : Marche avec aide technique à la marche

**Niveau IV** : Mobilité autonome avec restriction des mouvements ; peut utiliser une aide motorisée.

**Niveau V** : Déplacement en fauteuil roulant manuel, poussé par un adulte.

## DISTINCTIONS ENTRE DEUX NIVEAUX CONSÉCUTIFS

**Distinctions entre les niveaux I et II :** En comparaison avec les enfants et les adolescents classés au niveau I, ceux classés au niveau II présentent des restrictions à la marche pour les longs trajets et le maintien de leur équilibre ; ils peuvent recourir à une aide technique à la marche lors de l'apprentissage de celle-ci ; ils peuvent avoir recours à un équipement de mobilité sur roues, quand ils réalisent de longs trajets à l'extérieur et en collectivité ; ils prennent appui sur une main courante lorsqu'ils gravissent ou descendent des marches ; et ne sont pas capable de courir et de sauter aussi bien que les enfants ou adolescents classés en niveau I.

**Distinctions entre les niveaux II et III :** Les enfants (âgés de plus de 4 ans) et les adolescents classés au niveau II sont capables de marcher sans aide technique à la marche (cependant ils peuvent éventuellement choisir de l'utiliser de temps en temps). Les enfants et adolescents classés au niveau III ont besoin d'une aide technique à la marche pour se déplacer en intérieur et utilisent un équipement de mobilité sur roues pour leurs déplacements à l'extérieur et en collectivité.

**Distinctions entre les niveaux III et IV :** Les enfants et adolescents classés au niveau III s'assoient seuls ou requièrent tout au plus une assistance limitée de la part d'un tiers, ils sont plus indépendants lors des transferts qui exigent un passage en station érigée et marchent avec une aide technique. Les enfants et adolescents classés au niveau IV conservent une fonction motrice lorsqu'ils sont assis (habituellement avec support) mais leur autonomie de déplacement est limitée. Ces enfants et ces adolescents classés au niveau IV sont plus enclins à être déplacés en fauteuil roulant, ou utilisent une aide motorisée.

**Distinctions entre les niveaux IV et V :** Les enfants et adolescents classés au niveau V présentent de sévères restrictions du contrôle postural de la tête et du tronc et requièrent une assistance technologique importante, ainsi qu'une assistance physique. Leur mobilité autonome ne peut se réaliser qu'après avoir appris à manœuvrer un fauteuil électrique.

### Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale Étendu, Revu et Corrigé (GMFCS – E & R)

#### AVANT LE 2<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE

**Niveau I :** Les nourrissons peuvent s'asseoir et se relever de la station assise, se maintenir assis au sol sans l'aide des mains, leur permettant ainsi de manipuler des objets. Ces nourrissons font du quatre pattes, s'appuient sur un meuble avec leurs mains pour se relever et gravir des marches. Ces nourrissons acquièrent la marche entre l'âge de 18 mois et 2 ans sans aucune aide technique à la marche.

**Niveau II :** Les nourrissons se maintiennent assis au sol mais peuvent éventuellement avoir besoin de prendre appui sur leurs mains afin de conserver leur équilibre postural. Ces nourrissons rampent sur le ventre ou font du quatre pattes. Ils peuvent éventuellement prendre appui sur un meuble avec leurs mains pour se relever et gravir des marches.

**Niveau III :** Les nourrissons maintiennent la position assise au sol quand le bas du dos est maintenu. Ces nourrissons se roulent par terre et rampent vers l'avant sur le ventre.

**Niveau IV :** Les nourrissons conservent la tenue de la tête mais requièrent le maintien postural du tronc en position assise au sol. Ces nourrissons peuvent rouler sur le côté pour se mettre sur le dos et éventuellement, rouler sur le côté pour se mettre sur le ventre.

**Niveau V :** Les incapacités physiques limitent le contrôle volontaire du mouvement. Les nourrissons sont incapables de maintenir le contrôle postural anti gravitique de la tête et du tronc en décubitus ventral et en station assise. Ces nourrissons requièrent l'assistance physique d'un adulte pour se rouler par terre.

#### ENTRE LE 2<sup>ÈME</sup> ET LE 4<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE

**Niveau I :** Les enfants se maintiennent assis au sol sans l'aide de leurs mains, leur permettant ainsi de manipuler des objets. Les mouvements leur permettant de s'asseoir et de se relever pour se mettre debout sont réalisés sans l'assistance d'un adulte. Ces enfants choisissent la marche comme mode de déplacement préféré sans avoir recours à une aide technique à la

marche, quelle qu'elle soit.

**Niveau II** : Les enfants se maintiennent assis au sol mais peuvent avoir des difficultés pour contrôler leur posture, lorsque leurs deux mains sont occupées à manipuler des objets. Les mouvements leur permettant de s'asseoir et de se relever sont réalisés sans l'assistance d'un adulte. Ces enfants prennent appui sur un plan stable pour se relever. Ils font du quatre pattes selon un schéma de réciprocité (deux à deux avec coordination bras/jambe), déambulent lentement le long des meubles en prenant appui sur ceux-ci ; leur mode de déambulation préféré est la marche avec une aide technique à la marche.

**Niveau III** : Les enfants se maintiennent assis au sol, souvent en position dite de la grenouille (*"Sitting frog"*), assis les fesses entre les cuisses, les hanches en rotation interne et les genoux fléchis) et peuvent éventuellement avoir recours à l'assistance d'un adulte pour s'installer en position assise. Ces enfants rampent sur le ventre ou font du quatre pattes (souvent en asymétrie des mouvements des membres inférieurs) ceci représente leur mode principal de déplacement. Ils peuvent éventuellement prendre appui sur une surface stable pour se relever et déambuler lentement sur de courtes distances. Ils peuvent éventuellement marcher sur de courtes distances en intérieur avec une aide technique à la marche (déambulateur) et avec l'assistance d'un adulte pour se diriger et tourner.

**Niveau IV** : Les enfants peuvent se tenir assis au sol après qu'on les a installés, mais ils sont incapables de maintenir leur alignement et leur équilibre sans prendre appui au sol avec leurs mains. Ces enfants requièrent assez souvent un équipement adapté pour maintenir la position assise ou la station érigée. Une mobilité autonome pour de courtes distances (dans une chambre) est réalisée par roulades au sol, en rampant sur le ventre, ou encore à quatre pattes avec asymétrie des mouvements des membres inférieurs.

**Niveau V** : Les incapacités physiques restreignent le contrôle volontaire des mouvements et la faculté de maintenir le contrôle postural anti gravitique de la tête et du tronc. Tous les domaines de la motricité sont limités. Les limites fonctionnelles en position assise et lors de la station érigée ne sont pas entièrement compensées par l'utilisation d'équipements adaptés et de technologies d'assistance. Au niveau V, ces enfants n'ont aucun moyen leur permettant une autonomie de déplacement et sont déplacés par un adulte. Quelques enfants conservent tout de même une mobilité autonome, grâce à un fauteuil électrique auquel sont adjointes de multiples adaptations techniques.

#### ENTRE LE 4<sup>ÈME</sup> ET LE 6<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE

**Niveau I** : Les enfants s'assoient et se relèvent d'une chaise et y restent assis, sans prendre appui avec leurs mains. Ces enfants se relèvent du sol ou d'une chaise pour se mettre debout sans prendre appui sur des objets. Ils marchent à l'intérieur comme à l'extérieur, gravissent et descendent des marches. Les capacités à courir et à sauter commencent à apparaître.

**Niveau II** : Les enfants maintiennent la position assise sur une chaise sans l'aide des mains, leur permettant ainsi de manipuler des objets. Ces enfants se mettent debout à partir d'une station au sol ou depuis une chaise sur laquelle ils sont assis, mais ils requièrent souvent l'aide d'une surface stable pour s'y appuyer ou se hisser avec leurs bras. Ils marchent sans l'assistance d'aide technique à la marche en intérieur et pour de courtes distances à l'extérieur sur terrain plat. Ils gravissent des marches en prenant appui sur une main courante, mais sont incapables de courir ou de sauter.

**Niveau III** : Les enfants s'assoient sur une chaise standard mais doivent bénéficier d'un support pour le maintien de la ceinture pelvienne et du tronc, afin d'optimiser leur fonction manuelle. Ces enfants s'assoient et se relèvent d'une chaise en utilisant une surface stable pour s'y appuyer ou se hisser avec leurs bras. Ils marchent avec une aide technique à la marche sur une surface plane et gravissent des marches avec l'assistance d'un adulte. Ils sont le plus souvent déplacés en fauteuil roulant par un adulte, pour de longs trajets, ou en extérieur sur un terrain accidenté.

**Niveau IV** : Les enfants s'assoient sur une chaise mais ont besoin d'un siège adapté pour le contrôle de la posture du tronc, afin d'optimiser leur fonction manuelle. Ces enfants s'assoient et se relèvent d'une chaise avec l'assistance d'un adulte ou en utilisant une surface stable pour s'y appuyer ou se hisser avec leurs bras. Ils peuvent éventuellement, tout au plus marcher sur de courtes distances à l'aide d'un déambulateur et sous la surveillance d'un adulte, mais ils ont des difficultés à tourner et à maintenir leur équilibre sur une surface accidentée. Ces enfants sont déplacés par un adulte en collectivité. Ils peuvent éventuellement réaliser des déplacements autonomes, grâce à un fauteuil roulant électrique.

**Niveau V** : Les incapacités physiques restreignent le contrôle volontaire du mouvement et la faculté de maintenir le contrôle postural anti gravitique de la tête et du tronc. Tous les domaines de la motricité sont limités. Les restrictions fonctionnelles en position assise et en station érigée ne sont pas entièrement compensées par l'utilisation d'équipements adaptés et de technologies d'assistance. Au niveau V, ces enfants n'ont aucun moyen leur permettant une autonomie de déplacement et sont déplacés par un adulte. Quelques enfants conservent tout de même une mobilité autonome grâce à un fauteuil électrique auquel sont adjointes de multiples adaptations techniques.

#### ENTRE LE 6<sup>ÈME</sup> ET LE 12<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE

**Niveau I :** Les enfants marchent à domicile, à l'école, à l'extérieur et en collectivité. Ces enfants sont capables de monter et de descendre d'un trottoir sans assistance et de gravir et de descendre des marches sans utiliser une main courante. Ils réalisent des performances de motricité globale comme courir et sauter, mais la vitesse d'exécution, le maintien de l'équilibre et la coordination des mouvements sont limités. Ces enfants peuvent éventuellement participer à des activités physiques et sportives ; celles-ci dépendent de leurs choix personnels et des facteurs environnementaux.

**Niveau II :** Les enfants marchent dans la plupart des situations. Ces enfants peuvent éventuellement être confrontés à des difficultés pour marcher sur de longues distances et maintenir leur équilibre en terrain accidenté, sur des plans inclinés, au milieu de la foule, au sein d'espaces confinés ou encore lorsqu'ils portent des objets. Ils gravissent et descendent des marches en prenant appui sur une main courante ou, si elle est absente, avec une assistance physique. À l'extérieur et en collectivité, ces enfants peuvent éventuellement marcher, soit avec une assistance physique, soit avec une aide technique à la marche, ou encore utilisent un équipement de mobilité sur roues pour parcourir de longues distances. Ces enfants présentent au mieux une activité minimale pour effectuer des performances de motricité globale comme courir et sauter. Les restrictions pour effectuer des performances de motricité globale peuvent éventuellement nécessiter des adaptations techniques afin de rendre possible une participation à des activités physiques et sportives.

