



HAL
open science

Effets des interventions thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale : revue systématique

Camille Mercier

► To cite this version:

Camille Mercier. Effets des interventions thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale : revue systématique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04771812

HAL Id: dumas-04771812

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04771812v1>

Submitted on 7 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**

**EFFETS DES INTERVENTIONS
THÉRAPEUTIQUES AMÉLIORANT LE
CONTROLE POSTURAL DU TRONC
SUR LA MARCHÉ CHEZ LES ENFANTS
ATTEINTS DE PARALYSIE CÉRÉBRALE :
REVUE SYSTÉMATIQUE**

MERCIER Camille
Directeur de mémoire : Mme TOURLET Clémentine

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de mémoire, Madame Clémentine TOURLET pour son accompagnement et sa patience.

J'adresse mes remerciements à toute l'équipe du centre de rééducation fonctionnelle de Pomponiana Olbia, pour m'avoir formée et soutenue tout au long de cette année passée à leurs côtés. Je remercie plus particulièrement Clara, pour ses nombreuses relectures, et sa bienveillance.

Marie, Manon, Léo, merci pour votre présence inestimable.

Un grand merci à mon cousin Antoine, pour avoir contribué à ma formation, m'avoir transmis sa passion pour la profession mais également pour son soutien et sa gentillesse.

J'aimerais remercier sincèrement Patrick et Mahé, mes grands-parents pour tout l'amour qu'ils m'apportent et toutes les valeurs qu'ils m'ont transmises.

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à ma mère et mon beau père qui n'ont cessé de me soutenir, de croire en moi et de franchir les obstacles à mes côtés.

Je remercie également ma sœur, pour avoir été à mes côtés dans toutes les épreuves de la vie et à qui je souhaite énormément de réussite à tous points de vue.

Enfin, j'aimerais remercier ma famille et mes amis que je n'ai pas cités et qui ont également contribué la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	1
1.1 La paralysie cérébrale	1
1.1.1 Définition de la paralysie cérébrale	1
1.1.2 Épidémiologie	1
1.1.3 Étiologie	2
1.1.4 Diagnostic	3
1.1.5 Les différentes formes et classification.....	3
1.2 Le contrôle postural	6
1.2.1 Définition de la posture	6
1.2.2 Définition du contrôle postural.....	6
1.2.3 Le développement normal du contrôle postural chez l'enfant	11
1.2.4 Le déficit de contrôle postural et son impact sur la motricité chez l'enfant atteint de paralysie cérébrale	12
1.2.5 Contribution du tronc dans le contrôle postural statique et dynamique.....	13
1.2.6 Stratégies thérapeutiques permettant d'améliorer le contrôle postural.....	13
1.3 La marche	15
1.3.1 La marche dite normale.....	15
1.3.2 La marche chez les paralysés cérébraux	16
1.3.3 Évaluation de la marche.....	17
1.4 Objectif de la revue.....	18
2. Méthode.....	19
2.1 Critères d'éligibilité des études	19
2.1.1 Type d'étude.....	19
2.1.2 Critères PICO.....	19
2.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion de cette étude	20
2.2 Méthodologie de recherche des études	20
2.2.1 Sources documentaires	20
2.2.2 Équations de recherches.....	20
2.3 Méthodes d'extraction et d'analyse des données.....	21
2.3.1 Sélection des études.....	21
2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	21
2.3.3 Extraction des données.....	22
2.3.4 Méthode de synthèse des résultats.....	23
2.4 Conflits d'intérêts et financement.....	23
3. Résultats.....	24
3.1 Description des études incluses et exclues	24
3.1.1 Diagramme de flux.....	24
3.1.2 Études exclues	25
3.1.3 Études incluses	25

3.2	Risque de biais des études incluses	30
3.3	Effet de l'intervention sur les critères de jugement	31
3.3.1	Effet de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche	32
3.3.2	Effet de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur l'équilibre	34
4.	Discussion.....	36
4.1	Analyse des principaux résultats	36
4.1.1	Analyse de la population.....	36
4.1.2	Analyse des interventions.....	37
4.1.3	Analyse des outils de mesure et des critères de jugement	38
4.2	Analyse de résultats.....	40
4.2.1	Critère de jugement principal : la marche.....	40
4.2.2	Critère de jugement secondaire : l'équilibre.....	42
4.3	Applicabilité des résultats en pratique clinique	43
4.3.1	Cout de l'intervention.....	43
4.3.2	Contraintes pour le patient et le thérapeute	43
4.3.3	Balance bénéfice risque	44
4.4	Qualités de preuve de la revue.....	44
4.4.1	Système GRADE	44
4.5	Biais potentiels de la revue	46
4.6	Conflits d'intérêts	47
5.	Conclusion	49
6.	Bibliographie	51
7.	Annexes.....	55

LISTE DES ABREVIATIONS

AQM : Analyse Quantifiée de la Marche
AVC : Accident Vasculaire Cérébral
BBS : Berg Balance Scale
DGI : Dynamic Gait Index
ECR : Essai clinique randomisé
EMG : Électromyogramme
GFMCS : Gross Motor Function of Classification System
GPS : Gait Profil Score
IC : Intervalle de confiance
IMC : Infirmité motrice cérébrale
IMOC : Infirmité motrice d'origine cérébrale
IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
PC : Paralysie cérébrale
PBBS : Pediatric Berg Balance Scale
SCPE : Surveillance of Cerebral Palsy in Europe
SNC : Système Nerveux Central
TC : Tronc Cérébral

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les différentes formes de paralysie cérébrale	4
Figure 2 : Les 5 niveaux du GMFCS⁵	6
Figure 3 : Systèmes mis en jeu dans le contrôle postural	7
Figure 4 : Les aires cérébrales [10].....	9
Figure 5 : Les différents systèmes impliqués dans le contrôle postural [11]	11
Figure 6: Le cycle de marche.....	16
Figure 7 : Les différentes méthodes d'évaluation de la marche	18
Figure 8 : Diagramme de flux de la revue de littérature	24

LISTES DES TABLEAUX

Tableau I : Les différentes étiologies de la PC selon les périodes	2
Tableau II : Les différentes sémiologies cliniques de la PC	5
Tableau III : Critères PICO de la question de recherche de la revue	19
Tableau IV : Critère d'inclusion et d'exclusion des études.....	20
Tableau V : Équation de recherche selon des différentes bases de données	21
Tableau VI : Motifs d'exclusion et titre des articles exclus après lecture intégrale	25
Tableau VII : Description de l'étude Pierret et al.	26
Tableau VIII : Description de l'étude Coman et al.....	27
Tableau IX : Description de l'étude Munaf et al.....	28
Tableau X : Description de l'étude El Shemy	29
Tableau XI : Tableau récapitulatif des scores PEDro de chacune des études.....	31
Tableau XIII : Résultats des études sur le critère de jugement principal.....	32
Tableau XIII: Résultats des études sur le critère de jugement principal : vitesse de marche..	33
Tableau XIV : Résultats des études sur le critère de jugement principal : longueur du pas....	34
Tableau XV : Résultats des études sur le critère de jugement principal : score GPS.....	34
Tableau XVI : Résultats des études sur le critère de jugement secondaire : l'équilibre.....	35
Tableau XVII : récapitulatif du risque de biais des études incluses	45
Tableau XVIII : Récapitulatif des niveaux de qualité de cette revue	46
Tableau XIX : Grille AMSTAR 2 évaluant les biais généraux de la revue.....	47

1. Introduction

1.1 La paralysie cérébrale

1.1.1 Définition de la paralysie cérébrale

La définition de paralysie cérébrale (PC) a évolué au cours des années.

En 2006, la communauté scientifique internationale a établi une définition consensuelle encore acceptée aujourd'hui : « *La paralysie cérébrale décrit un groupe de troubles permanents du développement du mouvement et de la posture, provoquant des limitations d'activités attribuées à des perturbations non progressives survenues dans le cerveau en développement du fœtus ou du nourrisson avant l'âge de 2 ans. Les troubles moteurs de la paralysie cérébrale s'accompagnent souvent de troubles sensitifs, de la perception, de la cognition, de la communication, du comportement, d'épilepsie et de troubles musculo-squelettiques secondaires* »¹ [1, 2].

On rappelle néanmoins que le terme de « paralysie cérébrale » qui fait consensus, aujourd'hui regroupe :

- L'infirmité motrice cérébrale (IMC), associée à une définition plus étroite qui inclut une déficience motrice exclusive ou prédominante ainsi que les déficiences des fonctions supérieures n'entravant pas la scolarité de l'enfant².
- L'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC), se traduisant par des déficiences motrices associées à des déficiences cognitives, sensitives, sensorielles, comportementales ou viscérales [3].
- Le polyhandicap³.

La nature ainsi que l'importance des troubles sont en lien direct avec la topographie et l'étendue des lésions. Ainsi, le handicap peut aller d'une simple boiterie à une atteinte préoccupante de la motricité.

1.1.2 Épidémiologie

La paralysie cérébrale est la première cause de handicap moteur chez l'enfant [4]. En France, elle concerne 1 nouveau-né sur 450, soit 1800 nouveau-nés par an. Aujourd'hui, on compte 125 000 personnes porteuses de ce handicap en France [5].

D'après le Réseau Européen de la surveillance de la Paralysie Cérébrale la prévalence de la maladie serait de 1,77 pour 1 000 naissances vivantes. Ce dernier recense également une réduction de 0,7% observée sur une période de suivi de 23 ans.

Selon la HAS⁴, la prévalence mondiale de la paralysie cérébrale est entre 1,5 et 4 pour 1 000 naissances selon les pays, soit 17 millions de personnes dans le monde.¹

¹ Haute Autorité de Santé - Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de [paralysie cérébrale \(has-sante.fr\)](https://www.has-sante.fr) (consulté le : 22/10/2023)

² [inserm-rapportthematique-efficacitemyotenefasciotomie-2018.pdf](#) (consulté le : 25/10/2023)

³ [La Fondation Paralysie Cérébrale | Recherche sur la paralysie cérébrale \(fondationparalysiecerebrale.org\)](https://www.fondationparalysiecerebrale.org) (consulté le : 2/11/2023)

⁴ Haute Autorité de Santé

Les études de populations au sujet de la paralysie cérébrale rapportent que les garçons ont une prévalence plus élevée que les filles avec un sexe-ratio de 1,1 à 1,5.¹ On relève également un lien fort avec la prématurité. En effet on recense 1 pour 1000 naissances à terme contre 1 pour 100 naissances chez les prématurés et 6 pour 100 chez les grands prématurés³.

Cependant en raison des progrès médicaux et du développement social et économique, la prévalence de la paralysie cérébrale n'est pas statique et continue de fluctuer [6].

1.1.3 Étiologie

De multiples facteurs ont été identifiés comme étant à l'origine de la PC, c'est pourquoi il peut être difficile d'identifier la ou les causes responsables de cette pathologie. Cependant, parmi les étiologies les plus fréquentes, nous pouvons retrouver toutes les causes responsables d'une hypoxie ou d'une hémorragie cérébrale chez le fœtus ou le nourrisson [1].

Il est possible d'identifier la cause de la paralysie cérébrale dans environ 60 % des cas.⁴

Les principaux facteurs de risque sont répertoriés dans le tableau ci-dessous selon les différentes périodes d'apparition de la lésion cérébrale [1] :

Période	Étiologies
Prénatale (70% à 80% des cas)	<ul style="list-style-type: none"> • Diverses problématiques maternelles in utéro (infection materno-fœtale comme toxoplasmose, rubéole, CMV, virus herpès simplex ...) • Hypoxie / ischémie causée par des complications placentaires • Exposition maternelle à des toxines environnementales • Accident Vasculaire Cérébral • Malformations cérébrales • Causes génétiques
Périnatale ou néonatale (15% à 20% des cas)	<ul style="list-style-type: none"> • Naissance prématurée et ses complications possibles • Encéphalopathie • Hyperbilirubinémie • Ictère nucléaire • Asphyxie • Accident vasculaire cérébral • Infections du système nerveux central • Hypoxie causée par un accouchement difficile, une occlusion vasculaire une hémorragie foeto-maternelle, l'inhalation de corps étrangers ou un trouble respiratoire pendant la naissance • Causes génétiques
Post natale (avant 2 ans, 10% des causes connues)	<ul style="list-style-type: none"> • Traumatisme (noyade, étranglement, traumatisme cranio-cérébral) • Désordre systémique sévère ou infection (AVC, méningite, septicémie, déshydratation)

CMV = CytoMégaloVirus, AVC = Accident Vasculaire cérébrale

Tableau I : Les différentes étiologies de la PC selon les périodes

1.1.4 Diagnostic

Le diagnostic de la PC peut être complexe. Néanmoins, une identification précoce de signes cliniques évocateurs de la PC est primordiale pour initier rapidement une prise en charge adaptée.

Certaines PC sévères peuvent être prédites rapidement après la naissance voire avant dans certaines situations cliniques telles que l'extrême prématurité ou les encéphalopathies néonatales grâce à l'échographie transfontanellaire (prématurés) ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM).

Bien que l'IRM soit indispensable pour identifier les mécanismes sous-jacents à l'apparition d'une PC, elle n'est pas un prérequis à son diagnostic qui reste **clinique**. En effet, une répétition d'examens neuromoteurs complétés par un examen général pédiatrique et la recherche de troubles neurocomportementaux et sensoriels associés sont cruciaux [5].

1.1.5 Les différentes formes et classification

La classification de la Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE) a défini différents tableaux cliniques [7].

Ces derniers sont rapportés ci-après selon : la topographie de l'atteinte du système nerveux central (SNC), la sémiologie clinique et le niveau moteur.

1.1.5.1 La topographie

On retrouve deux types de lésions :

- **Les lésions du faisceau pyramidal**, responsables de l'apparition de spasticité avec augmentation des réflexes ostéo-tendineux ainsi qu'une réponse cutanée plantaire ou réflexe de Babinski.
- **Les lésions du faisceau extrapyramidal**, responsables de l'apparition d'une choréo-athétose et des dyskinésies, un contrôle postural anormal ainsi que des déficits de coordination.

