



HAL
open science

Intérêt d'une réhabilitation robotisée dans la rééducation à la marche des enfants atteints de paralysie cérébrale : revue systématique

Chloé Ratabouil

► To cite this version:

Chloé Ratabouil. Intérêt d'une réhabilitation robotisée dans la rééducation à la marche des enfants atteints de paralysie cérébrale : revue systématique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04778037

HAL Id: dumas-04778037

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04778037v1>

Submitted on 12 Nov 2024

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

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

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**INTÉRÊTS D'UNE RÉHABILITATION
ROBOTISÉE DANS LA RÉÉDUCATION À LA
MARCHE DES ENFANTS ATTEINTS DE
PARALYSIE CÉRÉBRALE : REVUE
SYSTÉMATIQUE**

RATABOUIL Chloé
Directeur de mémoire : Mme EGLIER Maëlys

REMERCIEMENTS

Je tiens tout particulièrement à remercier ma directrice de mémoire, Maëlys Eiglier, pour son accompagnement, sa bienveillance et ses précieux conseils tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens également à remercier l'ensemble des masseurs-kinésithérapeutes du CHITS qui m'ont accueillie chaleureusement dans leur structure et m'ont accompagnée depuis le début de mon apprentissage. J'adresse un remerciement tout particulier à Élodie Galvez et Julie Moreau pour leurs conseils avisés.

Je remercie mes parents et mon frère, pour leur soutien indéfectible. Je ne saurai jamais assez vous remercier pour tout ce que vous faites pour moi. Je remercie tout particulièrement ma mère, qui a généreusement consacré son temps à lire et relire ce travail.

Un grand merci à l'ensemble du groupe 7 pour tous ses TP passés ensemble, particulièrement à Aurélie, Clotilde, Louise, Léa et Sandrine, sans qui ces années n'auraient pas eu la même saveur. Merci pour toutes ces soirées entre amies et pour toutes celles qui suivront.

Je remercie également Romain, pour son amour et son soutien indéfectible.

À toutes ces personnes, je vous suis infiniment reconnaissante.

« Le succès n'est pas la clé du bonheur. Le bonheur est la clé du succès. Si vous aimez ce que vous faites, vous réussirez. »

Albert Schweitzer

Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Principes en neuropédiatrie.....	1
1.2	Paralysie cérébrale.....	3
1.2.1	Définition	3
1.2.2	Épidémiologie	3
1.2.3	Étiologie et facteurs de risque.....	4
1.2.4	Présentations cliniques.....	7
1.2.5	Troubles moteurs.....	8
1.2.6	Troubles associés.....	11
1.2.7	Prise en charge de la PC en kinésithérapie.....	12
1.3	Marche	13
1.3.1	Apparition et acquisition de la marche	13
1.3.2	Marche physiologique	14
1.3.3	Marche pathologique de l'enfant paralysé cérébral	16
1.4	Innovation dans la PEC du paralysé cérébral : les exosquelettes de marche.....	16
1.4.1	Généralités sur les exosquelettes.....	16
1.4.2	L'exosquelette de marche le plus répandu, le Lokomat®.....	17
1.5	Enjeux de cette revue	19
2	Méthode.....	20
2.1	Critères d'éligibilité des études sélectionnées	20
2.1.1	Schéma d'étude	20
2.1.2	Population et pathologie	21
2.1.3	Intervention	22
2.1.4	Comparateur.....	22
2.1.5	Critères de jugement	22
2.2	Méthodologie de la recherche des études	22
2.2.1	Bases de données électroniques investiguées	22
2.2.2	Recherche complémentaire	22
2.2.3	Équation de recherche	23
2.3	Méthodologie de sélection des études.....	24
2.4	Méthodologie d'extraction et d'analyse des données	25
2.4.1	Extraction des données	25

2.4.2	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	25
2.5	Méthodologie de synthèse des résultats.....	26
3	Résultats.....	27
3.1	Description des études retenues et écartées	27
3.1.1	Diagramme de flux	27
3.1.2	Études exclues	28
3.1.3	Études incluses	30
3.2	Évaluation du risque de biais des études incluses.....	31
3.2.1	Biais dus aux processus de randomisation	32
3.2.2	Biais dus aux changements par rapport au protocole d'étude – méthode.....	32
3.2.3	Biais dus aux données manquantes	32
3.2.4	Biais dus aux mesures des critères de jugement.....	32
3.2.5	Biais dus à la sélection des résultats rapportés.....	33
3.3	Synthèse des résultats	33
3.3.1	Critères de jugement et leurs outils de mesure	33
3.3.2	Analyse qualitative des résultats	34
4	Discussion	40
4.1	Analyse des principaux résultats.....	40
4.1.1	Analyse des populations.....	40
4.1.2	Analyse des interventions.....	41
4.1.3	Analyse des comparateurs	44
4.1.4	Analyse des critères de jugement et de leurs résultats	45
4.1.5	Effet réel du traitement.....	47
4.2	Qualité des preuves	48
4.3	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	49
4.4	Biais potentiels de la revue	50
4.5	Conflit d'intérêts	52
5	Conclusion	53
5.1	Implication pour la pratique clinique.....	53
5.2	Implication pour la recherche clinique	53
6	Bibliographie.....	54
7	Annexes	59

Liste des figures

Figure 1 : Classification Internationale du Fonctionnement du Handicap et de la Santé, OMS ¹	1
Figure 2 : Adaptation du modèle de la CIF avec le modèle « F » words [1]	2
Figure 3 : Répartition des facteurs de risque en fonction de la période lésionnelle [2]	6
Figure 4 : Classification symptomatique de la PC	7
Figure 5 : Classification topographique de la PC	8
Figure 6 : Tableau clinique de la paralysie cérébrale et ses différents troubles moteurs	9
Figure 7 : Illustration des différents niveaux du GMFCS [16]	10
Figure 8 : Distribution des patients (en %) en fonction de leur niveau au MACS et au GMFCS [11]	11
Figure 9 : Troubles associés à la PC [20]	11
Figure 10 : Représentation schématique des deux modes de réorganisation motrice du faisceau pyramidal après lésion cérébrale précoce unilatérale : P = main parétique ; M1 = cortex moteur primaire [22]	12
Figure 11 : Les différentes phases du cycle de marche dans le plan sagittal	14
Figure 12 : Courbes cinématiques de la hanche (A), du genou (B) et de la cheville (C) dans le plan sagittal [26]	15
Figure 13 : Caractéristiques techniques du Lokomat®	17
Figure 14 : Boucle présentant le fonctionnement du Lokomat®	18
Figure 15 : Schématisation pyramidale des niveaux de preuve du « Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence » [15]	21
Figure 16 : Equation de recherche sur PubMed	23
Figure 17 : Les différentes étapes du système GRADE [46]	26
Figure 18 : Diagramme de flux basé sur le modèle de PRISMA	27
Figure 19 : Évaluation des biais des études incluses – Risk of Bias Tool	31
Figure 20 : Synthèse des principaux biais retrouvés dans les études incluses - Risk of Bias Tool (%)	33
Figure 21 : Résultats tirés de l'étude Jin2020 [51]	37
Figure 22 : Distribution de la qualité des rapports par paramètre (GS, BWS, GF) [62]	43
Figure 23 : Efficacité réelle d'un traitement et paramètres intercurrents [66]	47

Liste des tableaux

Tableau I : Résultats de l'étude de cohorte nationale EPIPAGE 2 [8].....	4
Tableau II : Critères d'exclusion et d'inclusion concernant la population étudiée	21
Tableau III : Mots clés et synonymes utilisés dans notre équation de recherche	23
Tableau IV : Synthèse des études exclues sur la base du titre	28
Tableau V : Synthèse des études exclues sur la base de l'abstract	28
Tableau VI : Synthèse des études exclues sur la base de la lecture complète	30
Tableau VII : Liste des études incluses	30
Tableau VIII : Synthèse détaillée des études incluses	31
Tableau IX : Synthèse des résultats.....	35
Tableau X : Synthèse des résultats concernant le GMFM D	36
Tableau XI : Synthèse des résultats concernant le GMFM E	38
Tableau XII : Synthèse des résultats concernant le 6MinWT	39
Tableau XIII : Comparaison des caractéristiques de la population de notre revue de littérature	40
Tableau XIV : Comparaison des caractéristiques des interventions de notre revue de littérature	42
Tableau XV : Comparaison des caractéristiques des comparateurs de notre revue de littérature	44
Tableau XVI : Comparaison des caractéristiques des outcomes de notre revue de littérature.....	45
Tableau XVII : Évaluation GRADE des critères de jugement de notre revue de littérature	48
Tableau XVIII : Grille AMSTAR - 2 de notre revue de littérature	52

Liste des abréviations

APGAR : Apparence, Pouls, Grimace, Activité, Respiration

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

AVP : Accident de la Voie Publique

BWS : Body Weight Support

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé

ECR : Essai Contrôlé Randomisé

EPIPAGE : Étude Épidémiologique sur les Petits Âges Gestationnels

FDR : Facteur De Risque

GF : Guidance Force

GMFCS : Gross Motor Function Classification System

GMFM : Gross Motor Function Measure

GRADE : Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation

GS : Gait Speed

HAS : Haute Autorité de Santé

IMC : Infirmité Motrice Cérébrale

IMOC : Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale

MACS : Manual Ability Classification System

MCID : Minimal Clinically Important Difference

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PC : Paralysie Cérébrale

PEC : Prise En Charge

PEDRO : Physiotherapy Evidence Database Scale

RBP : Recommandation de Bonne Pratique

ROBT : Risk Of Bias Tool

6MinWT : 6 Minutes Walking Test

1 Introduction

1.1 Principes en neuropédiatrie

Les Masseurs-Kinésithérapeutes possèdent un large domaine de compétences et ce dans de nombreux champs disciplinaires. Chaque patient présente des besoins et des objectifs de rééducation qui leurs sont propres, en fonction de leur pathologie, de leur âge et de leur capacité.

La neurologie s'intéresse au fonctionnement et dysfonctionnement du système nerveux central, périphérique et végétatif. Ce domaine demande une parfaite connaissance de l'anatomie et des mécanismes complexes permettant le fonctionnement physiologique de notre corps. Il s'agit d'une spécialité nécessitant une prise en charge précise et rigoureuse.

S'agissant de la pédiatrie, celle-ci s'intéresse au développement neuro-sensori-moteur de l'enfant, de la naissance à l'adolescence ainsi qu'à l'étude des maladies survenant durant cette période de la vie. Les enfants présentent une capacité impressionnante de résilience et d'acceptation, notamment lorsqu'ils sont atteints de maladies graves ou de handicaps lourds. Pour obtenir l'adhésion nécessaire à une prise en charge optimale, la rééducation se doit de mêler jeux et imagination. Les consignes et explications doivent être simplifiées, ce qui peut s'avérer difficile au vue de la complexité des pathologies rencontrées.

La difficulté que peut présenter la prise en charge en neuropédiatrie réside dans la cohabitation d'étiologies neurologiques complexes avec un univers ludique où tout doit paraître simple, ce qui n'est pas toujours le cas. Ainsi, la prise en charge en neuropédiatrie nécessite une approche holistique, prenant en compte à la fois la santé physique et mentale de l'enfant mais aussi son environnement familial et social. Il est donc primordial d'établir une collaboration étroite entre les professionnels de santé, les parents et les aidants afin de garantir l'épanouissement de l'enfant. Cette approche multidimensionnelle a été décrite en 2001 par l'OMS dans la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF).

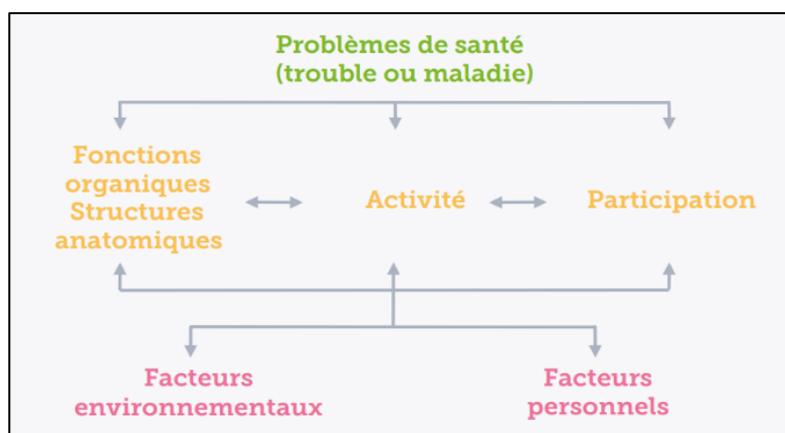


Figure 1 : Classification Internationale du Fonctionnement du Handicap et de la Santé, OMS¹

¹ [Infographie, "La paralysie cérébrale", fondation paralysie cérébrale \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Les différents concepts abordés dans la CIF sont connectés entre eux sans aucune hiérarchie, permettant une vision plus globale et plus inclusive des différentes facettes composant un individu. Un changement dans un de ces concepts peut impacter n'importe quel autre positivement ou négativement. Il est donc important de prendre en considération chacun d'entre eux. Ce modèle a été repris par Peter Rosenbaum afin d'élaborer une version plus accessible et plus appropriée dans la prise en charge chez les enfants, notamment dans le champ de la neuropédiatrie.

Il se base sur l'utilisation de « **F words** » [1] :

- **Functioning** : aborder la fonction comme un fonctionnement « normal » est un concept considéré comme réducteur. L'objectif est d'autonomiser l'enfant le plus possible, même s'il doit pour cela faire les choses différemment et/ou avec plus d'effort ;
- **Family** : il s'agit d'un concept primordial dans la prise en charge pédiatrique. Les enfants ayant des problèmes de santé sont généralement très entourés par leurs proches et sont au centre des préoccupations familiales ;
- **Fitness** : l'activité physique journalière est tout aussi fondamentale chez un enfant handicapé que chez un enfant bien portant, cependant elle est plus souvent négligée ;
- **Fun** : l'intégration d'activités ludiques est primordiale dans le développement psychomoteur de l'enfant ;
- **Friends** : le développement social par les relations amicales fait partie de la construction de notre personnalité. Elles sont primordiales à un bon équilibre psychique ;
- **Future** : la temporalité de l'affection est un aspect non négligeable en neuropédiatrie. Elle affecte nos échanges avec les parents et doit prendre en compte le parcours socio-éducatif de l'enfant tout au long de sa vie.

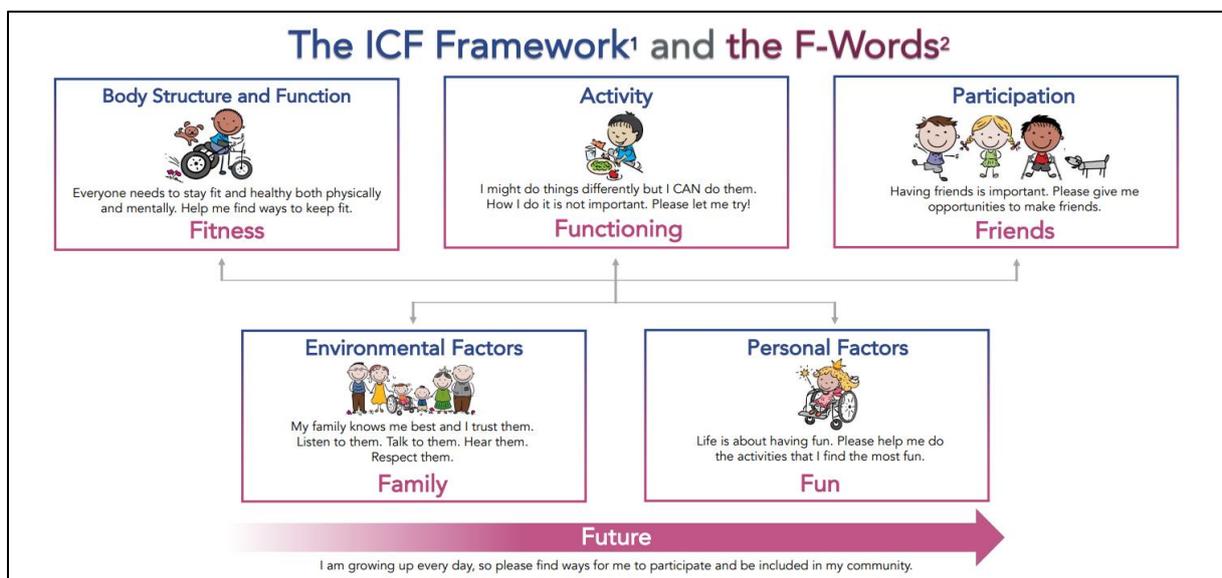


Figure 2 : Adaptation du modèle de la CIF avec le modèle « F » words ² [1]

Ce modèle nous permet d'aborder notre prise en charge en englobant tous les aspects de la vie de l'enfant et ainsi l'accompagner au mieux dans l'acquisition de son autonomie.

² [Infographie, "The ICF framework and the F-words", CanChild \(consulté le 23/04/2024\)](#)

1.2 Paralyse cérébrale

1.2.1 Définition

La paralysie cérébrale (PC) a été décrite pour la première fois en 1843 par William Little, un chirurgien orthopédique anglais. Il a mis en évidence le lien de corrélation entre la présence d'une asphyxie néonatale lors de l'accouchement et l'apparition de troubles moteurs et orthopédiques [2].

La définition la plus exhaustive à ce jour est celle de Peter Rosenbaum, publiée en 2006 : « *La paralysie cérébrale désigne un groupe de troubles permanents du développement du mouvement et de la posture, entraînant une limitation de l'activité, qui sont attribués à des lésions non progressives survenues dans le cerveau immature du fœtus ou du nourrisson. Les troubles moteurs du paralysé cérébral s'accompagnent souvent de troubles de la sensibilité, de la perception, de la cognition, de la communication et du comportement, d'épilepsie et de problèmes musculosquelettiques secondaires.* » [3].

La PC est la dénomination la plus adoptée par la communauté scientifique internationale toutefois nous pouvons encore retrouver d'anciennes dénominations comme :

- Infirmité Motrice Cérébrale (IMC) ;
- Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC) qui se traduit par la présence de troubles moteurs associés à des troubles cognitifs [4].

Le polymorphisme de cette affection complexifie sa prise en charge. En effet, nous pouvons retrouver une grande diversité dans l'apparition clinique des lésions qui dépendent à la fois de leur topographie, de leur étendue, de leur nature et du moment de survenue des lésions.

1.2.2 Épidémiologie

L'incidence moyenne de la PC est estimée entre 1,5 et 3 cas pour 1000 naissances en Europe [2]. En France, cela correspond à environ 1500 nouveaux cas par an et représente la première cause de handicap moteur chez l'enfant [5] [6]. Son incidence est variable selon la présence ou non de facteurs de risque (FDR). En effet, les études menées par le réseau européen de surveillance de la paralysie cérébrale ont démontré que l'incidence variait en fonction du poids de naissance de l'enfant. Chez les enfants nés prématurés avec un poids inférieur à 1.5kg, l'incidence est 70 fois plus élevée que chez les enfants de plus de 2.5kg [7]. On retrouve donc un lien entre PC et prématurité.

En France, une étude de cohorte épidémiologique nationale a été menée afin d'étudier le devenir des enfants prématurés. Il s'agit de la cohorte EPIPAGE (étude épidémiologique sur les petits âges gestationnels), menée entre 1997 et 2011. Les résultats de cette cohorte présentent une partie spécifique aux enfants paralysés cérébraux dans laquelle nous retrouvons le taux de PC et le taux de survie des enfants à 2 ans d'âge corrigé. Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous [8].

	22-26 SA	27-31 SA	32-34 SA
Taux d'apparition de paralysie cérébrale	6.9%	4.3%	1.0%
Taux de survie à 2 ans d'âge corrigé	48.5%	90.0%	97.5%

Tableau I : Résultats de l'étude de cohorte nationale EPIPAGE 2 [8]

Ainsi, plus la grossesse se rapproche de son terme, plus le taux d'apparition diminue et le taux de survie augmente. De plus, ce taux d'apparition a diminué de 3.3% entre 1997 et 2011 [8].

1.2.3 Étiologie et facteurs de risque

La PC est une pathologie complexe et multifactorielle. Pendant de nombreuses années, les scientifiques et médecins pensaient que la majorité des cas de PC était dû à un épisode d'hypoxie cérébrale chez l'enfant lors de l'accouchement ou lors de la période périnatale. Ainsi, l'incidence de la PC était auparavant considérée comme un marqueur de qualité de la prise en charge dans les unités néonatales de soins intensifs et dans les services obstétriques [9].

Ces dernières années, plusieurs études épidémiologiques internationales ont contribué à une meilleure compréhension des différents FDR mis en jeu dans l'incidence de la PC. Les résultats obtenus nous montrent que, contrairement aux anciennes croyances, les FDR en lien avec la période périnatale ne sont pas ceux qui impactent le plus l'incidence de la PC. Les FDR de la période prénatale semblent être responsables d'environ 75% des cas alors que la période périnatale et infantile ne représente qu'environ 10 à 18% des cas de PC [2][9].

1.2.3.1 Période préconception

Lors de cette période, la majorité des FDR sont d'origine maternels. Nous pouvons notamment retrouver [2][9] :

- La présence de retards et d'irrégularités dans le cycle menstruel ;
- Une intervalle particulièrement courte ou longue entre deux grossesses ;
- Les antécédents de fausses couches, d'IVG, d'IMG ou de mort fœtale ;
- L'épilepsie et les troubles thyroïdiens.

De manière générale, un niveau socio-économique bas est considéré comme un facteur de risque, augmentant la probabilité de malnutrition et d'habitats insalubres [2]. Les FDR en lien avec le père ou les frères et sœurs ont encore été trop peu rapportés pour affirmer un quelconque lien avec l'apparition d'une PC [9].

1.2.3.2 Période prénatale

Elle correspond aux FDR pouvant avoir lieu durant la grossesse. On peut les diviser en deux sous-groupes [9] :

Parmi les FDR maternels, nous retrouvons les infections maternelles (rubéole, cytomégalovirus, toxoplasmose...), l'ingestion de toxine (alcool, drogues...), les problèmes métaboliques divers et les troubles vasculaires (prééclampsie, thrombose veineuse profonde...) [9].

Nous retrouvons aussi les grossesses multiples considérées à haut risque. En effet, les grossesses gémellaires augmentent le risque de prématurité et donc le risque de naître avec un faible poids de naissance. Une étude a démontré que la mort d'un des deux jumeaux au cours de la grossesse augmente par six la probabilité de développer une PC chez le jumeau survivant. En réalité il va nuire au développement neurologique de son jumeau tout au long de la gestation [10].

Concernant les FDR foetaux, il s'agit des malformations congénitales et des troubles vasculaires [9].

1.2.3.3 Période périnatale

Cette période débute lors du travail et se termine quelques heures après l'accouchement. Les FDR sont liés à des urgences obstétricales à savoir [9] :

- Un accouchement prolongé ou traumatique en lien avec une disproportion céphalo-pelvienne, une présentation anormale ou une macrosomie ;
- Une hémorragie massive de délivrance ;
- Une césarienne en urgence ;
- Un prolapsus du cordon ombilical qui peut provoquer une acidose métabolique dans le cerveau de l'enfant et entraîner une encéphalopathie néonatale, augmentant le risque de développer une PC de forme sévère.

De manière générale, l'incidence de la PC augmente avec la diminution du poids de naissance mais aussi du poids du placenta et du score d'APGAR. En effet, un enfant présentant un score d'APGAR entre 0 à 3 après 5min de vie présente 81 fois plus de risque de développer une PC [9].

1.2.3.4 Période néonatale et infantile

Lors de la période néonatale, la présence de troubles respiratoires, d'infections ou d'épilepsie constituent des FDR potentiels [9].

Lors de la période infantile, les FDR sont surtout liés à la présence d'accidents traumatiques comme les AVP ou les chutes. Nous pouvons tout de même retrouver des FDR en lien avec des infections ou un AVC comme dans la période néonatale [9].

1.2.3.5 Un facteur de risque majeur : la prématurité

La paralysie cérébrale n'a pas une seule et même étiologie pour l'ensemble des personnes touchées. Il s'agit ici d'une association et d'une accumulation de différents FDR qui sont responsables de son apparition [2]. Nous pouvons tout de même noter qu'il existe un facteur de risque principal : la prématurité. Il est important de noter qu'il ne s'agit là que d'un facteur de risque et non d'une étiologie.

La PC est 10 à 50 fois plus présente chez les enfants nés pré-terme, d'autant plus chez les enfants ayant séjourné en unité néonatale de soins intensifs [11]. Du fait de l'immaturation de leur système nerveux central, les prématurés sont d'autant plus vulnérables aux lésions cérébrales. Nous pouvons citer l'hémorragie intraventriculaire et la leucomalacie périventriculaire à titre d'exemple.

Le lien entre la prématurité et l'apparition d'une PC est complexe et doit être encore étudié afin de mieux comprendre les mécanismes d'apparition et ainsi développer une stratégie de prévention dans cette population à risque.