**Niveau III :** Les enfants utilisent une aide technique à la marche dans la plupart des situations, en intérieur. Lorsqu'ils sont assis, ces enfants peuvent éventuellement avoir recours à une ceinture de sécurité pour leur permettre un alignement de la ceinture pelvienne et le maintien de leur équilibre. Les transferts qui consistent à passer de la station assise à érigée, ou d'une station au sol à érigée, requièrent l'assistance physique de la part d'un tiers ou la présence d'un support stable sur lequel l'enfant puisse prendre appui. Lorsqu'ils effectuent de longs déplacements, ils utilisent un équipement de mobilité sur roues. Ces enfants peuvent gravir ou descendre des marches en prenant appui sur une main courante sous la surveillance d'un adulte ou avec une assistance physique. Les restrictions à la marche peuvent nécessiter des adaptations techniques afin de rendre possible la participation à des activités physiques et sportives ; ce qui comprend aussi le fait de propulser son fauteuil roulant manuel ou d'utiliser une aide motorisée.

**Niveau IV :** Les enfants utilisent des modes de déplacement qui requièrent une assistance physique ou une aide motorisée pour la plupart des situations. Ces enfants requièrent un siège adapté pour le contrôle postural de la ceinture pelvienne et du tronc et une assistance physique pour la plupart des transferts. À domicile, ils utilisent un mode de déplacement au sol (enroulade, en se traînant, ou en rampant), marchent sur de courtes distances avec une assistance physique, ou utilisent une aide motorisée. Une fois installés, ces enfants peuvent utiliser un déambulateur avec une assise et un soutien du tronc et ce, à domicile et à l'école. À l'école, en extérieur ou en collectivité, ils sont déplacés en fauteuil roulant manuel poussé par un adulte, ou utilisent une aide motorisée. Les restrictions de mobilité rendent nécessaires des adaptations techniques, afin de permettre la participation à des activités physiques et sportives ; ce qui comprend aussi le fait d'avoir recours à une assistance physique et/ou une aide motorisée.

**Niveau V :** Les enfants sont déplacés en fauteuil roulant manuel poussé par un adulte au cours de toutes les situations. Ces enfants sont limités dans la faculté de maintenir le contrôle postural anti gravifique de la tête et du tronc et le contrôle volontaire des mouvements des bras et des jambes. Une technologie d'assistance est mise en place, afin d'améliorer l'alignement de la tête, l'assise, la station érigée et/ou la mobilité, mais les restrictions ne sont pas entièrement compensées par l'équipement. Les transferts requièrent l'assistance totale de la part d'un adulte. À domicile, ces enfants peuvent éventuellement se déplacer au sol sur de courtes distances où doivent être portés par un adulte. Ils peuvent éventuellement réaliser des déplacements autonomes en utilisant une aide motorisée, associée à de multiples adaptations techniques pour l'assise et l'accessibilité. Les restrictions de mobilité rendent nécessaires des adaptations techniques, afin de permettre la participation à des activités physiques et sportives ; ce qui comprend aussi le fait d'avoir recours à une assistance physique et à l'utilisation d'une aide motorisée.

#### ENTRE LE 12<sup>ÈME</sup> ET LE 18<sup>ÈME</sup> ANNIVERSAIRE

**Niveau I :** Les adolescents marchent à domicile, à l'école, à l'extérieur et en collectivité. Ces adolescents sont capables de monter et de descendre d'un trottoir sans assistance et de gravir et descendre des marches sans utiliser une main courante. Ils effectuent des performances de motricité globale comme courir et sauter, mais la vitesse d'exécution, le maintien de l'équilibre et la coordination des mouvements sont limités. Ces adolescents peuvent éventuellement participer à des activités physiques et sportives, celles-ci dépendent de leurs choix personnels et des facteurs environnementaux.

**Niveau II :** Les adolescents marchent dans la plupart des situations. Des facteurs environnementaux et des préférences personnelles influencent leurs choix du mode de déplacement. On entend par facteurs environnementaux : un terrain accidenté, des plans inclinés, de longs trajets, des exigences chronométrées, la météo et la tolérance des autres adolescents du même âge. À l'école ou au travail, ces adolescents peuvent éventuellement marcher avec une aide technique à la marche par sécurité. En extérieur et en collectivité, les adolescents peuvent éventuellement utiliser un équipement de mobilité sur roues pour parcourir de longues distances. Ils gravissent et descendent des marches en prenant appui sur une main courante, dans le cas où celle-ci serait manquante, avec une assistance physique. Les restrictions pour effectuer des performances de motricité globale peuvent nécessiter des adaptations techniques afin de rendre possible une participation à des activités physiques et sportives.

**Niveau III :** Les adolescents sont capables de marcher en utilisant une aide technique à la marche. Par comparaison, vis à vis des autres adolescents, ceux classés au niveau III font preuve d'une variabilité plus grande dans l'emploi des méthodes de déplacements, celles-ci dépendent de leur capacité physique propre, des facteurs environnementaux et personnels. Lorsqu'ils sont assis, ces adolescents peuvent éventuellement avoir recours à une ceinture de sécurité pour leur permettre un alignement de la ceinture pelvienne et le maintien de l'équilibre. Les transferts, qui consistent à passer de la station assise à érigée, ou d'une station au sol à érigée, requièrent l'assistance physique de la part d'un tiers ou la présence d'un support stable sur lequel l'adolescent puisse prendre appui. À l'école, ces adolescents peuvent éventuellement propulser leur fauteuil roulant manuel ou utiliser une aide motorisée. À l'extérieur et en collectivité, ils sont déplacés en fauteuil roulant où ils utilisent une aide motorisée. Ces adolescents peuvent éventuellement gravir et descendre des marches en prenant appui sur une main courante sous surveillance ou avec une assistance physique. Les restrictions à la marche peuvent éventuellement nécessiter des adaptations techniques, afin de rendre possible la participation à des activités physiques et sportives ; qui comprennent aussi le fait de propulser son fauteuil roulant manuel ou d'utiliser une aide motorisée.

**Niveau IV :** Les adolescents utilisent un équipement de mobilité sur roues pour se déplacer dans la plupart des situations. Ces adolescents requièrent un siège adapté pour le contrôle postural de la ceinture pelvienne et du tronc. Pour les transferts, ils requièrent l'assistance d'une ou deux personnes. Afin d'aider lors des transferts, ces adolescents peuvent éventuellement supporter leur poids du corps en station érigée. En intérieur, ils peuvent parcourir de courts trajets avec une assistance physique, utiliser un équipement de mobilité sur roues, ou après avoir été installé, ils utilisent un déambulateur avec assise et maintien du tronc. Ces adolescents sont physiquement capables de manœuvrer un fauteuil roulant électrique. Quand l'emploi d'un fauteuil roulant électrique s'avère impossible ou que celui-ci est indisponible, ils sont déplacés en fauteuil roulant manuel par un adulte. Les restrictions de mobilité rendent nécessaires des adaptations techniques, afin de permettre la participation à des activités physiques et sportives ; ce qui comprend aussi le fait d'avoir recours à une assistance physique et/ou à une aide motorisée.

**Niveau V :** Les adolescents sont déplacés en fauteuil roulant manuel dans toutes les situations. Ces adolescents sont limités dans leur capacité à maintenir le contrôle postural anti gravifique de la tête et du tronc et pour le contrôle volontaire des mouvements des bras et des jambes. Une technologie d'assistance est mise en place afin d'améliorer l'alignement de la tête, l'assise, la station érigée et/ou la mobilité mais les restrictions ne sont pas entièrement compensées par l'équipement. Les transferts requièrent une assistance totale de la part d'un adulte, ou l'utilisation d'un lève malade mécanique. Ils peuvent réaliser des déplacements autonomes en utilisant une aide motorisée, associée à de multiples adaptations techniques pour l'assise et l'accessibilité. Les restrictions de mobilité rendent nécessaires des adaptations techniques, afin de permettre la participation à des activités physiques et sportives ; ce qui comprend aussi le fait d'avoir recours à une assistance physique et à l'utilisation d'une aide motorisée.





## PRISMA 2020 Checklist

| Section and Topic             | Item # | Checklist item   | Location where item is reported |
|-------------------------------|--------|--|---------------------------------|
| <b>TITLE</b>                  |        |  |                                 |
| Title                         | 1      | Identify the report as a systematic review.  | p. I                            |
| <b>ABSTRACT</b>               |        |  |                                 |
| Abstract                      | 2      | See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.   | p. II                           |
| <b>INTRODUCTION</b>           |        |  |                                 |
| Rationale                     | 3      | Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.  | 1.4                             |
| Objectives                    | 4      | Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.   | 1.5                             |
| <b>METHODS</b>                |        |  |                                 |
| Eligibility criteria          | 5      | Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.  | 2.2                             |
| Information sources           | 6      | Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.  | 2.1                             |
| Search strategy               | 7      | Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.   | 2.1, annexe III                 |
| Selection process             | 8      | Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.                     | 2.2                             |
| Data collection process       | 9      | Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process. | 2.3                             |
| Data items                    | 10a    | List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.                        | 2.3                             |
|                               | 10b    | List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.   | 2.5                             |
| Study risk of bias assessment | 11     | Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.                                    | 2.4                             |
| Effect measures               | 12     | Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.  | 2.6                             |
| Synthesis methods             | 13a    | Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).   | 2.3, annexes IV-V-VI            |
|                               | 13b    | Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.  | 2.3, annexes IV-V-VI            |
|                               | 13c    | Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.   | -                               |
|                               | 13d    | Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.  | -                               |
|                               | 13e    | Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).   | -                               |
|                               | 13f    | Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.   | -                               |
| Reporting bias assessment     | 14     | Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).  | -                               |
| Certainty assessment          | 15     | Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.  | -                               |



### Annexe III : Equation de recherche

("cerebral palsy" OR cp ) AND (child OR childhood OR pediatric OR youth) AND (exoskeleton OR robot OR HAL OR "Hybrid assisted leg" OR "Angel Legs" OR "Atlas 2030" OR "Robotic-assisted" OR "Electromechanical" OR "CPWalker" OR "walk-up" OR twiice) AND (Walk OR gait OR Leg OR "lower limb") AND ("motor function" OR "quality of life" OR "walk test" OR gait )

## Annexe IV : Tableaux des études

### Aycardi et al., 2019

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| <b>Titre</b>        | Evaluation of biomechanical gait parameters of patients with Cerebral Palsy at three different levels of gait assistance using the CPWalker   |   |
| <b>Auteurs</b>      | Luis Felipe Aycardi, Carlos Andrés Cifuentes, Marcela Múnera, Cristina Bayón, Oscar Ramírez, Sergio Lerma, Anselmo Frizera et Eduardo Rocon   |   |
| <b>Pays</b>         | Espagne (Madrid)  |   |
| <b>Design</b>       | étude quantitative non randomisée, non contrôlée  |   |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>  | 6   |
|                     | <b>Age :</b>  | 12-16 (moyenne: 13,33)  |
|                     | <b>Type :</b>   | Paralysie cérébrale spastique   |
|                     | <b>GMFCS :</b>  | n/a   |
|                     | <b>MA:</b>  | (1)sans MA, (2)2CA ou (3)aide externe   |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>   | CPWalker  |
|                     | <b>N :</b>  | 1   |
|                     | <b>Durée :</b>  | 10-15 min.  |
|                     | <b>Autre :</b>  | -   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>   | vitesse de marche et paramètres de marche pris avant, après et pendant l'intervention |
|                     | <b>Secondaires :</b>  | angle du pelvis   |
| <b>Résultats</b>    | Plusieurs améliorations visibles avec l'exosquelette (amélioration des items D et E du GMFM, PBS, caractères spatiotemporels de la marche, amélioration du 6MWT, réduction de la consommation d'oxygène durant la marche), mais temps de traitement trop court pour de vraies conclusions |   |
| <b>Remarque</b>     | P <sub>4</sub> et P <sub>7</sub> = ABI, ici résultats non pris en compte  |   |