Ainsi, selon la topographie de l'atteinte, la paralysie cérébrale peut donc être divisée en deux grandes catégories : (cf. Figure 1)

- **Les formes unilatérales**, où seulement un hémicorps est totalement ou partiellement atteint. Elle comprend la mono-parésie/plégie et l'hémi-parésie/plégie.
- **Les formes bilatérales**, correspondent à une atteinte complète ou partielle des deux hémicorps. Elles comprennent, la di-parésie/plégie, la tri-parésie/plégie, et enfin la quadri-parésie/plégie (atteinte du tronc et des quatre membres).

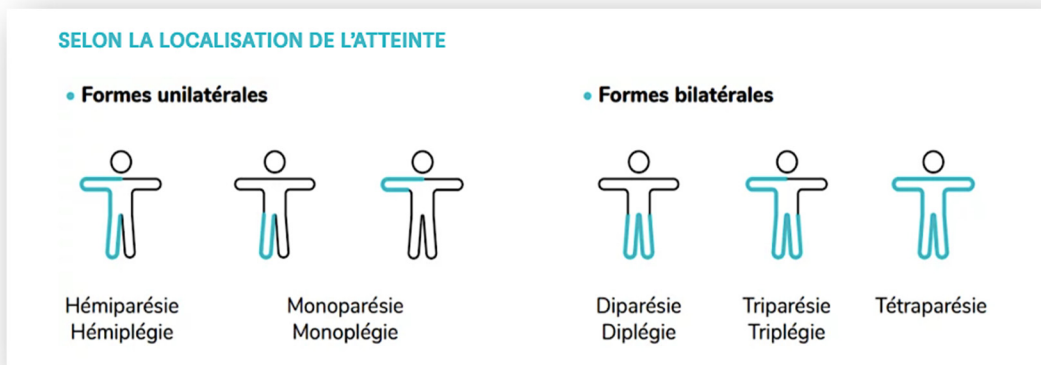


Figure 1 : Les différentes formes de paralysie cérébrale⁵

1.1.5.2 La sémiologie clinique

L'importance des troubles moteurs varie de légère à grave et peut rendre le patient totalement dépendant. La SCPE divise la PC en formes spastiques, dyskinétiques, ataxiques et mixtes^{5,6}[1].

⁵ H61 | Paralysie Cérébrale (PC) : définition, prévalence et étiologie - Fiches Conseils - Professionnel de santé et le handicap (handiconnect.fr) (consulté le : 02/11/2023)

⁶ Paralysie cérébrale (infirmité motrice cérébrale) - Pédiatrie - Édition professionnelle du Manuel MSD (msdmanuals.com) (consulté le : 16/11/2023)

Type de forme	Fréquence	Régions du SNC atteintes	Signes et symptômes
Spastique	80% des cas	<ul style="list-style-type: none"> • Voies pyramidales • Motoneurones supérieurs • Cortex moteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Spasticité • Hyperréflexie • Hypertonie musculaire • Faiblesse musculaire • Trouble de la coordination des mouvements volontaires • Trouble de la déambulation (marche en ciseaux et sur la pointe de pieds) • Dysarthrie • Dysphagie
Dyskinésique ou athétoïde	15% des cas	<ul style="list-style-type: none"> • Voies extrapyramidales • Ganglions de la base • Nerfs crâniens 	<ul style="list-style-type: none"> • Mouvements involontaires • Mouvement choéiques • Hypertonie ou une hypotonie changeante avec le temps.
Ataxiques	< 5% des cas	<ul style="list-style-type: none"> • Cervelet 	<ul style="list-style-type: none"> • Défaut de coordination de la motricité volontaire • Trouble de l'équilibre • Trouble de la motricité fine • Tremblements intentionnels • Trouble de la déambulation (Base de sustentation élargie) • Tension musculaire réduite est prédominante
Mixtes	30% des cas	<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs régions 	<ul style="list-style-type: none"> • Combinaison de combinant différents éléments des formes spastiques et dyskinésiques.

Tableau II : Les différentes sémiologies cliniques de la PC

1.1.5.3 Le niveau moteur

En 1997, le Gross Motor Function of Classification System (GMFCS), puis sa version étendue et révisée, (GMFCS – E&R), a été établi afin de classer la fonction motrice globale des enfants et adolescents diagnostiqués de paralysie cérébrale¹[7].

Cette classification définit 5 tranches d'âge pour lesquelles elle établit 5 niveaux de motricité globale. (de I à V). La définition de ces niveaux est variable selon la tranche d'âge considérée [8].

Néanmoins, les rubriques générales de chaque niveau sont les suivantes ⁷:

Niveau I : Marche sans restriction de mouvements

Niveau II : Marche avec restriction de mouvements

Niveau III : Marche avec aide technique à la marche

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

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

⁷ cnet.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/059/original/GMFCS-ER_Translation-French.pdf (consulté le : 12/11/2023)

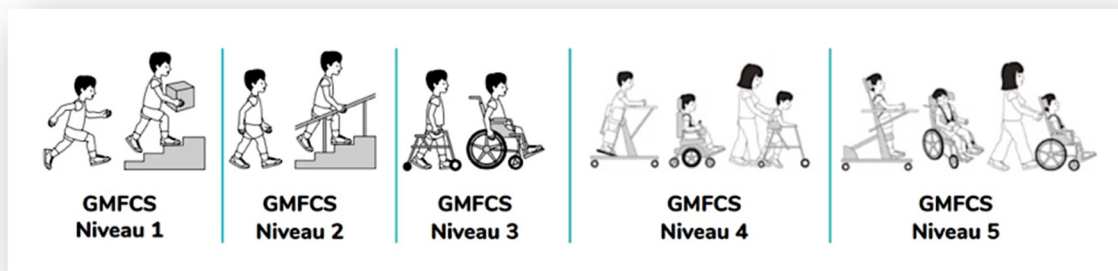


Figure 2 : Les 5 niveaux du GMFCS⁵

1.2 Le contrôle postural

1.2.1 Définition de la posture

La posture est définie par « une position particulière des segments corporels les uns par rapport aux autres à un instant donné »[9] et « par rapport à la verticale à un moment donné ».

La posture de référence de l'espèce humaine est la « posture orthostatique » dite érigée. C'est à partir de celle-ci que nous réalisons l'essentiel de nos tâches quotidiennes. La posture est également une interface avec le monde extérieur, qui détecte et utilise les informations données par l'environnement afin de positionner et d'orienter le corps en vue de réaliser une activité en situation d'équilibre[10].

D'un point de vue mécanique, le maintien de cette posture est soumis à certaines contraintes externes (forces appliquées sur le corps ou sur la base de sustentation, dont la gravité) ou internes (mouvements intentionnels ou réflexes), exigeant la mise en place de mécanismes de contrôle particulièrement élaborés [11].

Ainsi, le contrôle postural est la fonction qui permet de maintenir une posture stable en dépit de ces contraintes.

1.2.2 Définition du contrôle postural

Le contrôle postural est défini comme « la capacité de contrôler la position du corps dans l'espace à des fins d'orientation et de stabilité » lors de diverses activités motrices telles que la marche, la position debout ou l'exécution de mouvements. L'orientation permet de réaliser une action contre la gravité, et la stabilisation posturale permet de réaliser une action en minimisant les risques de chute.

Ainsi, le système postural met en interaction [10]:

- 1) **Les informations sensorielles** qui informent le SNC de la position dans laquelle se trouve le corps et les conditions environnementales.
- 2) **Les stratégies motrices** qui permettent le maintien de l'équilibre
- 3) **L'influence cognitive** qui favorise certains types de réponses selon les conditions de la tâche à réaliser.

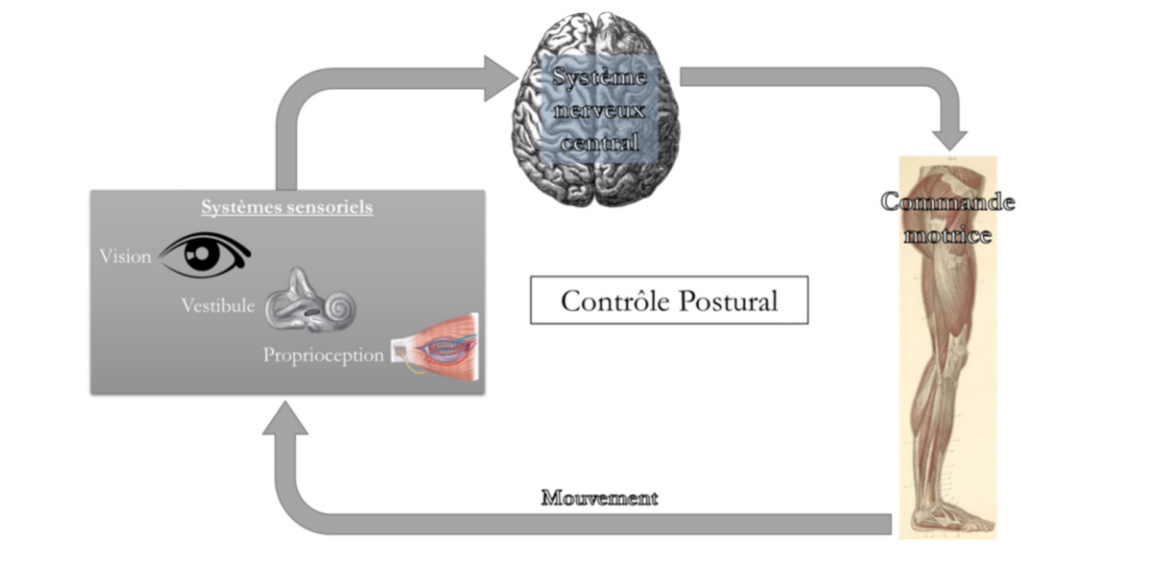


Figure 3 : Systèmes mis en jeu dans le contrôle postural⁸

1.2.2.1 Les informations sensorielles

Le système postural doit être capable de gérer les différentes contraintes biomécaniques subies par l'organisme et de s'y adapter en permanence.

Pour ce faire, il est composé de récepteurs qui vont encoder les informations sensorielles et transmettre un signal vers le système nerveux périphérique et central où elles seront intégrées et interprétées en vue d'élaborer une réponse motrice adaptée.

Chaque source sensorielle est alors prise en compte, cependant, pas dans les mêmes proportions en fonction de la situation. En effet, sur surface stable, les informations proprioceptives sont les informations les plus utilisées. Tandis que sur surface instable, ce sont les informations visuelles et vestibulaires qui sont utilisées préférentiellement.

1.2.2.2 Les stratégies motrices

Une fois les informations sensorielles intégrées, des stratégies ou réponses motrices se mettent en place :

Les réponses à latence courte après la perturbation, sont organisées par des circuits courts au niveau spinal (réflexe myotatique). On observe alors une augmentation du tonus de certains muscles tels que les muscles extenseurs des membres inférieurs, du tronc et du cou [10].

Le tonus peut être défini tel que « l'état de contraction des muscles quelle que soit leur longueur, les conditions de la contraction et quelle que soit la position dans l'espace des segments sur lesquels ils s'insèrent », même au repos, grâce à des réflexes spinaux [12].

⁸ [Physiologie Marche Gasq 202202 \(univ-lyon1.fr\)](https://www.univ-lyon1.fr/physiologie-marche-gasq-202202) (consulté : 27/04/2024)

Ces ajustements musculaires réflexes permettent donc une réponse posturale, mais ne suffisent pas à stabiliser la posture.

Des réponses à latence moyenne et longue interviennent alors par la contribution des centres supérieurs. Ainsi, une réorganisation posturale est mise en place via trois stratégies principales : de cheville, de hanche (utile pour un contrôle du centre de masse en cas de mouvement du tronc) et d'initiation de pas [13].

Dans un premier temps, les stratégies de cheville et de hanche sont déclenchées ; si elles ne suffisent pas, une modification du polygone de sustentation est nécessaire. Celle-ci passe par la réalisation d'un pas ou par l'atteinte d'une prise pour se stabiliser. Ici, le cortex moteur est donc impliqué et cherche à adapter la réaction à l'espace disponible.

Certaines réactions posturales sont volontaires néanmoins, lorsque les réactions posturales sont induites par une perturbation qu'il n'est pas possible d'anticiper (ajustements posturaux réactifs), seule la partie tardive de la réponse peut être modifiée volontairement grâce à une influence cognitive. Cependant, lorsque les réactions sont induites au cours d'une situation qui est connue et donc prévisible (ajustements posturaux anticipés), l'activation corticale est particulièrement importante, et ce, en amont des ajustements posturaux [10].

1.2.2.3 L'influence cognitive

Il existe donc une influence cognitive sur le contrôle postural. Rappelons que le SNC est constitué par : l'encéphale (cerveau, tronc cérébral et cervelet) et la moelle épinière.

Les contrôles impliquent donc essentiellement trois niveaux : cortical (cerveau), sous-cortical (tronc cérébral et cervelet) et médullaire [12]. Nous développerons ici les deux premiers. (cf. Figure 5)

1. Le contrôle cortical :

Le cerveau est formé de 2 hémisphères droit et gauche (télencéphale) réunis par le corps calleux. La partie la plus externe du cerveau constitue le « cortex ». La surface du cortex forme des sillons qui viennent séparer le cortex en lobes[10].