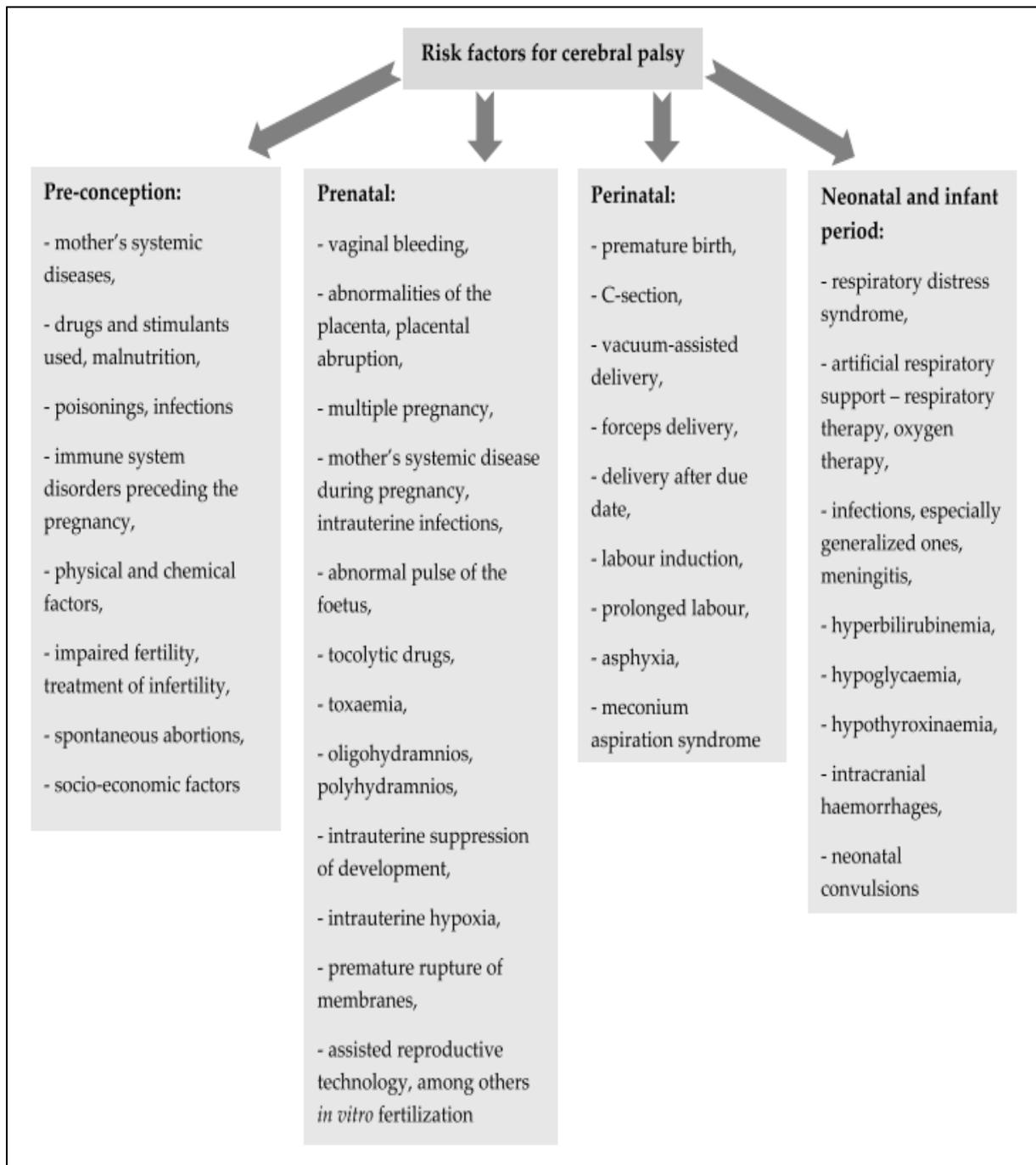


Figure 3 : Répartition des facteurs de risque en fonction de la période lésionnelle [2]

1.2.4 Présentations cliniques

1.2.4.1 Formes cliniques symptomatologiques

La PC peut être classifiée selon la symptomatologie des atteintes. Cette classification décrite par le centre de Surveillance de la Paralyse Cérébrale en Europe, divise la PC en trois sous-groupes, selon la prédominance des troubles neuromoteurs rencontrés [3] [12] :

- **Spastique** : caractérisée par la présence d'hypertonies et d'hyper-réflexies involontaires pouvant toucher différents muscles squelettiques ;
- **Ataxique** : caractérisée par la perte de la coordination des mouvements volontaires. On peut retrouver une dysmétrie, une dyschronométrie, des tremblements et une asynergie musculaire ;
- **Dyskinétique** : caractérisée par la présence récurrente de mouvements involontaires et incontrôlables. Il peut y avoir de l'hypertonie ou bien de l'hypotonie ;
- **Mixte** : il regroupe les PC avec une combinaison des atteintes, lorsqu'aucune d'entre elles ne prédomine sur les autres.

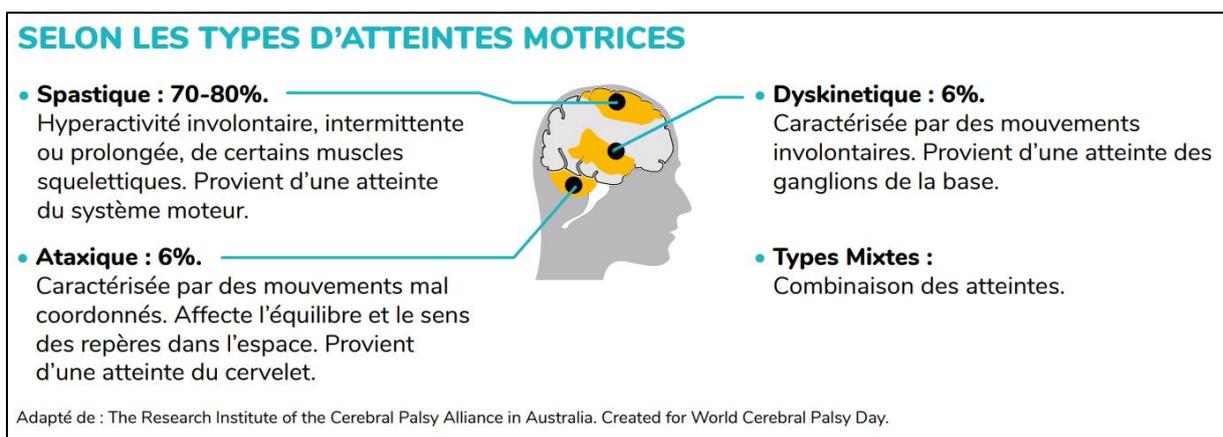


Figure 4 : Classification symptomatique de la PC³

1.2.4.2 Formes cliniques topographiques

Dans la littérature scientifique, il existe plusieurs façons de classer la PC dont celle relativement à la topographie des atteintes [3]. Généralement utilisée pour décrire les sous-types de PC spastique, elle est divisée en deux groupes [2] :

- **Les atteintes unilatérales :**
 - **Hémiplégie** = atteinte d'un hémicorps à l'exception de la face. Dans la majorité des cas de PC hémiplégique, le membre supérieur est plus fortement touché que le membre inférieur ;
 - **Monoparésie** = atteinte d'un unique membre, cela peut être un membre supérieur comme un membre inférieur.

³ [Fiche conseil, "Paralyse cérébrale : définition, prévalence et étiologie", Handiconnect \(consulté le 23/04/2024\)](#)

- **Les atteintes bilatérales :**

- Diparésie = atteinte des deux membres inférieurs ;
- Triparsésie = atteinte des deux membres inférieurs et d'un membre supérieur ;
- Tétraparésie = atteinte plus ou moins sévère des quatre membres.

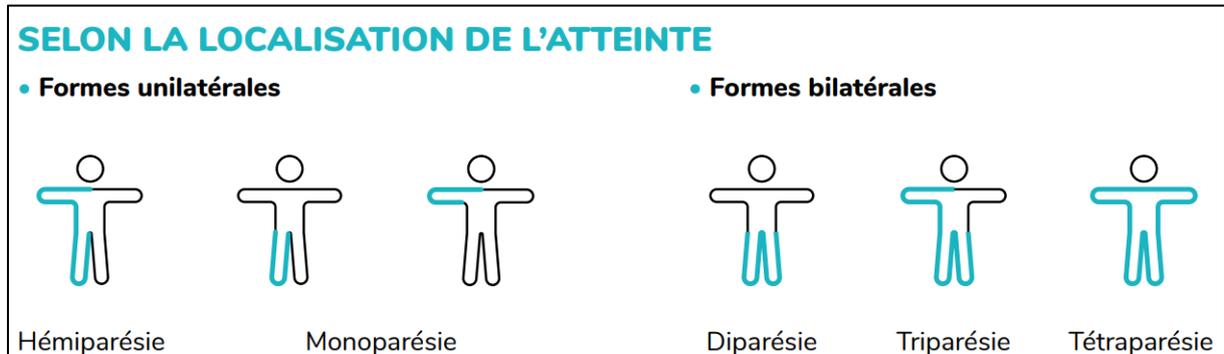


Figure 5 : Classification topographique de la PC⁴

1.2.5 Troubles moteurs

Les troubles moteurs sont les premiers symptômes traduisant cliniquement la lésion cérébrale. Ils peuvent se présenter sous différentes formes [13] :

- **La faiblesse musculaire** : Il est primordial de l'évaluer bien que la présence de spasticité puisse complexifier notre évaluation ;
- **La spasticité** : c'est l'exagération du réflexe d'étirement lors d'une contraction musculaire. Elle peut se traduire par un mouvement inverse à la contraction ou bien à la diminution de l'amplitude de celui-ci. Au niveau des membres inférieurs, nous pouvons notamment la retrouver au niveau des ischio-jambiers et des triceps suraux ;
- **Les troubles de sélectivité de la commande musculaire** : l'enfant va rencontrer des difficultés dans la réalisation d'un mouvement analytique. Il utilisera alors une stratégie motrice en réalisant un mouvement supplémentaire pour atteindre son but. Les troubles de la sélectivité sont à différencier des syncinésies dans lesquelles le mouvement supplémentaire est un mouvement parasite, non volontaire ;
- **La dyskinésie** : ce trouble moteur est souvent de l'ordre de l'hypertonie et de l'hyperkinésie. Elle touche plus fortement les membres supérieurs que les membres inférieurs et s'accroît avec la réalisation de mouvements volontaires, orientés vers une tâche précise [14] ;
- **L'ataxie** : elle est caractérisée par une diminution de la coordination musculaire, une dysmétrie et une dyschronométrie. Elle est plus importante au niveau distal et touche préférentiellement les muscles bi-articulaires [13].

L'association de ces différents types de troubles moteurs va engendrer des troubles de l'équilibre et de la marche que nous retrouverons dans la marche pathologique de l'enfant PC [13].

⁴ [Fiche conseil, "Paralysie cérébrale : définition, prévalence et étiologie", Handiconnect \(consulté le 23/04/2024\)](#)

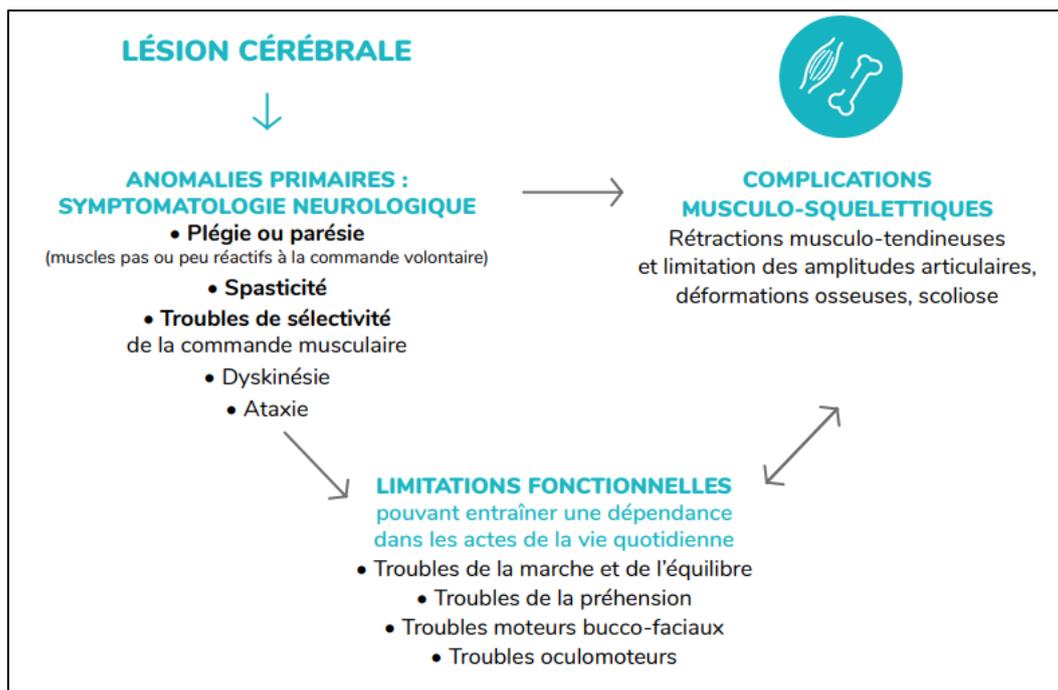


Figure 6 : Tableau clinique de la paralysie cérébrale et ses différents troubles moteurs ⁵

1.2.5.1 Gross Motor Function Classification System

Le **Gross Motor Function Classification System** ou GMFCS est un système de classification permettant d'évaluer les capacités motrices globales de l'enfant PC en fonction de la sévérité de ses atteintes. Le GMFCS se base sur le modèle de la Classification Internationale du Handicap et de la Santé élaboré par l'Organisation Mondiale de la Santé [15].

Ainsi, le critère principal évalué va être le degré d'autonomie de l'enfant dans l'initiation des mouvements comme la marche et le passage à la position assise. La distinction entre les différents niveaux se fera en prenant en compte à la fois la possibilité de réaliser l'action mais aussi la nécessité d'utilisation d'aides techniques telles que des béquilles, un déambulateur ou bien un fauteuil roulant. Il existe un lien de corrélation entre la classification à l'âge de 3 ans, 12 ans et celle à l'âge adulte. Le GMFCS peut donc être utilisé comme un outil pronostic de l'évolution des capacités motrices futures de l'enfant [16][17].

Bien que de nombreuses classifications se basant sur l'étiologie, la symptomatologie ou la topographie des lésions existent, le GMFCS reste l'outil le plus pertinent à utiliser dans la pratique clinique. Cette classification a été proposée en 1997 puis la description de chaque niveau a été développée pour chaque tranche d'âge dans la version GMFCS E&R en 2007 par *Palisano et al* [15][16].

⁵ [Fiche conseil, "Paralysie cérébrale : définition, prévalence et étiologie", Handiconnect \(consulté le 23/04/2024\)](#)

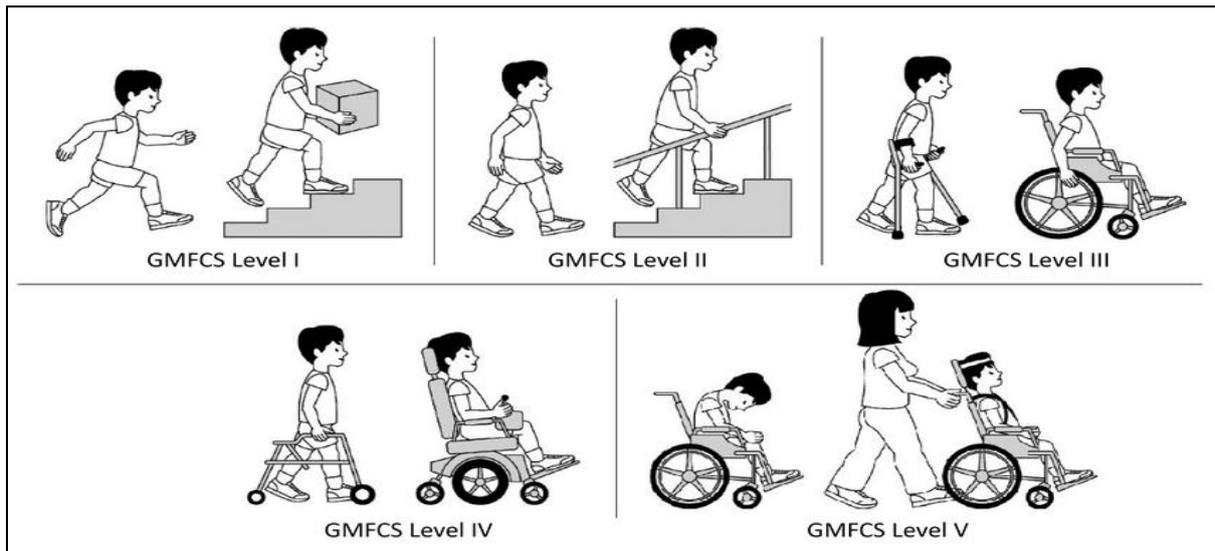


Figure 7 : Illustration des différents niveaux du GMFCS ⁶ [16]

1.2.5.2 Manual Ability Classification System

Le **Manual Ability Classification System** ou MACS est une échelle permettant d'évaluer les capacités de préhension et d'utilisation des objets en lien avec les activités de la vie quotidienne. Elle a été élaborée pour les enfants paralysés cérébraux âgés de 4 à 18 ans [18].

Tout comme le GMFCS, le MACS est divisée en cinq niveaux [19] :

- **Niveau 1** : manipule facilement les objets avec une efficacité fonctionnelle ;
- **Niveau 2** : manipule la plupart des objets mais avec une certaine diminution de la qualité et/ou de la vitesse d'exécution ;
- **Niveau 3** : manipule les objets avec difficulté. Il a besoin d'aide pour se préparer ou pour modifier la manière d'agir ;
- **Niveau 4** : manipule une sélection limitée d'objets faciles à utiliser dans des situations adaptées ;
- **Niveau 5** : ne manipule pas les objets en raison d'une habileté sévèrement limitée, même pour réaliser des actions les plus simples.

Comme nous pouvons le constater, les degrés d'évaluation de cette échelle sont calqués sur ceux du GMFCS. Ces deux échelles sont donc complémentaires, l'une évaluant la motricité globale et la fonctionnalité centrées sur les membres inférieurs ; l'autre évaluant la motricité fine et la fonctionnalité centrées sur les membres supérieurs. La description du sous type de PC concomitante à l'utilisation d'échelles comme le GMFCS et le MACS permet de visualiser rapidement les limites et les compétences mobilisables ou non par l'enfant. Cela facilite la communication entre pairs mais aussi entre professionnels de santé et parents [19].

⁶ [Infographie, "Levels of Gross Motor Function Classification System \(GMFCS\)", ResearchGate \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Il existe un lien de corrélation de 0,79 ($p < 0,05$) entre le score MACS et GMFCS, avec une concordance des niveaux attribués dans 49% des cas.

On peut observer dans la figure 8 que l'augmentation du niveau MACS est proportionnelle à celui du GMFCS, tout niveau confondu. Nous pouvons en conclure qu'au plus l'atteinte est élevée dans les tâches motrices globales, au plus la probabilité qu'elle le soit aussi pour les tâches motrices fines est élevée [18].

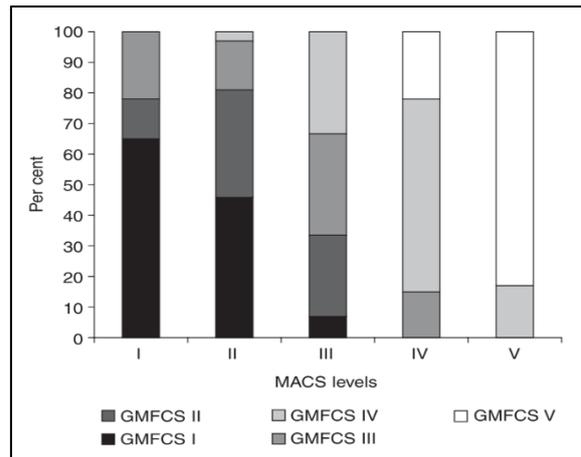


Figure 8 : Distribution des patients (en %) en fonction de leur niveau au MACS et au GMFCS [11]

1.2.6 Troubles associés

Aux troubles moteurs s'ajoutent différents troubles secondaires associés à la PC. Les troubles associés sont souvent sous-diagnostiqués bien que présents dans la plupart des cas de PC, notamment les douleurs chroniques présentes dans 75% des cas, les troubles du comportement dans 25% des cas et les troubles du sommeil dans 20% des cas [20]. Nous pouvons également retrouver [20] :



Figure 9 : Troubles associés à la PC ⁷ [20]

- **L'épilepsie** : c'est une affection neurologique chronique caractérisée par une activité neuronale anormale et excessive. L'incidence de l'épilepsie est plus élevée chez les enfants PC du fait d'un terrain présentant déjà des lésions neurologiques [21]. Les crises épileptiques à répétition peuvent engendrer une régression dans les acquis de l'enfant PC et sont de mauvais pronostic fonctionnel [21] ;
- **Le retard intellectuel** : il touche environ 50% des enfants PC. Celui-ci peut être plus ou moins sévère selon l'étendue des lésions ;
- **Les troubles orthophoniques** : les enfants PC peuvent présenter des difficultés de langage et des troubles de la déglutition ;
- **Les troubles orthopédiques** : ils sont dû à l'hyper/hypotonie des muscles. Nous pouvons notamment citer la scoliose neurologique et la dysplasie de hanche. Celles-ci peuvent entraîner des douleurs si elles ne sont pas traitées ;

⁷ [Infographie, "Paralysie cérébrale : diagnostic et traitement", fondation paralysie cérébrale \(consulté le 23/04/2024\)](#)

- **Les troubles sensoriels** : ils peuvent toucher tous les organes des sens. Nous retrouvons principalement des problèmes de vue et d'audition pouvant aller jusqu'à la cécité et la surdité dans certains cas.

1.2.7 Prise en charge de la PC en kinésithérapie

1.2.7.1 Objectifs et principes de la PEC

L'autonomie d'une personne en situation de handicap repose sur trois piliers [6] :

- L'accessibilité du monde qui l'entoure ;
- L'accompagnement par son entourage ;
- La prise en charge rééducative.

Cette PEC pluridisciplinaire vise à prévenir l'apparition des complications et des troubles associés, à lutter contre les fonctions déficitaires et à favoriser la motricité spontanée de l'enfant dans un objectif d'intégration sociale [22].

Cette PEC se doit d'être précoce et intensive pour être la plus efficace possible. Elle s'appuie sur le principe de plasticité cérébrale ou neuroplasticité. Il s'agit « *d'un processus continu permettant des modifications à moyen et long terme de l'organisation synaptique pour une meilleure efficacité des réseaux neuronaux.* » [22].

Dans le cas de la PC, cette capacité de réorganisation permet au cerveau de suppléer au mieux les déficits en lien avec les lésions. Cette réorganisation peut se faire selon deux modes différents : une réorganisation ipsilatérale ou une réorganisation controlatérale. Cette plasticité est d'autant plus importante lorsque l'enfant est jeune, constituant un argument de taille dans la proposition d'une rééducation anticipée [22].

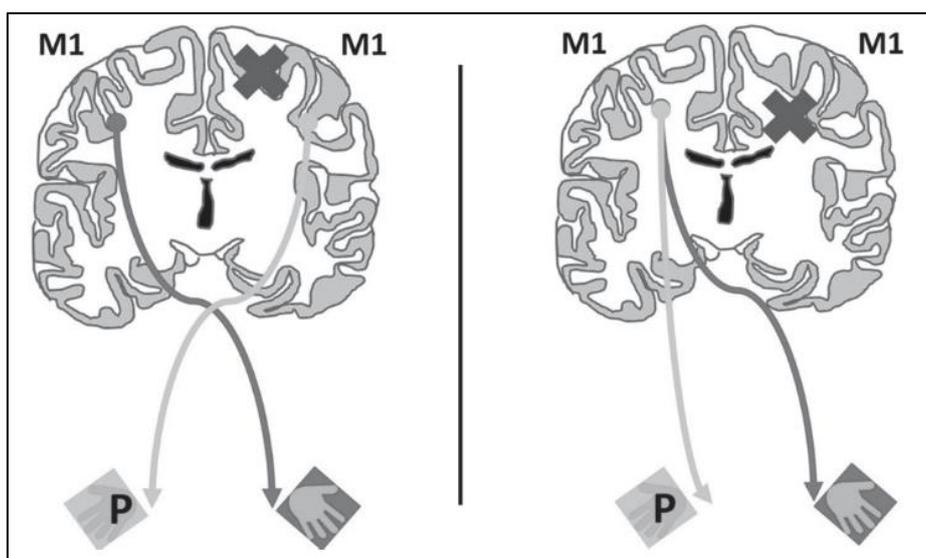


Figure 10 : Représentation schématique des deux modes de réorganisation motrice du faisceau pyramidal après lésion cérébrale précoce unilatérale : P = main parétique ; M1 = cortex moteur primaire [22]

1.2.7.2 Stratégies et techniques rééducatives

Les techniques utilisées doivent être adaptées au cas par cas, selon la fatigabilité, l'âge, les capacités motrices et cognitives de chaque enfant, tout en tenant compte de ses préférences. Nous pouvons les distinguer en deux groupes : les techniques passives destinées aux muscles forts et les techniques actives destinées aux muscles faibles. Elles cibleront essentiellement ⁸ :

- Le gain d'amplitude articulaire à partir de postures, d'étirements et d'orthèses posturales en position de fonction ;
- Le renforcement musculaire plus souvent global qu'analytique, basé sur l'utilisation des niveaux d'évolution motrice ;
- L'équilibre assis et debout aussi bien unipodal que bipodal ;
- La marche, d'un point de vue qualitatif et quantitatif, avec ou sans aide technique ;
- L'endurance cardio-respiratoire ;
- L'acquisition de prise manuelles et bimanuelles.

La méthode « **Hand and Arm Bimanual Intensive Therapy Including Lower Extremities** » ou HABIT-ILE permet de coupler renforcement musculaire, coordination et contrôle postural. Elle a été décrite sur le modèle de la méthode HABIT et sont toutes deux recommandées dans la prise en charge des PC [23]. Nous pouvons également retrouver d'autres méthodes standardisées travaillant le développement neuromoteur de façon globale comme la méthode le Métayer et la méthode Bobath [22]. D'autres techniques comme la balnéothérapie, l'hippothérapie et l'utilisation de la réalité virtuelle sont utilisées en rééducation chez les PC.