## Bayón et al., 2018

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Titre</b>        | A robot-based gait training therapy for pediatric population with cerebral palsy: goal setting, proposal and preliminary clinical implementation   |   |
| <b>Auteurs</b>      | Cristina Bayón, Teresa Martín-Lorenzo, Beatriz Moral-Saiz, Óscar Ramírez, Álvaro Pérez-Somarriba, Sergio Lerma-Lara, Ignacio Martínez et Eduardo Rocon   |   |
| <b>Pays</b>         | Espagne (Madrid)   |   |
| <b>Design</b>       | Etude quantitative non randomisée et non contrôlée   |   |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>   | 4   |
|                     | <b>Age :</b>   | 12-17 (mean : 14,5)   |
|                     | <b>Type :</b>  | n/a   |
|                     | <b>GMFCS :</b>   | (0)I– (2)II – (2)III – (0)IV– (0)V  |
|                     | <b>MA:</b>   | (1)sans MA, (1)1CA, (1)2CA ou (1)posterior-walker   |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>  | CPWalker  |
|                     | <b>N :</b>   | 16, sur 2 mois  |
|                     | <b>Durée :</b>   | 60 min.   |
|                     | <b>Autre :</b>   | 10-15 min. d'échauffement, puis 3 min. de « cool down »   |
|                     | 2 phases : 8 thérapies avec le but d'augmenter le contrôle moteur, expliquer aux patients les phases de marche correctes et augmenter la force et 8 thérapies avec pour but de continuer le travail de force, l'automatisation des phases de marche, développer la neurolacticité et préserver les acquis  |   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>  | réalisés avant, au milieu et après intervention : 10 MWT, 6MWT, 3D gait analysis, dynamometre, SCALE  |
|                     |  | Réalisés pendant l'intervention : ROM durant la marche, force et la motivation des patients et Gille Functionnal Assessment Questionnaire       |
|                     |  | Réalisé avant et après intervention : GMFM-88   |
|                     | <b>Secondaires :</b>   | Réalisés pendant l'intervention : échelle de la kinésiophobie, réalisé au milieu et à la fin de l'intervention : Physiological Cost Index (PCI) |
| <b>Résultats</b>    | Augmentation de GMFM-88 (D et E), Amélioration du SCALE, Amélioration du 6MWT et 10MWT, Diminution des PCI, Augmentation de la force max, Kinematic et spatiotemporel, ROM<br>Kinesiophobie : diminue pour 3 patients sur 4<br>FAQ : tous les patients ont écrit penser avoir une augmentation de la force et mobilité à la fin du traitement et 2/4 disent avoir une augmentation de l'endurance, parents sont 100% satisfaits de la thérapie et patients également (trouvent fun, sécuritaire et ont aimé la sensation d'indépendance) |   |
| <b>Remarque</b>     | ¾ patients ont fait que 15 traitements   |   |

**Kim et al., 2021**

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Titre</b>        | Overground Robot-Assisted Gait Training for Pediatric Cerebral Palsy  |
| <b>Auteurs</b>      | Seung Ki Kim, Dongho Park, Beomki Yoo, Dain Shim, Joong-On Choi, Tae Young Choi et Eun Sook Park  |
| <b>Pays</b>         | Corée du sud (Séoul)  |
| <b>Design</b>       | Pilot study   |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b> 3<br><b>Age :</b> 12-16 (moyenne: 13,33)<br><b>Type :</b> Paralysie cérébrale spastique<br><b>GMFCS :</b> (1)II – (1)III – (1)IV   |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette:</b> Angel Suit<br><b>Type :</b> Sit to stand et marche (MA : barres parallèles, rollator, cannes, platform walker)<br><b>N:</b> 17-20 sessions (1-3/ semaine)<br><b>Durée:</b> 60 min.<br><b>Autre :</b> -   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b> GMFM-88, PBS, 6MWT, paramètres spatiotemporels de la marche, consommation d'oxygène<br><b>Secondaires :</b> ROM, force musculaire, spasticité, sécurité   |
| <b>Résultats</b>    | Pas d'effets secondaires indésirés, pas de problèmes de sécurité<br>GMFM-88 : augmentation, changement significatif dans D et E<br>PBS : amélioration<br>Paramètres spatiotemporels : amélioration significative<br>6MWT : amélioration distance<br>Consommation d'oxygène : réduction          |
| <b>Remarque</b>     | P3 : peu de résultats, car marche difficile, PBS et consommation d'oxygène impossibles<br>Différents scores GMFCS, manque d'étude pour voir l'impact<br>Prouve qu'amélioration possible après 7-8 ans (après plateau)<br>→ Exosquelettes portables sont une réelle promesse, mais manque de RCT |

**Kuroda et al., 2019**

|                     |   |  |
|---------------------|---|--|
| <b>Titre</b>        | Robot-assisted training using a very small-sized Hybrid Assistive Limb for pediatric cerebral palsy : a case report   |  |
| <b>Auteurs</b>      | Mayumi Kuroda, Shogo Nakagawa, Hirotaka Mutsuzaki, Yuki Mataka, Kenichi Yoshikawa, Kazushi Takahashi, Tomohiro Nakayama, Nobuaki Iwasaki  |  |
| <b>Pays</b>         | Japon (Ibaraki)   |  |
| <b>Design</b>       | Case report   |  |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>  | 1  |
|                     | <b>Age :</b>  | 11   |
|                     | <b>Type :</b>   | Quadruplégie spastique   |
|                     | <b>GMFCS :</b>  | (0)I– (0)II – (0)III – (1)IV– (0)V   |
|                     | <b>MA:</b>  | Chaise roulante, déambulateur pour le TTT  |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>   | Hybrid assisted Limb 2S  |
|                     | <b>N :</b>  | 12, (2-4x/ semaines pendant 4 semaines)  |
|                     | <b>Durée :</b>  | 20 min.  |
|                     | <b>Autre :</b>  | utilise le All in one Walking trainer avec HAL et un harnais   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>   | vitesse de marche, longueur de pas, cadence avec le 10MWT, 6MWT avec le physiological cost index (PCI), avec rollator                          |
|                     | <b>Secondaires :</b>  | force isométrique max extension du genou, GMFM, pediatric evaluation of disability inventory (PEDI), canadian occupational performance measure |
|                     | <b>Autre :</b>  | Les tests ont été réalisés avant, après, 1-2-3 mois  |
| <b>Résultats</b>    | Augmentation de la vitesse de pas et la longueur de pas, augmentation ROM genou et hanche, améliorations de la symétrie gauche-droite, changements dans les longueurs des phases de la marche |  |
| <b>Remarque</b>     | -   |  |

**Moll et al., 2022**

|                     |   |  |
|---------------------|---|--|
| <b>Titre</b>        | Use of Robot-Assisted Gait Training in Pediatric Patients with Cerebral Palsy in an Inpatient Setting- A Randomized Controlled Trial  |  |
| <b>Auteurs</b>      | Fabian Moll, Axel Kessel, Anna Bonetto, Johanna Stresow, Monika Herten, Marcel Dudda et Jens Adermann   |  |
| <b>Pays</b>         | Allemagne (Hamm et Essen)   |  |
| <b>Design</b>       | RCT   |  |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>  | 30 avec 6 DO   |
|                     | <b>Age :</b>  | 13.0 +/- 2.5 (9-17) ans, (avec les DO)   |
|                     | <b>Type :</b>   | Tetraparésie (23) et Diparésie (7)   |
|                     | <b>GMFCS :</b>  | (0)I– (9)II – (21)III – (0)IV– (0)V  |
| points              | <b>MA:</b>  | Chaise roulante (28), retro-walker (12), 2 cannes à 4 (9), 2 cannes à 1 point d'appui (6), standing trainer (3) et forerarm walker (1) → parfois combinaison de plusieurs MA   |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>   | Hybrid Assistive Limb  |
|                     | <b>N :</b>  | 6 x/90min de gait training avec le HAL dont 20min de marche avec le HAL (le reste étant pour mettre/enlever l'exosquelette, les pauses et l'évaluation de la peau et de l'état de confort du patient)<br>+ traitement habituel de l'hospitalisation (cf. tableau en bas) |
|                     | <b>Durée :</b>  | 11 jours d'hospitalisation   |
|                     | <b>Autre :</b>  | 1 groupe ttt avec marche avec exosquelette + ttt habituel et 1 groupe contrôle qui n'avait que le ttt habituel<br>19 AFO, 2 FO, 1 custom made orthopedic shoes   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>   | 10 MWT (normal)  |
|                     | <b>Secondaires :</b>  | 10 MWT (max), 6MWT, GMFM (total et E+D), Pédobarographie, pROM MI  |
|                     | <b>Autre:</b>   | Test à T1 (jour 1) et T2 (jour 11)   |
| <b>Résultats</b>    | Amélioration non significative du 10mWT (mais mieux que groupe contrôle, Meilleure augmentation du score GMFM (total et surtout items E+D) pour le groupe intervention que le groupe contrôle, Pas de résultats significatifs pour l'analyse de la pédobarographie, pas de différences significatives entre les 2 groupes pour le pROM, Pas de risque à l'utilisation des exosquelettes |  |
| <b>Remarque</b>     | -   |  |

## Nakagawa et al. 2019a

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Titre</b>        | Safety and immediate effects of Hybrid Assistive Limb in children with cerebral palsy: A pilot study   |  |
| <b>Auteurs</b>      | Shogo Nakagawa, Hirotaka Mutsuzaki, Yuki Mataka, Yusuke Endo, Mayumi Matsuda, Kenichi Yosikawa, Hiroshi Kamada, Nobuaki Iwasaki et Masashi Yamazaki  |  |
| <b>Pays</b>         | Japon (Ibaraki)  |  |
| <b>Design</b>       | Pilot study  |  |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>   | 19   |
|                     | <b>Age :</b>   | 3-14 (mean : 8,5)  |
|                     | <b>Type :</b>  | (15) diplégie spastique, (2) hémiplégie (1)spastique, (1) ataxie, athétose   |
|                     | <b>GMFCS :</b>   | (2)I– (2)II – (8)III – (7)IV   |
|                     | <b>MA:</b>   | (6)sans MA, (4)2CA ou (9)walker  |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>  | Hybrid assisted Limb   |
|                     | <b>N :</b>   | 1  |
|                     | <b>Durée :</b>   | 20 minutes, walking time de 6,3 min. à 22,1 min. (mean = 11,8 min.)  |
|                     | <b>Autre :</b>   | Utilisation de MA pour la sécurité (walker..)  |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>  | faisabilité et sécurité de la marche avec HAL  |
|                     | <b>Secondaires :</b>   | Mesures prises avant et après le TTT avec exosquelette : PROM (hanche, genou, cheville)<br>Mesures durant le TTT : 10MWT (speed m/min, longueur de pas en cm et cadence en pas/min.), angle hanche, genoux et chevilles et pour 2 patients activité musculaire |
| <b>Résultats</b>    | <p>Pas d'incident majeur qui montre une insécurité de l'exosquelette</p> <p>Augmentation de l'angle de la hanche droite après l'intervention (mais pas gauche), des RI et RE des hanches et de l'extension dorsale des chevilles après l'intervention, Augmentation du pique d'E de genou dans la phase « stand » et le pique de F de genou lors de « l'initial contact » et de l'amplitude sagittal de la hanche, Augmentation de plusieurs activations musculaires suivant le patient <math>\neq</math> uniforme, Augmentation de la vitesse de marche et de la taille des pas, mais pas de la cadence</p> |  |
| <b>Remarque</b>     | 10MWT que sur 11 patients, 1 patient a eu des maux de tête et 2 patients ont eu des petites irrptions cutanées sur les MI  |  |