Ainsi, chaque hémisphère cérébral est divisé en quatre zones⁹ :

- **Le lobe frontal**
- **Le lobe pariétal**
- **Le lobe occipital**
- **Le lobe temporal**

On retrouve au niveau du cortex des zones appelées aires corticales. On en distingue 3 types : les aires motrices ou « cortex moteur » les aires sensorielles somesthétiques ou « cortex sensoriel » et les aires associatives. **Ce sont elles qui seront, à l'issue d'une réaction posturale à latence longue, appropriée.**

⁹ [Les différentes parties - Le cerveau \(e-cancer.fr\)](http://e-cancer.fr) (consulté le : 16/11/2023)

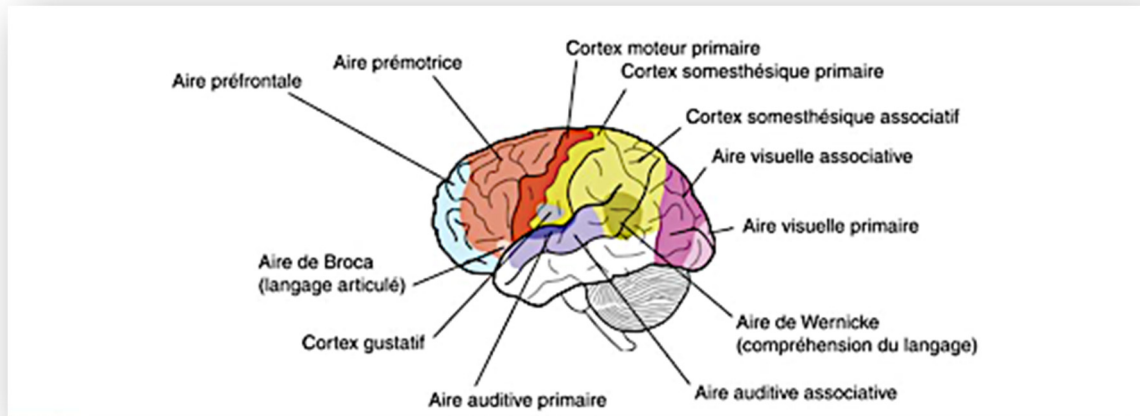


Figure 4 : Les aires cérébrales [10]

L'aire motrice comprend le cortex moteur primaire, le cortex prémoteur et l'aire de Broca :

- « L'aire 4 » ou « **cortex moteur primaire** » est située en avant de la scissure centrale. Elle est impliquée dans le contrôle des muscles spécifiques du corps, particulièrement ceux à l'origine de mouvements fins.
- « L'aire 6 » ou « **cortex prémoteur** », est située en avant de l'aire 4, elle est impliquée dans le contrôle des mouvements, l'intégration des informations sensorielles et dans la contraction des muscles axiaux ; mais également dans la planification de mouvements complexes ainsi que dans la coordination de mouvements bimanuels.
- L'aire de **Broca** coordonne les mouvements du larynx et de la bouche générant l'expression des mots. Cette aire est le centre du langage.

L'aire sensorielle : On retrouve les aires sensibles dans les lobes pariétal, temporal et occipital. Ces dernières reçoivent et analysent les informations issues des différents récepteurs sensoriels :

- L'aire **somesthésique primaire** (aires 1, 2, 3 de Brodmann) intègre les informations issues des récepteurs articulaires et tactiles. Elle localise la provenance de l'information permettant alors la discrimination spatiale.
- L'aire **pariétale postérieure** (aires 5 et 7 de Brodmann) intègre les informations sensorielles, effectue une représentation mentale du corps et des objets et traduit ces informations en perception de taille, de texture et d'organisation spatiale.

Parmi ces aires, on retrouve : l'aire visuelle, l'aire auditive, l'aire gustative et enfin l'aire olfactive.

2. Le contrôle sous-cortical :

- **Le Tronc Cérébral (TC)**

Il est constitué de haut en bas du mésencéphale, du pont et de la moelle allongée. Il est prolongé par la moelle épinière.

Le tronc cérébral est avec le cervelet le deuxième niveau de contrôle. On y retrouve la formation réticulaire et les noyaux vestibulaires.

La formation réticulaire :

Elle est constituée d'un réseau complexe de neurones situés au centre du tronc cérébral qui s'étend depuis le mésencéphale jusqu'au bulbe rachidien. Elle intervient sur les muscles et agit sur l'activité des motoneurons alpha et gamma ce qui lui permet de moduler le tonus musculaire, l'activité réflexe et l'innervation réciproque. La formation réticulaire, grâce à son étroite relation avec le système vestibulaire, exerce un rôle important dans le maintien du tonus des muscles antigravitaires en situation de bipédie. Elle coordonne également la stratégie posturale anticipatoire, aux déséquilibres d'origine interne [11].

Les noyaux vestibulaires :

Les noyaux vestibulaires sont à la base du réflexe vestibulo-oculaire qui permet respectivement le contrôle et la stabilisation des yeux et de la vision lors des mouvements de la tête. Ils sont également connectés à la voie vestibulo-spinale destinée aux muscles des jambes, du tronc et du cou [12].

- **Le cervelet :**

Situé dans la fosse cérébrale postérieure en arrière du TC, il est composé de deux hémisphères droit et gauche.

Bien que le cervelet ne soit pas à lui seul à la base de l'activité motrice, il la supervise. Il traite de nombreuses afférences vestibulaires, spinales et corticales afin d'augmenter l'efficacité des mouvements et des réactions de rééquilibration. Le cervelet agit alors sur le système vestibulaire ainsi que sur les muscles du tronc et des membres inférieurs en coordonnant la mise en jeu des agonistes et antagonistes. Enfin, le cervelet est responsable de la régulation des réflexes posturaux et du tonus neuromusculaire. Son rôle est donc primordial dans le contrôle postural [12].

- **Les noyaux gris centraux :**

Les noyaux gris centraux sont impliqués dans la motricité involontaire de l'ensemble du corps ainsi que le contrôle inconscient de la posture. Ils intègrent des informations en provenance du cortex et modulent l'ordre reçu depuis l'aire motrice cérébrale pour agir sur les mouvements. Les ganglions de la base joueraient également un rôle dans le maintien de l'équilibre entre les influences inhibitrices et excitatrices [12].

Au total, le contrôle postural n'est pas seulement la somme de multiples réflexes, mais bien une activité complexe basée sur les interactions de processus dynamiques, sensitifs et moteurs [12].

On comprend donc que toute altération ou lésion d'un des systèmes impliqués comme cela est le cas chez les enfants paralysés cérébraux, sera à l'origine de déficits posturaux.

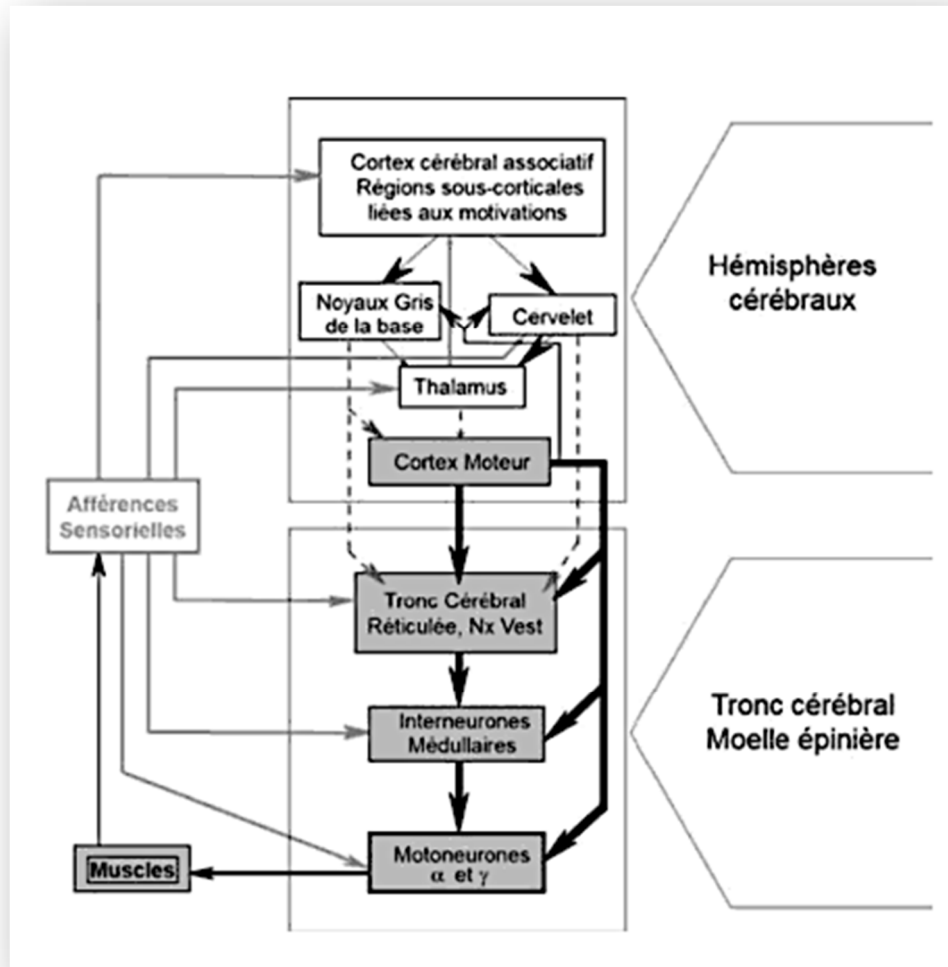


Figure 5 : Les différents systèmes impliqués dans le contrôle postural [11]

1.2.3 Le développement normal du contrôle postural chez l'enfant

M. Hadders-Algra décrit le principe de la « sélection neuronale » selon lequel certains réseaux neuronaux s'organisent et s'optimisent plutôt que d'autres suivant les tâches à accomplir [12].

Ainsi, selon elle, le développement postural commence par un répertoire d'ajustements spécifiques à la direction suggérant que le niveau de contrôle de base a une origine innée [14][15].

En effet, au cours de la vie fœtale et chez le nouveau-né, c'est un contrôle moteur de type archaïque qui prédomine : leurs mouvements viennent de réflexes primitifs sans implication corticale. Cette motricité réflexe est progressivement inhibée pour laisser place à une motricité volontaire concomitante à la maturation du système céphalique qui se fait de façon céphalo-caudale [16].

Le nourrisson se trouve donc dans une phase dite de « variabilité primaire » au cours de laquelle l'activité posturale est en grande partie variable et s'adapte peu aux contraintes environnementales.

Selon Hadders-Algra on observe quatre périodes [15]:

- **À trois mois**, on observe une période transitoire au cours de laquelle peu de muscles posturaux participent à l'activité posturale. Le contrôle postural repose alors sur des ajustements programmés et des réflexes spinaux. Le nourrisson ne peut s'adapter qu'à des contraintes minimales. Néanmoins, il est capable à cette période de maintenir sa tête.
- **À six mois**, la phase de variabilité secondaire commence, le nourrisson développe alors la capacité d'adapter l'activité posturale aux spécificités de la situation. Vers 7-8 mois, il tient assis sans appui.
- **Entre neuf et dix mois**, l'adaptation posturale jusqu'ici réalisée de manière simple (en « bloc pattern ») progresse et le nourrisson devient capable d'adapter le degré de contractions musculaires selon les perturbations qu'il rencontre. Entre 10 et 14 mois, il tient debout sans aide.
- **Entre treize et quatorze mois**, les ajustements posturaux anticipés émergent. L'enfant a alors la capacité de contrôler directement sa posture. Entre 13 et 14 mois, il est en mesure de marcher sans soutien.

Le développement des ajustements posturaux se fait donc au cours de ces quatre périodes de transition. La transition majeure étant celle qui survient à 6 mois, car elle marque le passage de la phase de variabilité primaire non adaptative à la phase de variabilité secondaire.

Lors de ces quatre périodes, sous réserve que ses représentations internes et ses guides soient corrects, l'enfant découvre alors les aspects proprioceptifs du contrôle postural et l'utilisation qu'il peut faire des informations sensorielles [10].

Dès l'âge de 7 ans, l'enfant est capable d'interpréter les informations sensorielles du cou. On observe alors la présence d'une nouvelle stratégie locomotrice. En effet, la tête et le tronc qui étaient jusqu'alors gérés comme un unique bloc, se dissocient. L'enfant passe d'une stratégie de stabilisation de la tête sur le tronc à une stabilisation de la tête dans l'espace. Cette nouvelle stabilisation permet la stabilisation du regard et par conséquent, une meilleure perception de l'environnement [10].

1.2.4 Le déficit de contrôle postural et son impact sur la motricité chez l'enfant atteint de paralysie cérébrale

Le mouvement est au centre de la réalisation des activités de la vie quotidienne. Il demande une posture stable chez l'individu.

La maturation du système nerveux central et la croissance musculosquelettique sont deux facteurs indispensables à l'évolution du contrôle moteur et postural.

Chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, le processus de maturation du système nerveux central ne se déroule pas normalement [17].

Ainsi, les lésions survenant de façon précoce sur le cerveau sont responsables de conséquences majeures sur le développement des systèmes sensoriels et moteurs.

On peut observer une augmentation des oscillations posturales avec une posture rigide et des ajustements posturaux réduits. Ces lésions sont responsables d'une réduction des stratégies motrices, un déficit de stabilisation axiale ainsi que d'une mauvaise régulation des contractions musculaires.

Par conséquent, les enfants atteints de paralysie cérébrale présentent un retard dans l'acquisition : du contrôle de la tête, de la station assise, de la station érigée et de la marche autonome [17].

Ce contrôle altéré de la posture entraîne alors des limitations d'activités et des restrictions de participation.

Les conséquences pour l'enfant paralysé cérébral sont différentes selon le type d'atteintes et leurs topographies et le niveau de sévérité.

1.2.5 Contribution du tronc dans le contrôle postural statique et dynamique

Nous avons précédemment abordé le concept de la station érigée comme étant la posture de référence chez l'être humain, nécessitant un alignement des segments corporels afin de lutter contre la gravité et prévenir de leur effondrement. Les stratégies motrices mises en place pour atteindre cet alignement impliquent principalement le tronc et la tête. En effet, en raison de son rôle central et de ces connexions articulaires avec tous les segments corporels, le tronc joue un rôle crucial dans le contrôle postural. De plus, en représentant les deux tiers de la masse corporelle, il contribue à élever le centre de gravité. **Le tronc revêt une importance capitale dans le maintien de l'équilibre.**

Par ailleurs, on souligne l'importance des mouvements relatifs du tronc et de la hanche dans le maintien de la posture. Néanmoins, lorsqu'on compare la quantité de mouvement du tronc par rapport à celle de la hanche dans le plan frontal, on n'observe pas de différence significative. Ces résultats suggèrent que le tronc et la hanche sont impliqués de façon équitable dans le contrôle de l'équilibre orthostatique, ce qui appuie le rôle du tronc dans le contrôle postural.