A l'instar de toutes les pathologies chroniques, nous retrouverons de l'éducation thérapeutique, fondamentale pour obtenir l'adhésion thérapeutique de l'enfant et des parents. Cette implication permettrait d'améliorer le pronostic de l'enfant à long terme [22].

En 2021, la HAS a établi une RBP concernant la PEC des PC. Celle-ci nous donne les interventions à prioriser en fonction de l'âge de l'enfant (Cf. *Annexe 1*). Nous pouvons notamment observer que l'entraînement à la marche fait partie des axes prioritaires dans la réadaptation des personnes touchées par la PC, quel que soit leur âge.

1.3 Marche

1.3.1 Apparition et acquisition de la marche

Au cours de l'évolution, nos ancêtres quadrupèdes ont dû s'adapter à de nombreux changements et ainsi modifier leur mode de déplacement. C'est ainsi que la bipédie est devenue progressivement le mode de déplacement principal des Hommes. Avec l'apparition de cette bipédie, le squelette est soumis à de nouvelles contraintes de pression et de cisaillement. La conséquence principale de cette bipédie est le passage de membres postérieurs à membres inférieurs qui doivent supporter l'intégralité du poids du corps [24].

⁸ [Fiche conseil, "Quelle rééducation en kinésithérapie pour la paralysie cérébrale de l'enfant ?", ordremk \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Ce remodelage du corps humain n'intervient pas seulement tout au long de l'évolution mais aussi lors de l'ontogenèse. La formation des courbures vertébrales, notamment lombaires, a lieu lors de la croissance de l'enfant et est un élément fondamental à l'équilibre en station debout. Ce développement est tributaire de l'accroissement de l'angle d'incidence du bassin lors de l'acquisition de la marche chez l'enfant [24].

L'acquisition de la marche permet à l'enfant de passer d'un espace de préhension restreint à un espace considérablement élargi. La capacité du bébé à se mouvoir dans l'espace évolue au fil des mois après sa naissance. La capacité à réaliser des transferts d'une position à l'autre constitue un premier pas vers l'exploration du monde qui l'entoure. Elle sera suivie par l'acquisition d'un déplacement autonome en position horizontale puis progressivement, l'enfant tendra à se verticaliser [25]. L'apparition de la marche autonome chez l'enfant a lieu entre 11 et 15 mois [25]. Elle représente un défi pour l'enfant : en effet, le passage de la quadrupédie à la bipédie entraîne une élévation du centre de gravité et une réduction de la surface d'appui au sol, majorant l'instabilité du corps. Lors de l'acquisition de la marche, l'enfant présentera des paramètres de marche différents de ceux d'un adulte. Pour limiter les déséquilibres, celui-ci aura tendance à présenter des déplacements latéraux plus importants que la longueur de ses pas et un polygone de sustentation élargi [26].

1.3.2 Marche physiologique

La marche peut être définie comme « l'action de se déplacer vers un but, dans le plan antéro-postérieur par l'intermédiaire d'une succession d'appuis unipodaux et bipodaux. » [27]. C'est une activité complexe demandant une coordination entre les systèmes nerveux, musculosquelettique, cardio-vasculaire et respiratoire. La marche peut être divisée en 2 phases, une phase d'appui et une phase oscillante [13] :

- **La phase d'appui** représente 60% du cycle. Elle présente à la fois des phases de double appui (20%) et de simple appui (40%). Les phases de double appui permettent le transfert du poids d'une jambe à l'autre tandis que les phases de simple appui permettent l'avancée du segment opposé en supportant l'intégralité du poids du corps [13] [26] ;
- **La phase oscillante** représente 40% du cycle. Lors de cette phase, les flexions de genou et de cheville permettent de raccourcir la longueur du membre et ainsi de pouvoir passer le pas sans accrochage au sol [26].

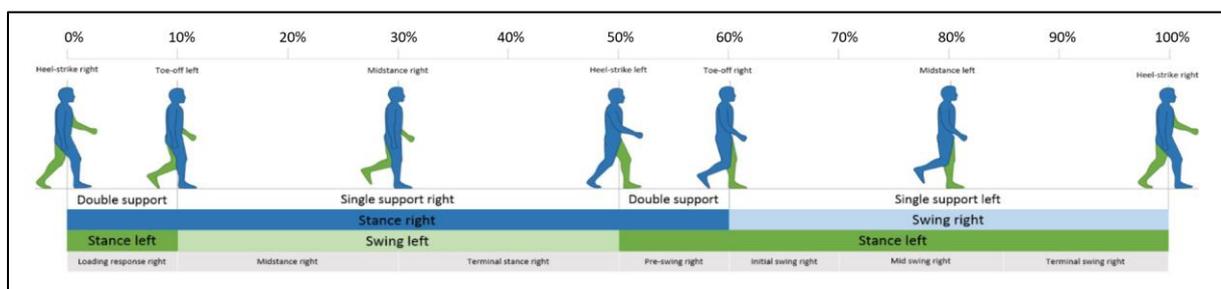


Figure 11 : Les différentes phases du cycle de marche dans le plan sagittal⁹

⁹ [Infographie, "Joint range of motion during gait", physio-pedia \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Un cycle complet de marche débute par le contact du talon au sol et se termine lors du contact suivant du même pied [26]. Il peut être décomposé en 8 sous phases [26] : contact initial, réponse à l'appui, milieu d'appui, fin d'appui, pré-oscillation, début d'oscillation, milieu d'oscillation et fin d'oscillation.

Au cours de la marche, il existe une cinématique, une cinétique et un recrutement musculaire propre à chacune des sous-phases et ce pour chaque articulation. Nous pouvons observer les déplacements articulaires en fonction du cycle de marche dans la figure ci-dessous [26].

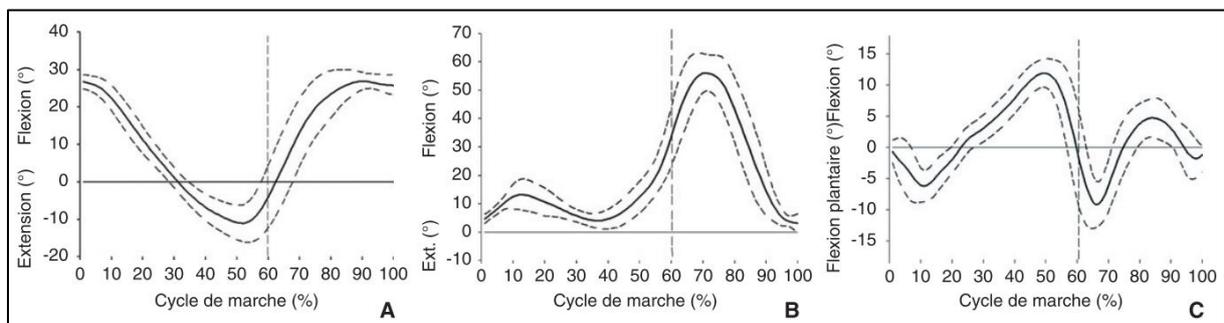


Figure 12 : Courbes cinématiques de la hanche (A), du genou (B) et de la cheville (C) dans le plan sagittal [26]

L'activité musculaire au cours de la marche permettra de « freiner, stabiliser ou accélérer le déplacement de segments corporels. »[26]. Elle devra être coordonnée pour permettre un déroulement du cycle de marche optimal. Nous retrouverons notamment [13] :

- **Hanche** : les muscles les plus sollicités sont les extenseurs et les abducteurs, en stabilisation lors de la phase d'appui. En phase oscillante, il s'agit surtout des fléchisseurs de hanche, pour raccourcir la longueur du membre. Nous retrouverons également les adducteurs de hanche lors du transfert d'appui d'un membre inférieur à l'autre ;
- **Genou** : le verrouillage du genou lors de la phase d'appui sera réalisé par la contraction concentrique des extenseurs mais aussi par la contraction excentrique des fléchisseurs ;
- **Cheville** : les fléchisseurs plantaires travailleront principalement en phase d'appui et les fléchisseurs dorsaux en phase oscillante. Nous retrouverons une contraction excentrique du tibial antérieur lors du contact initial et de la réponse à l'appui pour amortir la mise en charge. Quant au triceps sural, il jouera un rôle dans la propulsion en phase pré-oscillante.

Outre les mouvements des membres inférieurs, le bassin réalise des mouvements de faible amplitude dans les trois plans de l'espace tout au long du cycle de marche [26]. Le déplacement du tronc, de la tête et des bras suit celui des membres inférieurs à partir de la ceinture scapulaire. En effet, celle-ci est en opposition de phase avec la ceinture pelvienne, permettant une marche plus économe et un meilleur équilibre [26].

Tous ces paramètres peuvent être altérés par la présence de troubles moteurs ou de troubles associés chez les PC. Il en découlera une marche plus coûteuse en énergie, lorsqu'elle sera possible.

1.3.3 Marche pathologique de l'enfant paralysé cérébral

La sévérité des atteintes cérébrales va impacter la marche des enfants paralysés cérébraux. D'après une étude menée par l'Australian Cerebral Palsy Register en 2013, environ 60% des enfants atteints de PC peuvent marcher seul sans aide technique, 10% ont besoin d'une aide technique et 30% se déplacent exclusivement en fauteuil roulant [20].

Le pronostic de marche chez ces enfants est en lien direct avec les troubles moteurs qu'ils présentent mais est aussi souvent lié aux troubles associés. À titre d'exemple, les enfants présentant une déficience intellectuelle ont un moins bon pronostic de marche [28]. Cette habilité à marcher peut se détériorer à l'âge adulte, souvent en lien avec l'apparition de douleur, de fatigue ou d'un manque d'activité physique adaptée [28].

Certains traitements médicaux ou chirurgicaux peuvent entraîner des troubles de la marche transitoires. Par exemple, nous pouvons retrouver une flexion dorsale excessive après allongement du triceps sural, engendrant une diminution de la propulsion en phase pré-oscillante qui peut être compenser par les fléchisseurs de hanche et le tronc [13]. Au contraire, une flexion plantaire excessive, pouvant être dû à la spasticité du triceps sural, sera à l'origine de stratégies de compensation telles qu'un fauchage, une bascule controlatérale du tronc, une augmentation de la flexion de hanche et de genou [13]...

Compte tenu de la diversité des formes de PC, chaque enfant présentera des troubles de la marche qui lui seront propres, en fonction de la localisation et de la sévérité des lésions initiales. Il est donc primordial d'effectuer un bilan initial complet avec analyse de la marche, lorsqu'elle est possible, avant toute PEC en rééducation de ces enfants.

1.4 Innovation dans la PEC du paralysé cérébral : les exosquelettes de marche

1.4.1 Généralités sur les exosquelettes

Depuis plusieurs décennies, la recherche de l'optimisation et de la performance a permis l'essor de nouvelles technologies, dont les exosquelettes. Un exosquelette est « une structure mécanique externe et articulée, motorisée ou non, et conçue pour être portée par une personne, à la manière d'une prothèse externe, afin de lui permettre d'interagir avec son environnement, dans la limite de ses capacités articulaires. »¹⁰.

Ils sont retrouvés dans différents domaines comme l'industrie militaire ou bien les entreprises afin de décupler la force humaine, diminuer le coût énergétique d'un geste et ainsi lutter contre les troubles musculosquelettiques. Nous pouvons retrouver des exosquelettes conçus pour les membres supérieurs, les membres inférieurs, le tronc et le corps entier [29]. En centre de rééducation, nous retrouvons principalement des exosquelettes dédiés à la rééducation des membres supérieurs comme les Arméo® ainsi que des exosquelettes dédiés aux membres inférieurs, utilisés lors de la rééducation à la marche.

¹⁰ [Fiche conseil, "Tout savoir sur l'exosquelette", robots et compagnie \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Dans la littérature scientifique, nous retrouvons différents sous-types d'exosquelettes adressés aux membres inférieurs [29] :

- **Les exosquelettes portables** : ils permettent au sujet de se déplacer librement dans l'espace en lui fournissant une assistance motorisée pour suppléer ses déficits musculaires. On retrouvera dans cette catégorie les exosquelettes EksoGT™ et ReWalk™ ;
- **Les exosquelettes fixes** : ce sont ceux que nous retrouverons le plus souvent en rééducation à la marche car ils permettent un allègement du poids corporel du sujet. Ces exosquelettes sont couplés à un dispositif fixe comme :
 - Un tapis de marche : Lokomat®, Walkbot-K®, ReoAmbulator®...
 - Un pédalier : Innowalk Pro®, Gait Trainer GTI®, Lokohelp®...

1.4.2 L'exosquelette de marche le plus répandu, le Lokomat®

Le Lokomat® d'Hocoma, créé en 2001, est un dispositif médical robotisé dédié à la rééducation de la marche. Il est principalement utilisé dans le traitement des affections neurologiques comme les AVC, les blessés médullaires mais aussi de la PC, aussi bien chez les adultes que chez les enfants [30] [31].

L'utilisation de ce dispositif se base sur les principes de répétitivité et d'intensité afin de stimuler l'apprentissage ou le réapprentissage de la marche. Le Lokomat® ne permet pas seulement de stimuler les voies motrices mais il permet également une stimulation sensitive à partir d'afférences proprioceptives provenant des membres inférieurs. De plus, il permet pour les patients se déplaçant majoritairement en fauteuil roulant d'adopter une position verticalisée présentant un intérêt cardio-vasculaire, digestif et respiratoire [30].

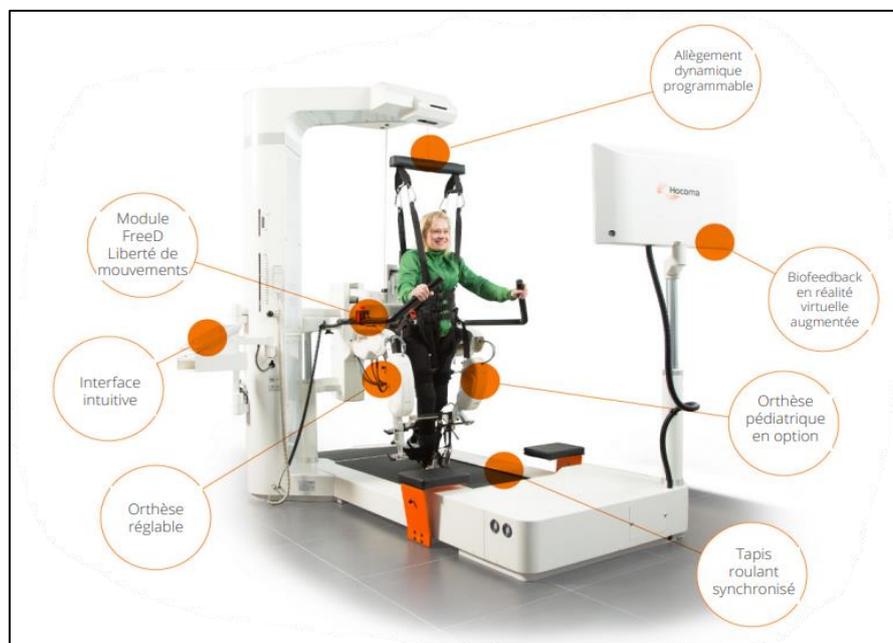


Figure 13 : Caractéristiques techniques du Lokomat® ¹¹

¹¹ [Fiche conseil, "Lokomat®", Hocoma \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Le Lokomat® présente plusieurs composantes [30] [32] :

- **Un système de suspension**, permettant un allègement dynamique de 0% à 40% du poids du patient. Il permet de compenser le déficit musculaire du sujet, de diminuer le seuil de fatigabilité et ainsi de réaliser des séances plus longues. Au fil des séances, ce pourcentage d'allègement pourra être diminué afin de se rapprocher au plus de la marche physiologique ;
- **L'exosquelette**, composé de deux orthèses robotisées se fixant sur les membres inférieurs du sujet grâce à des sangles élastiques. Ces orthèses, réglables pour s'adapter à la taille du sujet, présentent chacune quatre degrés de liberté, deux pour les hanches et deux pour les genoux. La flexion dorsale des chevilles est permise passivement par des sangles élastiques. Ces orthèses possèdent des capteurs de forces intégrés mesurant l'angulation, la vitesse, et le pourcentage de participation du patient tout au long de la séance de marche. Les mouvements locomoteurs sont donc initiés et guidés par les deux orthèses motrices ;
- **Un tapis roulant de marche**, allant de 0,5 à 5km/h. Il est synchronisé à la vitesse de marche programmée sur les orthèses. Cette vitesse peut être modifiée au cours d'une même séance ;
- **Deux écrans**, que l'on peut diviser en interface thérapeute et en interface patient. L'interface thérapeute permet une vision globale des différents paramètres établis au début de la séance afin de les modifier à tout moment. L'interface patient permet au sujet d'obtenir un biofeedback des mouvements entraînés par le Lokomat® sous la forme de jeux interactifs en réalité virtuelle. Ce type de feedback augmente la motivation des patients, notamment en pédiatrie.

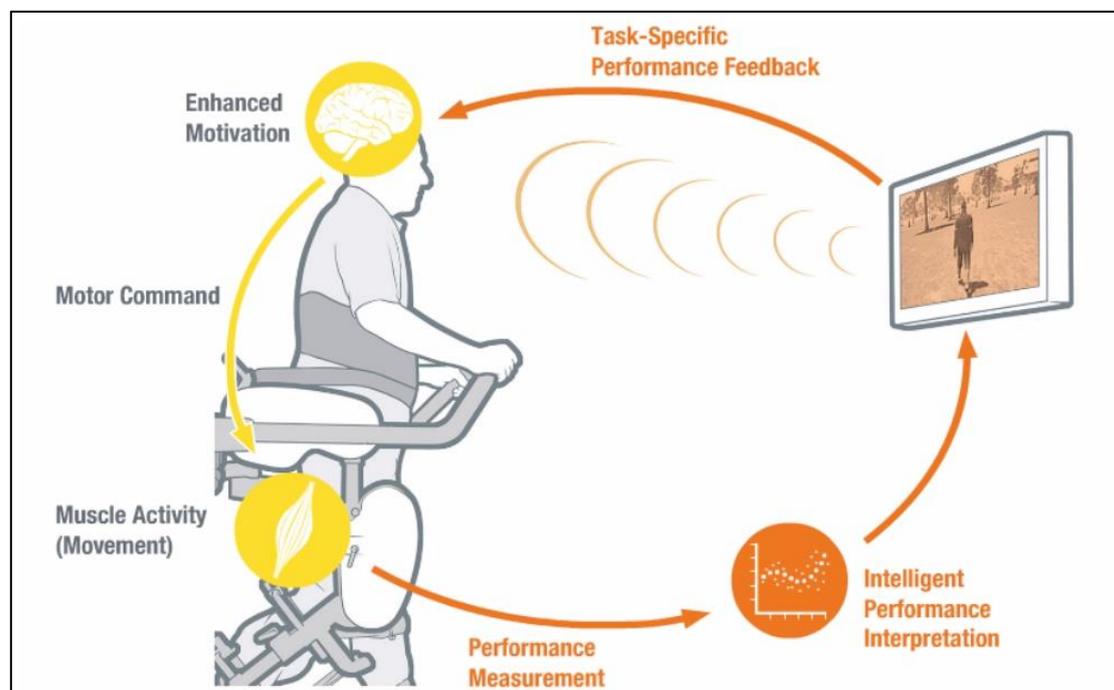


Figure 14 : Boucle présentant le fonctionnement du Lokomat®¹²

¹² [Fiche conseil, "Lokomat®", Hocoma \(consulté le 23/04/2024\)](#)

Grâce au module Lokomat® pédiatrique, des orthèses de plus petites tailles permettent de l'utiliser dès l'âge de 4-5 ans. Néanmoins, l'utilisation du Lokomat® ne peut s'effectuer que lorsque les patients sont dans la capacité de communiquer verbalement ou physiquement, dans le cas où une douleur apparaît afin de stopper la séance. On retrouve également dans les contre-indications les lésions cutanées des membres inférieurs et du tronc, la fragilité osseuse, les raideurs musculo-articulaires trop importantes ainsi qu'un maintien du tronc trop précaire [30].

L'étude d'Artoni et al publiée en décembre 2023 a démontré l'engagement des zones corticales motrices impliquées dans la marche lors de sessions de marche sur Lokomat®. Cet engagement a lieu aussi bien lorsque le sujet participe activement au mouvement que lorsqu'il est complètement passif. Ainsi, des séances de marche sur Lokomat® pourraient permettre de stimuler la neuroplasticité et être pertinentes dans la PEC des PC [31].

1.5 Enjeux de cette revue

Dans un contexte d'innovation technologique, il est intéressant de se questionner sur l'intérêt de ces nouvelles avancées dans notre prise en charge. Pourraient-elles apporter une plus-value aux techniques appliquées dans la pratique courante ?

Bien que plusieurs revues aient démontré l'intérêt de la réhabilitation robotisée à la marche dans des pathologies neurologiques comme l'AVC ou les blessés médullaires chez les adultes, ces conclusions ne sont pas corrélables chez les enfants [33] [34]. En effet, les adultes doivent réapprendre des compétences motrices auparavant acquises contrairement aux enfants qui vont devoir apprendre une nouvelle tâche motrice, complexifiée par la présence d'un handicap moteur [35].

Une revue systématique menée par Damiano et Dejong en 2009 a identifié 17 études portant sur l'utilisation de la réhabilitation robotisée à la marche chez des enfants paralysés cérébraux. Cette revue ne présente aucun essai contrôlé randomisé. L'étude avec le plus haut niveau de preuve est un essai contrôlé non randomisé démontrant l'efficacité de la réhabilitation robotisée sur l'augmentation de la vitesse de marche. Toutefois, le niveau de preuve de cette étude ne permet pas d'établir l'efficacité de ce traitement chez les PC [36] [37].

A l'heure actuelle, la Recommandation de Bonne Pratique concernant la PEC des PC élaborée par la HAS considère que « 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, comparativement à des exercices de marche sans système robotisé, dans le but d'améliorer la vitesse de marche et la longueur de la foulée des enfants et adolescents diagnostiqués de paralysie cérébrale présentant un niveau 1, 2 ou 3 au GMFCS. »¹³.

Ainsi, cette revue va permettre de faire état des avancées scientifiques et de savoir si l'utilisation d'une rééducation robotisée à la marche chez les enfants paralysés cérébraux s'avère plus ou moins avantageuse par rapport à une rééducation conventionnelle.

¹³ [Recommandation de Bonne Pratique, "Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale", HAS \(consulté le 23/04/2024\)](#)

2 Méthode

2.1 Critères d'éligibilité des études sélectionnées

2.1.1 Schéma d'étude

Afin de formuler une question clinique précise et pertinente, il faut bien distinguer la différence entre question de premier plan et question d'arrière-plan, largement utilisées dans le domaine de la pratique fondée sur les preuves ou « *Evidence Based Practise* ». La pratique fondée sur les preuves « repose sur l'utilisation des meilleures données disponibles alliée à la compétence clinique du praticien, aux valeurs individuelles et à la situation du patient. »[38].

- **Les questions de premier plan** ou « *foreground questions* » se doivent d'être spécifiques, claires et directement en lien avec une pathologie, une situation rencontrée dans la pratique clinique. Ces questions sont définies par les critères PICO, nécessaires à l'élaboration d'une équation de recherche précise et pertinente lors de la recherche de littérature sur les bases de données. Ces questions sont soit qualitatives, soit quantitatives. Parmi elles, nous retrouvons quatre types de questions : étiologique, pronostique, diagnostique et thérapeutique ;
- **Les questions d'arrière-plan** ou « *background questions* » sont plus générales que les questions de premier plan. Dans le cas des recherches cliniques, elles permettent de définir un contexte et de comprendre les mécanismes physiopathologiques mis en jeu. Ainsi elles nous permettent d'établir une question de premier plan spécifique et pertinente en lien avec les problématiques et les enjeux soulevés.

Les différents thèmes évoqués lors de l'introduction ont permis d'illustrer le processus de recherche et de formuler ainsi notre question de recherche. Cette revue de littérature répond à une question de premier plan de type thérapeutique puisqu'elle s'intéresse à l'efficacité d'une rééducation intégrant la marche assistée par exosquelette par rapport à une rééducation fonctionnelle classique chez l'enfant paralysé cérébral.

Les différentes études que nous allons investiguer se devront de répondre à la question de recherche établie. Cependant, le niveau de preuve de celles-ci dépend en partie de leur schéma d'étude. Il existe de nombreuses classifications permettant de hiérarchiser le niveau de preuve des études en fonction de leur schéma d'étude. À l'heure actuelle, la classification du « *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence* » est le système le plus complet reconnu à l'international. [39]

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, un essai contrôlé randomisé est le schéma d'étude avec le plus haut niveau de preuve pour répondre à une question thérapeutique dans le cadre de la réalisation d'une revue de littérature. Ainsi, nous ciblerons préférentiellement ce type de schéma d'étude et éviterons les études de cohortes ou de suivis, les études de cas, les études transversales, les études croisées, les séries de cas et les rapports d'observation qui présentent un niveau de preuve plus faible.