## Nakagawa et al., 2019b

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Titre</b>        | Newly developed hybrid assistive limb for pediatric patients with cerebral palsy: a case report  |   |
| <b>Auteurs</b>      | Shogo Nakagawa, Hirotaka Mutsuzaki, Yuki Mataka, Yusuke Endo, Mayumi Matsuda, Kenichi Yoshikawa, Hiroshi Kamada, Masashi Yamazaki  |   |
| <b>Pays</b>         | Japon (Ibaraki)  |   |
| <b>Design</b>       | Case Study   |   |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>   | 1   |
|                     | <b>Age :</b>   | 11  |
|                     | <b>Type :</b>  | Diplégie spastique  |
|                     | <b>GMFCS :</b>   | (0)I– (0)II – (1)III – (0)IV– (0)V  |
|                     | <b>MA:</b>   | béquilles sous-axillaires   |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>  | Hybrid assisted Limb  |
|                     | <b>N :</b>   | 1   |
|                     | <b>Durée :</b>   | marche 7min sur 200m<br>100 min. (20 min. d'examen avant, 30 min. pour mettre et enlever l'exosquelette, 10 min. d'échauffement, 20 min. de traitement avec l'exosquelette, 20 min. d'examen après) |
|                     | <b>Autre :</b>   | Utilisation du All-in one walking trainer avec harnais  |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>  | vitesse de marche, longueur de pas, cadence avec le test de 10m de marche (10MWT) avec double elbow crutches and carbon dynamic ankle orthoses  |
|                     | <b>Secondaires :</b>   | ROM hanche et genoux, électromyographe, (rectus femoris, gluteaus max, vastus lateralis, semitendinosus), fréquence cardiaque, saturation, Borg   |
|                     | <b>Autre :</b>   | Tests fait avant et après le traitement avec exosquelette   |
| <b>Résultats</b>    | Effet immédiat sur la capacité de marcher (amélioration de la vitesse de marche, la longueur de pas et la cadence, ROM genou et hanche, amélioration de l'activité musculaire). Pas d'effets indésirables graves |   |
| <b>Remarque</b>     | -  |   |



## Nakagawa et al., 2019c

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Titre</b>        | Improvement and sustainability of walking ability with hybrid assistive limb training in a patient with cerebral palsy after puberty: a case report                            |   |
| <b>Auteurs</b>      | Shogo Nakagawa, Hirotaka Mutsuzaki, Yuki Matakai, Yusuke Endo, Hiroshi Kamada, Masashi Yamazaki  |   |
| <b>Pays</b>         | Japon (Ibaraki)  |   |
| <b>Design</b>       | Case report  |   |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>   | 1   |
|                     | <b>Age :</b>   | 17  |
|                     | <b>Type :</b>  | diplégie spastique  |
|                     | <b>GMFCS :</b>   | (0)I– (0)II – (0)III – (1)IV– (0)V  |
|                     | <b>MA:</b>   | Chaise roulante électrique, all in one walking trainer avec un harnais pour le traitement avec exosquelette                             |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>  | Hybrid assisted Limb  |
|                     | <b>N :</b>   | 12, sur 40 semaines   |
|                     | <b>Durée :</b>   | 60 min. (10min. échauffement, 20 min. pour mettre/enlever l'exosquelette, 30 min. d'entraînement avec l'exosquelette)                   |
|                     | <b>Autre :</b>   | Traitement physio habituel en parallèle   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>  | Paramètre de marche<br>Vitesse de marche<br>Pourcentage du cycle de marche (stance phase G/D, phase de double appui)<br>Longueur de pas |
|                     | <b>Secondaires :</b>   | Joint kinematics<br>Flex Hx (initial contact, late stance, arc of hip motion)<br>Flex Gx (initial contact, late stance)                 |
|                     | <b>Autre :</b>   | Tests réalisés avant, après, 1-4-7 mois   |
| <b>Résultats</b>    | Augmentation de la vitesse de marche, augmentation de la longueur des pas, augmentation de l'angle au niveau des hanches et des genoux lors de l'initial contact et late stand |   |
| <b>Remarque</b>     | Utilise un rollator + AFO pour les tests   |   |

## Yoo et al., 2021

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Titre</b>        | The Effects of Over-Ground Robot-Assisted Gait Training for Children with Ataxic Cerebral Palsy: A Case Report   |  |
| <b>Auteurs</b>      | Myungeun Yoo, Jeong Hyeon Ahn et Eun Sook Park   |  |
| <b>Pays</b>         | corée du sud (Séoul)   |  |
| <b>Design</b>       | Case report  |  |
| <b>Population</b>   | <b>N :</b>   | 2  |
|                     | <b>Age :</b>   | 11-12 (mean : 11,5)  |
|                     | <b>Type :</b>  | Ataxique   |
|                     | <b>GMFCS :</b>   | n/a  |
|                     | <b>MA:</b>   | sans MA  |
| <b>Intervention</b> | <b>Exosquelette :</b>  | Angel Legs   |
|                     | <b>N :</b>   | 20 sessions (5x/semaines)  |
|                     | <b>Durée :</b>   | 30 min.  |
|                     | <b>Autre :</b>   | pas de MA durant le traitement avec l'exosquelette   |
| <b>Outcomes</b>     | <b>Principaux :</b>  | GMFM, pediatric balance scale (PBS), pediatric reach test (PRT), 1min walk test (1MWT), TUG, tests fait avant et après le RAGT |
|                     | <b>Secondaires :</b>   | -  |
|                     | <b>Autre :</b>   | Tous les tests ont été réalisés avant et après le traitement avec l'exosquelette   |
|                     |  |  |
| <b>Résultats</b>    | Amélioration des items E et D du GMFM, amélioration de l'équilibre pour 1 patient (PBS et PRT), Amélioration du TUG et 1MWT, pas de problèmes de sécurité  |  |
| <b>Remarque</b>     | Les participants ont également fait l'étude Kim et al.,2021  |  |
|                     | Les patients ont eu le même nombre de séance de thérapie avec l'exosquelette durant leur hospitalisation que lors d'hospitalisations antérieures et ont eu une meilleure amélioration lors de l'hospitalisation avec l'exosquelette. |  |

Annexe V : Choix des outcomes

| Outcomes                          | Aycardi et al.,<br>2019 | Bayón et al.,<br>2018 | Kim et al.,<br>2021 | Kuroda et al.,<br>2019 | Nakagawa et<br>al, 2020 a | Nakagawa et<br>al., 2019 b | Nakagawa et<br>al., 2019 c | Moll et al.,<br>2022 | Yoo et al.,<br>2021 |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|
| Vitesse de marche                 | ✓                       | ✓                     | ✓                   | ✓                      |                           | ✓                          | ✓                          | ✓                    | ✓                   |
| Longueur de pas                   | ✓                       |                       | ✓                   | ✓                      | ✓                         | ✓                          |                            |                      |                     |
| Largeur de pas                    |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Temps de pas                      |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Cadence                           | ✓                       | ✓                     | ✓                   | ✓                      | ✓                         | ✓                          |                            |                      |                     |
| Temps de foulée                   |                         | ✓                     | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Longueur de foulée                |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Pourcentage du cycle de la marche |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            | ✓                          |                      |                     |
| Phase de la marche                |                         |                       |                     |                        |                           | ✓                          |                            |                      |                     |
| Propulsion                        | ✓                       |                       |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Gait profile score                |                         | ✓                     |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Gait deviation index              |                         | ✓                     |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| 6MWT                              |                         | ✓                     | ✓                   | ✓                      |                           |                            |                            | ✓                    |                     |
| 10MWT                             |                         | ✓                     |                     |                        | ✓                         |                            |                            | ✓                    |                     |
| Phase coordination index          |                         |                       |                     | ✓                      |                           |                            |                            |                      |                     |
| 1MWT                              |                         |                       |                     |                        |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| Timed Up and Go                   |                         |                       |                     |                        |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| GMFM-88 total                     |                         |                       | ✓                   | ✓                      |                           |                            |                            | ✓                    | ✓                   |

| Outcoms                                | Aycardi et al.,<br>2019 | Bayón et al.,<br>2018 | Kim et al.,<br>2021 | Kuroda et al.,<br>2019 | Nakagawa et<br>al, 2020 a | Nakagawa et<br>al., 2019 b | Nakagawa et<br>al., 2019 c | Moll et al.,<br>2022 | Yoo et al.,<br>2021 |
|--|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|
| GMFM-88 Dimension D                    |                         | ✓                     | ✓                   | ✓                      |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| GMFM-88 Dimension E                    |                         | ✓                     | ✓                   | ✓                      |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| SCALE                                  |                         | ✓                     |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| PEDI                                   |                         |                       |                     | ✓                      |                           |                            |                            |                      |                     |
| COPM performance average               |                         |                       |                     | ✓                      |                           |                            |                            |                      |                     |
| COPM satisfaction average              |                         |                       |                     | ✓                      |                           |                            |                            |                      |                     |
| Max, isometric knee extenstion         |                         |                       |                     | ✓                      |                           |                            |                            |                      |                     |
| Force maximale membres inférieurs      |                         | ✓                     |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Electromyogramme muscle de la<br>jambe |                         |                       |                     |                        | ✓                         | ✓                          |                            |                      |                     |
| Pediatric Balance Scale                |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| Pediatric Reach Test                   |                         |                       |                     |                        |                           |                            |                            |                      | ✓                   |
| Angle flexion Hip                      |                         |                       |                     |                        |                           |                            | ✓                          |                      |                     |
| Range of Motion Hip actif              |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            |                            |                      |                     |
| Range of Motion Hip passif             |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            |                            |                      |                     |
| Angle flexion Knee                     |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            | ✓                          |                      |                     |
| Angle extension Knee                   |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            |                            |                      |                     |

| Outcoms                      | Aycardi et al.,<br>2019 | Bayón et al.,<br>2018 | Kim et al.,<br>2021 | Kuroda et al.,<br>2019 | Nakagawa et<br>al, 2020 a | Nakagawa et<br>al., 2019 b | Nakagawa et<br>al., 2019 c | Moll et al.,<br>2022 | Yoo et al.,<br>2021 |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|
| Range of Motion Knee passif  |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            |                            |                      |                     |
| Range of Motion Ankle passif |                         |                       |                     |                        | ✓                         |                            |                            |                      |                     |
| Pelvic Angle                 | ✓                       |                       |                     |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Pouls                        |                         |                       |                     |                        |                           | ✓                          |                            |                      |                     |
| Saturation                   |                         |                       |                     |                        |                           | ✓                          |                            |                      |                     |
| Consommation d'oxygène       |                         |                       | ✓                   |                        |                           |                            |                            |                      |                     |
| Borg Scale                   |                         |                       |                     |                        |                           | ✓                          |                            |                      |                     |

# Annexe VI : Tableaux d'extraction des résultats

| Outcoms                       | Unité   | Temporalité | Aycardi et al., 2019 | Bayón et al., 2018 |       |       |       | Kim et al., 2021 |       |       |
|-------------------------------|---------|-------------|----------------------|--------------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|
|                               |         |             |                      | Cas 1              | Cas 2 | Cas 3 | Cas 4 | Cas 1            | Cas 2 | Cas 3 |
| Vitesse de marche             | m/s     | Avant TTT   | 1,21 +/- 0,47        | 0,5                | 0,5   | 0,3   | 0,8   | 0,55             | 0,07  |       |
|                               |         | Après TTT   | 1,06 +/- 0,33        | 0,8                | 0,4   | 0,4   | 0,9   | 0,57             | 0,38  |       |
|                               |         | Différence  | -0,15 +/- 0,14       | 0,3                | -0,1  | 0,1   | 0,1   | 0,02             | 0,31  |       |
| Cadence                       | pas/min | Avant TTT   | 102,5 +/- 41,4       | 79,05              | 86,7  | 84,9  | 121,2 | 80,5             | 21,9  |       |
|                               |         | Après TTT   | 89,5 +/- 31,9        | 96                 | 76    | 86,8  | 121,2 | 93               | 90,2  |       |
|                               |         | Différence  | -13 +/- 9,5          | 16,95              | -10,7 | 1,9   | 0     | 12,5             | 68,3  |       |
| 6MinWT                        | m       | Avant TTT   |                      | 273                | 222   | 111   | 330   | 84,34            | 24,14 | 0     |
|                               |         | Après TTT   |                      | 346,5              | 255   | 195   | 354   | 137,82           | 164,3 | 21,78 |
|                               |         | Différence  |                      | 73,5               | 33    | 84    | 24    | 53,48            | 140,2 | 21,78 |
| GMFM - 88 total               | %       | Avant TTT   |                      |                    |       |       |       | 78,9             | 73,99 | 40,53 |
|                               |         | Après TTT   |                      |                    |       |       |       | 81,46            | 75,33 | 42,47 |
|                               |         | Différence  |                      |                    |       |       |       | 2,56             | 1,34  | 1,94  |
| D : Standing                  | %       | Avant TTT   |                      |                    |       |       |       | 58,97            | 58,97 | 0     |
|                               |         | Après TTT   |                      |                    |       |       |       | 71,79            | 58,97 | 2,56  |
|                               |         | Différence  |                      |                    |       |       |       | 12,82            | 0     | 2,56  |
| E : Walking, running, jumping | %       | Avant TTT   |                      |                    |       |       |       | 40,28            | 29,17 | 0     |
|                               |         | Après TTT   |                      |                    |       |       |       | 40,28            | 31,94 | 0     |
|                               |         | Différence  |                      |                    |       |       |       | 0                | 2,77  | 0     |
| D + E                         | %       | Avant TTT   |                      |                    |       |       |       |                  |       |       |
|                               |         | Après TTT   |                      |                    |       |       |       |                  |       |       |
|                               |         | Différence  |                      |                    |       |       |       |                  |       |       |