La diminution du contrôle postural du tronc se manifeste alors par de plus grandes amplitudes de mouvement que ce soit au cours d'une posture statique ou lors de la marche.

1.2.6 Stratégies thérapeutiques permettant d'améliorer le contrôle postural

On retrouve de nombreuses stratégies thérapeutiques permettant d'améliorer le contrôle postural chez les PC. Selon les recommandations de l'HAS (Annexe 1), on retrouve parmi elles l'hippothérapie, la réalité virtuelle et le biofeedback visuel.

L'hippothérapie

L'hippothérapie fait référence à une stratégie thérapeutique qui consiste via les mouvements du cheval à stimuler les systèmes sensoriels, neuromoteurs et cognitifs. En effet, en se déplaçant, le cheval envoie de nombreuses impulsions au cavalier-enfant mettant alors en place des stratégies posturales qui l'empêchent de tomber (cf. 1.2 Contrôle postural) [18][19].

L'hippothérapie est utilisée dans le but d'améliorer le contrôle postural, l'équilibre et la motricité globale [18].

Thérapie neurodéveloppementale

La thérapie neurodéveloppementale (ou NDT), aussi appelé « concept Bobath » s'appuie sur deux points essentiels : la régulation du tonus et la facilitation des schémas moteurs.

Le but de ce traitement sera d'amener l'enfant à acquérir un meilleur contrôle postural permettant alors l'émergence de réactions de redressement et d'équilibre nécessaires à la réalisation de mouvement harmonieux et appropriés. On amène l'enfant à élargir son répertoire moteur et atteindre une plus grande autonomie. Cependant, cette intervention ne doit pas être utilisée comme intervention principale ou comme monothérapie [18].

La réalité virtuelle

La thérapie par réalité virtuelle permet d'immerger le patient dans un environnement virtuel utilisant les informations sensorielles artificielles. L'objectif étant un entraînement de l'équilibre debout et fonctionnel, tout en simulant des expériences ou des activités réelles [18].

Biofeedback visuel

Les exercices de biofeedback visuel consistent à tenir debout sur une plate-forme tout en maintenant le centre de pression (représenté par un point rouge sur un écran) statique ou bien de le déplacer vers une cible. Ces exercices sont utilisés en vue d'améliorer l'équilibre debout en statique comme en dynamique [18].

Par ailleurs, on peut retrouver toutes sortes d'exercices ou de techniques qui permettent d'améliorer le contrôle postural du tronc tels que :

Le Pilates

Le Pilates utilise une combinaison d'environ cinquante exercices conçus pour augmenter la force, l'endurance musculaire, la souplesse ainsi qu'améliorer la posture et l'équilibre [20].

Tout exercice de Pilates repose sur cinq éléments essentiels : respiration, auto-grandissement, maintien scapulaire, mobilité pelvienne et utilisation des abdominaux et plus particulièrement du transverse.

Chaque exercice débute par la stabilisation de la musculature centrale (abdominaux, spinaux, pelviens) et se poursuit par la réalisation de mouvements contrôlés. L'exercice est répété trois à cinq fois. Le poids du corps est la principale résistance utilisée au cours de la série d'exercices.

De plus le travail de coordination entre la respiration et le mouvement, mais également entre les différents groupes musculaires favorise également le contrôle postural du tronc.

Le core stability

Le core stability se réfère à la « musculature profonde et superficielle située autour de la région lombo-pelvienne et dont le but est de maintenir une stabilité fonctionnelle et de permettre la production et le transfert de force du tronc vers les extrémités ».

En effet, le « core » ou « noyau », également appelé complexe lombo-pelvic-hanche est un espace tridimensionnel avec des limites musculaires qui jouent un rôle essentiel dans le maintien et la stabilité du tronc [21] :

- Le diaphragme (limite supérieure)
- Les abdominaux (limite antéro-latéral)
- Les spinaux (limite postérieure)
- Le plancher pelvien (limite inférieure)

Le renforcement de ces derniers par exercices ciblés du core, améliore le maintien d'une posture stable tant en situation statique que dynamique. Ainsi le core stability contribue à l'amélioration du contrôle postural du tronc.

Pour ce faire, le core stability s'appuie sur quatre niveaux d'exercice, de complexité croissante :

- Le niveau I, qui comprend des exercices statiques sur support stable.
- Le niveau II, qui comprend des exercices dynamiques sur support stable
- Le niveau III, qui comprend des exercices statiques sur support instable
- Le niveau IV, qui comprend des exercices dynamiques sur support instable

Un programme de core stability vise l'amélioration d'une performance fonctionnelle [22].

Finalement, la stabilité du core est une composante essentielle à toute condition physique et devrait être intégrée dans tout programme de rééducation afin d'optimiser la performance des patients. Plus particulièrement dans le cadre de notre revue, aux enfants atteints de PC.

1.3 La marche

1.3.1 La marche dite normale

La marche est une fonction automatique. Elle est le résultat d'une combinaison de mouvements plus ou moins complexes des différents segments de membres dans l'espace et dans le temps. Elle se définit comme « *une activité alternée des membres inférieurs qui se caractérise par une succession de doubles appuis et d'appuis unilatéraux* » [23].

La marche est acquise par l'enfant avant ses 18 mois et requiert un contrôle postural efficient.

C'est un phénomène cyclique divisé en deux phases : la phase d'appui et la phase oscillante. La phase d'appui débute lors du premier contact avec le sol et se termine quand le pied quitte celui-ci. C'est ici que débute la phase oscillante. Le cycle de marche est alors défini comme une activité ne ciblant qu'un seul des deux membres inférieurs qui commence lors du contact du talon au sol et se termine lors du contact suivant [23].

Dans le cas d'une marche non pathologique, la phase d'appui représente 60 % du cycle et la phase oscillante 40 % du cycle [23].

La marche comprend huit phases : contact initial, réponse à l'appui, milieu d'appui, fin d'appui, pré-oscillation, début d'oscillation, milieu d'oscillation et fin d'oscillation (cf. Figure 6)

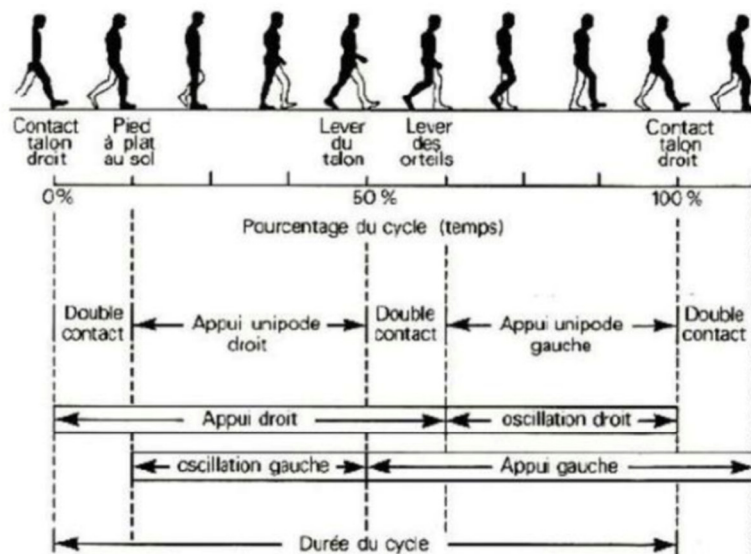


Figure 6: Le cycle de marche¹⁰

1.3.2 La marche chez les paralysés cérébraux

Chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, les paramètres de la marche sont modifiés. On retrouve en effet, une réduction de la vitesse de marche, de la cadence, de la longueur des pas, ainsi que de la phase d'appui unipodal. On observe également, une variabilité plus élevée de la cadence et de la phase d'appui unipodal entre les cycles de marche [24].

D'un point de vue cinématique, certaines études ont montré que les nourrissons avec une PC présentent des modifications dans le plan sagittal (attaque du pas qui ne se fait pas par le talon, flexion plantaire de cheville après le contact initial et absence d'amortissement du genou lors de la phase d'appui) ainsi qu'un mauvais contrôle de la trajectoire du pied et de la coordination intersegmentaire[7].

Néanmoins, la présence d'un schéma modifié d'activation musculaire est la caractéristique qui est principalement observée dans cette population. En effet, la durée d'activation musculaire est plus longue que chez le nourrisson ne présentant pas de trouble. Cette activité musculaire est souvent excessive et mal coordonnée [7].

De plus, le tronc est particulièrement impliqué dans le contrôle de la locomotion. Il permet la stabilisation de la tête. Cette stabilisation est essentielle dans l'intégration des informations vestibulaires et visuelles nécessaires aux fonctions d'équilibration et donc à la locomotion. Les déficits au niveau du tronc pendant la marche doivent être pris en compte pour comprendre les altérations de la marche. Certaines études ont montré que chez les enfants atteints de paralysie cérébrale les mouvements du tronc étaient plus importants que chez les enfants au développement typique [18].

¹⁰ Troubles associés de la locomotion et du contrôle postural des segments axiaux chez les enfants atteints de paralysie cérébrale : impact d'une rééducation centrée sur le tronc (univ-lorraine.fr) (consulté le : 27/04/2024)

1.3.3 Évaluation de la marche

Comprendre la marche physiologique est indispensable pour l'analyse de la marche pathologique. On distingue trois méthodes d'évaluation de la marche. La première correspond à l'observation visuelle clinique qui peut être complétée par une analyse vidéographique.

La seconde permet une quantification des paramètres spatio-temporels de la marche. La troisième méthode est appelée Analyse Quantifiée de la Marche (AQM). Les paramètres spatio-temporels peuvent également être obtenus grâce à l'AQM[25].

L'observation visuelle permet d'apprécier les principales anomalies du mouvement, il s'agit néanmoins d'une analyse qualitative. Plusieurs échelles reposent sur cette évaluation qualitative. L'analyse vidéographique est quant à elle un prolongement de l'examen clinique. En effet, elle permet une meilleure observation des anomalies lors de la marche en figeant l'image sur des moments clés du cycle de marche. Elle présente également l'intérêt de pouvoir être archivée afin de comparer l'évolution de la qualité de la marche avant et après traitement par exemple.

Le recueil des **paramètres spatio-temporels** est réalisé grâce au chronométrage du sujet sur une distance donnée et permet d'obtenir la vitesse de marche.

L'analyse quantifiée de la marche, correspond à l'acquisition de données cinématiques, cinétiques et électromyographiques (EMG) permettant le recueil des angles articulaires, des forces de réaction du sol et des activations musculaires.

La cinématique correspond à l'étude des angles articulaires au cours du cycle de marche. Aujourd'hui, les systèmes de références permettant d'obtenir des coordonnées spatiales tridimensionnelles d'un point donné au cours du temps sont appelés : systèmes optoélectroniques. Ils consistent à modéliser les articulations et les segments de membre à partir de marqueurs placés sur la peau afin de calculer les mouvements de ces derniers dans les trois plans de l'espace.

La cinétique correspond quant à elle à l'étude des forces et des moments de force qui s'exercent sur un objet. Ici, la force étudiée correspond à la force de réaction du sol.

Enfin, l'EMG dynamique permet au cours du cycle de marche, de déterminer les séquences d'activation des différents muscles.

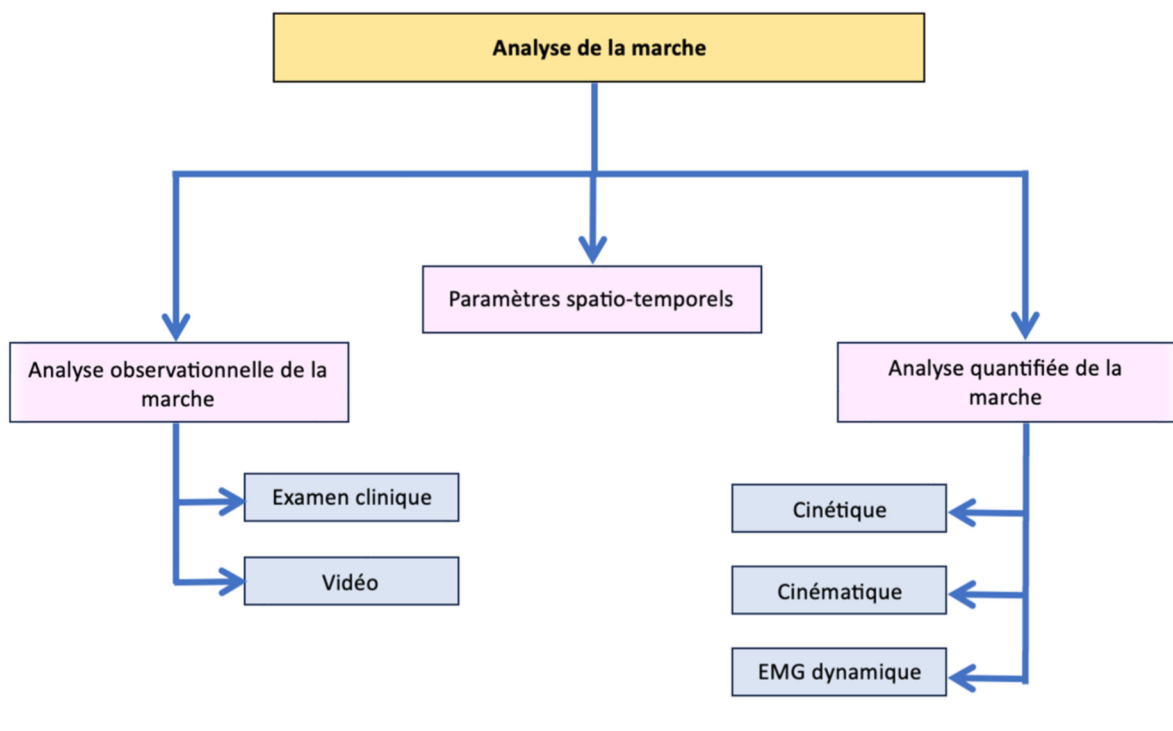


Figure 7 : Les différentes méthodes d'évaluation de la marche

1.4 Objectif de la revue

Le dysfonctionnement du contrôle postural du tronc comme nous venons de le décrire ci-dessus est connu pour contribuer à de nombreuses limitations d'activités, en particulier la marche.