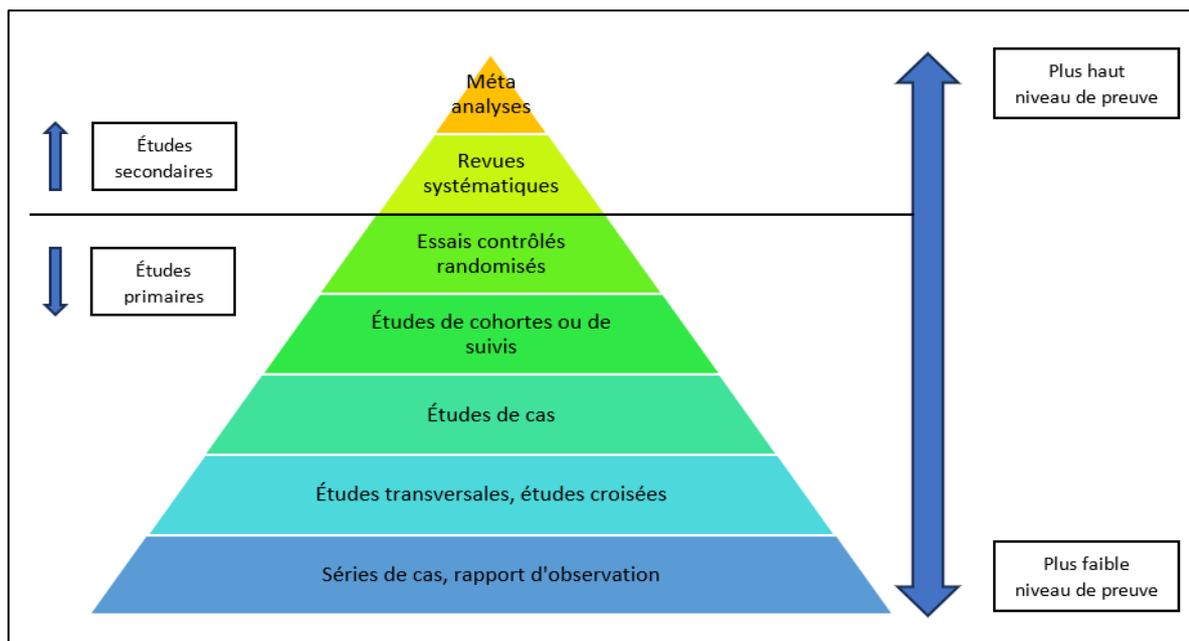


Figure 15 : Schématisation pyramidale des niveaux de preuve du « Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence » [15]

Toutefois si notre question de recherche n’a pas été suffisamment étudiée, nous pourrions avoir trop peu d’essais contrôlés randomisés à inclure. Dans ce cas de figure, il sera acceptable d’inclure des schémas d’étude de plus faible niveau de preuve. Dans le cas contraire, nous excluons tous les articles qui ne seront pas des ECR.

2.1.2 Population et pathologie

Cette revue de littérature s’intéresse à la rééducation à la marche chez les enfants paralysés cérébraux. Au vue des différentes formes que revêt cette pathologie, nous devons cibler nos recherches afin d’avoir des échantillons de population les plus comparables possibles. Les critères d’inclusion et d’exclusion concernant notre population sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Critères d’inclusion	Critères d’exclusion
Patients mineurs en âge de marcher	Patients < 4 ans et patients > 18 ans
Forme symptomatologique spastique	Forme symptomatologique ataxique et dyskinétique
Forme topographique diplégique	Forme topographique hémiplégique et quadriplégique
GMFCS II, III et IV	GMFCS I et V
Coopération dans l’étude	Troubles cognitifs

Tableau II : Critères d’exclusion et d’inclusion concernant la population étudiée

Les formes hémiplégiques et les GMFCS I seront exclus car la présence d’un membre inférieur non atteint ou d’une faible atteinte pour les GMFCS I pourrait biaiser les résultats obtenus en faveur d’une rééducation robotisée. À l’inverse, les formes quadriplégiques et les GMFCS V seront exclus du fait d’une possible atteinte des membres supérieurs et du tronc, essentiels à l’équilibre et à la marche. Ces critères ne pourraient donc montrer aucune plus-value à la rééducation robotisée.

2.1.3 Intervention

Dans cette revue de littérature, l'intervention consistera en la réalisation de séances de marche assistée par robot ou « *robot assisted gait training* » (RAGT) en complément de séances de rééducation fonctionnelle. Les séances spécifiques au groupe intervention seront effectuées indifféremment avant, pendant ou après les séances de rééducation fonctionnelle. Nous incluons dans cette revue uniquement des dispositifs de marche assistée utilisables sur tapis de marche parmi lesquels nous pouvons retrouver : Lokomat®, Walkbot-K®, ReoAmbulator®. Les exosquelettes autoporteurs tels que EksoGT™ et ReWalk™ ainsi que les exosquelettes à pédalier tel que Innowalk Pro®, Gait Trainer GTI® et Lokohelp® seront exclus.

2.1.4 Comparateur

Le groupe contrôle ou témoin bénéficiera de séances de rééducation fonctionnelle tout comme le groupe intervention mais ne bénéficiera à aucun moment de l'étude de séances de rééducation à la marche assistée par exosquelette. Les participants de ce groupe recevront une rééducation classique à base de mobilisations, d'étirements, de renforcement musculaire, de proprioception et de réentraînements à la marche. Les séances seront de la même durée que celles du groupe intervention.

2.1.5 Critères de jugement

Le critère de jugement principal repose sur l'évaluation des paramètres permettant de rendre les enfants paralysés cérébraux les plus autonomes possibles dans leurs activités de la vie quotidienne à savoir la fonction motrice globale de l'enfant. Notre critère de jugement secondaire sera leur endurance à la marche.

2.2 Méthodologie de la recherche des études

2.2.1 Bases de données électroniques investiguées

Afin de limiter le biais de publication et d'avoir un nombre suffisant d'articles à inclure dans notre revue, différentes bases de données seront investiguées, dont PubMed. Il s'agit de la principale base de données scientifiques dans les domaines des sciences biomédicales et de la santé. La seconde base de données investiguées sera PEDro. Il s'agit d'une base de données répertoriant des essais cliniques, des guides de pratique et des revues systématiques répondant à une question de type thérapeutique dans le domaine de la kinésithérapie. D'autres bases de données comme Cochrane Library ou Kinedoc seront également investiguées.

2.2.2 Recherche complémentaire

Afin de compléter les recherches effectuées sur les bases de données, des recherches complémentaires seront effectuées dans la liste des références bibliographiques des études incluses.

2.2.3 Équation de recherche

L'élaboration de l'équation de recherche est un processus méthodique primordial pour obtenir une pertinence des études proposées par les bases de données. Cette équation se construit à partir de plusieurs mots-clés, représentant les différents critères PICO définis précédemment. Pour cela, nous utiliserons des synonymes et des abréviations pour chacun des concepts abordés et nous les associerons entre eux en utilisant l'opérateur booléen « OR ». Les différents groupes de synonymes/abréviations seront ensuite associés entre eux avec l'opérateur booléen « AND » pour élaborer notre équation de recherche finale.

L'intérêt d'une bonne formulation de l'équation de recherche réside dans l'obtention de résultats pertinents, ciblés et spécifiques à notre sujet mais aussi dans la lutte contre deux phénomènes à savoir le bruit et le silence.

- « Le bruit représente un excédent de références non utiles dans la liste des résultats qui risque de noyer l'information indispensable et pertinente » [40] ;
- « Le silence est son strict opposé et désigne le fait que la recherche ne donne pas suffisamment de résultats pertinents, voire une absence de résultats » [40].

Les 4 sous parties de notre équation de recherche seront les suivantes :

	Mots clés
Population	cerebral palsy OR CP OR spastic diplegia OR spastic quadriplegia
Intervention	exoskeleton OR robot OR robot assisted gait training OR RAGT OR lokomat OR lokohelp OR walkbot-k
Comparateur	physiotherapy OR conventional therapy Non précisé pour réduire le « silence »
Outcome (critère de jugement)	walk OR walking OR locomotion OR ambulation OR balance Non précisé pour réduire le « silence »

Tableau III : Mots clés et synonymes utilisés dans notre équation de recherche

Après avoir établi chacune des sous parties de notre équation de recherche et les avoir regroupées, nous obtiendrons l'équation de recherche suivante :

History and Search Details						Download	Delete
Search	Actions	Details	Query	Results	Time		
#21	...	>	Search: ((cerebral palsy) OR (CP) OR (spastic diplegia) OR (spastic quadriplegia)) AND ((exoskeleton) OR (robot) OR (robot assisted gait training) OR (RAGT) OR (lokomat) OR (lokohelp) OR (walkbot-k)) Sort by: Most Recent	883	12:32:55		

Figure 16 : Equation de recherche sur PubMed

2.3 Méthodologie de sélection des études

Une fois l'équation de recherche entrée dans la barre de recherche de PubMed, nous aurons un nombre défini d'articles. Ils seront sélectionnés selon différents critères dont la langue et la date de publication. Les articles écrits en anglais seront retenus, l'anglais étant la langue la plus utilisée par la communauté scientifique internationale. Les articles écrits en français et en espagnol pourront aussi être inclus dans cette revue. Aucune limite de date de publication ne sera établie, hormis la date à partir de laquelle les articles seront sélectionnés.

La sélection des articles se fera selon les 4 étapes suivantes :

- **Retrait des doublons** : au fil des recherches sur les différentes bases de données, il y a de fortes probabilités que nous rencontrions des articles en double. Il sera donc nécessaire de retirer ces doublons en amont de toute autre étape de sélection des articles ;
- **Lecture du titre** : la lecture des titres nous permettra d'identifier de potentiels critères d'exclusion en lien avec les critères PICO établis lors de notre question de recherche, la langue de rédaction et le domaine correspondant à l'étude (biologique, médical, kinésithérapique...). Si un doute subsiste, l'article sera conservé pour être analysé lors de l'étape suivante. Cela nous permettra d'éviter d'exclure trop rapidement un article pour motif de manque d'information ou de clarté ;
- **Lecture de l'abstract** : la lecture de l'abstract nous permettra d'identifier de potentiels critères en lien avec les critères PICO à savoir la population, l'intervention, le comparateur et les critères de jugement. Nous regarderons aussi le schéma d'étude des articles ainsi que la méthodologie de construction de l'étude. De la même manière que pour l'étape précédente, en cas de doute l'article sera conservé et soumis à une lecture complète ;
- **Lecture complète de l'article** : Cette dernière étape se doit d'être la plus rigoureuse possible afin de n'inclure que les articles les plus pertinents retenus jusqu'ici. Il s'agit d'une étape longue et fastidieuse où nous devons scrupuleusement vérifier que les différents critères PICO sont respectés. Une analyse plus poussée de la méthodologie de construction et du protocole sera effectuée.

Une fois ces 3 étapes réalisées, nous obtiendrons les articles à inclure dans notre revue de littérature. C'est à ce moment précis que nous réaliserons les méthodes de recherche complémentaires à savoir l'investigation des références bibliographiques des études incluses. Nous effectuerons le même protocole de sélection à 3 étapes que celui réalisé pour nos recherches à partir des bases de données scientifiques. Avec cette méthode, nous pourrions trouver d'autres études entrant dans les critères d'inclusion de notre revue.

Lorsque ce processus de recherche sera achevé, nous aurons toutes les études à inclure dans notre revue. Nous passerons ainsi à l'extraction et à l'analyse de leurs données.

2.4 Méthodologie d'extraction et d'analyse des données

2.4.1 Extraction des données

L'intégralité des études incluses dans notre revue de littérature sera sauvegardée et stockée sur le logiciel Mendeley en format PDF. Cela nous permettra de centraliser et d'accéder rapidement à toutes les données inhérentes aux études incluses et d'en faciliter ensuite leur extraction.

L'extraction des données intrinsèques aux différentes études sélectionnées se fera sous la forme de tableaux. Cela nous permettra d'organiser et de faciliter la mise en évidence des similitudes et des différences entre chaque étude.

Nous réaliserons un premier tableau synthétisant pour chacune des études : le nom, les auteurs, la date de publication, le type de schéma d'étude, les caractéristiques de la population (taille de l'échantillon, âge, sexe, forme de paralysie cérébrale, GMFCS...), le type d'intervention (marque du robot, durée et nombre de séances...), le comparateur (absence de séance de marche robotisée, durée, nombre et contenu des séances...) ainsi que les outils permettant la mesure des critères de jugement.

2.4.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées relève de l'évaluation du risque de biais. Il existe plusieurs types de biais, que nous pouvons retrouver dans cette liste non exhaustive :

- **Biais de sélection** : il se produit lorsque la sélection des participants n'est pas représentative de la population étudiée ou lorsque le groupe intervention et le groupe contrôle ne sont pas comparables. La randomisation permet de limiter ce biais ;
- **Biais de performance** : il a lieu lorsqu'il existe des différences dans la façon dont les groupes intervention et contrôle sont évalués. Ce biais est augmenté lorsque les évaluateurs ont connaissance de la répartition des participants dans chacun des groupes ;
- **Biais de mesure** : il se produit lorsque les outils utilisés pour quantifier les critères de jugement ne sont pas adaptés à la population ainsi qu'à la pathologie étudiée ;
- **Biais de suivi** : il a lieu lorsque certains participants sont perdus de vue. Ce biais peut fausser la représentativité de l'échantillon et potentiellement fausser les résultats.

Pour les études thérapeutiques, deux grilles d'évaluation peuvent être utilisées : la grille PEDro et la grille Risk Of Bias Tool. Une étude de 2019 cherchant à comparer les deux échelles a conclu qu'elles ne présentaient pas une validité convergente suffisante pour être utilisées de manière interchangeable, bien qu'elles soient toutes les deux valides et fiables dans l'évaluation des biais [41]. Pour cette revue, nous utiliserons la ROBT qui présente ses résultats de manière visuelle, sans l'utilisation d'un score total qui supposerait que chaque risque ait le même impact sur la qualité d'une étude [42].

Élaborée en 2008 par Cochrane, la ROBT évalue les études selon plusieurs critères de biais potentiels parmi lesquels nous retrouvons [43] : la génération de la séquence de randomisation

adéquate, l'assignation secrète du traitement, l'aveuglement des participants et des investigateurs, l'incomplétude des données, la sélectivité des résultats rapportés ainsi que les autres sources de biais.

Chacun de ces critères sera évalué comme étant à « faible risque de biais », « risque incertain de biais » ou « risque élevé de biais » selon les données disponibles dans chaque article. Ces résultats seront par la suite synthétisés sous la forme d'un graphique à pastilles vertes (risque faible), jaunes (risque incertain) et rouges (risque élevé). Cela nous permettra de visualiser clairement la présence de biais dans les études sélectionnées dans notre revue systématique [44]. Il sera important de recontextualiser ces points faibles. En effet, la mise en double aveugle est très souvent impossible dans le domaine de la kinésithérapie. Dans notre cas, la réhabilitation robotisée à la marche ne peut se faire en double aveugle au vu de notre intervention.

2.5 Méthodologie de synthèse des résultats

Concernant les résultats propres à chaque étude, l'efficacité de l'intervention par réhabilitation robotisée sera représentée par la différence inter-groupe de chacun des critères de jugement étudiés. Nous présenterons sous forme de tableaux plusieurs indicateurs tels que les moyennes pré et post interventions, les écarts-types, les intervalles de confiance à 95% et les p value, lorsque ces données seront disponibles ou que nous pourrons les calculer.

De manière à compléter l'évaluation des biais inhérents à chacune des études incluses, nous utiliserons le système GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) pour évaluer les forces et les faiblesses de notre revue systématique. Il s'agit d'un système largement adopté dans le monde de la recherche scientifique, du fait de sa distinction entre la qualité des preuves et la force des recommandations [45].

Ce système comporte cinq étapes détaillées dans le schéma ci-dessous [46] :

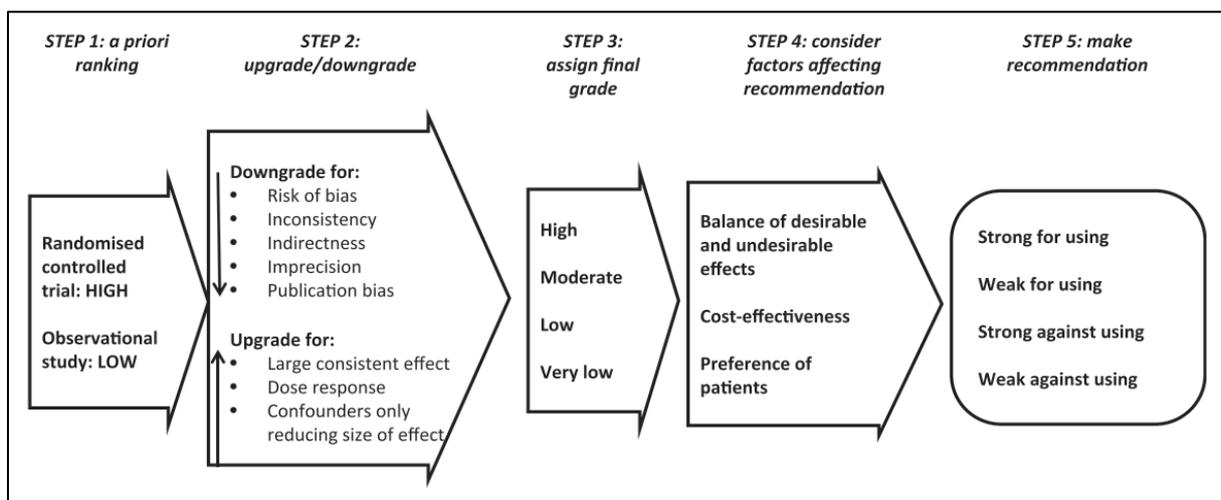


Figure 17 : Les différentes étapes du système GRADE [46]

Comme expliqué précédemment, les ECR présentent une force intrinsèque de haute qualité, mais celle-ci peut être déclassée du fait de la présence de biais, d'incohérences ou d'imprécisions. Dans une démarche de transparence, cette évaluation sera indispensable dans la synthèse de nos résultats, afin de nuancer nos propos dans les conclusions que nous en tirerons.

3 Résultats

3.1 Description des études retenues et écartées

3.1.1 Diagramme de flux

La sélection bibliographique de nos articles a été effectuée le 16 janvier 2024 grâce à notre équation de recherche préalablement établie. Pour cela, nous avons investigué les bases de données PubMed, PEDro, Cochrane Library et Kinedoc. Pour compléter cette recherche, nous avons également investigué les références des précédentes revues systématiques sur le sujet ainsi que les autres articles écrits par les auteurs des études incluses. Le diagramme de flux ci-dessous, basé sur le modèle de PRISMA [47], illustre notre processus de recherche.

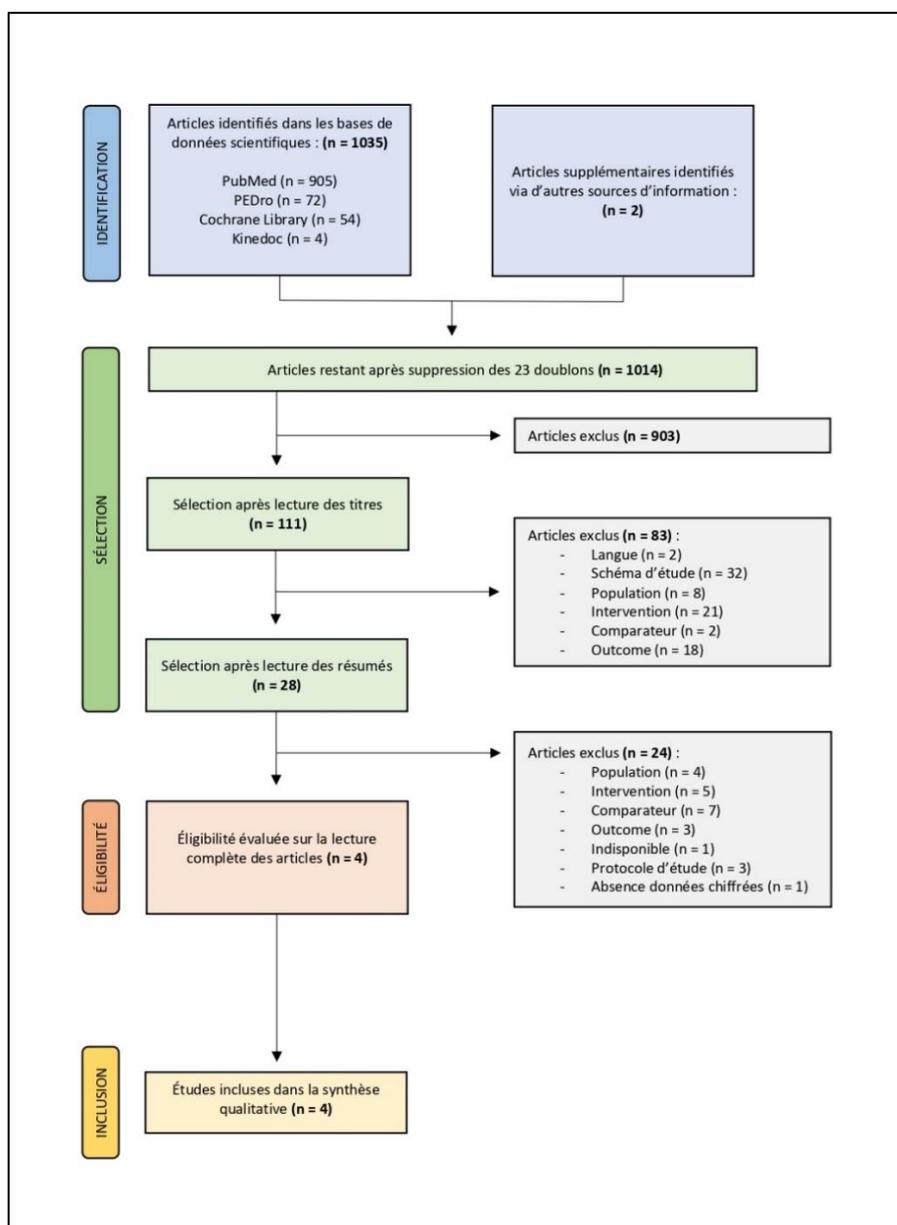


Figure 18 : Diagramme de flux basé sur le modèle de PRISMA

3.1.2 Études exclues

À la suite de notre recherche d'articles sur les différentes bases de données scientifiques, nous avons identifié 1035 articles auxquels s'ajoutent les 2 articles identifiés via d'autres sources d'information, soit un total de 1037 articles. Avant de passer à tout autre étape de sélection, l'extraction des doublons a permis de supprimer 23 doublons.

3.1.2.1 Études exclues sur la base du titre

Sur les 1014 articles examinés sur la base du titre, 903 articles ont été exclus pour les motifs suivants :

Motifs d'exclusion	Nombre d'études concernées
Hors sujet	597
Médicale/Chirurgicale	101
Intervention	73
Exosquelettes pour membre supérieur	67
Population	32
Études animales	18
Outcome	7
Schéma d'étude	4
Langue	3
Étude cadavérique	1

Tableau IV : Synthèse des études exclues sur la base du titre

3.1.2.2 Études exclues sur la base de l'abstract

Les 111 articles sélectionnés sur la base du titre ont ensuite été sélectionnés sur la base de l'abstract, quand celui-ci était disponible. Cette étape a permis d'exclure 83 articles pour les motifs suivants :

Motifs d'exclusion	Nombre d'études concernées
Schéma d'étude	32
Intervention	21
Outcome	18
Population	8
Comparateur	2
Langue	2

Tableau V : Synthèse des études exclues sur la base de l'abstract

3.1.2.3 Études exclues après lecture complète

À la suite de l'exclusion sur la base du titre et de l'abstract, 28 articles ont été analysés dans leur intégralité. En définitive, seulement 4 articles remplissent les critères d'inclusion préalablement établis, les 24 autres études ont été écartées pour les motifs suivants :

Auteur/Année	Nom de l'étude	Motif d'exclusion
Meyer-Heim 2009	"Improvement of walking abilities after robotic-assisted locomotion training in children with cerebral palsy"	Comparateur = Ø de séance de kinésithérapie
Borggraefe 2010	"Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy"	Comparateur = Ø de groupe contrôle
Druzicki 2013	"Functionnal effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy"	Outcome = paramètres temporo-spatiaux marche
Schroeder 2014	"Prospective controlled cohort study to evaluate changes of function, activity, and participation in patients with bilateral spastic cerebral palsy after robot-enhanced repetitive treadmill therapy"	Comparateur = Ø de groupe contrôle
Swe 2015	"Over ground walking and body weight supported walking improve mobility equally in cerebral palsy: a randomised controlled trial"	Intervention = Ø d'exosquelette de marche
Van-Hedel 2016	"Robot-assisted gait training might be beneficial for more severely affected children with cerebral palsy"	Comparateur = Ø de groupe contrôle
Wiert 2016	"Evaluation of the effectiveness of robotic gait training and gait focused physical therapy programs for children and youth with cerebral palsy: a mixed methods RCT"	Protocole d'étude
Hilderley 2016	"Comparison of a robotic-assisted gait training program with a program of functional gait training for children with cerebral palsy: design and methods of a two-group randomized controlled cross-over trial"	Protocole d'étude
Wallard 2017	"Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy"	Ø de données concernant le GMFM
Ammann-Reiffer 2017	"Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeloGAIT)"	Protocole d'étude
Wu 2017	"Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in children with cerebral palsy: a randomised controlled pilot study"	Comparateur = exosquelette en mode aidé VS résistance
Wu 2017	"Effects of the integration of dynamic weight shifting training into treadmill training on walking function of children with cerebral palsy: a randomized controlled study"	Comparateur = marche sur tapis exclusivement
Bayon 2018	"A robot-based gait training therapy for paediatric population with cerebral palsy: goal setting, proposal, and preliminary clinical implementation"	Intervention = exosquelette autoportant
Weinberger 2019	"Three by three weeks of robot-enhanced repetitive gait therapy within a global rehabilitation plan improves gross motor development in children with cerebral palsy – a retrospective cohort study"	Population = trop de formes différentes
Digiacomio 2019	"Improvement of motor performance in children with cerebral palsy treated with exoskeleton robotic training: a retrospective explorative analysis"	Population = patients tétraparétiques
Sucuoglu 2020	"Effects of robot assisted gait training alongside conventional therapy on the development of walking in children with cerebral palsy"	Population = trop de formes différentes
Cherni 2020	"Effect of low dose robotic gait training on walking capacity in children and adolescents with cerebral palsy"	Outcome = force musculaire, aucun score fonctionnel
Pool 2021	"Locomotor and robotic assistive gait training for children with cerebral palsy"	Intervention = exosquelette à pédalier
Petrarca 2021	"Robotic assisted locomotor treadmill therapy does not change gait pattern in children with cerebral palsy"	Indisponible

Klobucka S 2021	“The effect of patient specific factors on responsiveness to robot assisted gait training in patients with bilateral spastic cerebral palsy”	Population = présence d’adultes
Manikowska 2021	“Baseline gross motor function affects the outcome of robot assisted therapy in ambulatory individuals with spastic cerebral palsy”	Intervention = exosquelette autoportant
Manikowska 2021	“Effects of robot assisted therapy on gait parameters in paediatric patients with spastic cerebral palsy”	Intervention = exosquelette autoportant
Yasar 2021	“Effectiveness of Robot-Assisted Gait Training on Functional Skills in Children with Cerebral Palsy”	Outcome = mauvais outils de mesure
De Luca 2022	“Improvement of gait after robotic assisted training in children with cerebral palsy: are we heading in the right direction?”	Comparateur = Ø de groupe contrôle

Tableau VI : Synthèse des études exclues sur la base de la lecture complète

3.1.3 Études incluses

À l’issue de notre processus de sélection, nous nous retrouvons avec 4 articles restants. Aucun d’entre eux n’a été exclu lors de l’étape d’éligibilité des articles. Ainsi, notre revue se focalisera sur ces 4 études, résumées dans le tableau ci-dessous :

Auteur/Année	Nom de l’étude
Peri 2017 [48]	“Effects of dose and duration of robot-assisted gait training on walking ability of children affected by cerebral palsy”
Wallard 2018 [49]	“Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy”
Ammann-Reiffer 2020 [50]	“Lessons learned from conducting a pragmatic, randomized, crossover trial on robot-assisted gait training in children with cerebral palsy (PeLoGAIT)”
Jin 2020 [51]	“The Effect of Robot-Assisted Gait Training on Locomotor Function and Functional Capability for Daily Activities in Children with Cerebral Palsy: A Single-Blinded, Randomized Cross-Over Trial”

Tableau VII : Liste des études incluses

La synthèse détaillée concernant la méthode de chacune des études (Cf. Annexe 2) nous a permis d’établir le tableau ci-dessous. Celui-ci nous permettra de comparer les études et d’identifier leurs similitudes ainsi que leurs divergences.