| Outcoms                       | Unité   | Temporalité | Kuroda et al., 2019 | Moll et al., 2022           |                         | Nakagawa et al., 2019a |
|-------------------------------|---------|-------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|
|                               |         |             | GMFCS IV            | Intervention valeur moyenne | Contrôle valeur moyenne | GMFCS III              |
| Vitesse de marche             | m/s     | Avant TTT   | 0,25                | 0,24 +/- 0,16               | 0,35 +/- 0,46           |                        |
|                               |         | Après TTT   | 0,43                | 0,28 +/- 0,21               | 0,33 +/- 0,33           |                        |
|                               |         | Différence  | 0,18                | 0,04 +/- 0,05               | -0,02 +/- 0,13          |                        |
| Cadence                       | pas/min | Avant TTT   | 63,5                |                             |                         | 115,6                  |
|                               |         | Après TTT   | 71,6                |                             |                         | 122,1                  |
|                               |         | Différence  | 8,1                 |                             |                         | 6,5                    |
| 6MinWT                        | m       | Avant TTT   | 105,7               | 156,4 +/- 83,8              | 142,6 +/- 111,4         |                        |
|                               |         | Après TTT   | 191,45              | 168,2 +/- 85,3              | 157,3 +/- 116,7         |                        |
|                               |         | Différence  | 85,75               | 11,8 +/- 1,5                | 14,7 +/- 5,3            |                        |
| GMFM - 88 total               | %       | Avant TTT   | 38,73               | 68,5 +/- 10,8               | 64,9 +/- 17,7           |                        |
|                               |         | Après TTT   | 41,7                | 75,5 +/- 10,1               | 67,3 +/- 18,4           |                        |
|                               |         | Différence  | 2,97                | 7 +/- 0,7                   | 2,4 +/- 0,7             |                        |
| D : Standing                  | %       | Avant TTT   | 5,13                |                             |                         |                        |
|                               |         | Après TTT   | 5,13                |                             |                         |                        |
|                               |         | Différence  | 0                   |                             |                         |                        |
| E : Walking, running, jumping | %       | Avant TTT   | 0                   |                             |                         |                        |
|                               |         | Après TTT   | 0                   |                             |                         |                        |
|                               |         | Différence  | 0                   |                             |                         |                        |
| D + E                         | %       | Avant TTT   |                     | 40,2 +/- 18,8               | 44,3 +/- 23,5           |                        |
|                               |         | Après TTT   |                     | 51,9 +/- 18,3               | 49,4 +/- 26,4           |                        |
|                               |         | Différence  |                     | 11,7 +/- 0,5                | 5,1 +/- 2,9             |                        |

| Outcoms                             | Unité   | Temporalité | Nakagawa et al., 2019b | Nakagawa et al., 2019c | Yoo et al., 2021 |       | Différence<br>moyenne<br>globale |
|-------------------------------------|---------|-------------|------------------------|------------------------|------------------|-------|----------------------------------|
|                                     |         |             | GMFCS III              |                        | Cas 1            | Cas 2 |                                  |
| Vitesse de marche                   | m/s     | Avant TTT   | 0,92                   | 0,283                  | 0,77             | 0,17  |                                  |
|                                     |         | Après TTT   | 1,1                    | 0,233                  | 1,02             | 0,355 |                                  |
|                                     |         | Différence  | 0,18                   | -0,05                  | 0,25             | 0,185 | 28,26 +/-<br>74,53               |
| Cadence                             | pas/min | Avant TTT   | 132,6                  |                        |                  |       |                                  |
|                                     |         | Après TTT   | 138,6                  |                        |                  |       |                                  |
|                                     |         | Différence  | 6                      |                        |                  |       | 34,9 +/- 96,02                   |
| 6MinWT                              | m       | Avant TTT   |                        |                        |                  |       |                                  |
|                                     |         | Après TTT   |                        |                        |                  |       |                                  |
|                                     |         | Différence  |                        |                        |                  |       | 30,12 +/-<br>33,39               |
| GMFM - 88 total                     | %       | Avant TTT   |                        |                        | 91,45            | 87,24 |                                  |
|                                     |         | Après TTT   |                        |                        | 94,57            | 88,78 |                                  |
|                                     |         | Différence  |                        |                        | 3,12             | 1,54  | 6,77 +/- 3,42                    |
| D : Standing                        | %       | Avant TTT   |                        |                        | 79,49            | 87,18 |                                  |
|                                     |         | Après TTT   |                        |                        | 92,31            | 89,74 |                                  |
|                                     |         | Différence  |                        |                        | 12,82            | 2,56  | 11,05 +/-<br>11,85               |
| E : Walking,<br>running,<br>jumping | %       | Avant TTT   |                        |                        | 77,78            | 51,39 |                                  |
|                                     |         | Après TTT   |                        |                        | 80,56            | 54,17 |                                  |
|                                     |         | Différence  |                        |                        | 2,78             | 2,78  | 8,54 +/- 12,28                   |



**Annexe VII** : Modifications de l'échelle de risque de biais JBI for case study

- Point 1, caractéristiques du patient : suppression des données éthiques et de l'historique des traitements médicamenteux, jugés non primordiaux
- Point 1, caractéristiques du patient : suppression des données de pronostic, jugées non-applicables à une pathologie telle que la CP
- Point 3, condition clinique du patient : suppression des données justifiant qu'un diagnostic différentiel a été considéré, jugées non-applicables à une pathologie telle que la CP

**Annexe VIII : Tableaux de l'hétérogénéité du traitement et de la population**

|  | Aycardi et al., 2019 | Bayón et al., 2018 | Kim et al., 2021 | Kuroda et al., 2019 | Moll et al., 2022<br>Groupe intervention | Moll et al., 2022<br>Groupe contrôle | Nakagawa et al. 2019a | Nakagawa et al., 2019b | Nakagawa et al., 2019c | Yoo et al., 2021 |
|--|----------------------|--------------------|------------------|---------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Exosquelette                               | CPW                  | CPW                | AL               | HAL                 | HAL                                      | -                                    | HAL                   | HAL                    | HAL                    | AL               |
| Nbre moyen de séances                      | 1                    | 16                 | 17,33            | 12                  | 6  | 6                                    | 1                     | 12                     | 1                      | 20               |
| Temps moyen par séance [min.]              | 16                   | 45                 | 60               | 20                  | 20                                       | 20                                   | 11,8                  | 30                     | 7                      | 30               |
| Temps traitement total [min.]              | 16                   | 943                | 1039,8           | 240                 | 120                                      | 120                                  | 11,8                  | 360                    | 7                      | 600              |
| Séances par sem                            | -                    | 2                  | 1-3              | 2-4                 | 3-4                                      | 3-4                                  | -                     | -                      | 3                      | 5                |
| Durée totale de l'entraînement en semaines | 1                    | 8                  | 13               | 4                   | 2  | 2                                    | 1                     | 4                      | 1                      | 4                |

| <i>Etude</i>           | <i>Age</i> | <i>Nbr</i> | <i>GMFCS</i> | <i>Types</i>           |
|------------------------|------------|------------|--------------|------------------------|
| Aycardi et al., 2019   | 13,33±1,37 | 6,00       | -            | Spastique              |
| Bayón et al., 2018     | 14,5±2,06  | 4,00       | 2,50         | N/a                    |
| Kim et al., 2021       | 12,66±2,87 | 3,00       | 3,00         | Spastique              |
| Kuroda et al. 2019     | 11,00      | 1,00       | 4,00         | Quadriplégie spastique |
| Moll et al., 2022      | 13,00±2,40 | 24,00      | 2,75         | Mixte                  |
| Nakagawa et al., 2019a | 8,50±3,02  | 19,00      | 3,05         | Mixte                  |
| Nakagawa et al., 2019b | 11,00      | 1,00       | 3,00         | Diplégie spastique     |
| Nakagawa et al., 2019c | 17,00      | 1,00       | 3,00         | Diplégie spastique     |
| Yoo et al., 2021       | 11,5±0,50  | 2,00       | -            | Ataxique               |

## **Annexe IX : Les exosquelettes utilisés dans cette revue**

### **Angel Legs M (Angel Robotics Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea)**

Mis au point par Angel Robotics, l'Angel Legs M (AL) est un robot d'entraînement à la marche pour les patients atteints d'une paralysie incomplète des membres inférieurs. Il est composé d'un sac à dos comportant un ordinateur, d'une ceinture à la taille, de supports au niveau des cuisses, des mollets et des pieds ainsi que d'actionneurs pour les articulations de la hanche et du genou. La longueur des jambes de l'exosquelette est réglable, tout comme la taille des supports de pieds. Il pèse au total 18.5 kg avec la batterie. Grâce aux capteurs aux pieds, l'Angel Legs M détecte les intentions de mouvement du patient. Le sac à dos contient une tablette, qui permet de récolter les données de l'entraînement et de la marche, ainsi que de programmer plusieurs modes d'entraînement tels que monter les escaliers, se lever, s'asseoir ou rester en position debout (Angel Robotics Co., 2021).

### **Angel Suit (Angel Robotics, Seoul, Republic of Korea)**

L'exosquelette Angel Suit (AS) a également été développé par l'entreprise Angel Robotics pour des patients atteints de difficultés à la marche dues à une paralysie incomplète des jambes. Chaque AS est équipé d'orthèses de chevilles faites sur mesure pour le patient. La longueur de l'exosquelette peut être modifiée mais il est tout de même plus compact et plus léger comparé à l'AL. Il a une autonomie d'environ 2 heures et il est capable d'analyser et d'adapter le degré d'assistance qu'il doit offrir en fonction des capacités de marche du patient. Il possède également des capteurs au niveau du pied lui permettant de détecter les intentions volontaires de pas du patient (Angel Robotics Co., 2021).

### **CP-Walker**

Le CP-Walker (CP-W) résulte de modifications faites sur un dispositif de compensation fonctionnelle non-motorisé disponible dans le commerce : le NFWalker (Made for Movement, Norway) Ce dernier est un dispositif d'assistance dynamique permettant le maintien de la position debout et la marche autonome en ayant les mains libres (Made for mouvement, 2022).

Les concepteurs du CP-W ont ajouté au NFWalker un exosquelette motorisé responsable du contrôle des articulations des membres inférieurs du patient (hanche, genou et cheville) ainsi qu'une interface homme-robot multimodale permettant entre autres au patient de déclencher

volontairement le pas et permettant à l'exosquelette d'adapter automatiquement la longueur de pas et la vitesse de marche (Bayón et al., 2016).

### **Hybrid Assistive Limb for Medical Use (HAL; Cyberdyne Inc, Tsukabe, Japan)**

La société Cyberdyne a développé l'exosquelette Hybrid Assistive Limb (HAL) sous plusieurs formes en fonction de son utilisation (Sankai, 2010)(Sankai, 2010). Ici, le modèle HAL for medical use est un exosquelette pour les membres inférieurs, se basant sur un système moteur à contrôle actif et volontaire. Il est le premier robot à commande nerveuse au monde, donnant ainsi au cerveau la possibilité de réapprendre le contrôle de la marche. Il se base sur l'analyse et le traitement des impulsions neuromusculaires du patient, afin d'activer les différentes articulations de l'exosquelette et d'ajuster la force des moteurs (Cyberdyne, s.d.).