Dans un contexte où la paralysie cérébrale est une pathologie qui impacte grandement l'autonomie des enfants, cette revue de littérature aura pour objectif de déterminer, effets des interventions thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche chez les enfants atteints paralysie cérébrale.

Dans un premier temps, la méthode utilisée sera décrite. Dans un second temps, les études sélectionnées ainsi que leurs résultats seront présentées. Enfin, ces résultats seront analysés et interprétés afin d'apporter les éléments de réponse à la problématique de la revue.

2. Méthode

2.1 Critères d'éligibilité des études

2.1.1 Type d'étude

Il s'agit d'une question clinique de type thérapeutique et cherchant à évaluer :

L'effet des interventions thérapeutique améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

D'après le « CEBM Levels of evidence » les **essais cliniques randomisés** (ECR) semblent être le choix le plus approprié afin d'évaluer l'effet d'une intervention par rapport à une autre. Des ECR seront donc sélectionnés pour cette revue.

Dans un ECR, les participants sont assignés de manière aléatoire, soit à un groupe intervention, soit à un groupe témoin, ce processus étant appelé randomisation. Afin de réduire les risques de partialité, cette randomisation est souvent réalisée « à l'aveugle », signifiant que les participants ne savent pas à quel groupe ils ont été assignés. Les ECR peuvent prendre différentes formes, telles que les essais en groupe parallèles, les essais croisés, les échantillonnages en grappes, les essais d'arrêt, la stratification, les essais sous forme de conception factorielle 2x2.

Dans cette revue, seuls les essais en français et en anglais seront sélectionnés dans un souci de compréhension.

2.1.2 Critères PICO

Population	Tout enfant âgé entre 0 et 18 ans, atteint de PC, capable de marcher donc classer entre I et III au GMFCS
Intervention	Toute thérapie permettant d'améliorer le contrôle postural du tronc
Comparateur	Thérapie conventionnelle
Outcomes (Critère de jugement)	<u>Principal</u> : qualité de la marche, évalué par l'utilisation d'une ou plusieurs échelles de mesures validées. <u>Secondaire</u> : équilibre

Tableau III : Critères PICO de la question de recherche de la revue

2.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion de cette étude

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none">• ECR• Population correspondante• Intervention correspondante• Critère de jugement évalué	<ul style="list-style-type: none">• Les autres types de schémas d'étude ne répondant pas à la question clinique.• Les études n'évaluant pas la marche• Les études avec des patients présentant des troubles du contrôle postural non secondaires à une paralysie cérébrale• Autres langues qu'anglaise ou française.

Tableau IV : Critère d'inclusion et d'exclusion des études

2.2 Méthodologie de recherche des études

La recherche des articles s'est effectuée de septembre 2023 à février 2024

2.2.1 Sources documentaires

La recherche des articles s'est déroulée en investiguant les bases de données PubMed, PEDro ainsi que Google Scholar.

2.2.2 Équations de recherches

Afin d'obtenir un nombre maximal d'article, l'équation de recherche sera la plus complète possible.

Pour ce faire, nous effectuerons dans les différentes bases de données une recherche de synonymes. En effet, les articles sont indexés avec un système de mots clés prenant en compte automatiquement ces synonymes.

L'équation de recherche devra comprendre les termes suivants :

- **Concernant les patients sélectionnés** : cerebral palsy ;
- **Concernant l'intervention** : postural control, posture control, trunk control, trunk postural control
- **Concernant le critère de jugement** : gait, gait analysis

Les équations de recherches selon les différentes bases de données utilisées seront :

Bases de données	Équation de recherche
PubMed	(((((cerebral palsy) AND (children)) AND (postural control)) OR (trunk postural control)) OR (trunk control)) OR (posture control)) AND (gait) OR (gait analysis))
Google Scholar	"cerebral palsy" "trunk postural control" "gait"
PEDro	cerebral palsy trunk control gait

Tableau V : Équation de recherche selon des différentes bases de données

2.3 Méthodes d'extraction et d'analyse des données

2.3.1 Sélection des études

Concernant la sélection des études, nous avons suivi la démarche suivante :

Après **identification** par l'équation de recherche, nous établirons une première sélection sur la base des titres des articles. Nous excluons les articles ne traitant pas du sujet de notre revue, les doublons ainsi que les articles rédigés en d'autres langues que français ou anglais.

Ensuite, nous effectuerons une deuxième sélection par exclusion après lecture de l'abstract des articles retenus lors de la première étape d'identification.

Puis lors d'un troisième processus appelé **admissibilité**, nous retiendrons les articles sur la base de la lecture intégrale de l'article.

Enfin, la démarche se termine par un paramètre **d'inclusion** des articles au sein de l'analyse. Nous en déduisons alors les articles inclus dans cette revue de littérature.

Dans la partie résultats, un diagramme de flux sera réalisé, afin d'exposer le cheminement du processus de sélection des études.

2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des ECR inclus dans cette revue de la littérature, nous disposons de deux outils : l'échelle PEDro ainsi que l'échelle Cochrane Risk of Bias Tools (ROB-S).

L'échelle PEDro est un outil permettant d'évaluer la qualité méthodologique des ECR en kinésithérapie. Elle évalue différents aspects de la conception et de la conduite de l'essai, tels que la randomisation, l'assignation secrète, la vise en aveugle des participants et des évaluateurs ou l'analyse en intention de traiter [26].

L'échelle ROB-S quant à elle, n'est pas spécifique aux ECR. Elle évalue différents domaines de biais potentiels, tels que la sélection des participants, la classification de l'exposition, le biais de mesure, le biais de confusion ou le biais de résultats sélectif.

Rappelons que les biais sont « des erreurs méthodologiques ayant comme conséquence systématique de produire des estimations supérieures ou inférieures à la valeur réelle des paramètres étudiés ». ¹¹

Dans cette revue, c'est l'**échelle PEDro** qui sera utilisée pour évaluer la qualité méthodologique des études sélectionnées (Annexe 2).

Les critères évalués par l'échelle sont :

- Le critère 1 relatif à la validité **externe**
- Les critères 2 à 9 relatifs à la validité **interne** ainsi qu'au risque de **biais**, détaillés ci-dessous :
 - Les critères 2, 3 et 4 évaluent le biais de **sélection**, et plus particulièrement **d'allocation** pour le critère 3 ;
 - Les critères 5 et 6 évaluent le biais **performance** ;
 - Le critère 7 évalue le biais **d'évaluation** ;
 - Le critère 8 évalue le biais de **suivi** ;
 - Le critère 9 évalue le biais **d'attrition** ;
- Les critères 10 et 11 évaluent l'**interprétation des résultats**

À noter que seuls les critères 2 à 11 sont comptabilisés et que les points seront attribués uniquement si le critère est clairement respecté ; c'est-à-dire si le critère est explicitement rédigé dans l'étude

Chaque critère reçoit un point s'il est satisfait, et le score total est obtenu en additionnant les points attribués à chaque critère, avec un score maximal de 10. Plus le score est élevé, meilleure est la qualité méthodologique de l'étude évaluée.

Aucune étude ne sera écartée en fonction de son score. En effet, une étude ayant un score élevé peut encore présenter des biais significatifs, tandis qu'une étude avec un score plus bas peut être affectée par des biais mineurs ayant alors peu d'impact. Cependant, il sera crucial de prendre en compte tous les biais lors de l'analyse des articles.

L'analyse méthodologique des biais des études incluses dans cette revue de la littérature sera représentée sous forme de tableau. (cf. : 3.2 Risques de biais des études incluses)

2.3.3 Extraction des données

Concernant la description des études, celle-ci s'organisera par un groupement de données sous forme de tableau. Nous y retrouverons :

- Le nom de l'étude et sa date de publication
- Le schéma d'étude
- L'objectif de l'étude
- La description de la population (nombre de participants, sexe ratio, âge moyen, forme de PC, niveau de GMFCS, critères d'inclusion et d'exclusion)
- Le type d'intervention
- Le comparateur
- Le ou les critères de jugement
- La conclusion de l'auteur

¹¹ [Qu'est-ce qu'un biais \(erreur systématique\) dans une étude ? – Méta analyse HCQ / HCQ+AZ \(wordpress.com\)](#) (consulté le : 7/02/24)

Un tableau récapitulatif regroupant les 4 études est fourni en annexe (Annexe 2).

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Les résultats des études incluses seront présentés de façon claire et transparente, fidèle et exhaustive aux données présentes dans les études correspondantes.

Dans cette revue, nous les synthétiserons sous forme de tableaux, pour permettre une meilleure lisibilité synthétique. Au vu de la grande hétérogénéité des interventions, une analyse qualitative sera réalisée en comparant les différents tableaux.

Pour chaque critère de jugement à évaluer, le tableau comprendra les indicateurs statistiques suivant :

- La **moyenne** des résultats post intervention des groupes intervention et contrôle ;
- Le coefficient de signification « **p** »
- La **différence inter-groupe**
- L'**intervalle de confiance** à 95%

2.4 Conflits d'intérêts et financement

Je certifie n'avoir aucun conflit d'intérêt et n'avoir bénéficié d'aucun financement afin d'effectuer cette revue.

3. Résultats

3.1 Description des études incluses et exclues

3.1.1 Diagramme de flux

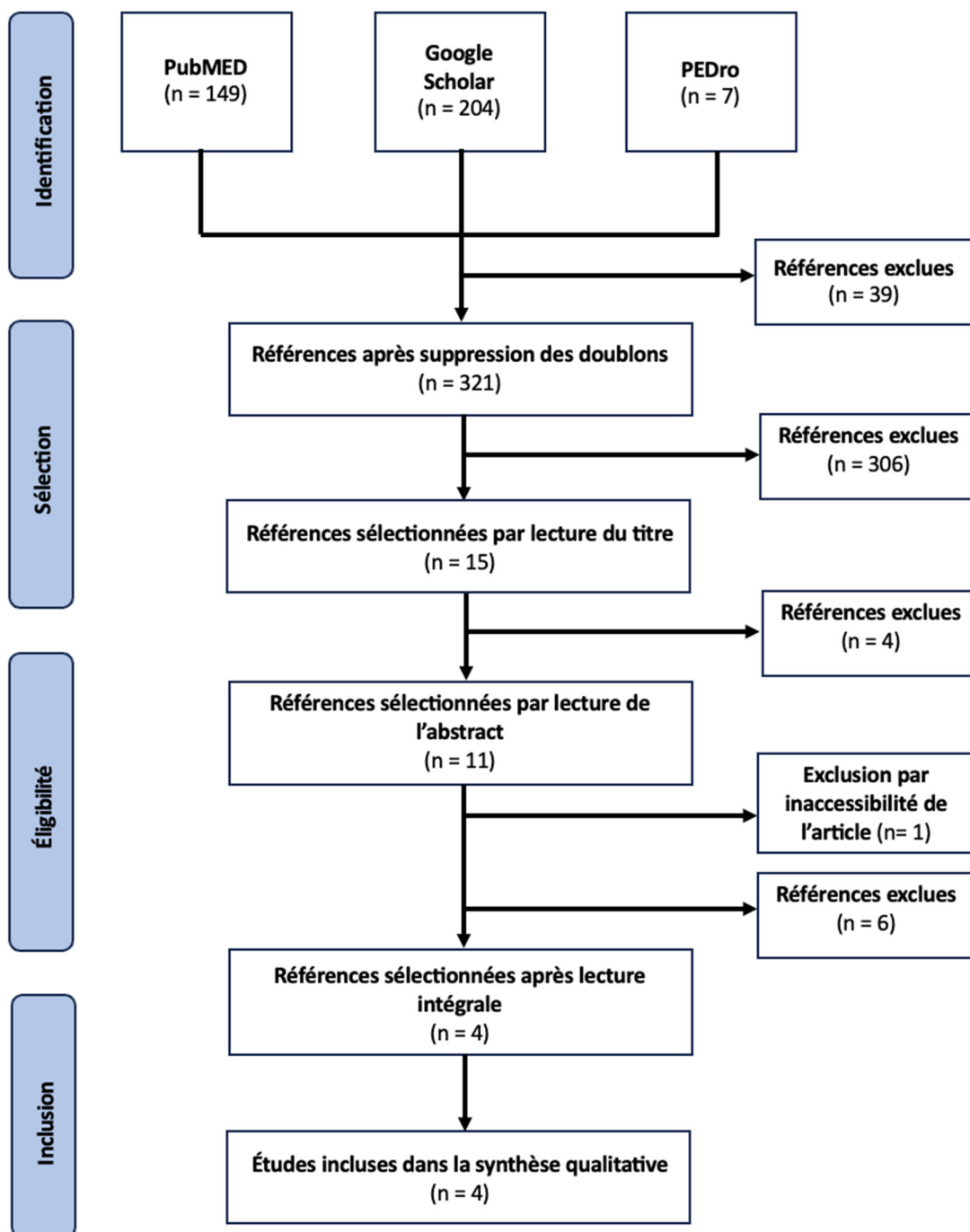


Figure 8 : Diagramme de flux de la revue de littérature

Les équations de recherche établies nous ont permis d’obtenir sur l’ensemble des trois moteurs de recherche utilisés, un total de 360 articles. À l’issue de la méthode de sélection, seulement 4 ont été retenus pour cette revue de littérature.

3.1.2 Études exclues

Dans un premier temps, la suppression des doublons nous a permis d’exclure 39 études.

Dans un second temps, 305 articles ont été exclus par lecture du titre car le sujet traité n’a aucun lien avec le sujet de la revue.

Ensuite, après lecture des 16 abstracts conservés précédemment, 4 ont été exclus pour au moins un des motifs suivants :

- Le sujet traité dans l’abstract n’a aucun lien avec la revue.
- Le sujet traité dans l’abstract ne traite pas de l’analyse de la marche ou n’utilise aucune échelle de mesure de la marche.
- Les critères d’inclusions et d’exclusions établis dans la revue n’étaient pas respectés.