Auteur/Année	Population	Intervention	Comparateur	Outcome	Schéma
Peri 2017 [48]	n = 44 4 à 17 ans PC spastique bilatérale GMFCS I-III	Lokomat Pro pédiatrique 4x/semaine sur 10 semaines 30min/session	Kinésithérapie conventionnelle 4x/semaine sur 10 semaines	GMFM 88 GMFM D GMFM E 6MinWT	Essai Contrôlé non Randomisé

Wallard 2018 [49]	n = 30 8 à 10 ans PC spastique bilatérale GMFCS II	Lokomat Pro pédiatrique 5x/semaine sur 4 semaines 40min/session	Kinésithérapie conventionnelle 5x/semaine sur 4 semaines	Clinical gait Analysis GMFM D GMFM E	Essai Contrôlé Randomisé en « cross over »
Ammann-Reiffer 2020 [50]	n = 16 6 à 18 ans PC spastique bilatérale GMFCS II-IV	Lokomat Pro pédiatrique 3x/semaine sur 5 semaines 45min/session	Kinésithérapie conventionnelle 1-2x/semaine sur 5 semaines 30-45min/session	GMFM D GMFM E 6MinWT 10MWTss 10MWTfast	Essai Contrôlé Randomisé en « cross over »
Jin 2020 [51]	n = 20 4 à 9 ans PC de tout type GMFCS II-IV	Walkbot-K 3x/semaine sur 6 semaines 30min/session	Kinésithérapie conventionnelle 2-4x/semaine sur 6 semaines	GMFM C GMFM D GMFM E WeeFIM COPM	Essai Contrôlé Randomisé en « cross over »

Tableau VIII : Synthèse détaillée des études incluses

3.2 Évaluation du risque de biais des études incluses

L'évaluation du risque de biais est une étape indispensable, à réaliser en amont de l'interprétation des résultats. En effet, la présence de biais dans une étude impactera inévitablement sa qualité méthodologique. Il sera alors important de prendre en compte la présence de ces biais dans l'interprétation des résultats.

Pour ce faire, nous avons utilisé la Risk Of Bias Tool élaborée par Cochrane (Cf. Annexe 3). Nous avons synthétisé l'évaluation du risque de biais de nos 4 études sous la forme d'une figure à pastilles où nous retrouvons les 5 domaines évalués par la ROBT.

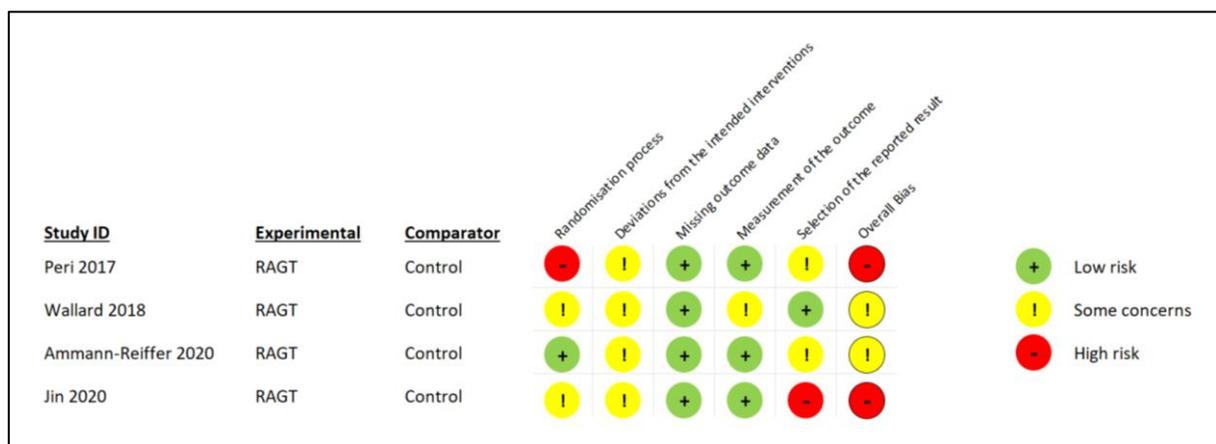


Figure 19 : Évaluation des biais des études incluses – Risk of Bias Tool

3.2.1 Biais dus aux processus de randomisation

Le premier domaine de la ROBT nous permet d'évaluer la présence de biais de sélection. Celui-ci permet de déterminer si les sujets ont été répartis de manière aléatoire (randomisation), en suivant une assignation secrète, avec des groupes similaires avant le déroulement des interventions.

Concernant nos études, *Peri2017* est une étude non randomisée et sans assignation secrète de ses participants. *Wallard2018* et *Jin2020* ne donnent aucune information concernant une potentielle assignation secrète de ses participants. Aucune de nos études ne semble présenter de divergences notables dans la comparabilité de ses groupes intervention et contrôle.

→ Ainsi, *Peri2017*, *Wallard2018* et *Jin2020* présentent des biais de sélection, majorés pour *Peri2017* étant une étude non randomisée.

3.2.2 Biais dus aux changements par rapport au protocole d'étude – méthode

Le deuxième domaine de la ROBT s'intéresse au biais de performance, en lien avec la mise en aveugle des participants et des thérapeutes. Ce biais peut être réduit par la présence d'un schéma d'étude en double aveugle. Cependant aucune de nos études ne peut remplir ce critère, compte tenu de la nature de notre intervention.

→ Ainsi, nos 4 études présentent inévitablement un biais de performance.

3.2.3 Biais dus aux données manquantes

Le troisième domaine de la ROBT traite du biais de suivi. Aucune de nos études ne présente de perdus de vue dans leur population.

→ Ainsi, le risque de biais de suivi est faible pour l'ensemble des études.

3.2.4 Biais dus aux mesures des critères de jugement

Le quatrième domaine de la ROBT aborde le biais de détection, en lien avec la mise en aveugle des évaluateurs ainsi que la façon d'effectuer leurs mesures. Pour les études *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020*, les évaluateurs sont formés à l'utilisation de l'échelle utilisée et sont en aveugle des interventions. Pour *Jin2020*, aucune indication n'est transmise concernant l'expérience de l'évaluateur, étant tout de même en aveugle. Seul *Wallard2018* présente un biais de détection non négligeable, ne donnant aucune information concernant les évaluateurs des critères de jugement.

→ Ainsi *Jin2020* présente un risque de biais modéré et *Wallard2018* un risque de biais élevé.

3.2.5 Biais dus à la sélection des résultats rapportés

Le dernier domaine de la ROBT s'intéresse au biais de sélection des données. Pour les études *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020*, les résultats sont donnés sous la forme de médiane et non de moyenne. Concernant l'étude *Jin2020*, aucune des données numériques ne sont présentes pour le GMFM D et le GMFM E, notre critère de jugement principal. Les résultats sont seulement présentés sous la forme d'un graphique « bar chart », sans préciser les unités de mesure de l'abscisse et de l'ordonnée.

→ Ainsi *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020* présentent un risque de biais modéré et *Jin2020* présente un risque de biais élevé dans la présentation de leurs résultats.

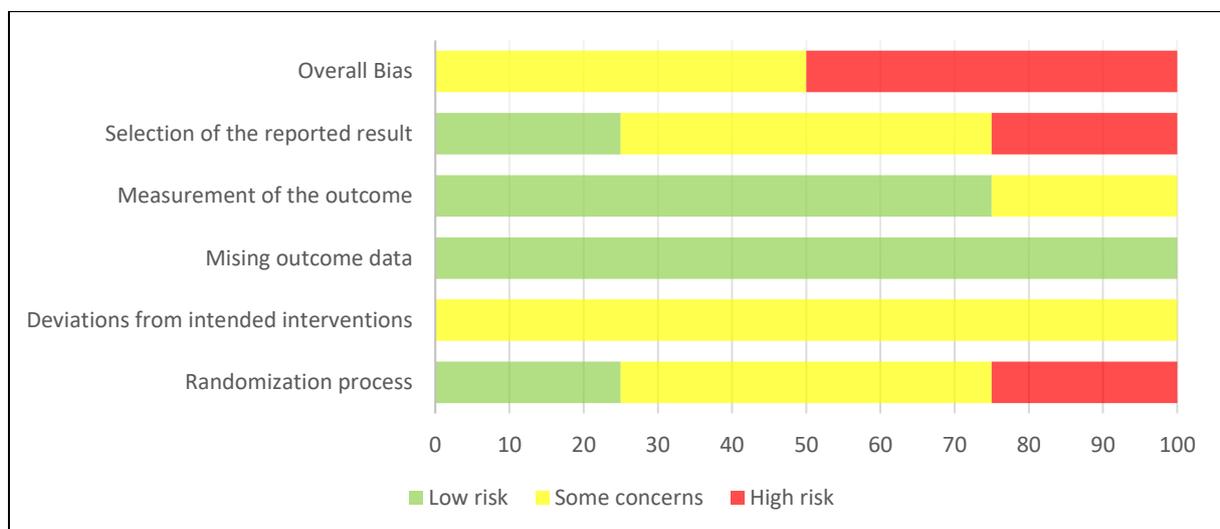


Figure 20 : Synthèse des principaux biais retrouvés dans les études incluses - Risk of Bias Tool (%)

3.3 Synthèse des résultats

3.3.1 Critères de jugement et leurs outils de mesure

3.3.1.1 Critère de jugement principal – la fonction motrice globale de l'enfant

Elle est évaluée à partir de l'échelle Gross Motor Function Measure (GMFM), développée et validée pour les enfants atteints de paralysie cérébrale. Nous pouvons retrouver la version originale avec le GMFM-88, composée de 88 items mais aussi le GMFM-66, version abrégée de 66 items, plus utilisée en pratique clinique. Chacun des items est évalué sur une échelle allant de 0 à 3 selon les capacités propres à l'enfant [52]. Les différents items sont regroupés en 5 dimensions distinctes (Cf. Annexe 4) :

- GMFM A : lying and rolling,
- GMFM B : sitting,
- GMFM C : crawling and kneeling,
- GMFM D : standing,
- GMFM E : walking, running, and jumping.

Sachant que notre population intègre des enfants avec un GMFCS compris entre II et IV et que notre intervention se focalise sur la rééducation à la marche, nous ciblerons l'évaluation des dimensions GMFM D et GMFM E.

3.3.1.2 Critère de jugement secondaire – l'endurance à la marche

Elle est évaluée à partir d'un test de 6 minutes de marche (6MinWT). Il s'agit d'un test standardisé avec un protocole préétabli permettant de garantir sa validité, sa fiabilité et sa reproductibilité. Le patient doit parcourir la plus longue distance, sans courir, durant 6 min. Le 6MinWT nécessite un couloir de 30 mètres sans pente et en intérieur où le sujet effectuera des allers-retours entre deux cônes, placés respectivement à 0 mètre et 30 mètres. Ce parcours est balisé tous les 3 mètres afin de faciliter les mesures de l'évaluateur (Cf. Annexe 5).

Au cours du test, la fréquence cardiaque et la saturation du sujet sont monitorées et relevées toutes les minutes. Si le sujet utilise dans sa vie quotidienne une aide technique, elle sera utilisée afin d'être au plus proche des capacités réelles du sujet. De plus, les encouragements et le placement de l'évaluateur par rapport au sujet sont codifiés afin de rester le plus reproductible possible [53].

3.3.2 Analyse qualitative des résultats

Dans cette partie, nous allons décrire les résultats émanant de nos différentes études. Afin de faciliter la lecture de cette revue, les résultats sont présentés sous la forme de tableaux. Chaque tableau traite d'un seul et même critère de jugement. Les résultats sont représentés sous la forme de différences intragroupes et de différences intergroupes.

Pour cela, nous allons calculer les variabilités intragroupes et les variabilités intergroupes, pour chaque critère de jugement et pour chaque article de la manière suivante :

$$\begin{aligned}\Delta &= \text{Valeur post expérimental} - \text{Valeur pré expérimental} \\ \Delta' &= \text{Valeur post contrôle} - \text{Valeur pré contrôle} \\ \Delta'' &= \Delta - \Delta'\end{aligned}$$

De plus, la « p value » est un élément fondamental à l'interprétation des résultats. En effet, celle-ci représente la probabilité que le résultat ne soit pas dû au hasard. Pour que les résultats d'une étude scientifique soient considérés comme statistiquement significatifs, la « p value » est communément fixée à $p < 0,05$ [54]

Lorsque les résultats sont considérés comme statistiquement significatifs, il faudra évaluer s'ils sont également cliniquement significatifs. En effet, des résultats statistiquement significatifs ne présentent pas systématiquement un intérêt dans la pratique clinique. Nous utiliserons pour cela le *Minimal Clinically Important Difference* ou MCID.

Auteur, date, schéma d' étude	Population	Intervention	Outcomes évalués	Outcomes statistiquement significatifs	Résultats statistiques	Conclusion
Peri 2017 [48] Essai contrôlé non randomisé	n = 44 4 à 17 ans PC spastique bilatérale GMFCS I - III	Lokomat® Pro pédiatrique 30min – 4x/sem 10 semaines	GMFM D GMFM E 6MinWT	GMFM E	p = 0,024	« RAGT seems to have similar effect with respect to the traditional TOP, at least over 10 weeks » [48]
Wallard 2018 [49] Essai contrôlé randomisé en « cross-over »	n = 30 8 à 10 ans PC spastique bilatérale GMFCS II	Lokomat® Pro pédiatrique 40min – 5x/sem 4 semaines	GMFM D GMFM E	GMFM D GMFM E	p = 0,048 p = 0,026	« This first study, [...], shows the usefulness of this robotic gait rehabilitation » [49]
Ammann-Reiffer 2020 [50] Essai contrôlé randomisé en « cross-over	n = 16 6 à 18 ans PC spastique bilatérale GMFCS II - IV	Lokomat® Pro pédiatrique 45min – 3x/sem 5 semaines	GMFM D GMFM E 6MinWT	X	X	« RAGT as a single intervention was not effective in improving walking abilities » [50]
Jin 2020 [51] Essai contrôlé randomisé en « cross-over	n = 20 4 à 9 ans PC de tout type GMFCS II - IV	Walkbot-K 30min – 3x/sem 6 semaines	GMFM D GMFM E	GMFM D GMFM E	p = 0,018 p = 0,021	« RAGT had training benefits for children with CP. [...] These improvements may be also related to multiple treatment effect » [51]

Tableau IX : Synthèse des résultats

Les seuils de signification clinique retrouvés pour nos critères de jugement sont les suivants :

- **GMFM D** : l'étude de Oeffinger2008 fixe le MCID du GMFM D à 1,2% pour les enfants classés GMFCS I à GMFCS III. Nous pouvons tout de même noter la différence entre les différents GMFCS : 2,4% pour les GMFCS I, 3,3% pour les GMFCS II et 1,5% pour les GMFCS III [55]. Une étude plus récente datant de 2020 donne un seuil situé entre 0,8% et 5,2% [56] ;
- **GMFM E** : l'étude de Oeffinger2008 fixe le MCID du GMFM E à 1,6% pour les enfants classés GMFCS I à GMFCS III. Nous pouvons tout de même noter la différence entre les différents GMFCS : 4,0% pour les GMFCS I, 2,8% pour les GMFCS II et 1,8% pour les GMFCS III [55]. Une étude plus récente datant de 2020 donne un seuil situé entre 0,3% et 4,9% [56] ;
- **6MinWT** : aucune valeur du MCID n'est donnée dans nos études. Nous avons donc effectué une recherche sur la base de données Abilitylab. Les MCID sont disponibles pour certaines populations (Parkinson, AVC, blessés médullaires...) mais ne sont pas extrapolables aux enfants paralysés cérébraux. Cependant, l'étude de Storm2020 nous donne un MCID fixé à 23 mètres pour notre population [56].

Comme spécifié dans la partie « 3.2 Évaluation du risque de biais des études incluses », l'absence de données numériques concernant les résultats de Jin2020 nous empêche de les inclure dans les tableaux synthétisant les résultats des différentes études. Ainsi, les résultats seront traités à partir du peu de données fournies par l'article.

3.3.2.1 Critère de jugement principal - Gross Motor Function Measure : GMFM D et GMFM E

GMFM D (%)	Différence intragroupe expérimental	Différence intragroupe contrôle	Différence intergroupe	p value
Peri 2017 (Médiane)	$\Delta = + 3 \%$	$\Delta' = + 5 \%$	$\Delta'' = - 2 \%$	p > 0,05
Wallard 2018 (Moyenne)	$\Delta = + 6,69 \%$	$\Delta' = + 1,93 \%$	$\Delta'' = + 4,76 \%$	p = 0,048
Amman-Reiffer 2020 (Médiane)	$\Delta = + 0 \%$	$\Delta' = - 3,9 \%$	$\Delta'' = - 3,9 \%$	p = 0,46
Jin 2020	Aucune donnée chiffrée			p = 0,018

Tableau X : Synthèse des résultats concernant le GMFM D

PERI 2017 : cette étude expose ses résultats sous la forme de médianes. Nous pouvons observer que les deux groupes ont amélioré leurs résultats durant la période de l'étude. Cependant, la médiane des différences pré-post intervention entre les groupes « *Task Oriented Physiotherapy* » et « *Robotic Assisted Gait Therapy* » est de $- 2 \%$, avec une p value $> 0,05$. Ainsi, les résultats de cette étude ne sont pas statistiquement significatifs pour le GMFM D.

[WALLARD 2018](#) : cette étude expose ses résultats sous la forme de moyennes. Comme pour *Peri2017*, les deux groupes ont amélioré leurs résultats entre le début et la fin de l'étude. La moyenne des différences intergroupes entre l'utilisation exclusive d'une rééducation robotisée (Lokomat) et la réalisation de séances conventionnelles de kinésithérapie est de + 4,76%, signifiant une amélioration plus prononcée dans le groupe expérimental que dans le groupe contrôle. Comme $p = 0,048 < 0,05$, les résultats sont statistiquement significatifs pour le GMFM D. Cependant, nous devons prendre en compte le MCID afin de savoir si une augmentation de 4,76% est réellement cliniquement significative.

[AMMANN-REIFFER 2020](#) : cette étude expose ses résultats sous la forme de médianes. Nous pouvons observer que la médiane du groupe expérimental ne change pas, contrairement à celle du groupe contrôle qui diminue de - 3,9%. De plus, la p value $> 0,05$, ainsi les résultats ne sont pas statistiquement significatifs pour ce critère de jugement.

[JIN 2020](#) : la présentation des résultats est donnée sous la forme de graphiques. Nous pouvons observer que les résultats sont d'environ 30% pour le groupe expérimental (ΔR pour « *RAGT period* ») et d'environ 10% pour le groupe contrôle (ΔS pour « *standard care period* »). Bien que les données numériques précises ne soient pas spécifiées, l'auteur nous fournit tout de même la p value, avec $p = 0,018$. Comme $p < 0,05$, les résultats de cette étude sont statistiquement significatifs pour le GMFM D. Compte tenu de la forme de présentation des résultats, il est difficile de savoir si ces résultats peuvent être considérés comme cliniquement significatifs.

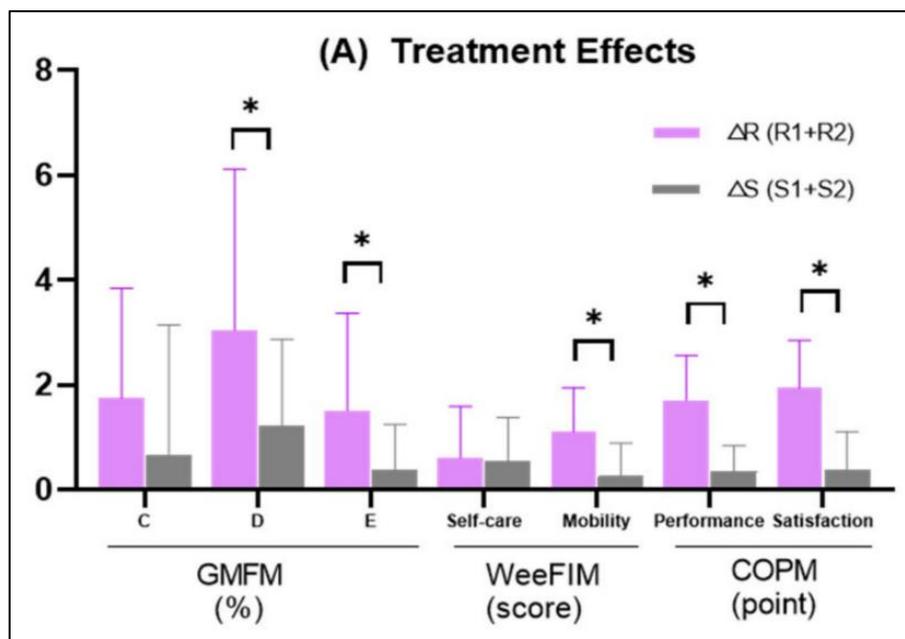


Figure 21 : Résultats tirés de l'étude Jin2020 [51]

→ En conclusion, *Wallard2018* et *Jin2020* présentent des résultats statistiquement significatifs en faveur du groupe expérimental pour le GMFM D. Concernant *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020*, aucun groupe ne montre de supériorité par rapport à l'autre.

GMFM E (%)	Différence intragroupe expérimental	Différence intragroupe contrôle	Différence intergroupe	p value
Peri 2017 (Médiane)	$\Delta = + 3,5 \%$	$\Delta' = + 3,2\%$	$\Delta'' = + 0,3 \%$	p = 0,024
Wallard 2018 (Moyenne)	$\Delta = + 8,64 \%$	$\Delta' = + 1,10 \%$	$\Delta'' = + 7,54 \%$	p = 0,026
Amman-Reiffer 2020 (Médiane)	$\Delta = + 2,1 \%$	$\Delta' = + 1,3 \%$	$\Delta'' = + 0,8 \%$	p = 0,91
Jin 2020	Aucune donnée chiffrée			p = 0,021

Tableau XI : Synthèse des résultats concernant le GMFM E

PERI 2017 : nous pouvons observer que les médianes des deux groupes ont augmenté de manière assez similaire pour ce critère de jugement. Cependant, contrairement au GMFM D, $p = 0,024$. Comme $p < 0,05$, les résultats sont statistiquement significatifs pour le GMFM E. Compte tenu de la forme de présentation des résultats (médianes et non moyennes des groupes), il est difficile de savoir si ces résultats peuvent être considérés comme cliniquement significatifs.

WALLARD 2018 : concernant le GMFM E, les résultats des deux groupes ont augmenté. La moyenne des différences intergroupes entre l'utilisation exclusive d'une rééducation robotisée (Lokomat) et la réalisation de séances conventionnelles de kinésithérapie est de $+ 7,54\%$, signifiant une amélioration plus prononcée dans le groupe expérimental que dans le groupe contrôle. Comme $p = 0,026 < 0,05$, les résultats sont statistiquement significatifs pour le GMFM E. Cependant, nous devons prendre en compte le MCID afin de savoir si une augmentation de $7,54\%$ est réellement cliniquement significative.

AMMANN-REIFFER 2020 : nous pouvons observer que les médianes du groupe expérimental et du groupe contrôle ont toutes les deux augmenté. La différence intergroupe est de $+ 0,8\%$ et $p = 0,91$. Comme $p > 0,05$, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs pour le GMFM E.