Ci-dessous, un tableau résumant les métriques publiées de ces différents appareils.

| Exosquelette | Modèle     | Marque         | Lieux               | Poids [kg] | Poids enfant [kg] | Taille enfant [cm] |
|--------------|------------|----------------|---------------------|------------|-------------------|--------------------|
| Angel Legs   | M          | Angel Robotics | Séoul, corée du sud | 18,5       | < 80              |                    |
| Angel suit   | Angel suit | Angel Robotics | Séoul, corée du sud | 9          | < 80              |                    |
| CP-Walker    |            | ?              | Espagne             |            |                   |                    |
| HAL          | 2S         | Cyberdyne Inc. | Tsakabe, Japon      | 5          | 15-40             | 100-150            |
| HAL          | S          | Cyberdyne Inc. | Tsakabe, Japon      |            |                   | 145-165            |
| HAL          | ML-05      | Cyberdyne Inc. | Tsakabe, Japon      | 14         |                   | 150-170            |

### **Références :**

Angel Robotics Co. (2021). Angel Robotics e-book. <http://angel-robotics.com/en/customer/downloadcenter.php>

Bayón, C., Ramirez, O., Del Castillo, M. D., Serrano, J. I., Raya, R., Belda-Lois, J. M., Poveda, R., Molla, F., Martin, T., Martinez, I., Lerma Lara, S., & Rocon, E. (2016). CPWalker : Robotic platform for gait rehabilitation in patients with Cerebral Palsy. 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 3736-3741. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2016.7487561>

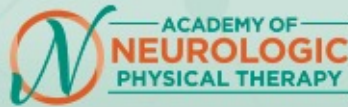
Cyberdyne. (s.d.). *Therapy Concept : The training with HAL Robot Suit.*

Made for mouvement. (2022). *NF-Walker2.*

[https://www.madeformovement.com/hubfs/Brochures/Norway/NF-Walker%202\\_Brochure\\_Norwegian.pdf?hsLang=en](https://www.madeformovement.com/hubfs/Brochures/Norway/NF-Walker%202_Brochure_Norwegian.pdf?hsLang=en)

Sankai, Y. (2010). HAL : Hybrid Assistive Limb Based on Cybernics. In M. Kaneko & Y. Nakamura (Éds.), *Robotics Research* (Vol. 66, p. 25-34). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14743-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14743-2_3)

## Annexe X : 6MinWT

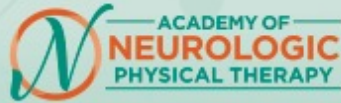


## CORE MEASURE: SIX MINUTE WALK TEST (6MWT)

|  |   |
|--|---|
| <b>OVERVIEW</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>The 6MWT is a sub-maximal exercise test used to assess walking endurance and aerobic capacity. Participants will walk a set circuit for a total of six minutes.</li> </ul>   |
| <b>NUMBER OF TEST ITEMS</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 item</li> </ul>  |
| <b>SCORING</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>The score of the test is the distance a patient walks in 6 minutes (measured in meters and can round to the nearest decimal point).</li> </ul>   |
| <b>EQUIPMENT</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stopwatch</li> <li>Chair</li> <li>Measuring instrument (meters)</li> <li>At least a 12 meter long hallway or open area (e.g., quiet gym) with a smooth, consistent surface</li> <li>Two objects (e.g. cones) to indicate turnaround</li> <li>Mechanical lap counter or pencil and paper</li> </ul>   |
| <b>TIME (NEW CLINICIAN)<br/>TIME (EXPERIENCED CLINICIAN)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Less than 10 minutes</li> <li>Less than 10 minutes</li> </ul>  |
| <b>COST</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Free</li> </ul>  |
| <b>LOGISTICS-SETUP</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>A hallway or open area at least 12 meters long with a smooth, consistent surface</li> <li>There should be a clear pathway on the sides and at either end.</li> <li>An object (e.g. cone) at each end for a turnaround point, with an area for turning approximately 49 in (124 cm) wide.</li> <li>A chair should be placed at one end.</li> </ul>  |
| <b>LOGISTICS-ADMINISTRATION</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Prior to administering the measure, the patient should be sitting in a chair, rested, near the starting point of the test.</li> <li>Please review any contraindications and take resting vital signs [e.g. heart rate, blood pressure, oxygen level, Borg Rate of Perceived Exertion<sup>1</sup>, etc.] as indicated<sup>2</sup></li> <li>Instructions to the patient in sitting<sup>3</sup>: <ul style="list-style-type: none"> <li>"The aim of this test is to walk as far as possible in six minutes. You will walk back and forth in the hallway. Six minutes is a long time to walk, so you will be exerting yourself. You may get out of breath or become tired. You are allowed to slow down, to stop, and to rest as necessary. You may stand and rest, but resume walking as soon as you are able. Are you ready to do that?"</li> <li>"Walk around the object at each end. I am going to use this counter to keep track of the laps you complete. Remember the aim is to walk as far as possible, but do not run or jog."</li> <li>"Start now or when you are ready."</li> <li>Encouragement (e.g. "You're doing a good job and you have 5 minutes left, or "Keep up the good work. You have 4 minutes to go." ) is given after each minute of the test; no other communication should occur during the test.</li> </ul> </li> <li>The patient may take as many standing rests as they like, but the timer should keep going and record the number of rests taken and the total rest time.</li> <li>Patients may use any assistive device or bracing that they are currently using. The type of device and/or bracing must be documented.</li> <li>When administering the test, do not walk in front of or directly beside the patient, as this may "pace" the patient and influence the speed and distance they walk. Instead, walk at least a half step behind the patient.</li> <li>If a patient requires assistance, only the minimum amount of assistance required for a patient to complete the task should be provided. The level of assistance documented, however, should reflect the greatest amount of assistance provided during the test. For example, if a patient required minimum assistance for the majority of the test but required moderate assistance for stability on one occasion, the patient should be rated as requiring moderate assistance. Assistance should be provided to prevent a fall or collapsing (i.e. knee buckling, trunk collapse, etc). If assistance is needed for limb swing, or any other manner in which the assistance is propelling the patient forward, this limiting factor should be noted along with a score of 0 for the test.</li> <li>The level of physical assistance documented using an ordinal 7-point scale is described below. <ol style="list-style-type: none"> <li>1 = total assistance [patient performs 0%-24% of task]*</li> <li>2 = maximum assistance [patient performs 25%-49% of task]</li> <li>3 = moderate assistance [patient performs 50%-74% of task]</li> <li>4 = minimum assistance [patient performs 75%-99% of task]</li> <li>5 = supervision [patient requires stand-by or set-up assistance; no physical contact is provided]</li> <li>6 = modified independent [patient requires use of assistive devices or bracing, needs extra time, mild safety issues]</li> <li>7 = independent</li> </ol> </li> </ul> <p>*Note: if your patient requires total assistance, a score of 0 should be documented</p> |

Copyright Academy of Neurologic Physical Therapy, reprinted with permission from the *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 2018; 42(2):174-220.

[www.neuropt.org](http://www.neuropt.org) • [info@neuropt.org](mailto:info@neuropt.org) • 952-646-2038



## CORE MEASURE: SIX MINUTE WALK TEST (6MWT)

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>LOGISTICS-SCORING</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Distance (in meters) covered in six minutes is calculated by multiplying the number of total laps by 12 meters and adding the distance of the partial lap completed at the time the test ended.</li> <li>If the patient needs to stop and sit prior to the end of the six minutes, the test ends, and the distance ambulated is recorded.</li> <li><u>Document the distance in meters, the level of assistance, and type of assistive device and/or bracing used.</u></li> <li>If a patient requires total assistance or is unable to ambulate at all or requires assistance which affects the speed of forward propulsion, a score of 0 meters should be documented.</li> </ul>  |
| <b>ADDITIONAL RECOMMENDATIONS</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vital signs (e.g. heart rate, blood pressure, oxygen level, Borg Rate of Perceived Exertion,<sup>1</sup> etc.) should be assessed pre and post test, as indicated<sup>2</sup></li> <li>Patients should not talk during the test, as this depletes their respiratory reserves. Exceptions to this are if the patient requests to stop the test or needs to report any symptoms (e.g. pain, dizziness).</li> <li>The person administering the test also should not talk, except to provide updates every minute (as described above). Talking during the test can distract the patient and affect their score on the test.</li> <li>For patients who are unable to walk, but have a goal and the capacity to achieve walking, a baseline a score of 0 meters should be documented.</li> <li>To track change, it is recommended that this measure is administered a minimum of two times (admission and discharge), and when feasible, between these periods, under the same test conditions for the patient.</li> <li>Recommend review of this standardized procedure and, on an annual basis, establish consistency within and among raters using the tool.</li> </ul> |





## CORE MEASURE: SIX MINUTE WALK TEST (6MWT)

### COMMON QUESTIONS AND VARIATIONS

**1. "My current setting does not have a 12-meter hallway or open area available. What should I do?"**

- Length of the track does matter. According to one study, using shorter hallways or "tracks" resulted in patients walking shorter overall distances on the 6MWT compared to when they used longer hallways<sup>8</sup>. Therefore, it is recommended that the test be administered consistent with recommendations above.
- If your facility does not have a 12 meter hallway, the test can be administered outside over level ground, free of street crossings.
- If your facility does not have a 12 meter hallway, AND you can't administer the test outside due to safety, weather, unlevel surfaces, etc., the test can still be administered over a shorter track, and a consistent administration procedure should be utilized each time the test is performed. The shorter track distance and any other modifications should be documented and clearly identified as a variation from the standardized procedure detailed above. Be aware that the results may not be comparable to published normative values or appropriate to include in an aggregate analysis. Additionally, the 6MWT may have limited feasibility in certain settings with limited walkway space (hospital room, home environment). Thus, clinicians will need to determine the feasibility and appropriateness of the 6MWT in specific situations. If unable to administer due to limited feasibility, the clinician should document "unable to administer" and provide an explanation in the patient's medical record.

**2. "In my setting the longest area available transitions from laminate flooring to carpet. Is this a problem?"**

- Ideally the floor surface would be hard and flat<sup>2</sup> throughout, as well as being the same, however this may not be possible in all settings, particularly in the home. The test should still be administered in the area that you have, and a consistent administration procedure and environment be utilized each time the test is performed. The variation in surface or environment should be documented and clearly identified as a variation from the standardized procedure above. Be aware that the results may not be comparable to published normative values or appropriate to include in an aggregate analysis.

**3. "My patient requires contact guard assist, can I still administer this measure?"**

- Yes, If physical assistance is needed for a patient to complete the 6MWT, please document the distance in meters, the level of assistance provided, and the assistive device or bracing used.
- The level of physical assistance documented using an ordinal 7-point scale is described below.  
1 = total assistance [patient performs 0%-24% of task]\*  
2 = maximum assistance [patient performs 25%-49% of task]

3 = moderate assistance [patient performs 50%-74% of task]

4 = minimum assistance [patient performs 75%-99% of task]

5 = supervision [patient requires stand-by or set-up assistance; no physical contact is provided]

6 = modified independent [patient requires use of assistive devices or bracing, needs extra time, mild safety issues]

7 = independent

\*Note: if your patient requires total assistance, a score of 0 should be documented

- It is important to note that the assisted test may not be directly comparable to the distance that patient walks without assistance, and it may not be compared to published normative values.