Dans un dernier temps 7 ont été exclus par lecture intégrale de l’article pour au moins une des raisons suivantes figurant dans le tableau VI :

Motif d’exclusion	Études exclues
Absence du critère de jugement	<i>Curtis et al. (2016) [27]</i>
	<i>Moraes et al. (2016) [28]</i>
	<i>Ochandorena-Acha (2022) [29]</i>
	<i>Gulzar et al. (2022) [30]</i>
	<i>Kim et al. (2019) [31]</i>
Pas de renseignement sur l’effectif de chaque groupe	<i>Unger et al. (2022)[32]</i>
Inaccessibilité des ressources documentaires	<i>Adiguzel et al. (2021)[33]</i>

Tableau VI : Motifs d’exclusion et titre des articles exclus après lecture intégrale

3.1.3 Études incluses

À la suite de la sélection des études détaillées ci-dessus, nous avons retenu 4 articles pour répondre à la question de recherche de cette revue de littérature :

- *Pierret et al. (2023)[34]*
- *Coman et al. (2023)[35]*
- *Munaf et al. (2022)[36]*
- *El Shemy (2018)[37]*

3.1.3.1 Pierret et al. (2023)

Schéma d'étude	ECR (essai croisé)	
Objectif	Analyser l'impact d'une rééducation centrée sur le tronc basée sur des activités posturales sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.	
Population	n=17 (dont 9 hommes et 8 femmes) <u>Age moyen</u> : 7,9 +/- 2,4 ans <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I: n=9 / GMFCS II: n=8	
	Groupe 1 (intervention)	Groupe 2 (contrôle)
	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Nombre de participants</u> : n=8 - <u>Age moyen</u> : 9 +/- 2,5 ans - <u>Forme de PC</u> : 3 hémi / 5 di - <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I : n=3 / GMFCS II : n=5 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Nombre de participants</u> : n=9 - <u>Age moyen</u> : 7,6 +/- 2,3 ans - <u>Forme de PC</u> : 3 hémi / 6 di - <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I : n=6 / GMFCS II : n=3
<p>Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Age compris entre 5 et 12 ans - Capable de marcher sans aide technique (GMFCS I ou II) - Flexion dorsale de cheville d'au moins 5° genou en extension - Présence d'une spasticité du soléaire coté à 1 ou 2 sur l'échelle de Tardieu - Niveau cognitif et coopération suffisante pour effectuer les tâches et donner son consentement verbal pour participer à l'étude <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Injection de toxine botulique dans les MI dans les 6 mois précédant l'étude - Chirurgie des MI dans les 12 mois précédant l'étude - Toute modification de la thérapie physique ou orthopédique dans les 2 mois précédant l'étude - Présence de douleurs dans les membres inférieurs en position debout ou à la marche 		
Intervention	<p><u>Type</u> : Activités posturales centrées sur le tronc, basé sur la posture</p> <p><u>Durée</u> : 3 mois</p> <p><u>Volume</u> : 45 à 60 minutes + exercices quotidiens à la maison 10 à 30 minutes selon les disponibilités des parents</p>	
Critère de jugement	<u>Analyse de la marche</u> : système de capture de mouvement optoélectronique 3D	
Conclusion de l'auteur	La rééducation centrée sur le tronc améliore la dynamique du tronc et par conséquent améliore la qualité de la marche.	

hémi = hémiparalysique, di : diparalysique, H = homme, F = femme

Tableau VII : Description de l'étude Pierret et al.

3.1.3.2 Coman et al. (2023)

Schéma d'étude	ECR	
Objectif	Déterminer si les cours d'exercices basés sur le Pilates pourraient être efficaces dans la modification de la cinématique et de l'équilibre chez les enfants ambulant atteints de paralysie cérébrale.	
Population	n=46 (dont 29 hommes et 17 femmes) Niveau fonctionnel : GMFCS I: n=37/ GMFCS II: n=9	
	<p>Groupe 1 (intervention)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Nombre de participants</u> : n=23 - <u>Sexe ratio</u> : 13H/10F - <u>Age moyen</u> : 10,6 +/-2,6 ans - <u>Forme de PC</u> : 14 hémi/9 di - <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I : n=19 / GMFCS II : n=4 	<p>Groupe 2 (contrôle)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Nombre de participants</u> : n=23 - <u>Sexe ratio</u> : 16H/7F - <u>Age moyen</u> : 10,10+/-2,6 ans - <u>Forme de PC</u> : 15 hémi/8 di - <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I n=18 / GMFCS II n=5
	<p>Critères d'inclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enfant avec un diagnostic confirmé par un pédiatre de PC - PC unilatéral ou bilatéral - Être âgé de 7 à 17 ans - Capable de marcher de façon autonome (GMFCS I ou II) <p>Critères d'exclusion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de déficit d'équilibre - Injection de toxine botulique au cours des 3 mois précédant l'étude - Chirurgie des MI au cours de l'année précédant l'étude - Avoir suivi des exercices similaires à ceux de l'étude au cours de l'année qui la précède - Présenter des problèmes neurologiques ou orthopédiques non liés à la PC - Présence de difficultés comportementales ou intellectuelles pouvant impacter la participation au cours collectifs 	
Intervention	Type : exercices basés sur le Pilates avec un programme d'exercices supplémentaire à réaliser à la maison.	
	<p>Pilates</p> <p><u>Durée</u> : 4 semaines</p> <p><u>Volume</u> : 2 séances par semaine de 60 minutes</p>	<p>Programme supplémentaire</p> <p><u>Durée</u> : 4 semaines</p> <p><u>Volume</u> : 10 minutes 5 jours/semaine</p>
Critère de jugement	<p><u>Analyse de la marche</u> : système d'analyse 3D de la marche en 3D</p> <p><u>Équilibre</u> : Berg Balance Scale</p>	
Conclusion de l'auteur	L'intervention n'a pas montré de différence significative inter-groupe dans la cinématique de la marche. Cependant, on retrouve des différences au niveau de l'équilibre.	

hémi = hémiparalysique, di : diparalysique, H = homme, F = femme

Tableau VIII : Description de l'étude Coman et al.

3.1.3.3 Munaf et al. (2022)

Schéma d'étude	ECR	
Objectif	Déterminer les conséquences des exercices du tronc en plus de pratique de physiothérapie traditionnelle sur la mobilité chez les enfants atteints de PC hémiparétique.	
Population	n=37 (dont 19 hommes et 18 femmes) <u>Age moyen</u> : 10,86 +/- 1,932 ans <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS I ou II <u>Forme de PC</u> : unilatérale hémiparétique	
	Groupe 1 (intervention)	Groupe 2 (contrôle)
	- <u>Nombre de participants</u> : n=18 - <u>Sexe ratio</u> : 9H/9F - <u>Age moyen</u> : 10,50+/-2,203 ans	- <u>Nombre de participants</u> : n=19 - <u>Sexe ratio</u> : 10H/9F - <u>Age moyen</u> : 11,21+/-1,619 ans
	<u>Critères d'inclusion</u> : - Être atteint de PC - Age compris entre 6 et 14 ans - Spasticité cotée à 1 ou 2 sur l'échelle d'Ashworth <u>Critères d'exclusion</u> : Non renseigné par les auteurs	
Intervention	<u>Type</u> : exercices centrés sur le tronc <u>Durée</u> : 3 mois <u>Volume</u> : 3 séances par semaine de 30 minutes	
Critère de jugement	<u>Analyse de la marche</u> : Dynamique Gait Index <u>Équilibre</u> : Pediatric Berg Balance Scale	
Conclusion de l'auteur	L'exercice du tronc joue un rôle bénéfique et peut être utilisé en fusion avec une pratique de physiothérapie traditionnelle pour améliorer l'équilibre et les fonctions de mobilité de marche chez les personnes atteintes de paralysie cérébrale hémiparétique.	

hémi = hémiparétique, di : diplégique, H = homme, F = femme

Tableau IX : Description de l'étude Munaf et al.

3.1.3.4 El Shemy (2018)

Schéma d'étude	ECR	
Objectif	Évaluer l'effet du core stability sur l'endurance des muscles du tronc et les paramètres de la marche chez les enfants hémiparétiques atteints de PC.	
Population	n=30 (dont 17 hommes et 13 femmes) <u>Age moyen</u> : <u>Niveau fonctionnel</u> : GMFCS II <u>Forme de PC</u> : hémiparétique	
	Groupe 1 (intervention)	Groupe 2 (contrôle)
	- <u>Nombre de participants</u> : n=15 - <u>Sexe ratio</u> : 9H/6F - <u>Age moyen</u> : 10,91+/-0,52 ans	- <u>Nombre de participants</u> : n=15 - <u>Sexe ratio</u> : 8H/7F - <u>Age moyen</u> : 11,17+/-0,54 ans
	<u>Critères d'inclusion</u> : - Age compris entre 10 et 12 ans - Spasticité cotée à 1 ou 1+ sur l'échelle d'Ashworth modifiée - GMFCS II - Capacités à comprendre et suivre les instructions <u>Critères d'exclusion</u> : - Injection de toxine botulique dans les 6 mois précédant l'étude - Chirurgie des MI et/ou du rachis dans les 12 mois précédant l'étude - Présence de déformations orthopédiques - Présence de troubles visuels ou respiratoires	
Intervention	<u>Type</u> : Core stability <u>Durée</u> : 8 semaines <u>Volume</u> : 3 séances par semaine de 45 minutes	
Critère de jugement	<u>Analyse de la marche</u> : Biodex Gait Trainer	
Conclusion de l'auteur	L'ajout d'exercices de core stability au programme de traitement peut améliorer efficacement les paramètres de la marche chez les enfants atteints de CP hémiparétiques.	

hémi = hémiparétique, di : diparétique, H = homme, F = femme

Tableau X : Description de l'étude El Shemy

3.2 Risque de biais des études incluses

Étudiées de manière approfondie, grâce à l'échelle PEDro (Annexe 2), les divers critères et, par conséquent, les biais présents dans les études choisies.

Critères 2, 3 et 4 : biais de **sélection**

Les 4 études ont respecté les critères 2 et 4, toutes déclarent avoir réalisé une répartition aléatoire ainsi qu'une randomisation des patients entre les différents groupes d'étude.

Concernant le critère 3, seul *Coman et al.* mentionne avoir respecté les assignations secrètes ainsi que la mise en aveugle.

Critère 5 et 6 : biais d'**évaluation**

Aucune des études n'a répondu à ces deux critères. En effet, l'intervention de chacune des études ne permet pas une mise en aveugle des sujets ainsi que des thérapeutes.

Critère 7 : biais de **performance**

Pierret et al. ainsi que *Munaf et al.* ne valident pas ce critère, car il ne précise pas si les évaluateurs sont en aveugle.

Critère 8 : biais de **suivi**

Toutes les études ont respecté ce critère.

Critère 9 : biais d'**attrition**

Les études *Pierret et al.* et *Munaf et al.* ne valident pas ce critère.

Critère 10 et 11 : biais d'**interprétation**

Les 4 études ont respecté ces critères. En effet pour chacune d'entre elles les informations statistiques rapportées permettent une interprétation des résultats. Toutes indiquent le coefficient de signification « p » pour les critères de jugement étudiés, la moyenne post intervention et l'écart-type pour chaque groupe.

Étude	Critères											Score / 10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Pierret et al. 2023	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	5
Coman et al. 2023	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	8
Munaf et al. 2022	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	5
El Shemy 2018	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	7

Tableau XI : Tableau récapitulatif des scores PEDro de chacune des études

✓ correspondent aux critères présents dans le texte

✗ correspondent aux critères manquants

3.3 Effet de l'intervention sur les critères de jugement

L'objectif de cette revue est d'évaluer l'effet de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Deux critères sont donc évalués :

- Le principal : la marche
- Le secondaire : l'équilibre

Afin de déterminer l'efficacité du traitement par rapport au groupe contrôle une analyse **inter-groupe** sera réalisée.

Le **coefficient de signification « p »** est une mesure statistique qui évalue que la relation observée entre deux variables ne soit pas due au hasard.

Il correspond à un chiffre compris entre 0 et 1 et qui représente la probabilité que les résultats soient statistiquement significatifs :

- Si $p > 0,05$ on accepte l'hypothèse nulle (H_0) « les résultats sont dus au hasard »
- Si $p < 0,05$ on rejette H_0 [38]

Afin de signifier que la valeur p atteste que les résultats sont statistiquement significatifs, c'est-à-dire $p < 0,05$, le signe « * » sera présent à côté de celui-ci. Cette valeur correspond au seuil de tolérance de la revue.

La **différence inter-groupe** ainsi que l'**intervalle de confiance à 95% (IC95%)** seront calculés grâce au tableau mis à disposition par l'institut de formation à partir des données rapportées par les études à savoir : les moyennes et les écart types post intervention ainsi que le nombre de sujets présents dans chaque groupe.

La différence inter-groupe est une mesure permettant d'estimer l'effet d'un traitement. Elle se calcule grâce à la différence des moyennes post traitement entre les deux groupes expérimentaux.

L'intervalle de confiance à 95% est une mesure qui estime une plage plausible de valeurs dans laquelle l'effet d'un traitement est susceptible de se situer au sein d'une population plus large. Lorsque IC inclut la valeur nulle, cela signifie qu'il existe une incertitude quant à l'effet réel du traitement, et que le résultat n'est pas cliniquement significatif. En revanche, si l'IC exclut la valeur nulle, on considère que l'effet du traitement est cliniquement significatif.

De plus, plus l'IC est étroit plus il est puissant et présente une bonne valeur statistique, au contraire plus il est large plus les résultats perdent en puissance et en valeurs statistique.

Il existe de nombreux test statistique disponibles, utilisés à la discrétion du biostatisticien selon la population étudiée et la nature des variables comparées (ex : Mann Withney, test de student, test ANOVA, test ANCOVA).