JIN 2020 : les résultats sont extraits du graphique de la figure 21. Nous pouvons observer que les résultats sont d'environ 15% pour le groupe expérimental et d'environ 5% pour le groupe « standard care ». Concernant le GMFM E, la p value est de $0,021$. Comme $p < 0,05$, les résultats sont statistiquement significatifs pour le GMFM E. Compte tenu de la forme de présentation des résultats, il est difficile de savoir si ces résultats peuvent être considérés comme cliniquement significatifs.

→ En conclusion, *Peri 2017*, *Wallard2018* et *Jin2020* présentent des résultats statistiquement significatifs en faveur du groupe expérimental pour le GMFM E. Seul *Ammann-Reiffer2020* ne montre aucune supériorité d'un groupe par rapport à l'autre.

3.3.2.2 Critère de jugement secondaire - 6 Min Walking Test : 6MinWT

6MinWT (m)	Différence intragroupe expérimental	Différence intragroupe contrôle	Différence intergroupe	p value
Peri 2017 (Médiane)	$\Delta = + 20,6 \text{ m}$	$\Delta' = + 3,5 \text{ m}$	$\Delta'' = + 17,1 \text{ m}$	p > 0,05
Wallard 2018	Non évalué			
Amman-Reiffer 2020 (Médiane)	$\Delta = + 1 \text{ m}$	$\Delta' = - 13 \text{ m}$	$\Delta'' = + 14 \text{ m}$	p = 0,22
Jin 2020	Non évalué			

Tableau XII : Synthèse des résultats concernant le 6MinWT

[PERI 2017](#) : nous pouvons observer une augmentation de la médiane plus importante dans le groupe « *Task Oriented Physiotherapy* » (+20,6m) que dans le groupe « *Robotic Assisted Gait Therapy* » (+3,5m). Comme $p > 0,05$, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs pour l'amélioration de l'endurance à la marche.

[AMMANN-REIFFER 2020](#) : la médiane du périmètre de marche des sujets du groupe expérimental a augmenté d'un mètre ce qui ne peut pas attester d'un lien de cause à effet du traitement par exosquelette robotisée. Concernant le groupe contrôle, sa médiane au TM6 a diminué de 13 mètres. Comme $p = 0,22 > 0,05$, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs pour le TM6.

→ En conclusion, *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020* ne présentent aucune supériorité entre les groupes expérimentaux et contrôles concernant l'endurance à la marche.

4 Discussion

Cette revue de littérature vise à évaluer si la rééducation à la marche par assistance robotisée présente des bénéfices plus importants que la kinésithérapie conventionnelle chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

Notre hypothèse initiale postule que l'application d'une réhabilitation robotisée permettrait d'améliorer les fonctions motrices globales ainsi que l'endurance à la marche chez les enfants paralysés cérébraux.

Dans la littérature scientifique, les conclusions sont encore divergentes sur l'intérêt d'une telle intervention. D'une part, l'étude de *Qian2023* [57] met en évidence une amélioration des fonctions motrices globales mesurées par le GMFM E dans le groupe ayant suivi une réhabilitation robotisée par rapport à celui ayant suivi une kinésithérapie conventionnelle. D'autre part, *Vézer2023* [58] ne rapporte aucun résultat statistiquement significatif concernant les fonctions motrices globales.

Dans notre revue de littérature, nous avons identifié des résultats statistiquement significatifs concernant le GMFM D et le GMFM E. Toutefois, il convient d'interpréter ces résultats avec prudence, en tenant compte des biais et des hétérogénéités présents parmi les études incluses, que nous aborderons dans les parties suivantes.

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Analyse des populations

Cette revue regroupe 110 participants, dont 54 dans les groupes expérimentaux et 56 dans les groupes contrôles. La taille de notre effectif total est insuffisante pour l'appliquer à la population cible. Nous pouvons retrouver les caractéristiques de la population dans le tableau ci-dessous, mettant en lumière la présence d'hétérogénéité.

	Nombre de participants	Sexe Ratio ♂ / ♀	Moyenne d'âge	GMFCS (I/II/III/IV)
Peri 2017	44	22/22	8,7	(14/16/14/0)
Wallard 2018	30	15/15	8,9	(0/30/0/0)
Ammann-Reiffer 2020	16	13/3	11,3	(0/9/5/2)
Jin 2020	20	13/7	6,7	(0/5/9/6)
Total	110	63/47	8,9	(14/60/28/8)

Tableau XIII : Comparaison des caractéristiques de la population de notre revue de littérature

Comme le montre ce tableau, le nombre de participants est variable mais reste néanmoins très faible dans l'ensemble des études. En effet, l'étude de *Ammann-Reiffer2020*, présentant l'échantillon le plus

petit, a clôturé précocement son étude à cause de difficultés de recrutement [50]. Présentes dans nos 4 études, ces difficultés peuvent être dues à leurs schémas monocentriques respectifs.

Avec un sexe ratio de 1,34 hommes pour 1 femme, nous pouvons observer une légère dominance du sexe masculin dans notre échantillon. Une revue de littérature explorant la différence de prévalence homme/femme chez les patients atteints de PC a retrouvé quant à elle un ratio de 1,3-1,4 hommes pour 1 femme [59]. Cette différence, multifactorielle, serait expliquée par une différence d'organisation cérébrale ainsi que la présence de prédispositions génétiques chez les hommes et de facteurs protecteurs hormonaux chez les femmes [59]. Ainsi, ce ratio homme/femme est concordant avec la littérature actuelle.

Quant à la moyenne d'âge, celle-ci est d'environ 8,9 ans. Celles de *Peri2017* et *Wallard2018* sont assez proches. À l'inverse, *Ammann-Reiffer2020* présente une population plus âgée et *Jin2020* une population plus jeune, avec 4,6 ans de différence entre les deux études. Avec la croissance, la coordination motrice et l'intégration des informations sensorielles seront plus précises et plus fluides [26] [27]. Il est donc moins pertinent de comparer la marche d'enfants d'âges différents, d'autant plus lorsqu'ils présentent une pathologie se surajoutant aux différences physiologiques. De plus, une étude a mis en évidence la relation entre l'âge de l'enfant et les résultats qu'il obtient au GMFM. Cette différence d'âge peut donc représenter une source de biais supplémentaire [60].

Concernant le type de PC, la répartition diffère selon les niveaux du GMFCS. Nous retrouvons 13% de GMFCS I, 55% de GMFCS II, 25% de GMFCS III et 7% de GMFCS IV. Nous avons décidé dans les critères de notre revue de littérature de n'inclure que des enfants présentant un GMFCS II à IV. Cependant, au vu du trop faible nombre d'études restantes, nous avons inclus l'étude *Peri2017*, malgré la présence de 14 enfants classés GMFCS I.

Selon *Palisano2007*, créateur de l'échelle GMFCS, les enfants classés GMFCS I « 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. » [61]. Ainsi, *Peri2017* présente un biais de sélection élevé en incluant dans sa population des enfants autonomes avec de faibles limitations d'activités. De plus, ce biais est majoré par le caractère non randomisé de son schéma d'étude.

Les enfants classés GMFCS II sont majoritaires dans l'échantillon de notre revue, représentant plus de la moitié de notre effectif. Par ailleurs, *Wallard2018* a intégré uniquement des enfants appartenant à ce niveau. Il est donc difficile d'extrapoler les résultats des études aux autres niveaux (GMFCS III et GMFCS IV) lorsqu'ils sont si faiblement représentés.

4.1.2 Analyse des interventions

Afin de comparer les caractéristiques de chaque étude concernant la mise en place des séances de marche avec assistance robotisée, nous avons réalisé le tableau ci-dessous.

	Exosquelette	Séance	Body Weight Support (BWS)	Guidance Force (GF)	Gait Speed (GS)
Peri 2017	Lokomat®	4x/semaine			1,2km/h puis ↗
	module	30min	50%	100%	patient
	pédiatrique	10 semaines			dépendant
Wallard 2018	Lokomat®	5x/semaine	70% puis ↘		Patient
	module	40min	patient	Non renseignée	dépendant
	pédiatrique	4 semaines	dépendant		
Ammann-Reiffer 2020	Lokomat®	3x/semaine	Paramètres patient dépendant		
	module	45min <u>max</u>	Pas de valeur commune lors du début de l'étude		
	pédiatrique	5 semaines			
Jin 2020	Walkbot-K	3x/semaine	100% puis ↘		0,5km/h puis ↗
		30min	patient	100%	patient
		6 semaines	dépendant		dépendant

Tableau XIV : Comparaison des caractéristiques des interventions de notre revue de littérature

Parmi les études incluses, seul *Jin2020* utilise un Walkbot-K. Les autres études ont recouru au Lokomat® avec module pédiatrique.

Concernant la récurrence des séances, nous pouvons observer une certaine disparité. En effet, *Ammann-Reiffer2020* et *Jin2020* ont réalisé leurs études sur une population en hospitalisation externe, diminuant la fréquence à 3 séances par semaine. *Peri2017* et *Wallard2018* ne précisent pas le caractère interne ou externe de leur population mais présentent des fréquences plus élevées avec 4 séances par semaine pour *Peri2017* et 5 séances par semaine pour *Wallard2018*.

La durée des séances de marche avec assistance robotisée varie entre 30 et 45 min selon les études. Si nous mettons en parallèle les moyennes d'âge des participants et la durée des séances, nous pouvons remarquer qu'au plus celles-ci sont élevées, au plus la durée des séances est allongée. De plus, nous avons calculé la durée totale d'utilisation des exosquelettes en fonction de la récurrence des séances ainsi que la durée des études. Nous observons une disparité considérable dans nos résultats : 20h pour *Peri2017*, 13,3h pour *Wallard2018*, 11,3h pour *Ammann-Reiffer2020* et 9h pour *Jin2020*.

En amont du lancement de la séance, plusieurs paramètres vont être réglés sur les exosquelettes. Nous retrouvons notamment le Body Weight Support (BWS), la Guidance Force (GF) ainsi que la Gait Speed (GS). À nouveau, les protocoles des études incluses divergent sur ces 3 points :

- **Body Weight Support** : *Peri2017* impose une valeur de 50% BWS tout au long de son étude. Concernant *Wallard2018* et *Jin2020*, ils ont choisi d'établir une valeur de départ qui peut diminuer tant qu'il n'y a pas de déverrouillage des genoux. Cependant, les valeurs choisies sont

différentes : *Wallard2018* commence à 70% BWS tandis que *Jin2020* commence à 100% BWS. Ces différences peuvent s'expliquer par une population présentant moins de déficit pour *Wallard2018* (GMFCS II) contrairement à *Jin2020* (GMFCS II-IV).

- **Guidance Force** : *Peri2017* et *Jin2020* impose une GF à 100% tout au long de leurs études. Concernant *Wallard2018*, l'étude ne fournit aucune information sur ce réglage, bien qu'il soit fondamental pour l'interprétation des résultats et pour une possible mise en pratique de son protocole par la suite.
- **Gait Speed** : *Peri 2017* impose une vitesse de départ de 0,5km/h pouvant augmenter jusqu'à 1,2km/h pour les participants jeunes et 2km/h pour les patients plus âgés. Cependant, elle ne donne pas plus d'information concernant la limite d'âge entre ces deux sous-groupes. *Wallard2018* n'impose aucune vitesse à ses participants, les laissant marcher à leur vitesse de confort. *Jin 2020* impose quant à lui une vitesse de départ de 0,5km/h pouvant augmenter selon les capacités des participants, sans valeur seuil.

Ammann-Reiffer2020 n'a posé aucune contrainte concernant ces 3 paramètres. Ils sont ajustés selon les capacités propres à chaque participant et résumés dans la Table 2 de son étude. Les moyennes sont respectivement de 27% pour le BWS, 94% pour la GF et 5km/h pour la GS.

Ainsi, nous constatons la présence d'hétérogénéité concernant à la fois la durée, la fréquence et les paramètres définis sur les exosquelettes de marche. Toutefois, cette hétérogénéité est présente dans de nombreuses études analysant l'impact de la réhabilitation robotisée.

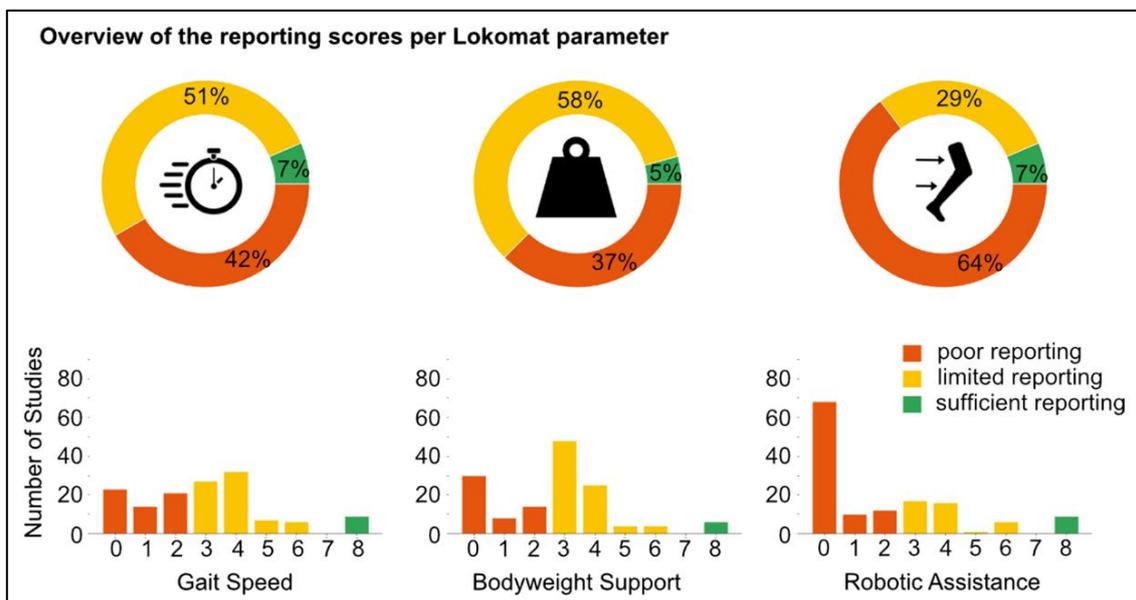


Figure 22 : Distribution de la qualité des rapports par paramètre (GS, BWS, GF) [62]

Cette figure, issue de la revue *VanDellen2022* [62], illustre très bien le manque de transparence des études cliniques concernant le choix des paramètres réglables sur le Lokomat®. La revue porte sur 141 études cliniques appliquant une rééducation à la marche par assistance robotique chez des personnes atteintes de troubles neurologiques.

Les études ont été classées en 3 groupes, selon la disponibilité des informations pour chacun des 3 paramètres :

- « **Poor reporting** » (0 à 2) : les indications fournies sont insuffisantes et elles ne permettent pas de comparer les études entre elles ;
- « **Limited reporting** » (3 à 6) : les indications justifient l'approche thérapeutique choisie ;
- « **Sufficient reporting** » (7 à 8) : les résultats de ces études peuvent être inclus dans des méta-analyses et le protocole peut être reproduit scrupuleusement en recherche et en pratique clinique.

Nous remarquons que 64% des études ne donnent pas suffisamment d'information sur la GF. Il en va de même pour les autres paramètres avec 42% pour la GS et 37% pour le BWS [62]. Pourtant, la description de ces paramètres semble indispensable.

En effet, *VanKammen2016* a démontré leur impact sur la modification de l'activité musculaire [63]. L'augmentation de la GF réduit généralement l'activité musculaire lors de la marche. Cependant, en modifiant les réglages spécifiques de la GS et du BWS, cette activité musculaire peut tout aussi bien augmenter comme diminuer [63].

Ainsi, nos 4 études ne présentent pas suffisamment de données disponibles pour fournir des recommandations détaillées et permettre une mise en pratique clinique personnalisée aux besoins propres à chaque patient.

4.1.3 Analyse des comparateurs

Nous avons regroupé dans ce tableau les descriptions des comparateurs de chacune de nos études incluses, présentant eux aussi des divergences.

	Durée et fréquence	Contenu des séances
Peri 2017	4x/semaine ??? min 10 semaines	Renforcement musculaire et étirements des MI, W de l'équilibre et de la marche (avant, arrière, côté, obstacles, escaliers...)
Wallard 2018	5x/semaine ??? min 4 semaines	Non renseignée
Ammann-Reiffer 2020	1-2x/semaine 30-45min 5 semaines	Renforcement musculaire et étirements des MI, W de l'équilibre et de la marche (\pm hippothérapie) patient dépendant
Jin 2020	2-4x/semaine ??? min 6 semaines	Renforcement musculaire et étirements des MI, W de l'équilibre et de la marche patient dépendant

Tableau XV : Comparaison des caractéristiques des comparateurs de notre revue de littérature

Tout d’abord, nous pouvons observer que la durée de chaque séance n’est décrite que dans l’étude d’*Ammann-Reiffer2020*, donnant une intervalle allant de 30min à 45min. Cette donnée semble pourtant primordiale à prendre en compte lors de la rédaction d’un protocole et la réalisation d’une étude scientifique.

Ensuite, la fréquence des séances est identique à celle des interventions pour *Peri2017* et *Wallard2018*. À l’inverse, *Ammann-Reiffer2020* et *Jin2020* présentent leurs fréquences sous la forme d’écart, suggérant des fréquences différentes selon les participants. Ainsi, la présence d’écart induit inévitablement des fréquences différentes entre intervention et comparateur, impactant directement la comparabilité intergroupe.

Enfin, si nous nous intéressons au contenu des séances, nous pouvons nous apercevoir que *Wallard2018* n’évoque à aucun moment leur contenu détaillé. Dans l’étude de *Peri2017*, les séances de kinésithérapie sont réalisées par un seul et unique kinésithérapeute et suivent le même protocole pour tous les participants du groupe contrôle. Concernant *Ammann-Reiffer2020* et *Jin2020*, les séances sont adaptées aux déficits et aux limitations de chaque participant. Elles ciblent tout de même le renforcement musculaire des MI, ainsi que le travail de l’équilibre et de la marche.

4.1.4 Analyse des critères de jugement et de leurs résultats

Dans cette revue de littérature, nous nous sommes focalisés sur l’évaluation des fonctions motrices globales ainsi que sur l’endurance à la marche. Toutes nos études ont utilisé les mêmes outils de mesure, avec le GMFM-66 pour les fonctions motrices globales et le 6MinWT pour l’endurance à la marche. A travers ce tableau, nous pouvons observer que de nombreuses informations sont manquantes dans nos études.

	Évaluateur en aveugle	Formation pour le GMFM-66	Description du 6MinWT
Peri 2017	Non renseigné	Oui	Non renseigné
Wallard 2018	Non renseigné	Non renseigné	Non évalué
Ammann-Reiffer 2020	Oui	Oui	Non renseigné
Jin 2020	Oui	Non renseigné	Non évalué

Tableau XVI : Comparaison des caractéristiques des outcomes de notre revue de littérature

Seuls les évaluateurs d’*Ammann-Reiffer2020* et *Jin2020* sont en aveugle de l’assignation des participants au groupe intervention ou au groupe contrôle. Les évaluateurs de *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020* sont formés à l’utilisation de l’échelle GMFM-66, diminuant le risque de biais de mesure. A l’inverse, *Wallard2018* et *Jin2020* ne donnent aucune information sur les compétences des évaluateurs à utiliser le GMFM-66. Concernant le 6MinWT, la description du test est très peu détaillée. *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020* se contentent de citer deux études décrivant la mise en place du test selon l’American Thoracic Society et la fiabilité de celui-ci dans notre population cible [53] [64].

Les études que nous avons incluses dans notre revue de littérature ne présentent pas toutes leurs résultats sous la même forme, complexifiant leur comparabilité. En effet, *Peri2017* et *Ammann-Reiffer2020* présentent leurs résultats sous la forme de médiane. Ce choix induit une perte d'information considérable sur la dispersion des données. De plus, la médiane est beaucoup plus sensible à la taille de l'échantillon. Sachant que nos études présentent toutes de petits effectifs, l'utilisation de la médiane peut être un moyen de dissimuler des résultats en défaveur de l'intervention. De plus, la médiane ne permet pas de calculer les intervalles de confiance afin de réaliser par la suite une analyse quantitative des résultats.

S'agissant de *Jin2020*, aucune valeur numérique brute n'est fournie dans leurs résultats, excepté les p values. Nous avons contacté les auteurs afin d'obtenir ces données, mais en l'absence de réponse de leur part, nous avons dû les estimer à partir du seul graphique présent (Cf. *Figure 21*). Il s'agit ici d'une source de biais non négligeable dans la présentation des résultats.

4.1.4.1 GMFM D

Comme mentionné précédemment, le GMFM D évalue les fonctions motrices globales associées à la capacité de tenir la station debout. Les résultats obtenus à cet égard varient d'une étude à l'autre. En effet, seules *Wallard2018* et *Jin2020* ont rapporté des résultats statistiquement significatifs, avec des p values respectives de 0,048 et 0,018.

Le MCID est de 1,2% pour le GMFM D selon *Oeffinger2008* [55]. Dans *Wallard2018*, une amélioration de 4,76% a été observée. Cette augmentation est supérieure au MCID, suggérant une amélioration cliniquement significative pour le GMFM D. Cependant, cette augmentation est inférieure au MCID de 5,2% fixé par *Storm2020* [56]. Ces résultats semblent prometteurs mais doivent être interprétés avec précaution. Concernant *Jin2020*, nous ne pouvons pas déterminer si les résultats sont cliniquement significatifs en l'absence de données numériques.

4.1.4.2 GMFM E

Comme mentionné précédemment, le GMFM E évalue les fonctions motrices globales associées à la marche, à la course et aux sauts. Les résultats de *Peri2017*, de *Wallard2018* et de *Jin2020* sont statistiquement significatifs, avec des p values respectives de 0,024, 0,026 et 0,021.

Pour le GMFM E, le MCID est de 1,6% selon *Oeffinger2008* [55] et de 4,9% selon *Storm2020* [56]. *Peri2017* rapporte une amélioration de 0,3%, considérée comme cliniquement non significative. Concernant *Wallard2018*, l'amélioration est de 7,54%. Celle-ci est supérieure aux deux MCID retrouvés, suggérant une amélioration cliniquement significative en faveur de l'intervention. Comme pour le GMFM D, nous ne pouvons pas évaluer si les résultats de *Jin2020* sont cliniquement significatifs en se basant uniquement sur les histogrammes à barres fournis.

4.1.4.3 6MinWT

Sur les 4 études incluses dans cette revue, seulement 2 s'intéressent à l'impact de l'intervention sur l'endurance à la marche. *Peri2017* et *Ammann-Reiffner2020* n'ont pas mis en évidence de signification statistique dans leurs résultats. Pour rappel, le MCID, fixant le seuil de signification clinique, est de 23 mètres dans notre population. Cependant, au vu des résultats statistiquement non significatifs, nous n'avons pas eu recours à son utilisation pour objectiver une possible signification clinique.

Les résultats de notre revue de littérature sont en concordance avec ceux retrouvés dans la littérature. Dans la méta-analyse de *Wang2023* [65], les résultats concernant le 6MinWT sont statistiquement non significatifs pour le Lokomat® ainsi que pour le Gait Trainer I.

4.1.5 Effet réel du traitement

Tout au long de l'analyse des résultats, nous avons pu mettre en évidence la présence d'hétérogénéité, diminuant la fiabilité des résultats obtenus. Seulement, pouvons-nous être certains que l'amélioration obtenue par *Wallard2018* sur nos différents critères de jugement soit réellement due au traitement mis en place ?

En effet, certains paramètres sont à prendre en compte lors de l'analyse des résultats, parmi lesquels nous retrouvons [66] :

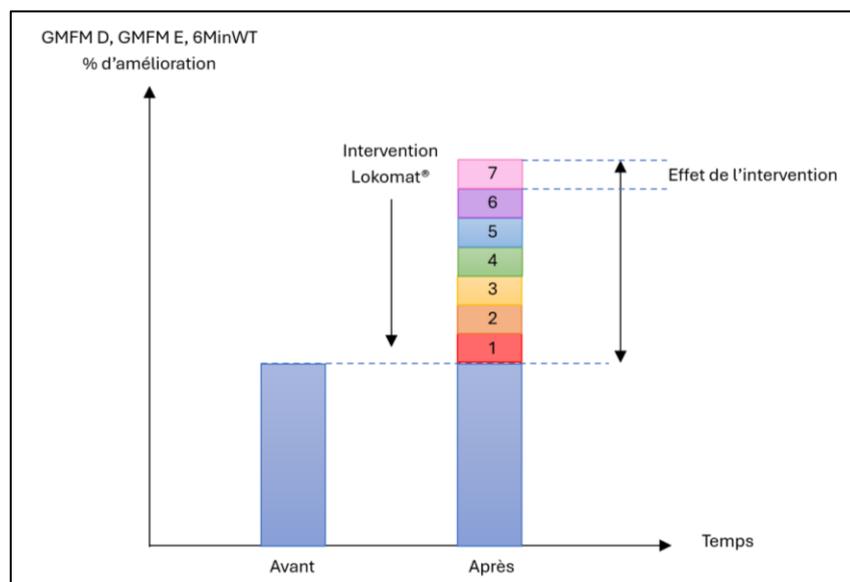


Figure 23 : Efficacité réelle d'un traitement et paramètres intercurrents [66]

- **L'histoire naturelle de la maladie** : dans cette revue, nous nous intéressons à une population infantile, encore soumise à la croissance et à la neuroplasticité. L'évolution spontanée peut donc biaiser les résultats.
- **L'effet placebo** : il s'agit des effets thérapeutiques « non spécifiques » à l'intervention. Celui-ci est d'autant plus développé chez les enfants que chez les adultes [67].