**4. "My patient stumbled during the measure and I jumped in to catch them and prevent a fall. How do I score this measure?"**

- If the patient is able to resume walking, the trial can continue. The number of times and the distance at which the patient stumbled should be documented.
- The level of physical assistance required should be documented using an ordinal 7-point scale described below.  
1 = total assistance [patient performs 0%-24% of task]\*  
2 = maximum assistance [patient performs 25%-49% of task]  
3 = moderate assistance [patient performs 50%-74% of task]  
4 = minimum assistance [patient performs 75%-99% of task]  
5 = supervision [patient requires stand-by or set-up assistance; no physical contact is provided]  
6 = modified independent [patient requires use of assistive devices or bracing, needs extra time, mild safety issues]  
7 = independent

\*Note: if your patient requires total assistance, a score of 0 should be documented

**5. "My patient has impaired cognition and gets distracted during the test, frequently forgetting the intended goal. Can I still administer this measure?"**

- Yes. Examiners can use brief verbal, visual, or tactile cues to keep a patient on-task and to remind him/her of the goal, but be consistent (e.g., "Keep going. Walk to the mark."). Document the type and frequency of the required cues.

**6. "My patient can't walk for 6 consecutive minutes. Why can't I just do the 2 Minute Walk, instead?"**

- The good news is that any patient with goals to improve walking distance and capacity can perform the 6MWT. Even if your patient has to end the test well before the 6 minutes are over, he/she can still receive a score (distance walked) on this test. In some cases the score might be just a few meters distance.

Copyright Academy of Neurologic Physical Therapy, reprinted with permission from the Journal of Neurologic Physical Therapy 2018; 42(2):174-220.

www.neuropt.org • info@neuropt.org • 952-646-2038



## CORE MEASURE: SIX MINUTE WALK TEST (6MWT)

b. In order to decrease variability in practice and for consistency of measurement across episodes and the continuum of care, the 6MWT is the preferred measure of walking endurance. It is recommended that clinicians use this measure instead of (or in addition to) other measures of walking endurance.

### 7. "My patient needs to stop and sit during the 6MWT. Is it acceptable to keep the clock running while they sit, and then have them stand and continue walking?"

a. The test stops when a person needs to sit and rest, and this is the distance recorded. A patient can take as many standing rest breaks as needed, even leaning against a wall, but standard procedure is to stop the test when a person needs to sit because this indicates the true distance the patient can walk.<sup>2</sup>

### 8. "Can the patient use an assistive device during the test?"

- Yes, the patient can use an assistive device during the test. Recommendations include documenting the assistive device and keeping the assistive device consistent between trials and reassessments.
- Inappropriate assistive devices can have a negative impact on walking speed and therefore reduce the validity of the test. It is likely that the type of assistive device a patient needs may change over time. If/when a different assistive device is indicated, the reason behind a different device choice should be noted.
- If the patient no longer needs the assistive device, or has progressed to a less restrictive device, it would be appropriate to repeat the test with this change in conditions and document this fact.
- It is appropriate to have the patient utilize the assistive device which he/she is most likely to use in his/her own environment.

### 9. "Can the patient use orthoses or bracing during the test?"

- Yes, the patient should wear the walking devices necessary for ambulation (AFO, KAFO, Neuroprostheses, etc). The walking device should be documented and kept consistent between trials and assessments.
- If the patient no longer needs the orthosis which was used in the initial test, it is appropriate to repeat the test without the orthosis and document this fact.
- It is appropriate to have the patient utilize the orthosis or brace which he/she is most likely to use in his/her own environment.

### 10. "What about monitoring vital signs after the test. Should I check them?"

- It is always good practice to monitor vital signs, particularly in patients with cardiovascular or pulmonary involvement. Per the American Thoracic Society Guidelines, it is up to the clinician's judgement on which and if vitals should be obtained.<sup>2</sup>

## REFERENCES

1. Eaton RG, Thompson M. Use of ratings of perceived exertion for predicting maximal work rate and prescribing exercise intensity in patients taking atenolol. *Br J Sports Med.* 1997;31(2):114-119.
2. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(3):1117-117.
3. Quinn L, H. Khalil H, Dawes, N. E. Fritz, D. Kegelmeier, A. D. Kloos, J. W. Gilard, M. Busse and N. Outcome Measures Subgroup of the European Huntington's Disease (2013). "Reliability and minimal detectable change of physical performance measures in individuals with pre-manifest and manifest Huntington disease." *Phys Ther* 95(7): 942-956.
4. Scivoletto, G. F. Tamburella, L. Laurenza, C. Foti, J. F. Ditunno and M. Molinari (2011). "Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients." *Spinal Cord* 49(6): 736-740.

Copyright Academy of Neurologic Physical Therapy, reprinted with permission from the *Journal of Neurologic Physical Therapy* 2018; 42(2):174-220.

[www.neuropt.org](http://www.neuropt.org) • [info@neuropt.org](mailto:info@neuropt.org) • 952-646-2038





## Annexe XI : GMFM-88

### GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE (GMFM) SCORE SHEET (GMFM-88 and GMFM-66 scoring)

|  |   |
|--|---|
| Child's Name: _____                            | ID#: _____  |
| Assessment Date: _____<br>year / month / day   | GMFCS Level <sup>1</sup> :<br><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/><br>I      II      III      IV      V |
| Date of Birth: _____<br>year / month / day     | Evaluator's Name: _____   |
| Chronological Age: _____<br>year / month / day |   |

Testing Condition (e.g., room, clothing, time, others present): \_\_\_\_\_

The GMFM is a standardized observational instrument designed and validated to measure change in gross motor function over time in children with cerebral palsy. The scoring key is meant to be a general guideline. However, most of the items have specific descriptors for each score. It is imperative that the guidelines contained in the manual be used for scoring each item.

**SCORING KEY**

- 0 = does not initiate
- 1 = initiates
- 2 = partially completes
- 3 = completes
- 9 (or leave blank) = not tested (NT) [used for the GMAE-2 scoring\*]

**It is important to differentiate a true score of "0" (child does not initiate) from an item which is Not Tested (NT) if you are interested in using the GMFM-66 Ability Estimator (GMAE) Software.**

The most accurate version of the GMFM-66 scoring program is the GMAE-3. It is included in the GMFM App+ which is available from the CanChild shop (<https://www.canchild.ca/en/shop>). The GMAE-2 is available at [www.canchild.ca](http://www.canchild.ca) but is incompatible with newer computer operating systems. The GMFM-66 is only valid for use with children who have cerebral palsy tested without shoes, orthoses, or aides.

#### Contact for Research Group:

CanChild Centre for Childhood Disability Research,  
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,  
1400 Main St. W., Room 408,  
Hamilton, ON Canada L8S 1C7  
Email: [canchild@mcmaster.ca](mailto:canchild@mcmaster.ca) Website: [www.canchild.ca](http://www.canchild.ca)



<sup>1</sup>GMFCS level is a rating of severity of motor function. Definitions for the GMFCS-E&R (expanded & revised) are found in Palisano et al. (2008). Developmental Medicine & Child Neurology. 50:744-750 and in the GMAE-3 scoring software. <http://motorgrowth.canchild.ca/en/GMFCS/resources/GMFCS-ER.pdf>



**Check (3) the appropriate score:** if an item is not tested (NT), circle the item number on the right column

| Item  | A: LYING & ROLLING  | SCORE                      |                            |                            |                            | NT  |
|-------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| 1.    | SUP: HEAD IN MIDLINE: TURNS HEAD WITH EXTREMITIES SYMMETRICAL .....           | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 1.  |
| * 2.  | SUP: BRINGS HANDS TO MIDLINE, FINGERS ONE WITH THE OTHER.....                 | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 2.  |
| 3.    | SUP: LIFTS HEAD 45° .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 3.  |
| 4.    | SUP: FLEXES R HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4.  |
| 5.    | SUP: FLEXES L HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 5.  |
| * 6.  | SUP: REACHES OUT WITH R ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY.....             | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 6.  |
| * 7.  | SUP: REACHES OUT WITH L ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY .....            | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 7.  |
| 8.    | SUP: ROLLS TO PR OVER R SIDE .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 8.  |
| 9.    | SUP: ROLLS TO PR OVER L SIDE.....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 9.  |
| * 10. | PR: LIFTS HEAD UPRIGHT .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 10. |
| 11.   | PR ON FOREARMS: LIFTS HEAD UPRIGHT, ELBOWS EXT., CHEST RAISED.....            | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 11. |
| 12.   | PR ON FOREARMS: WEIGHT ON R FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD.....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 12. |
| 13.   | PR ON FOREARMS: WEIGHT ON L FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 13. |
| 14.   | PR: ROLLS TO SUP OVER R SIDE.....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 14. |
| 15.   | PR: ROLLS TO SUP OVER L SIDE .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 15. |
| 16.   | PR: PIVOTS TO R 90° USING EXTREMITIES .....                                   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 16. |
| 17.   | PR: PIVOTS TO L 90° USING EXTREMITIES.....                                    | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 17. |

**TOTAL DIMENSION A**

| Item  | B: SITTING   | SCORE                      |                            |                            |                            | NT  |
|-------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| * 18. | SUP, HANDS GRASPED BY EXAMINER: PULLS SELF TO SITTING WITH HEAD CONTROL .....                        | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 18. |
| 19.   | SUP: ROLLS TO R SIDE, ATTAINS SITTING .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 19. |
| 20.   | SUP: ROLLS TO L SIDE, ATTAINS SITTING .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 20. |
| * 21. | SIT ON MAT, SUPPORTED AT THORAX BY THERAPIST: LIFTS HEAD UPRIGHT, MAINTAINS 3 SECONDS .....          | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 21. |
| * 22. | SIT ON MAT, SUPPORTED AT THORAX BY THERAPIST: LIFTS HEAD MIDLINE, MAINTAINS 10 SECONDS .....         | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 22. |
| * 23. | SIT ON MAT, ARM(S) PROPPING: MAINTAINS, 5 SECONDS .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 23. |
| * 24. | SIT ON MAT: MAINTAIN, ARMS FREE, 3 SECONDS .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 24. |
| * 25. | SIT ON MAT WITH SMALL TOY IN FRONT: LEANS FORWARD, TOUCHES TOY, RE-ERECTS WITHOUT ARM PROPPING ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 25. |
| * 26. | SIT ON MAT: TOUCHES TOY PLACED 45° BEHIND CHILD'S R SIDE, RETURNS TO START .....                     | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 26. |
| * 27. | SIT ON MAT: TOUCHES TOY PLACED 45° BEHIND CHILD'S L SIDE, RETURNS TO START.....                      | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 27. |
| 28.   | R SIDE SIT: MAINTAINS, ARMS FREE, 5 SECONDS.....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 28. |
| 29.   | L SIDE SIT: MAINTAINS, ARMS FREE, 5 SECONDS .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 29. |
| * 30. | SIT ON MAT: LOWERS TO PR WITH CONTROL .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 30. |
| * 31. | SIT ON MAT WITH FEET IN FRONT: ATTAINS 4 POINT OVER R SIDE.....                                      | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 31. |
| * 32. | SIT ON MAT WITH FEET IN FRONT: ATTAINS 4 POINT OVER L SIDE.....                                      | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 32. |
| 33.   | SIT ON MAT: PIVOTS 90°, WITHOUT ARMS ASSISTING .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 33. |
| * 34. | SIT ON BENCH: MAINTAINS, ARMS AND FEET FREE, 10 SECONDS.....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 34. |
| * 35. | STD: ATTAINS SIT ON SMALL BENCH .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 35. |
| * 36. | ON THE FLOOR: ATTAINS SIT ON SMALL BENCH .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 36. |
| * 37. | ON THE FLOOR: ATTAINS SIT ON LARGE BENCH .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 37. |