3.3.1 Effet de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche

3.3.1.1 Analyse visuelle de la marche

Dans l'étude *Munaf et al.* l'analyse de la marche est évaluée grâce à l'échelle **Dynamique Gait Index** (DGI) (Annexe 4).

Le **DGI** est un outil permettant d'évaluer la qualité de la marche au cours de diverses conditions dynamiques.

Chaque item est coté entre 0 et 3 ; avec 3 indiquant une performance normale et 0 une déficience grave. Le score maximal est donc de 24¹².

Dans cette étude, les résultats sont statistiquement significatifs ($p < 0,001$).

La différence inter-groupe est en faveur du groupe intervention et témoigne d'une amélioration du score au DGI d'environ 5 points, ce qui n'est pas négligeable. Par ailleurs, l'IC est étroit et ne croise jamais la valeur 0. Les résultats sont cliniquement significatifs.

Résultats après intervention Dynamic Gait Index (DGI)	Intervention		Control		Différence inter-groupe et intervalle de confiance (IC) à 95%	P value
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type		
Munaf et al.	17,5	1,15	12,42	1,017	-5,08 [-5,80 ; -4,36]	<0,001*

Tableau XIII : Résultats des études sur le critère de jugement principal

3.3.1.2 Analyse quantifiée de la marche

Les résultats concernant la vitesse de marche et la longueur du pas ont pu être rapportés par les études ci-dessous grâce à l'utilisation de **système d'analyse 3D** pour *Pierret et al.* et *Coman et al.* L'étude *El Shemy* à quant à elle utilisé un **Biodex Gait Trainer**.

Notons que pour l'étude *Pierret et al.*, les valeurs rapportées sont celles recueillis avant le cross-over.

Variables spatio-temporelles

Concernant la **vitesse de marche**, les résultats les résultats sont hétérogènes :

Contrairement au deux autres études, *Coman et al.* rapporte des résultats statistiquement non significatifs.

¹² [Dynamic Gait Index - Physiopedia \(physio-pedia.com\)](https://www.physio-pedia.com/Dynamic_Gait_Index) (consulté le 20/03/24)

Pour les 3 études, les différences inter-groupes sont en faveur des interventions. Néanmoins, leurs valeurs absolues sont proches de 0 et les trois IC contiennent la valeur 0. Les résultats sont cliniquement non significatifs.

Résultats après intervention :		Intervention		Control		Différence inter-groupe et intervalle de confiance (IC) à 95%	P value
		Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type		
Coman et al. 2023	Marche sur surface plane	0,99	0,17	0,96	0,16	-0,03 [-0,13 ; 0,07]	0,78
Pierret et al. 2023	Marche sur surface plane	0,46	0,04	0,40	0,06	-0,06 [-0,12 ; 0]	0,002*
El Shemy 2018	Marche sur surface plane	0,63	0,06	0,59	0,06	-0,04 [-0,08 ; 0]	0,02*

Tableau XIII: Résultats des études sur le critère de jugement principal : vitesse de marche

Concernant la **longueur du pas**, ici encore les résultats divergent :

Dans l'étude *Coman et al.*, les résultats sont statistiquement non significatifs ($p=0,72$). La différence inter-groupe n'est pas en faveur de l'intervention et l'IC croise la valeur 0. Les résultats sont également cliniquement non significatifs.

Dans l'étude *Pierret et al.*, les résultats sont statistiquement significatifs ($p=0,002$). La différence inter-groupe est en faveur de l'intervention. Sa valeur met en évidence une différence de 13 centimètres pour un pas, ce qui n'est pas négligeable. Néanmoins, l'IC croise la valeur 0. Les résultats ne sont pas cliniquement significatifs.

Dans l'étude *El Shemy*, la population ne comprenant que des enfants hémiplegiques, les résultats ont pu être mesurés en fonction de la latéralité.

Pour les mesures du côté du membre hémiplegique, les résultats sont statistiquement significatifs ($p=0,01$). La différence inter-groupe semble être en faveur de l'intervention, néanmoins sa valeur est proche de l'effet nul. L'IC est très étroit donc également proche de la valeur 0, bien qu'il ne la contienne pas. Les résultats ne permettent pas de conclure en l'efficacité d'une rééducation par rapport à une autre.

Pour les mesures du côté controlatéral au membre hémiplegique, les résultats sont statistiquement significatifs ($p=0,02$).

Pareillement au côté hémiplegique, la différence inter-groupe bien qu'en faveur de l'intervention, est proche de l'effet nulle. De plus, l'IC borne à la valeur 0. Les résultats sont cliniquement non significatifs.

Résultats après intervention :		Intervention		Control		Différence inter-groupe et intervalle de confiance (IC) à 95%	P value
		Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type		
Longueur du pas (m)							
Coman et al. 2023	Sans considération de la latéralité	1,00	0,13	1,01	0,14	0,01 [-0,07 ; 0,09]	0,72
Pierret et al. 2023	Sans considération de la latéralité	0,90	0,37	0,77	0,11	-0,13 [-0,44 ; 0,18]	0,002*
El Shemy 2018	Homolatéral à l'hémiplégie	0,45	0,05	0,40	0,04	-0,05 [-0,08 ; -0,02]	0,01*
	Controlatéral à l'hémiplégie	0,39	0,04	0,36	0,04	-0,03 [-0,06 ; 0]	0,02*

Tableau XIV : Résultats des études sur le critère de jugement principal : longueur du pas

Variables cinématiques

En complément des variables spatio-temporelles, *Coman et al.* a choisi d'utiliser le **Gait Profil Score** (GPS) afin d'obtenir une vision plus complète de la fonction locomotrice des patients. Plus le GPS est élevé, plus la marche est altérée.

Les résultats recueillis ne sont pas statistiquement significatifs ($p=0,99$).

La différence inter-groupe est en faveur de l'intervention (0,8) mais sa valeur est négligeable en termes d'effet. De plus, l'IC croise la valeur 0. Les résultats concernant le GPS, sont donc cliniquement non significatifs.

Résultats après intervention :		Intervention		Control		Différence inter-groupe et intervalle de confiance (IC) à 95%	P value
		Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type		
Score GPS (°)							
Coman et al. 2023		8	1,9	8,8	2	-0,8 [-1,96 ; 0,36]	0,99

Tableau XV : Résultats des études sur le critère de jugement principal : score GPS

3.3.2 Effet de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur l'équilibre

Concernant le critère de jugement secondaire, le **Pediatric Berg Balance Scale** (PBBS) (Annexe 5) et le **Berg Balance Scale** (BBS) (Annexe 6) sont les seules échelles fournies par au moins 2 des 4 études qui permettent d'évaluer l'équilibre. Ces deux échelles comptent 14 items. Chaque item évalué est coté entre 0 (incapacité à réaliser la tâche) et 4 (capacité à réaliser la tâche de façon indépendante et sécuritaire). Le score maximum est de 56 [39].

Seul les études *Munaf et al.* et *Coman et al.* ont évalué ce critère de jugement.

Les résultats rapportés par *Munaf et al.* sont statistiquement significatifs ($p < 0,001$). La différence inter-groupe est en faveur de l'intervention, une différence de 3,41 points n'est pas fortement significative mais reste non négligeable. Par ailleurs, l'IC ne croise pas la valeur 0, on peut dire que les résultats sont cliniquement significatifs.

Les résultats rapportés par *Coman et al.* sont également statistiquement significatifs ($p = 0,001$). La différence inter-groupe est en faveur du groupe intervention mais reste faible, de plus, l'IC passe par la valeur 0. Les résultats sont cliniquement non significatifs.

Résultats après intervention	Intervention		Control		Différence inter-groupe et intervalle de confiance (IC) à 95%	P value
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type		
Munaf et al. 2022	26,94	1,552	23,53	1,264	-3,41 [-4,35 ; -2,47]	<0,001*
Coman et al. 2023	53,5	2,2	51,7	3,8	-1,8 [-3,65 ; 0,05]	0,001

Tableau XVI : Résultats des études sur le critère de jugement secondaire : l'équilibre

4. Discussion

L'objectif de cette revue était de déterminer l'effet de différentes stratégies thérapeutiques visant à améliorer le contrôle postural du tronc sur la marche, chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. D'après les études incluses, il semblerait que les résultats soient discutables. Il est donc pertinent de les comparer en tenant compte de leur éventuelle hétérogénéité et risque de biais.

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Analyse de la population

- **Pierret et al. (2023)**

Au total, **15/17** patients ont suivi le protocole (2 perdus de vue). On retrouvait parmi eux, des hémiplésiques et des diplésiques et leur niveau fonctionnel au GMFCS était de I ou II selon les enfants. Tous ont une spasticité cotée à 1 ou 2 sur l'échelle de Tardieu. La moyenne d'âge de la population est de 8 ans.

Concernant les critères d'inclusion, il s'agit de la seule étude à prendre en compte le degré de flexion dorsale de cheville. Elle est également la seule à préciser que les patients seraient exclus s'ils présentaient des douleurs au niveau des membres inférieurs que ce soit debout ou à la marche.

La répartition des enfants avec un GMFCS I ou II dans chacun des 2 groupes n'est pas équivalente même s'il n'a pas été réalisé par les auteurs de test statistique pour l'affirmer.

Par ailleurs, la répartition dans chaque groupe selon la cotation de la spasticité n'est pas précisée. Ces deux éléments représentent une limite pour l'interprétation des résultats.

- **Coman et al. (2023)**

Au total, **46** patients ont suivi le protocole, dont 29 hommes et 17 femmes (on compte au total 7 perdu de vue néanmoins les résultats ont été réalisés en intention de traiter). On retrouvait parmi eux, des hémiplésiques et des diplésiques et leur niveau fonctionnel au GMFCS était de I ou II selon les enfants avec une répartition équivalente dans les deux groupes. La moyenne d'âge est de 10 ans.

Il est le seul à préciser que les patients seraient exclus s'ils avaient suivi des exercices similaires à ceux de l'étude au cours de l'année qui la précède. Cependant, dans les critères d'inclusion, il est le seul à ne pas préciser la cotation de la spasticité des patients inclus. Il s'agit d'une limite pour l'interprétation des résultats.

- **Munaf et al. (2022)**

Au total, **37** patients ont suivi le protocole, dont 19 hommes et 18 femmes. Tous sont hémiparétiques et leur niveau fonctionnel au GMFCS était de I ou II selon les enfants. Les patients inclus présentent une spasticité cotée à 1 ou 2 sur l'échelle d'Ashworth. La moyenne d'âge est de 11 ans.

Les auteurs n'ont pas précisé leurs critères d'exclusion. De plus, aucune information n'est rapportée sur la répartition des patients selon leur niveau fonctionnel et leur spasticité dans chacun des deux groupes comparés. Ceci représente une limite majeure pour l'interprétation des résultats.

- **El Shemy (2018)**

Au total, **30** patients ont suivi le protocole, dont 17 hommes et 13 femmes. Tous sont hémiparétiques et leur niveau fonctionnel était de II au GMFCS. La moyenne d'âge est de 11 ans. Les patients inclus ont une spasticité cotée à 1 ou 1+ sur l'échelle d'Ashworth modifiée.

Au total, les échantillons de population de chacun des articles étaient comparables en termes de moyenne d'âge (10 ans), de sexe ratio et de niveau fonctionnel moteur.

Ceci nous autorise donc à déduire qu'aucun biais lié à l'âge ou au sexe ne modifiera les résultats obtenus.

En revanche, ils différaient en termes de formes d'atteinte, uni ou bilatérales et *Munaf et al.* ne précise pas leurs critères d'exclusion ce qui est la source potentielle d'une grande hétérogénéité de la population.

De plus, pour chacune des 4 études, la taille des échantillons est très faible avec une répartition en termes de niveau fonctionnel et de spasticité non ou mal renseignée, ce qui contribue à une limite dans la robustesse des résultats.

4.1.2 Analyse des interventions

Les 4 études sélectionnées pour cette revue n'ont pas mis en place les mêmes interventions pour agir sur le contrôle postural du tronc. Les interventions seront donc analysées de façon indépendante. Dans chacune des études elles sont comparées à une thérapie conventionnelle.

- **Pierret et al. (2023)**

Pierret et al. a évalué, sur la marche, les effets des **activités posturales contrôlées sur le tronc**. Les exercices ont été effectués sur une durée de 3 mois à hauteur de 2 séances de 45 à 60 minutes par semaine. Il était également recommandé aux enfants de réaliser chez eux 10 à 30 minutes d'exercices quotidiens selon les disponibilités de leurs parents.

Les auteurs rapportent des informations sur la globalité des exercices réalisés, tous centrés sur le contrôle postural du tronc. En revanche, le protocole exact des exercices réalisés n'est pas disponible.

Parallèlement, la thérapie conventionnelle combinait diverses techniques d'étirements et de renforcement. Ces thérapies ciblaient que très rarement les muscles du tronc.

Ainsi, les résultats obtenus pourront être corrélés sans ambiguïté avec l'apport d'une rééducation centrée sur le tronc.

- **Coman et al. (2023)**

Coman et al. a évalué l'impact des exercices de **Pilates** sur la marche et l'équilibre. Le protocole établi sur 4 semaines, prévoyait la réalisation de 2 séances de Pilates de 60 minutes accompagnées de 5 séances de 10 minutes d'exercices supplémentaires à effectuer à la maison. Très peu d'informations sont disponibles sur les exercices réalisés.

Cependant, bien que les auteurs rapportent que les cours d'exercices basés sur le Pilates étaient en eux même réalisables et agréables (questionnaire de satisfaction), ils décrivent tout de même que 30% des cours ont été manqués. De plus, l'adhésion au programme d'exercice à réaliser à la maison était très faible.

Dans ces conditions, les résultats obtenus seront peu informatifs et ne permettront en aucun cas d'attribuer une différence ou une non-différence entre les deux groupes due aux exercices testés.

- **Munaf et al. (2022)**

Munaf et al. a évalué les effets sur la marche et l'équilibre, **d'exercices centrés sur le tronc**. Le programme d'exercice a été effectué sur une durée de 3 mois à hauteur de 3 séances de 30 minutes par semaine. Les exercices sont peu détaillés par les auteurs.