- **L'effet Hawthorn** : il se définit par une modification volontaire du comportement, souvent dans le sens d'une plus grande motivation, en relation avec le contexte de l'étude. Pour les enfants, la rééducation par assistance robotisée peut représenter une nouvelle source d'excitation dans leur prise en charge.
- **Les caractéristiques des patients** : il existe des différences dans nos populations, pouvant influencer les résultats, comme le niveau de GMFCS, l'âge de l'enfant, les comorbidités associées...
- **Les traitements concomitants** : certains patients peuvent avoir des traitements contre la douleur et la spasticité.
- **Les erreurs de mesure** : elles peuvent avoir lieu lors de l'évaluation, des calculs, des reports des résultats...
- **L'effet réel de l'intervention**, que nous cherchons à évaluer.

4.2 Qualité des preuves

Afin d'évaluer la qualité des preuves de notre revue de littérature, nous avons utilisé le système GRADE. Il nous permet de déterminer la force et le grade des recommandations émanant des résultats obtenus dans chacune des études incluses. Contrairement au système d'évaluation élaboré par la HAS, le système GRADE ne donne pas un niveau de preuve par étude mais par critère de jugement [45].

Le système GRADE est composé de 8 critères : 5 critères diminuant le niveau de preuve (risque de biais, caractère indirect, hétérogénéité, imprécision, biais de publication) et 3 critères augmentant le niveau de preuve (force de l'association, gradient dose-réponse, facteurs de confusion) [68]. Compte tenu des schémas d'étude et des résultats obtenus, les études incluses ne sont pas éligibles aux critères permettant d'augmenter leurs niveaux de preuve.

Outcome	Critères déterminants le niveau de preuve						Niveau de preuve (GRADE)
	Nombre de participants (études)	Risque de biais	Caractère indirect des résultats	Hétérogénéité	Imprécision des résultats	Biais de publication	
GMFM D	110 (4)	Modéré	Modéré	Modéré	Élevé	Modéré	⊕⊕○○ Low
GMFM E	110 (4)	Modéré	Modéré	Modéré	Élevé	Modéré	⊕⊕○○ Low
6MinWT	60 (2)	Modéré	Faible	Modéré	Modéré	Faible	⊕⊕⊕○ Moderate

Tableau XVII : Évaluation GRADE des critères de jugement de notre revue de littérature

Après l'utilisation du système GRADE, les études analysant le GMFM D et le GMFM E présentent un niveau de preuve faible et celles évaluant le 6MinWT présentent un niveau de preuve modéré.

L'élément principal diminuant le niveau de preuve de nos études est le faible nombre de sujets inclus. En effet, les critères d'inclusion de nos études sont très stricts, diminuant considérablement la possibilité pour des sujets potentiels d'intégrer ces études. Nous retrouvons également une hétérogénéité méthodologique, en particulier concernant la durée des protocoles d'intervention. De plus, notre revue présente une variabilité importante dans les résultats des études, contribuant à une estimation imprécise de l'effet de la RAGT.

Étant donné les résultats de notre évaluation GRADE ci-dessus, les recommandations émises sont considérées comme étant « *weak for using* ». Cela signifie que l'intervention ne met pas en danger la population mais qu'elle n'est pas pour autant efficace concernant l'amélioration de nos critères de jugement.

4.3 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Les dispositifs de marche tel que le Lokomat® sont assez imposants et représentent un coût non négligeable (≈ 50 000€). Par ailleurs, l'installation du patient peut parfois nécessiter la mobilisation de plusieurs professionnels de santé. Cela requiert également de bonnes connaissances concernant le fonctionnement et les réglages à effectuer en amont de la séance de marche. Malgré tous ces paramètres, l'installation du patient peut devenir chronophage. Nous pouvons nous questionner sur l'intérêt de ce type de dispositif lorsque la durée d'installation devient supérieure ou égale à la durée réelle d'utilisation.

Pour toutes ces raisons évidentes, ce type de dispositif est inaccessible en cabinet de ville et s'adresse quasi-exclusivement aux centres de rééducation, réduisant considérablement la population pouvant bénéficier de ce type de prise en charge. Nous le retrouverons plus particulièrement dans des structures privées spécialisées en neurologie ou neuropédiatrie où l'utilisation du Lokomat® s'adressera à un maximum de patients et pourra ainsi être rentabilisée.

Il existe également des disparités d'accessibilité au sein d'un même centre, selon le statut externe ou interne du patient. En effet, il sera plus compliqué de trouver un créneau disponible chez un enfant en hospitalisation de jour. Celui-ci ne sera potentiellement présent qu'une demi-journée, 2-3 fois par semaine contrairement à un enfant en hospitalisation complète.

Concernant la sécurité, les dispositifs de marche avec assistance robotisée n'ont présenté aucun effet indésirable dans nos études. Certaines contre-indications sont toutefois à respecter, notamment la présence de fractures instables, de spasticité sévère, de thrombose veineuse profonde et de lésions cutanées. Il est également important de souligner que les séances de Lokomat® sont uniquement possibles lorsque l'enfant est en mesure de comprendre et de suivre les instructions, afin de coopérer durant l'installation et durant toute la durée du traitement.

4.4 Biais potentiels de la revue

Cette revue de littérature présente plusieurs limites, parmi lesquelles nous pouvons retrouver :

- **Le nombre d'études incluses** : notre revue de littérature s'appuie sur les résultats de seulement 4 études, diminuant la représentativité de leurs données. Intégrer plus d'études dans notre revue nous aurait permis d'avoir une fiabilité plus élevée concernant nos résultats, notamment en augmentant la précision statistique avec des échantillons de population plus larges. De plus, la qualité des études incluses est considérée comme modérée d'après la ROBT ;
- **La population cible** : notre revue s'intéresse aux enfants présentant une PC spastique bilatérale, d'un GMFCS allant de II à IV. Bien qu'il s'agisse de la majorité des cas de PC, cette population ne reflète pas la multitude de formes que revêt la PC. En effet, ce choix diminue la représentativité de l'échantillon de la population étudiée.
De plus, les effectifs des études incluses étaient également trop faibles, diminuant la puissance statistique ainsi que la fiabilité des conclusions que nous pouvons en tirer ;
- **La divergence des traitements** : nous pouvons retrouver de nombreuses divergences concernant la réalisation ainsi que les durées d'entraînement et les durées d'étude. En effet, la même interface de marche n'est pas utilisée pour les 4 études, tout comme les groupes contrôles ne présentent pas la même prise en charge.

Afin d'évaluer la présence de biais potentiels dans notre revue de littérature, nous avons utilisé la version française de l'échelle de qualité méthodologique AMSTAR-2 [69]. Il s'agit d'une révision de l'échelle AMSTAR (*A Measurement Tool to Assess systematic Review*), établie en 2007 pour évaluer le risque de biais des revues systématiques intégrant des ECR. L'AMSTAR-2 cible quant à elle les revues systématiques intégrant des ECR mais aussi des études non randomisées [70].

L'AMSTAR-2 est composée de 16 items mais n'est pas vouée à donner un score total. Chaque item doit être analysé de manière indépendante les uns des autres [70].

Item	Cotation	Réponse	Justification
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?	Oui	Le modèle PICO a été utilisé pour établir l'équation de recherche. Cf. Tableau III
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?	Oui	Le protocole de recherche a été réalisé en amont de la phase de sélection des études.
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?	Oui	Inclusion d'ECR et d'un essai clinique non randomisé.

4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?	Oui	Plusieurs bases de données ont été investiguées : PubMed, PEDro, Cochrane Library, Kinedoc + recherche complémentaire.
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?	Non	Seul l'auteur a réalisé la sélection des études.
6	Les auteurs ont-ils effectué en double l'extraction des données ?	Non	Seul l'auteur a réalisé l'extraction des données.
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?	Oui	Cf. Tableau IV, V, VI
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?	Oui	Cf. Tableau VIII Cf. Annexe 2
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?	Oui	Utilisation de la Risk Of Bias Tool pour chacune des études incluses.
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?	Oui	Cf. Annexe 2
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?	Non	Aucune méta-analyse effectuée compte tenu de l'hétérogénéité des résultats.
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ?	Non	Aucune méta-analyse effectuée compte tenu de l'hétérogénéité des résultats.
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation/de la discussion des résultats de la revue ?	Oui	Cf. « 4.1 Analyse des principaux résultats ».
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue et une discussion sur celle-ci ?	Oui	Cf. « 4.1 Analyse des principaux résultats ».
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?	Non	Aucun logiciel ou outil statistique n'a été utilisé pour mesurer le risque de biais de publication.

16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêt, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?	Oui	L'autrice déclare n'avoir aucun lien d'intérêt et n'avoir perçu aucune subvention.
----	--	-----	--

Tableau XVIII : Grille AMSTAR - 2 de notre revue de littérature

Nous aurions pu réaliser la sélection des études et l'extraction des données en double pour diminuer le risque de biais des items 5 et 6. Cependant certains biais sont inévitables, notamment les items 11, 12 et 15. En effet, l'hétérogénéité de la forme des résultats ne nous a pas permis de réaliser une méta-analyse après l'analyse qualitative de nos données.

Il est à noter que pour l'item 3, les ECR étaient le schéma d'étude cible. Seulement, nous avons abordé dans la partie « 2.1.1. Schéma d'étude » que nous pourrions élargir à des études de plus bas niveau de preuve si nous manquions de données.

4.5 Conflit d'intérêts

Les auteurs des articles inclus dans cette revue ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêts, excepté *Wallard2018* qui ne mentionne aucune information sur ce sujet.

Je déclare n'avoir aucun conflit d'intérêts concernant la recherche, la rédaction et la publication de cette revue de littérature. Je n'ai perçu aucune subvention pour la réalisation de ce travail de recherche.

5 Conclusion

5.1 Implication pour la pratique clinique

La présente revue de littérature souligne les défis persistants liés à l'utilisation des nouvelles technologies dans le domaine de la kinésithérapie. Malgré l'hypothèse initiale, les résultats recueillis suggèrent que cette approche ne semble pas offrir une meilleure amélioration des fonctions motrices globales et de l'endurance à la marche par rapport à la kinésithérapie conventionnelle chez les enfants paralysés cérébraux.

Outre son utilisation dans un but thérapeutique, la rééducation à la marche par assistance robotisée permettrait aux enfants d'appréhender différemment les séances de kinésithérapie. En effet, la diversité des méthodes thérapeutiques permet aux enfants de ne pas se lasser et de rester motivés et acteurs de leur PEC. Ainsi, la réhabilitation robotisée pourrait permettre d'augmenter l'adhérence thérapeutique des enfants aux traitements plus conventionnels.

5.2 Implication pour la recherche clinique

Malgré les limitations des études actuelles concernant l'efficacité et l'intérêt d'une réhabilitation robotisée chez les enfants paralysés cérébraux, il semble essentiel de poursuivre les recherches afin d'acquérir une compréhension plus approfondie des processus et mécanismes impliqués.

En effet, les études n'investiguent pas encore suffisamment l'impact de ce dispositif sur les mécanismes bio cellulaires et physiologiques. Ainsi, il est impératif de mener des ECR avec des méthodologies plus rigoureuses pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus dans cette revue de littérature.

De plus, il serait intéressant d'entreprendre des études comportant des protocoles plus détaillés, particulièrement en ce qui concerne l'ajustement des paramètres des dispositifs robotisés. Dans une approche holistique, il serait également pertinent pour les études à venir d'investiguer comment la rééducation à la marche par assistance robotisée pourrait influencer la qualité de vie des enfants atteints de paralysie cérébrale. En effet, la qualité de vie occupe une place centrale en kinésithérapie et permet de comprendre et promouvoir la santé et le bien-être de nos patients, dans toute leur singularité et leur complexité.

« Les enfants ne devraient pas être définis par leurs limitations, mais par leurs capacités innées à inspirer et à émouvoir. »

Harvey Fierstein

6 Bibliographie

- [1] Rosenbaum P, Gorter JW. The “F-words” in childhood disability: I swear this is how we should think! *Child Care Health Dev* 2011;38:1–7.
- [2] Sadowska M, Sarecka-Hujar B, Kopyta I. Cerebral palsy: Current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2020;16:1505–18.
- [3] Baxter P, Morris C, Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, et al. The Definition and Classification of Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:1–44.
- [4] Boog G. Asphyxie périnatale et infirmité motrice d’origine cérébrale (I- Le diagnostic). *Gynecol Obs Fertil* 2010;38:261–77.
- [5] Cans C. Épidémiologie De La Paralysie Cérébrale. *Mot Cérébrale* 2005;26:51–8.
- [6] Castelli E, Fazzi E, Alboresi S, Armando M, Battisti N, Carboni E, et al. Recommendations for the rehabilitation of children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med* 2016;52:691–703.
- [7] Cans C, Guillem P, Arnaud C, Baille F, Chalmers J, McManus V, et al. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol* 2002;44:633–40.
- [8] Pierrat V, Marchand-Martin L, Arnaud C, Kaminski M, Resche-Rigon M, Lebeaux C, et al. Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks’ gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. *BMJ* 2017;358:1–13.
- [9] Reddihough DS, Collins KJ. The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Aust J Physiother* 2003;49:7–12.
- [10] Pharoah POD, Cooke RWI. A hypothesis for the aetiology of spastic cerebral palsy - The vanishing twin. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:292–6.
- [11] Cans C, De-la-Cruz J, Mermet M-A. Epidemiology of cerebral palsy. *Paediatr Child Health (Oxford)* 2008;18:393–8.
- [12] Cans C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol* 2000;42:816–24.
- [13] Penneçot G. Marche pathologique de l’enfant paralysé cérébral. Sauramps médical; 2009.
- [14] Bekteshi S, Monbaliu E, McIntyre S, Saloojee G, Hilberink SR, Tatishvili N, et al. Towards functional improvement of motor disorders associated with cerebral palsy. *Lancet Neurol* 2023;22:229–43.
- [15] Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214–23.

- [16] Rosenbaum PL, Palisano RJ, Bartlett DJ, Galuppi BE, Russell DJ. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008;50:249–53.
- [17] McCormick A, Brien M, Plourde J, Wood E, Rosenbaum P, McLean J. Stability of the Gross Motor Function Classification System in adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:265–9.
- [18] Eliasson A-C, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Öhrvall A-M, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol* 2006;48:549–54.
- [19] Krumlinde-Sundholm L. Le MACS, un système de classification des capacités manuelles pour enfants paralysés cérébraux. Développement de l'échelle et preuves de validité et de fiabilité. *Mot Cerebrale* 2013;34:1–5.
- [20] Nzovak I. Evidence-based diagnosis, health care, and rehabilitation for children with cerebral palsy. *J Child Neurol* 2014;29:1–16.
- [21] Mbonda E, Nguetack S, Chiabi A, Djampou NE, Pondy OA, Mbassi AH, et al. Epilepsie chez les Enfants Atteints d'Infirmité Motrice Cérébrale: à Propos de 412 Observations à Yaoundé, Cameroun. *Clin Mother Child Heal* 2011;8:1–5.
- [22] Dinomais M, Marret S, Vuillerot C. Brain plasticity and early rehabilitative care for children after neonatal arterial cerebral infarction. *Arch Pediatr* 2017;24:9S61–8.
- [23] Bleyenheuft Y, Ebner-Karestinos D, Surana B, Paradis J, Sidiropoulos A, Renders A, et al. Intensive upper- and lower-extremity training for children with bilateral cerebral palsy: a quasi-randomized trial. *Dev Med Child Neurol* 2017;59:625–33.
- [24] Tardieu C. Origine et évolution de la bipédie. *Mot Cérébrale* 2018;39:55–65.
- [25] Assaiante C, Chabrol B. Développement et troubles de la marche chez l'enfant. *Rev Neurol (Paris)* 2010;166:149–57.
- [26] Dedieu P. Anatomie et physiologie de la marche humaine. *EMC - Podol* 2020;22:1–14.
- [27] Bril B, Ledebt A. Les débuts de la marche autonome chez l'enfant. *J Pédiatrie Puériculture* 1994;7:21–33.
- [28] Beckung E, Hagberg G, Uldall P, Cans C. Probability of walking in children with cerebral palsy in Europe. *Pediatrics* 2008;121:187–92.
- [29] Chen B, Ma H, Qin LY, Gao F, Chan KM, Law SW, et al. Recent developments and challenges of lower extremity exoskeletons. *J Orthop Transl* 2016;5:26–37.
- [30] Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. La rééducation de la marche assistée par robotique. In: Paillard T, editor. *Posture équilibration Hum. Broché, De Boeck*; 2016, p. 237–41.
- [31] Artoni F, Cometa A, Dalise S, Azzollini V, Micera S, Chisari C. Cortico-muscular connectivity is modulated by passive and active Lokomat-assisted Gait. *Sci Rep* 2023;13:1–14.

- [32] Jezernik S, Colombo G, Keller T, Frueh H, Morari M. Robotic Orthosis Lokomat: A Rehabilitation and Research Tool. *Int Neuromodulation Soc* 2003;6:108–15.
- [33] Mehrholz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B, et al. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;1:1–111.
- [34] Tefertiller C, Pharo B, Evans N, Winchester P. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: A review. *J Rehabil Res Dev* 2011;48:387–416.
- [35] Aurich T, Warken B, Graser J V., Ulrich T, Borggraefe I, Heinen F, et al. Practical Recommendations for Robot-Assisted Treadmill Therapy (Lokomat) in Children with Cerebral Palsy: Indications, Goal Setting, and Clinical Implementation within the WHO-ICF Framework. *Neuropediatrics* 2015;46:248–60.
- [36] Damiano D, Dejong S. A Systematic Review of the Effectiveness of Treadmill Training and Body Weight Support in Pediatric Rehabilitation. *J Neurol Phys Ther* 2009;33:27–44.
- [37] Richards CL, Malouin F. Cerebral palsy: Definition, assessment and rehabilitation. *Handb. Clin. Neurol.*, vol. 111, Elsevier; 2013, p. 183–95.
- [38] Glasziou P, Richardson WS, Strauss SE, Sackett DL, Haynes RB. *Médecine fondée sur les faits : Evidence Based Medicine*. 3rd ed. Elsevier Masson SAS; 2007.
- [39] Durieux N, Vandenput S, Pasleau F. *Médecine factuelle: La hiérarchisation des preuves par le Centre for Evidence-Based Medicine d’Oxford*. *Rev Med Liege* 2013;68:644–9.
- [40] Pallot A, Davergne T, Gallois M, Guémann M, Martin S, Morichon A, et al. *Evidence Based Practice en rééducation : Démarche pour une pratique raisonnée*. Elsevier Masson SAS; 2019.
- [41] Moseley AM, Rahman P, Wells GA, Zadro JR, Sherrington C, Toupin-April K, et al. Agreement between the Cochrane risk of bias tool and Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale: A meta-epidemiological study of randomized controlled trials of physical therapy interventions. *PLoS One* 2019;14:1–16.
- [42] Armijo-Olivo S, Da Costa BR, Cummings GG, Ha C, Fuentes J, Saltaji H, et al. PEDro or Cochrane to assess the quality of clinical trials? A meta-epidemiological study. *PLoS One* 2015;10:1–14.
- [43] Higgins JP, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Sterne JA. Assessing risk of bias in a randomized trial. In: Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, et al., editors. *Cochrane Handb. Syst. Rev. Interv*. 2nd ed., Chichester: John Wiley and Sons Ltd; 2019, p. 205–28.
- [44] Simon EG, Fouché CJ, Perrotin F. Introduction à la méthodologie des essais randomisés : l’évaluation de la qualité des essais randomisés. *Gynecol Obstet Fertil* 2012;40:135–7.
- [45] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: An emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008;336:924–6.
- [46] Goldet G, Howick J. Understanding GRADE: An introduction. *J Evid Based Med* 2013;6:50–4.
- [47] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:1–9.

- [48] Peri E, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Panzeri D, Morganti R, et al. Effects of dose and duration of Robot-Assisted Gait Training on walking ability of children affected by cerebral palsy. *Technol Heal Care* 2017;9:1–11.
- [49] Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2018;60:55–60.
- [50] Ammann-Reiffer C, Bastiaenen CHG, Meyer-Heim AD, Van Hedel HJA. Lessons learned from conducting a pragmatic, randomized, crossover trial on robot-assisted gait training in children with cerebral palsy (PeLoGAIT). *J Pediatr Rehabil Med* 2020;13:137–48.
- [51] Jin LH, Yang SS, Choi JY, Sohn MK. The effect of robot-assisted gait training on locomotor function and functional capability for daily activities in children with cerebral palsy: A single-blinded, randomized cross-over trial. *Brain Sci* 2020;10:1–15.
- [52] Harvey AR. The Gross Motor Function Measure (GMFM). *J Physiother* 2017;63:187.
- [53] Society AT. ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111–7.
- [54] Chittaranjan A. The P Value and Statistical Significance :Misunderstandings, Explanations, Challenges, and Alternatives. *Indian J Psychol Med* 2019;41:210–5.
- [55] Oeffinger D, Bagley A, Rogers S, Gorton G, Kryscio R, Abel M, et al. Outcome tools used for ambulatory children with cerebral palsy: responsiveness and minimum clinically important differences. *Dev Med Child Neurol* 2008;50:918–25.
- [56] Storm FA, Petrarca M, Beretta E, Strazzer S, Piccinini L, Maghini C, et al. Minimum Clinically Important Difference of Gross Motor Function and Gait Endurance in Children with Motor Impairment: A Comparison of Distribution-Based Approaches. *Biomed Res Int* 2020;2020:1–9.
- [57] Qian G, Cai X, Xu K, Tian H, Meng Q, Ossowski Z, et al. Which gait training intervention can most effectively improve gait ability in patients with cerebral palsy? A systematic review and network meta-analysis. *Front Neurol* 2023;13:1–14.
- [58] Vezér M, Gresits O, Engh MA, Szabó L, Molnar Z, Hegyi P, et al. Evidence for gait improvement with robotic-assisted gait training of children with cerebral palsy remains uncertain. *Gait Posture* 2024;107:8–16.
- [59] Romeo DM, Venezia I, Pede E, Brogna C. Cerebral palsy and sex differences in children: A narrative review of the literature. *J Neurosci Res* 2023;101:783–95.
- [60] Hanna SE, Bartlett DJ, Rivard LM, Russell DJ. Reference curves for the gross motor function measure: Percentiles for clinical description and tracking over time among children with cerebral palsy. *Phys Ther* 2008;88:596–607.
- [61] Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M, Walter S, Russell D, et al. Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale. *Dev Med Child Neurol* 2007;39:1–6.

- [62] van Dellen F, Labruyère R. Settings matter: a scoping review on parameters in robot-assisted gait therapy identifies the importance of reporting standards. *J Neuroeng Rehabil* 2022;19:1–13.
- [63] Van Kammen K, Boonstra AM, Van Der Woude LHV, Reinders-Messelink HA, Den Otter R. The combined effects of guidance force, bodyweight support and gait speed on muscle activity during able-bodied walking in the Lokomat. *Clin Biomech* 2016;36:65–73.
- [64] Carol A M, Marie T W, Tim S O. The six-minute walk test for children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res* 2008;31:185–8.
- [65] Wang Y, Zhang P, Li C. Systematic review and network meta-analysis of robot-assisted gait training on lower limb function in patients with cerebral palsy. *Neurol Sci* 2023;44:3863–75.
- [66] Delafontaine A. Réussir la démarche de recherche universitaire en kinésithérapie et thérapie manuelle. Elsevier Masson SAS; 2019.
- [67] Janiaud P, Cornu C, Lajoinie A, Djemli A, Cucherat M, Kassai B. Is the perceived placebo effect comparable between adults and children? A meta-regression analysis. *Pediatr Res* 2017;81:11–7.
- [68] Mendoza Pinto C, García Carrasco M. GRADE system, systematic and transparent evaluation. *Reumatol Clin* 2018;14:65–7.
- [69] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2 : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques. *Kinésithérapie, La Rev* 2019;20:1–2.
- [70] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 2017;358:1–9.

7 Annexes

Annexe 1 : Synthèse de la RBP élaborée par la HAS sur la PEC de la PC

Annexe 2 : Synthèse détaillée des études incluses

Annexe 3 : Évaluation détaillée des biais des études incluses – Risk Of Bias Tool

Annexe 4 : Gross Motor Function Measure

Annexe 5 : Test de marche des 6 minutes ou 6MinWT

Priorisation des interventions en rééducation et en réadaptation

Interventions en rééducation et en réadaptation	Priorité		
	Enfants de 2 à 12 ans	Adolescents de 12 à 18 ans	Adultes de plus de 18 ans
Rééducation et réadaptation fonctionnelle conventionnelle			
Mobilisations passives : postures passives nocturnes	2	2	3
Renforcement musculaire	1	1	2
Exercices aérobie ou entraînement cardiorespiratoire à l'effort	1	1	1
Exercices basés sur le biofeedback	3	3	3
Entraînement à la marche	1	1	1
Entraînement spécifique à la marche arrière	2	2	3
Entraînement à la marche sur tapis roulant	2	2	2
Orthèse cheville-pied pour déficit moteur du pied et de la cheville	2	2	2
Orthèse cheville-pied pour déambulation avec équin	1	1	2
Programmes de rééducation et réadaptation intensive			
Thérapie par contrainte induite du mouvement (CIMT)	3	3	3
Version modifiée de la thérapie par contrainte induite du mouvement (mCIMT)	3	3	3
Entraînement intensif bimanuel main-bras (HABIT)	1	1	3
Entraînement intensif bimanuel main-bras incluant les membres inférieurs (HABIT-ILE)	1	1	3
Activité physique adaptée			
Activité physique	1	1	1
Activités sportives	1	1	1
Balnéothérapie	1	1	1
Hippothérapie	2	2	2
Rééducation robotisée et/ou informatisée			
Jeux informatiques interactifs	2	2	2
Thérapie par réalité virtuelle	2	2	2
Rééducation basée sur d'autres approches			
Thérapie miroir	3	3	3
Éducation thérapeutique du patient et de la famille	1	1	1

* 1 = prioritaire ; 2 = secondairement prioritaire ; 3 = non prioritaire.