**TOTAL DIMENSION B**



| Item              | C: CRAWLING & KNEELING  | SCORE                      |                            |                            |                            | NT                   |
|-------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| 38.               | PR: CREEPS FORWARD 1.8m (6') .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 38.                  |
| * 39.             | 4 POINT: MAINTAINS, WEIGHT ON HANDS AND KNEES, 10 SECONDS .....                       | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 39.                  |
| * 40.             | 4 POINT: ATTAINS SIT ARMS FREE .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 40.                  |
| * 41.             | PR: ATTAINS 4 POINT, WEIGHT ON HANDS AND KNEES .....                                  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 41.                  |
| * 42.             | 4 POINT: REACHES FORWARD WITH R ARM, HAND ABOVE SHOULDER LEVEL .....                  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 42.                  |
| * 43.             | 4 POINT: REACHES FORWARD WITH L ARM, HAND ABOVE SHOULDER LEVEL .....                  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 43.                  |
| * 44.             | 4 POINT: CRAWLS OR HITCHES FORWARD 1.8m(6') .....                                     | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 44.                  |
| * 45.             | 4 POINT: CRAWLS RECIPROCALLY FORWARD 1.8m ( 6') .....                                 | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 45.                  |
| * 46.             | 4 POINT: CRAWLS UP 4 STEPS ON HANDS AND KNEES/FEET .....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 46.                  |
| 47.               | 4 POINT: CRAWLS BACKWARDS DOWN 4 STEPS ON HANDS AND KNEES/FEET .....                  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 47.                  |
| * 48.             | SIT ON MAT: ATTAINS HIGH KN USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS .....        | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 48.                  |
| 49.               | HIGH KN: ATTAINS HALF KN ON R KNEE USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 49.                  |
| 50.               | HIGH KN: ATTAINS HALF KN ON L KNEE USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 50.                  |
| * 51.             | HIGH KN: KN WALKS FORWARD 10 STEPS, ARMS FREE .....                                   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 51.                  |
| TOTAL DIMENSION C |   |                            |                            |                            |                            | <input type="text"/> |

| Item              | D: STANDING   | SCORE                      |                            |                            |                            | NT                   |
|-------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| * 52.             | ON THE FLOOR: PULLS TO STD AT LARGE BENCH .....                             | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 52.                  |
| * 53.             | STD: MAINTAINS, ARMS FREE, 3 SECONDS .....                                  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 53.                  |
| * 54.             | STD: HOLDING ON TO LARGE BENCH WITH ONE HAND, LIFTS R FOOT, 3 SECONDS ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 54.                  |
| * 55.             | STD: HOLDING ON TO LARGE BENCH WITH ONE HAND, LIFTS L FOOT, 3 SECONDS ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 55.                  |
| * 56.             | STD: MAINTAINS, ARMS FREE, 20 SECONDS .....                                 | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 56.                  |
| * 57.             | STD: LIFTS L FOOT, ARMS FREE, 10 SECONDS .....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 57.                  |
| * 58.             | STD: LIFTS R FOOT, ARMS FREE, 10 SECONDS .....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 58.                  |
| * 59.             | SIT ON SMALL BENCH: ATTAINS STD WITHOUT USING ARMS .....                    | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 59.                  |
| * 60.             | HIGH KN: ATTAINS STD THROUGH HALF KN ON R KNEE, WITHOUT USING ARMS .....    | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 60.                  |
| * 61.             | HIGH KN: ATTAINS STD THROUGH HALF KN ON L KNEE, WITHOUT USING ARMS .....    | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 61.                  |
| * 62.             | STD: LOWERS TO SIT ON FLOOR WITH CONTROL, ARMS FREE .....                   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 62.                  |
| * 63.             | STD: ATTAINS SQUAT, ARMS FREE .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 63.                  |
| * 64.             | STD: PICKS UP OBJECT FROM FLOOR, ARMS FREE, RETURNS TO STAND .....          | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 64.                  |
| TOTAL DIMENSION D |   |                            |                            |                            |                            | <input type="text"/> |



| Item  | E: WALKING, RUNNING & JUMPING  | SCORE                      |                            |                            |                            | NT  |
|-------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| * 65. | STD, 2 HANDS ON LARGE BENCH: CRUISES 5 STEPS TO R .....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 65. |
| * 66. | STD, 2 HANDS ON LARGE BENCH: CRUISES 5 STEPS TO L .....                              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 66. |
| * 67. | STD, 2 HANDS HELD: WALKS FORWARD 10 STEPS .....                                      | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 67. |
| * 68. | STD, 1 HAND HELD: WALKS FORWARD 10 STEPS .....                                       | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 68. |
| * 69. | STD: WALKS FORWARD 10 STEPS .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 69. |
| * 70. | STD: WALKS FORWARD 10 STEPS, STOPS, TURNS 180°, RETURNS .....                        | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 70. |
| * 71. | STD: WALKS BACKWARD 10 STEPS .....   | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 71. |
| * 72. | STD: WALKS FORWARD 10 STEPS, CARRYING A LARGE OBJECT WITH 2 HANDS .....              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 72. |
| * 73. | STD: WALKS FORWARD 10 CONSECUTIVE STEPS BETWEEN PARALLEL LINES 20cm (8") APART ..... | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 73. |
| * 74. | STD: WALKS FORWARD 10 CONSECUTIVE STEPS ON A STRAIGHT LINE 2cm (3/4") WIDE .....     | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 74. |
| * 75. | STD: STEPS OVER STICK AT KNEE LEVEL, R FOOT LEADING .....                            | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 75. |
| * 76. | STD: STEPS OVER STICK AT KNEE LEVEL, L FOOT LEADING .....                            | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 76. |
| * 77. | STD: RUNS 4.5m (15'), STOPS & RETURNS .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 77. |
| * 78. | STD: KICKS BALL WITH R FOOT .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 78. |
| * 79. | STD: KICKS BALL WITH L FOOT .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 79. |
| * 80. | STD: JUMPS 30cm (12") HIGH, BOTH FEET SIMULTANEOUSLY .....                           | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 80. |
| * 81. | STD: JUMPS FORWARD 30 cm (12"), BOTH FEET SIMULTANEOUSLY .....                       | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 81. |
| * 82. | STD ON R FOOT: HOPS ON R FOOT 10 TIMES WITHIN A 60cm (24") CIRCLE .....              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 82. |
| * 83. | STD ON L FOOT: HOPS ON L FOOT 10 TIMES WITHIN A 60cm (24") CIRCLE .....              | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 83. |
| * 84. | STD, HOLDING 1 RAIL: WALKS UP 4 STEPS, HOLDING 1 RAIL, ALTERNATING FEET .....        | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 84. |
| * 85. | STD, HOLDING 1 RAIL: WALKS DOWN 4 STEPS, HOLDING 1 RAIL, ALTERNATING FEET ....       | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 85. |
| * 86. | STD: WALKS UP 4 STEPS, ALTERNATING FEET .....  | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 86. |
| * 87. | STD: WALKS DOWN 4 STEPS, ALTERNATING FEET .....                                      | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 87. |
| * 88. | STD ON 15cm (6") STEP: JUMPS OFF, BOTH FEET SIMULTANEOUSLY .....                     | 0 <input type="checkbox"/> | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 88. |

TOTAL DIMENSION E

Was this assessment indicative of this child's "regular" performance? YES ☐ NO ☐

COMMENTS:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## GMFM-88 SUMMARY SCORE

| DIMENSION   | CALCULATION OF DIMENSION % SCORES |   |       |                 | GOAL<br>AREA                |
|---|-----------------------------------|---|-------|-----------------|-----------------------------|
|   | (indicated with ✓ check)          |   |       |                 |                             |
| A. Lying & Rolling  | Total Dimension A                 | = | _____ | × 100 = _____ % | A. <input type="checkbox"/> |
|   | 51                                | = | 51    | × 100 = _____ % |                             |
| B. Sitting  | Total Dimension B                 | = | _____ | × 100 = _____ % | B. <input type="checkbox"/> |
|   | 60                                | = | 60    | × 100 = _____ % |                             |
| C. Crawling & Kneeling  | Total Dimension C                 | = | _____ | × 100 = _____ % | C. <input type="checkbox"/> |
|   | 42                                | = | 42    | × 100 = _____ % |                             |
| D. Standing   | Total Dimension D                 | = | _____ | × 100 = _____ % | D. <input type="checkbox"/> |
|   | 39                                | = | 39    | × 100 = _____ % |                             |
| E. Walking, Running & Jumping   | Total Dimension E                 | = | _____ | × 100 = _____ % | E. <input type="checkbox"/> |
|   | 72                                | = | 72    | × 100 = _____ % |                             |
| <b>TOTAL SCORE =</b> $\frac{\%A + \%B + \%C + \%D + \%E}{\text{Total \# of Dimensions}}$  |                                   |   |       |                 |                             |
| <b>=</b> _____ <b>=</b> _____ <b>=</b> _____ %  |                                   |   |       |                 |                             |
| <b>GOAL TOTAL SCORE =</b> $\frac{\text{Sum of \%scores for each dimension identified as a goal area}}{\text{\# of Goal areas}}$ |                                   |   |       |                 |                             |
| <b>=</b> _____ <b>=</b> _____ %   |                                   |   |       |                 |                             |

### GMFM-66 Gross Motor Ability Estimator Score <sup>1</sup>

GMFM-66 Score = \_\_\_\_\_ to \_\_\_\_\_  
 previous GMFM-66 Score = \_\_\_\_\_ to \_\_\_\_\_  
 change in GMFM-66 = \_\_\_\_\_  
 95% Confidence Intervals  
 95% Confidence Intervals

<sup>1</sup> from the Gross Motor Ability Estimator (GMAE-3) Software



### TESTING WITH AIDS/ORTHOSES USING THE GMFM-88

Indicate below with a check (✓) which aid/orthosis was used and what dimension it was first applied. (There may be more than one).

| AID                    | Dimension                      | Orthosis                 | Dimension                      |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Rollator/pusher .....  | <input type="checkbox"/> _____ | Hip Control .....        | <input type="checkbox"/> _____ |
| Walker .....           | <input type="checkbox"/> _____ | Knee Control .....       | <input type="checkbox"/> _____ |
| H Frame crutches ..... | <input type="checkbox"/> _____ | Ankle-foot Control ..... | <input type="checkbox"/> _____ |
| Crutches .....         | <input type="checkbox"/> _____ | Foot Control .....       | <input type="checkbox"/> _____ |
| Quad Cane .....        | <input type="checkbox"/> _____ | Shoes .....              | <input type="checkbox"/> _____ |
| Cane .....             | <input type="checkbox"/> _____ | None .....               | <input type="checkbox"/> _____ |
| None .....             | <input type="checkbox"/> _____ | Other .....              | <input type="checkbox"/> _____ |
| Other .....            | <input type="checkbox"/> _____ | (please specify)         |                                |
| (please specify)       |                                |                          |                                |

### GMFM-88 SUMMARY SCORE USING AIDS/ORTHOSES

| DIMENSION                     | CALCULATION OF DIMENSION % SCORES   |                           | GOAL AREA                   |
|-------------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|
|                               |   |                           | (indicated with ✓ check)    |
| A. Lying & Rolling            | Total Dimension A = <u>51</u>   | <u>51</u> × 100 = _____ % | A. <input type="checkbox"/> |
| B. Sitting                    | Total Dimension B = <u>60</u>   | <u>60</u> × 100 = _____ % | B. <input type="checkbox"/> |
| C. Crawling & Kneeling        | Total Dimension C = <u>42</u>   | <u>42</u> × 100 = _____ % | C. <input type="checkbox"/> |
| D. Standing                   | Total Dimension D = <u>39</u>   | <u>39</u> × 100 = _____ % | D. <input type="checkbox"/> |
| E. Walking, Running & Jumping | Total Dimension E = <u>72</u>   | <u>72</u> × 100 = _____ % | E. <input type="checkbox"/> |
| <b>TOTAL SCORE =</b>          |   |                           |                             |
|                               | $\frac{\%A + \%B + \%C + \%D + \%E}{\text{Total \# of Dimensions}}$                                   |                           |                             |
|                               | = <u>5</u>  | = _____ = _____ %         |                             |
| <b>GOAL TOTAL SCORE =</b>     |   |                           |                             |
|                               | $\frac{\text{Sum of \%scores for each dimension identified as a goal area}}{\text{\# of Goal areas}}$ |                           |                             |
|                               | = _____   | = _____ %                 |                             |