Ce document présente les points essentiels de la publication : **Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale – Aspects techniques**, octobre 2021
Toutes nos publications sont téléchargeables sur www.has-sante.fr

Annexe 2 : Synthèse détaillée des études incluses

<p><i>“Effects of dose and duration of robot-assisted gait training on walking ability of children affected by cerebral palsy”</i></p> <p>Elisabetta Peri et al, 2017</p> <p>Schéma d'étude = Essais contrôlé non randomisé</p>		
Population	Participants	<ul style="list-style-type: none"> - 44 enfants (22 ♀/22 ♂) - De 4 à 17 ans (≈ 8,7 ans) - GMFCS I-III
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - PC spastique bilatérale - Capacité à communiquer toute douleur ou peur - Capacité de marcher avec ou sans aide technique/orthèse - Coopération lors des ≠ évaluations - Longueur de fémur > 21cm - Suivi régulier en kinésithérapie
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Chirurgie dans les 6 mois précédant l'étude - Injection de toxine botulique A dans les 3 mois précédant l'étude - Utilisation de pompe à baclofène
Intervention	<p>RAGT sur Lokomat Pro module pédiatrique</p> <p><u>3 groupes ≠ :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - RAGT = 4 sessions/semaine sur 10 semaines - RAGT + TOP = 2+2 sessions/semaine sur 4 semaines - RAGT + TOP = 2+2 sessions/semaine sur 10 semaines <p><u>Durée de chaque session :</u> 30 minutes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Body Weight Support = 50% - Guidance Force = 100% - Gait Speed = 1,2km/h puis ↗ patient dépendant 	
Comparateur	<p>TOP = Task Oriented Physiotherapy</p> <p>4 sessions/semaine sur 10 semaines</p> <p>→ Travail de l'équilibre statique et dynamique lors de la marche, exercices de renforcement fonctionnels, étirements MI...</p>	
Outcome	<p><u>3 prises de mesure :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - T0 = au début de l'étude - T1 = à la dernière session - T2 = 3 mois après la dernière session <p>Critère de jugement principal = GMFM-88, GMFM D, GMFM E</p> <p>Critère de jugement secondaire = 6MinWT</p> <p>Évaluateur formé au GMFM-66</p>	
Résultat	<ul style="list-style-type: none"> - GMFM E statistiquement significatif 	

“Effect of robotic-assisted gait rehabilitation on dynamic equilibrium control in the gait of children with cerebral palsy”

Laura Wallard et al, 2018

Schéma d'étude = Essais contrôlé randomisé en « cross over »

Population	Participants	<ul style="list-style-type: none"> - 30 enfants (15 ♀/15 ♂) - De 8 à 10 ans (≈ 8,9 ans)
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - PC spastique bilatérale - Capacité de marcher avec ou sans aide technique/orthèse sur 60m - GMFCS II
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Chirurgie ou injection de toxine botulique A dans les 12 mois précédant l'étude
Intervention	<p>Treated Group (TG) avec Lokomat Pro module pédiatrique 5 sessions/semaine sur 4 semaines <u>Durée de chaque session</u> : 40 minutes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Body Weight Support = 70% puis ↘ patient dépendant - Guidance force = aucune information - Gait Speed = patient dépendant 	
Comparateur	<p>Control Group (CG) 5 sessions/semaine sur 4 semaines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kinésithérapie + ergothérapie <p>Aucune description précise sur la durée et le contenu des séances.</p>	
Outcome	<p><u>2 prises de mesure</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - T0 = au début de l'étude - T1 = 3 jours après la dernière session <p>Critère de jugement principal = Clinical gait analysis Critère de jugement secondaire = GMFM D, GMFM E</p>	
Résultat	<ul style="list-style-type: none"> - GMFM D statistiquement significatif - GMFM E statistiquement significatif 	

“Lessons learned from conducting a pragmatic, randomized, crossover trial on robot-assisted gait training in children with cerebral palsy (PeLoGAIT)”

Corinne Ammann-Reiffer et al, 2020

Schéma d'étude = Essais contrôlé randomisé en « cross over »

Population	Participants	<ul style="list-style-type: none"> - 16 enfants (3 ♀/13 ♂) - De 6 à 18 ans (≈ 11,3 ans)
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - PC spastique bilatérale - Capacité de marcher avec ou sans aide technique/orthèse - GMFCS II-IV - Capacité à communiquer toute douleur ou peur
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Chirurgie dans les 6 mois précédant l'étude - Séances de Lokomat dans les 6 mois précédant l'étude - Tout changement de traitement médicamenteux dans les 4 dernières semaines ou durant l'étude - Présentation de contre-indications à l'utilisation du Lokomat
Intervention	<p>RAGT (T) avec Lokomat Pro module pédiatrique 3 sessions/semaine sur 5 semaines <u>Durée de chaque session</u> : 45min maximum, sans compter le temps d'installation et de réglage. Paramètres de l'exosquelette adaptés aux besoins de l'enfant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Body Weight Support, - Guidance Force, - Gait Speed. 	
Comparateur	<p>Usual care (UC) 1-2 sessions/semaine sur 5 semaines Durée de chaque session : 30 à 45min</p> <ul style="list-style-type: none"> - Renforcement musculaire, étirements des MI, W de l'équilibre et de la marche, - Patient dépendant, - Complétées par des séances d'hippothérapie et d'ergothérapie. 	
Outcome	<p>Critère de jugement principal = GMFM E Critère de jugement secondaire = GMFM D, 6MinWT, 10MWTss, 10MWTfast Évaluateur en aveugle, formé au GMFM-66</p>	
Résultat	<ul style="list-style-type: none"> - Aucun résultat statistiquement significatif 	

“The Effect of Robot-Assisted Gait Training on Locomotor Function and Functional Capability for Daily Activities in Children with Cerebral Palsy: A Single-Blinded, Randomized Cross-Over Trial”

Li Hua Jin et al, 2020

Schéma d'étude = Essais contrôlé randomisé en « cross over »

Population	Participants	<ul style="list-style-type: none"> - 20 enfants (7 ♀/13 ♂) - De 4 à 9 ans (≈ 6,7 ans)
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - PC de tout type - GMFCS II – IV - 98cm < taille de l'enfant < 150cm - Longueur de fémur > 21cm
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Raideur importante des MI - Lésions cutanées non cicatrisées au niveau des MI - Chirurgie dans les 3 mois précédant l'étude - Déficience intellectuelle impactant la capacité à comprendre les consignes verbales simples
Intervention	<p>“ RAGT period” avec Walkbot-K 3 sessions/semaine sur 6 semaines <u>Durée de chaque session</u> : 30 minutes sans compter le temps d'installation sur la machine.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Body Weight Support = 100% puis ↘ patient dépendant - Guidance Force = 100% - Gait Speed = 0,5km/h puis ↗ patient dépendant 	
Comparateur	<p>« SC period » 2-4 sessions/semaine sur 6 semaines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kinésithérapie conventionnelle à base d'étirements, de travail de l'équilibre et de renforcement musculaire. - Patient dépendant 	
Outcome	<p>4 <u>prises de mesure</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - T0 = au début de l'étude - T1 = à la dernière session avant le cross over - T2 = à la dernière session après le cross over - T3 = après la 2^{ème} période SC du groupe SRS <p>Critère de jugement principal = GMFM C, GMFM D, GMFM E Critère de jugement secondaire = WeeFIM, COPM, dépense énergétique, « body composition » Évaluateur en aveugle</p>	
Résultat	<ul style="list-style-type: none"> - GMFM D statistiquement significatif - GMFM E statistiquement significatif 	

Annexe 3 : Évaluation détaillée des biais des études incluses – Risk Of Bias Tool

Unique ID	ID1	Study ID	Peri 2017	Assessor	RC
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)		
Experimental	RAGT	Comparator	Control	Source	
Outcome	GMFM D and E	Results		Weight	1
Domain	Signalling question	Response		Comments	
Bias arising from the randomization process	1.1 Was the allocation sequence random?	N		"the patients' allocation was not-randomized, weakening the study design"	
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	N			
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	N		Cf Table 1	
	Risk of bias judgement	High			
Bias due to deviations from intended interventions	2.1. Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y		Aucune possibilité d'être en double aveugle, autant les sujets de l'étude que les thérapeutes.	
	2.2. Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	Y			
	2.3. If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	N			
	2.4. If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA			
	2.5. If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA			
	2.6. Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	NI			
	2.7. If N/P/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	PN			
Risk of bias judgement	Some concerns				
Bias due to missing outcome data	3.1. Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	N		Seulement les médianes sont présentées dans la Table 3. Aucune donnée patient par patient. Aucune indication sur les perdus de vue.	
	3.2. If N/P/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	N			
	3.3. If N/PN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	N			
	3.4. If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA			
	Risk of bias judgement	Low			
Bias in measurement of the outcome	4.1. Was the method of measuring the outcome inappropriate?	N		"a GMFM-certified therapist assessed the gross motor ability"	
	4.2. Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	N			
	4.3. Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	N			
	4.4. If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	4.5. If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NA			
Risk of bias judgement	Low				
Bias in selection of the reported result	5.1. Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	NI			
	5.2. ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	N		Echelle standardisée GMFM	
	5.3. ... multiple eligible analyses of the data?	N			
	Risk of bias judgement	Some concerns			
Overall bias	Risk of bias judgement	High			

Unique ID	ID2	Study ID	Wallard 2018	Assessor		RC	
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)				
Experimental	RAGT	Comparator	Control	Source			
Outcome	GMFM D and E	Results		Weight	1		
Domain	Signalling question	Response	Comments				
Bias arising from the randomization process	1.1 Was the allocation sequence random?	Y	"Randomization and allocation into the two groups were made by drawing lots, limiting the selection biases."				
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	NI					
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	N	Cf Table 1				
	Risk of bias judgement	Some concerns					
Bias due to deviations from intended interventions	2.1 Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y	Aucune possibilité d'être en double aveugle, autant les sujets de l'étude que les thérapeutes.				
	2.2 Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	Y					
	2.3 If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	N					
	2.4 If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA					
	2.5 If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA					
	2.6 Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	NI	Non indiqué concernant les critères de jugement qui nous intéressent dans cette revue.				
	2.7 If N/PN/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	PN					
	Risk of bias judgement	Some concerns					
Bias due to missing outcome data	3.1 Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	N	Aucune donnée patient par patient. Aucune indication sur les perdus de vue.				
	3.2 If N/PN/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	N					
	3.3 If N/PN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	N					
	3.4 If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA					
	Risk of bias judgement	Low					
Bias in measurement of the outcome	4.1 Was the method of measuring the outcome inappropriate?	PN	Aucune information au sujet de l'évaluateur : a-t-il reçu une formation pour utiliser le GMFM de manière efficiente ?				
	4.2 Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	NI					
	4.3 Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	NI					
	4.4 If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	N					
	4.5 If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NA					
	Risk of bias judgement	Some concerns					
Bias in selection of the reported result	5.1 Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	Y					
	5.2 ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	N	Echelle standardisée GMFM				
	5.3 ... multiple eligible analyses of the data?	N					
	Risk of bias judgement	Low					
Overall bias	Risk of bias judgement	Some concerns					

Unique ID	ID3	Study ID	Ammann-Reiffer 2020	Assessor	RC
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)		
Experimental	RAGT	Comparator	Control	Source	Trial protocol
Outcome	GMFM D and E	Results		Weight	1
Domain	Signalling question	Response		Comments	
Bias arising from the randomization process	1.1 Was the allocation sequence random?	Y		"minimization method with a random factor of 0.9, including the factors severity of impairment (GMFCS-level II or III/IV), age (6–11 years or 11–18 years) and Botulinum Toxin A-treatment (present or absent) in the preceding 6 months."	
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	Y		"To ensure that group allocation is concealed for patients and their families as well as everyone who is involved at any stage of the trial, the randomization list is generated by a person not belonging to the study team on www.randomizer.at and stored off site."	
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	N		Cf Table 1	
	Risk of bias judgement	Low			
Bias due to deviations from intended interventions	2.1. Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y		Aucune possibilité d'être en double aveugle, autant les sujets de l'étude que les thérapeutes.	
	2.2. Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	Y			
	2.3. If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	PN			
	2.4. If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA			
	2.5. If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA			
	2.6. Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	NI			
	2.7. If N/PN/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	N			
Risk of bias judgement	Some concerns				
Bias due to missing outcome data	3.1. Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	Y		Pas de perdu de vue = "Until trial termination, 16 children and adolescents with a bilateral spastic CP completed the study, without any dropouts."	
	3.2. If N/PN/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	NA			
	3.3. If N/PN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	NA			
	3.4. If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA			
Risk of bias judgement	Low				
Bias in measurement of the outcome	4.1. Was the method of measuring the outcome inappropriate?	N		"A GMFM-certified therapist instructs the children while the test is simultaneously videotaped."	
	4.2. Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	N			
	4.3. Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	N		"These videos are later scored by a blinded rater, who is also a GMFM certified therapist."	
	4.4. If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	4.5. If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NA			
Risk of bias judgement	Low				
Bias in selection of the reported result	5.1. Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	Y			
	5.2. ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	N		Echelle standardisée GMFM	
	5.3. ... multiple eligible analyses of the data?	NI			
Risk of bias judgement	Some concerns				
Overall bias	Risk of bias judgement	Some concerns			

Unique ID	ID4	Study ID	Jin 2020	Assessor	RC
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)		
Experimental	RAGT	Comparator	Control	Source	Trial protocol
Outcome	GMFM D and E	Results		Weight	
Domain	Signalling question	Response		Comments	
Bias arising from the randomization process	1.1 Was the allocation sequence random?	Y		"This was a single-center, single-blinded, randomized cross-over trial."	
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	NI		"The randomization sequence was generated at the start of the trial using computer-generated sequencing."	
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	N			
	Risk of bias judgement	Some concerns			
Bias due to deviations from intended interventions	2.1. Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y		Aucune possibilité d'être en double aveugle, autant les sujets de l'étude que les thérapeutes.	
	2.2. Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	Y			
	2.3. If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	N			
	2.4 If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA			
	2.5. If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA			
	2.6 Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	NI			
	2.7 If N/PN/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	PN			
Risk of bias judgement	Some concerns				
Bias due to missing outcome data	3.1 Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	Y		Aucun perdu de vue = Cf figure 1 "Twenty participants completed the study."	
	3.2 If N/PN/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	NA			
	3.3 If N/PN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	NA			
	3.4 If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA			
Risk of bias judgement	Low				
Bias in measurement of the outcome	4.1 Was the method of measuring the outcome inappropriate?	NI		Aucune information au sujet de l'évaluateur : a-t-il reçu une formation pour utiliser le GMFM de manière efficiente ?	
	4.2 Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	N		Un seul et même évaluateur pour les deux groupes.	
	4.3 Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	N		"A blinded assessor who was unaware of the intervention sequence for each participant measured the study outcomes."	
	4.4 If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	4.5 If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	Risk of bias judgement	Low			
Bias in selection of the reported result	5.1 Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	N		Aucune donnée numérique concernant le GMFM D et GMFM E. Présentation sous forme de graphique (figure 4), aucune précision dans le corps de texte de l'article.	
	5.2 ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	N			
	5.3 ... multiple eligible analyses of the data?	Y		Aucune unité présente sur l'abscisse et l'ordonnée de la figure 4.	
Risk of bias judgement	High				
Overall bias	Risk of bias judgement	High			

Annexe 4 : Gross Motor Function Measure

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

Child's Name:	_____	ID#:	_____			
Assessment Date:	_____	GMFCS Level ¹ :				
	year / month / day	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Date of Birth:	_____	I	II	III	IV	V
	year / month / day					
Chronological Age:	_____	Evaluator's Name:	_____			
	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 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 Website: www.canchild.ca



¹GMFCS 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	1	2	3	38.
* 39.	4 POINT: MAINTAINS, WEIGHT ON HANDS AND KNEES, 10 SECONDS	0	1	2	3	39.
* 40.	4 POINT: ATTAINS SIT ARMS FREE.....	0	1	2	3	40.
* 41.	PR: ATTAINS 4 POINT, WEIGHT ON HANDS AND KNEES	0	1	2	3	41.
* 42.	4 POINT: REACHES FORWARD WITH R ARM, HAND ABOVE SHOULDER LEVEL	0	1	2	3	42.
* 43.	4 POINT: REACHES FORWARD WITH L ARM, HAND ABOVE SHOULDER LEVEL.....	0	1	2	3	43.
* 44.	4 POINT: CRAWLS OR HITCHES FORWARD 1.8m(6').....	0	1	2	3	44.
* 45.	4 POINT: CRAWLS RECIPROCALLY FORWARD 1.8m (6').....	0	1	2	3	45.
* 46.	4 POINT: CRAWLS UP 4 STEPS ON HANDS AND KNEES/FEET	0	1	2	3	46.
47.	4 POINT: CRAWLS BACKWARDS DOWN 4 STEPS ON HANDS AND KNEES/FEET	0	1	2	3	47.
* 48.	SIT ON MAT: ATTAINS HIGH KN USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS	0	1	2	3	48.
49.	HIGH KN: ATTAINS HALF KN ON R KNEE USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS	0	1	2	3	49.
50.	HIGH KN: ATTAINS HALF KN ON L KNEE USING ARMS, MAINTAINS, ARMS FREE, 10 SECONDS	0	1	2	3	50.
* 51.	HIGH KN: KN WALKS FORWARD 10 STEPS, ARMS FREE	0	1	2	3	51.

TOTAL DIMENSION C

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

TOTAL DIMENSION D

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

GMFM-66 Gross Motor Ability Estimator Score ¹

GMFM-66 Score = _____ to _____
95% Confidence Intervals

previous GMFM-66 Score = _____ to _____
95% Confidence Intervals

change in GMFM-66 = _____

¹ 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 <small>(indicated with ✓ check)</small>
A. Lying & Rolling	$\frac{\text{Total Dimension A}}{51} = \frac{\quad}{51} \times 100 = \quad \%$	A. <input type="checkbox"/>
B. Sitting	$\frac{\text{Total Dimension B}}{60} = \frac{\quad}{60} \times 100 = \quad \%$	B. <input type="checkbox"/>
C. Crawling & Kneeling	$\frac{\text{Total Dimension C}}{42} = \frac{\quad}{42} \times 100 = \quad \%$	C. <input type="checkbox"/>
D. Standing	$\frac{\text{Total Dimension D}}{39} = \frac{\quad}{39} \times 100 = \quad \%$	D. <input type="checkbox"/>
E. Walking, Running & Jumping	$\frac{\text{Total Dimension E}}{72} = \frac{\quad}{72} \times 100 = \quad \%$	E. <input type="checkbox"/>
TOTAL SCORE =	$\frac{\%A + \%B + \%C + \%D + \%E}{\text{Total \# of Dimensions}}$	
	$= \frac{\quad}{5} = \quad = \quad \%$	
GOAL TOTAL SCORE =	$\frac{\text{Sum of \%scores for each dimension identified as a goal area}}{\text{\# of Goal areas}}$	
	$= \quad = \quad \%$	

TEST DE MARCHE DES 6 MINUTES

▪ **Recommandations techniques :**

Le 6MWT est un test simple qui exige un parcours de 30 mètres, au calme, en intérieur, plat, idéalement dans un couloir rectangulaire rectiligne. Le trajet doit être balisé tous les 3 mètres par des marques de couleur. Le demi-tour doit être visualisé avec un cône. Quelques études ont utilisé des couloirs de 20 et 50m. Il est souhaitable de matérialiser la ligne de départ par une bande de couleur. Une check-list permet de préparer le matériel nécessaire à la réalisation du test.

▪ **Les instructions :**

Selon l'American Thoracic Society (ATS) protocole, les instructions doivent être données aux patients de la manière suivante:

«Le but de ce test est de marcher le plus possible pendant 6 minutes. Vous marcherez aller et retour dans ce couloir. Marcher six minutes est un temps long et donc vous devez faire un effort. Vous allez sûrement vous sentir hors d'haleine ou fatigué. Vous pouvez donc ralentir, vous arrêter et vous reposer si nécessaire. Vous pouvez vous appuyer contre le mur pour vous reposer, mais reprenez la marche dès que vous en êtes capable. Vous passerez de part et d'autre des cônes. Vous parcourez le couloir aller et retour en tournant autour des cônes rapidement et en continuant dans l'autre sens sans hésitation. Maintenant, je vais vous montrer. S'il vous plaît, regardez la façon dont je fais un demi-tour sans hésiter. »

Faites la démonstration vous-même en tournant autour du cône. Et dites :

« Etes-vous prêt ? Je vais compter les demi-tours que vous faites. Rappelez vous que l'objectif est de marcher autant que possible pendant 6 minutes mais ne courez pas. Allez y maintenant ou dès que vous vous sentez prêt. »

Le patient doit être positionné sur la ligne de départ. L'évaluateur doit rester prêt de la ligne de départ durant tout le test. Le chronomètre est déclenché dès que le patient commence à marcher.

Aucune conversation ne doit avoir lieu durant le test. Un ton de voix identique doit être utilisé pour donner les instructions standardisées (voir plus loin). Le patient doit être surveillé. L'évaluateur doit rester concentré et compter le nombre de tours effectué.

Après 1 minute, le patient doit être informé de la manière suivante :

« C'est très bien. Il vous reste 5 minutes »

Quand il reste 4 minutes, le patient doit être informé :

« Continuez comme cela, il vous reste 4 minutes »

Quand il reste 3 minutes, le patient doit être informé :

« C'est très bien, vous avez fait la moitié du temps »

Quand il reste 2 minutes, le patient doit être informé :

« Continuez comme cela, il vous reste 2 minutes »

Quand il reste 1 minute, le patient doit être informé :

« C'est bien, il vous reste 1 minute à faire »

D'autres termes ou encouragements doivent être évités.

Les éléments suivants doivent être consignés

Score :

- un papier et un crayon doivent être utilisés pour noter le nombre de tours que le patient est capable de réaliser
- La distance parcourue, le nombre et la durée des pauses doivent être mesurées
- Le score est compris entre 0 mètre pour une personne non ambulatoire et à peu près 900 mètres pour un sujet en bonne santé.

N°19008980 - RATABOUIL - Chloé - N°111

Titre : Intérêt d'une réhabilitation robotisée dans la rééducation à la marche des enfants atteints de paralysie cérébrale : revue systématique

Title : Interest of robotic rehabilitation in gait rehabilitation of children with cerebral palsy: systematic review

Nombre de pages (avec les annexes) : 75 pages

Directeur de mémoire : Mme EGLIER Maëlys

Résumé :

Introduction : De nos jours, la paralysie cérébrale est la cause la plus fréquente de handicap moteur chez les enfants. La kinésithérapie joue un rôle clé dans sa prise en charge afin d'améliorer l'autonomie des enfants. Plusieurs approches de rééducation peuvent être envisagées, y compris les nouvelles technologies telles que l'entraînement à la marche assisté par robot. **Objectif :** L'objectif de cette revue systématique est de déterminer si la rééducation à la marche chez les paralysés cérébraux est améliorée par l'utilisation d'une assistance robotique ou si la kinésithérapie conventionnelle est plus efficace. **Méthode :** La recherche documentaire a été menée sur PubMed, PEDro, Cochrane Library et Kinedoc jusqu'au 16 janvier 2024, afin d'identifier les essais contrôlés randomisés (ECR) présentant : des enfants atteints de paralysie cérébrale (GMFCS II-IV) comme participants ; des exosquelettes de marche comme intervention ; une rééducation conventionnelle comme comparateur ; la fonction motrice globale et l'endurance comme critères de jugement. **Résultats :** Sur 1037 études, 3 ECR et 1 essais contrôlé non randomisé ont été inclus dans cette revue. 3 études ont obtenu des résultats statistiquement significatifs en ce qui concerne la fonction motrice globale. Cependant, aucune d'entre elles n'a pu être considérée comme cliniquement significative. En ce qui concerne l'endurance de la marche, aucune des études incluses n'a obtenu de résultats significatifs. **Discussion :** Les résultats obtenus dans cette revue doivent être mis en balance avec le peu d'articles inclus, leurs faibles qualités méthodologiques et leurs hétérogénéités. D'autres ECR bien menés seraient nécessaires pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus.

Abstract :

Introduction : Nowadays, cerebral palsy is the most common cause of motor disability in children. Physiotherapy plays a key role in its management, to enhance children's autonomy. Several rehabilitation approaches can be considered, including new technologies such as Robot Assisted Gait Training (RAGT). **Objective :** The aim of this systematic review is to determinate whether gait rehabilitation in cerebral palsy is enhanced by using robotic assistance or whether conventional physiotherapy rehabilitation is more effective. **Method :** The literature research was conducted on PubMed, PEDro, Cochrane Library and Kinedoc until January 16, 2024, to identify Randomized Controlled Trials (RCTs) presenting: GMFCS II-IV cerebral palsy children as participants; exoskeleton robot devices as intervention; conventional rehabilitation as comparator; gross motor function and endurance as outcomes. **Results :** Out of 1037 records, 3 RCTs and 1 non RCT were included in this review. 3 studies found statistically significant results in gross motor function. However, none of them could be considered clinically significant. Concerning the walking endurance, none of the included studies found significant results. **Discussion :** The results found in this review have to be weighed against the lack of articles included, their low methodological qualities and their heterogeneity. Further RCTs well conducted would be necessary to confirm or refute the results obtained.

Mots clés : paralysie cérébrale ; rééducation robotisée ; entraînement à la marche assisté par robot ; exosquelette ; Lokomat® ; fonction motrice globale ; marche.

Keywords : cerebral palsy ; robotic rehabilitation ; robotic assisted gait training ; exoskeleton ; Lokomat® ; gross motor function ; walking.