Ici encore les deux groupes reçoivent une rééducation conventionnelle identique. Un seul groupe se voit ajouter le programme testé.

Ainsi les résultats obtenus en termes de différence entre les deux groupes pourront sans ambiguïté être attribués aux exercices centrés sur le tronc.

- **El Shemy (2018)**

El Shemy a évalué l'impact du **Core stability** sur les paramètres de la marche. Les exercices ont été effectués sur une durée de 8 semaines à hauteur de 3 séances de 45 minutes par semaine. Le programme était bien détaillé par les auteurs (Annexe 4). Il comprenait 3 niveaux : les niveaux 1 et 2 incluaient respectivement un entraînement en condition statique et dynamique sur surface stable, alors que le niveau 3 incluait un entraînement en condition dynamique sur surface instable.

Pour ce qui est du comparateur, ici encore le programme de thérapie conventionnelle est nettement détaillé par les auteurs. Celui-ci comprenait de nombreux exercices susceptibles d'améliorer le contrôle postural du tronc (technique neurodéveloppementale) et la marche (entraînement à la marche) ; ce qui ne vient néanmoins pas compromettre les résultats, car les deux groupes ont suivi le programme.

Au total, les interventions testées dans ces 4 études ciblant le contrôle postural du tronc sont très hétérogènes en termes de volume et de durée et de type d'exercices. Si pour au moins 3 d'entre elles, la méthodologie permet d'attribuer la différence ou non à la thérapie testée, nous ne pourrions pas obtenir d'informations sur le rôle de la durée, ou du volume des exercices nécessaires pour être en faveur d'une efficacité sur l'amélioration de la marche.

L'hétérogénéité des interventions rend difficilement comparable entre eux les résultats obtenus dans chaque étude.

4.1.3 Analyse des outils de mesure et des critères de jugement

4.1.3.1 Critère de jugement principal : qualité de la marche

On retrouve une grande hétérogénéité des outils de mesures utilisés. En effet, sur les 4 études incluses, une utilise une échelle qualitative tandis que les 3 autres se servent d'outils de mesures quantitatifs.

Dans l'étude *Munaf et al.*, la marche est évaluée grâce à l'échelle DGI. Le DGI est un outil d'évaluation qui se concentre sur certains aspects **qualitatifs** de la marche. On l'utilise afin d'évaluer la capacité des patients à marcher tout en répondant à diverses tâches dynamiques. Il comprend 8 éléments :

- Marche sur terrain plat
- Changements de vitesse de marche
- Marche avec rotation de la tête
- Marche avec déplacement de la tête de haut en bas
- Marche et pivots
- Marche avec passage d'obstacles
- Marche avec contournement d'obstacles
- Montée et descente d'escaliers

Peu de recherches ont été menées afin d'évaluer la fiabilité et la validité du DGI sur des enfants atteints de PC. Néanmoins, nous avons identifié au moins une étude qui rapporte que le DGI est une méthode de mesure valide et fiable chez cette population [40].

Pierret et al., et *Coman et al.*, ont tous les deux utilisé un système d'analyse 3D. Quel que soit le système d'analyse 3D, celui-ci permet de capturer et d'analyser les mouvements **tridimensionnels** du corps pendant la marche [41]. Il utilise des caméras de haute résolution placées autour de la zone de marche, ainsi que de marqueurs réfléchissants placés sur les articulations et les segments du corps du sujet. Ces marqueurs permettent au système de capture de mouvement de suivre précisément les mouvements du corps dans les trois plans de l'espace pendant la marche. Les auteurs rapportent tous, au moins, une vitesse de marche et une longueur de pas.

Notons que *Coman et al.* ont rapporté un Gait Profil Score. Ce dernier est établi à partir de variables biomécaniques recueillies lors de l'analyse de la marche via un système 3D telles que les angles articulaires des membres inférieurs, les moments articulaires, les forces et les pressions sous les pieds. Il est calculé en prenant en compte la différence des résultats mesurés par rapport à des valeurs de référence.

El Shemy, analyse la marche grâce au « Gait Trainer » qui fait appel à une plateforme de marche motorisée. Il s'agit en pratique d'un dispositif utilisé principalement pour la rééducation de la marche. Son utilisation est ici détournée à des fins d'évaluation de la marche.

Il est équipé de capteurs permettant de mesurer divers paramètres de la marche tels que la vitesse de marche, la longueur du pas et autres variables biomécaniques. Par ailleurs, contrairement au système 3D, ce mode d'évaluation propose un biofeedback visuel qui pourrait être une source de stimulation supplémentaire pour les enfants et qui pourrait expliquer les éventuelles divergences dans les résultats obtenus par les différentes études.

Au total, les outils permettant d'évaluer la marche ne sont pas les mêmes pour la totalité des études incluses, ce qui constitue une limite dans l'interprétation des résultats.

4.1.3.2 Critère de jugement secondaire : équilibre

Seuls, deux sur les quatre études évaluent ce critère ce jugement.

Munaf et al. utilise le Pediatric Berg Balance Scale, tandis que *Coman et al.* utilise le Berg Balance Scale. Ces deux échelles ont été conçues pour évaluer l'équilibre. Elles se composent toutes les deux de 14 items qui évaluent différentes composantes de l'équilibre statique et dynamique. Chaque item est coté sur une échelle de 5 points allant de 0 à 4 pour un score maximum de 56[39].

Néanmoins, leur différence réside dans leur population cible. Le Berg Balance Scale est une échelle fiable et valide mais dédiée à l'adulte. Comme son nom l'indique, le PBBS, qui est une échelle fiable et valide également, est adaptée à la population pédiatrique en conséquence, la cotation des items est adaptée à leur âge et leur niveau de développement [42, 43].

De ce fait, la comparaison des résultats rapportés par les 2 études paraît compromise.

Finalement, pour le critère de jugement secondaire, les études n'utilisent pas les mêmes outils de mesure. Ne pas mesurer le critère de jugement via le même outil constitue une limite à la comparaison des résultats entre eux et donc une limite à l'interprétation des résultats de notre étude.

4.2 Analyse de résultats

Étant donné la variation des interventions réalisées dans les 4 études, il semble préférable de présenter les résultats de manière distincte pour chacune d'entre elle.

4.2.1 Critère de jugement principal : la marche

- **Munaf et al. (2022)**

L'objectif de l'étude était de déterminer les effets d'exercices centrés sur le tronc, sur la marche chez les enfants atteints de PC. Les auteurs ont choisi de réaliser une analyse qualitative de la marche évaluée grâce au DGI. Les résultats étaient présentés sous forme de moyenne avec les écarts type de celle-ci.

La stratégie testée impacte significativement la qualité de la marche mesurée par le DGI ($p < 0,001$). Par ailleurs, l'intervalle de confiance est étroit, ne croise pas la valeur 0 et renforce la significativité en faveur du groupe intervention.

Néanmoins, l'efficacité probante de l'intervention sur la marche que reflètent les résultats peut être discutée. En effet, en raison de la nature de son évaluation qui repose sur l'observation clinique du mouvement pendant la marche, le DGI est considérée comme une échelle subjective. L'utilisation d'une échelle qui repose sur une évaluation qualitative peut amener à de nombreux biais d'interprétation par manque de mesures objectives et variabilité inter-évaluateur.

De plus, l'étude laisse transparaître plusieurs biais susceptibles de fausser les résultats. En effet, la mise en aveugle des participants et des thérapeutes ainsi que des évaluateurs n'a pas été respectée. Par ailleurs, le manque d'informations sur la répartition des sujets selon leur niveau fonctionnel et leur spasticité diminue la robustesse des résultats rapportés par l'étude.

- **Pierret et al. (2023)**

Pierret et al. s'intéresse à l'impact d'une rééducation renforcée du tronc. Il rapporte un impact statistiquement significatif de cette rééducation sur la **vitesse de marche** ($p < 0,002$).

La différence inter-groupe est en faveur de l'intervention. Cependant, l'intervalle de confiance borne à la valeur 0 ce qui diminue la robustesse des résultats.

De même, la **longueur du pas** est significativement améliorée par la rééducation testée ($p = 0,002$). Néanmoins, les résultats ne révèlent pas de significativité clinique en faveur de l'intervention. En effet, bien que la différence inter-groupe soit en faveur de celle-ci, l'intervalle de confiance croise la valeur 0.

Selon les auteurs, les exercices ciblés sur le tronc amélioreraient les composantes de la marche. Néanmoins, ces résultats sont à considérer avec prudence. En effet, bien que les résultats concernant la vitesse de marche et la longueur du pas soient statistiquement significatifs et que les différences inter-groupe soient en faveur de l'intervention, les intervalles de confiance pondèrent ces résultats.

Néanmoins, la taille des échantillons des deux groupes est très faible et la répartition selon le niveau de spasticité n'est pas renseignée pour chacun des groupes ce qui pourrait éventuellement expliquer le manque de significativité clinique des résultats.

Par ailleurs, nous ne pouvons pas omettre les nombreux biais dont fait preuve cette étude (cf. Risque de biais des études incluses) qui peuvent impacter les résultats obtenus. Comme pour l'étude publiée par *Munaf et al.*, la mise en aveugle des participants, des thérapeutes ainsi que des évaluateurs n'a pas été respectée.

Finalement L'étude *Pierret et al.* ne permet pas de conclure quant à l'efficacité de l'intervention sur les paramètres de la marche étudiés.

- **Coman et al. (2023)**

A contrario, *Coman et al.* ne retrouve aucune différence significative entre les deux groupes étudiés concernant l'effet du Pilate sur la marche.

En effet, concernant la **vitesse de marche**, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs ($p=0,78$).

Par ailleurs bien que la différence inter-groupe soit négative, celle-ci est proche de la valeur nulle (-0,03) et l'intervalle de confiance contient la valeur 0 ; les résultats sont donc également cliniquement non significatifs.

De même, les auteurs ne retrouvent aucune différence statistiquement significative en faveur du groupe intervention sur l'amélioration de la **longueur du pas** ($p=0,72$).

De plus, la différence inter-groupe n'est pas en faveur de l'intervention et l'intervalle de confiance contient la valeur 0. Ici encore, les résultats ne révèlent pas de significativité clinique.

Coman et al. a également rapporté des valeurs cinématiques grâce au **Gait Profil Score**. Concernant celui-ci, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs ($p=0,99$). D'autre part, les résultats mettent en évidence une différence inter-groupe proche de l'effet nul. Nous ne pouvons donc pas conclure quant à l'efficacité d'une thérapie plutôt qu'une autre, d'autant plus que l'intervalle de confiance croise la valeur 0.

Cette étude présente peu de biais et l'analyse 3D est un outil sensible ce qui pourrait appuyer la fiabilité des résultats obtenus.

Cependant, comme vu ci-dessus (cf. 4.1.1 Analyse de la population et 4.1.2 Analyse des interventions), il existe au moins deux limites importantes pouvant expliquer les résultats négatifs rapportés dans cette étude :

- La mise en place de l'intervention est défailante en raison d'un absentéisme mesuré à **30 %** et d'une mauvaise assiduité aux exercices proposés à la maison ;
- La réparation dans chaque groupe selon la spasticité n'est pas renseignée.

Ces résultats ne peuvent donc pas exclure que le Pilates pourrait être efficace s'ils étaient pratiqués à une intensité plus élevée et sur une période plus longue.

- **El Shemy (2018)**

Objectif de l'étude était d'évaluer l'effet du core stability sur les paramètres de la marche chez les enfants hémiparétiques atteints de PC.

L'étude rapporte des résultats statistiquement significatifs sur la **vitesse de marche** en faveur du groupe intervention avec $p=0,02$ et une différence inter-groupe négative. Cependant l'IC bien qu'étroit, borne à la valeur 0 et ne permet pas de retenir avec certitude l'efficacité de l'intervention.

Dans cette étude, les résultats concernant la **longueur du pas** sont rapportés en fonction de la latéralité étudiée.

Les résultats obtenus témoignent d'une différence statistiquement significative quelle que soit la latéralité avec $p=0,01$ et $p=0,02$ respectivement pour le côté hémiparétique et son côté controlatéral. Pour le côté hémiparétique, bien que proche de l'effet nul, la différence intergroupe est en faveur du groupe intervention. De plus, l'intervalle de confiance ne croise pas la valeur 0.

Pour le côté controlatéral à l'hémiparésie, les résultats concernant la différence inter-groupe sont identiques à ceux rapportés pour le membre opposé. En revanche, l'intervalle de confiance borne à la valeur 0.

Au total, dans cette étude, il n'est pas possible de retenir avec certitude l'efficacité du core stability sur les paramètres de la marche, mais au vu des résultats rapportés dans un contexte où l'échantillon de population reste faible, il semble exister un signal qui encourage sa pratique au sein d'un programme plus large.

Globalement, concernant une éventuelle amélioration, nous ne pouvons pas affirmer que l'amélioration du contrôle postural du tronc recherchée par ces interventions, a un impact sur les performances de la marche chez les enfants atteints de PC.

Cependant, nous ne pouvons pas non plus rejeter l'hypothèse qu'un tronc stable et solide peut contribuer à une utilisation plus efficace des membres inférieurs et ainsi améliorer certains paramètres de la marche.

Un travail de recherche incluant de plus grands échantillons et une durée d'intervention plus longue centrée sur le tronc permettrait peut-être d'optimiser les résultats.

4.2.2 Critère de jugement secondaire : l'équilibre

Seuls Munaf et al. et Coman et al., ont évalué l'équilibre :

- **Munaf et al.**

Les résultats rapportés par *Munaf et al.* au sujet de l'amélioration de l'équilibre sont statistiquement significatifs ($p<0,001$). La différence inter-groupe est en faveur du groupe intervention (-3,41) et l'IC est étroit et ne croise pas la valeur 0. Les résultats sont donc cliniquement significatifs en faveur de l'intervention sur l'équilibre.

- **Coman et al.**

De même, les résultats rapportés par *Coman et al.* sont également statistiquement significatifs ($p=0,001$) et la différence inter-groupe est aussi en faveur de l'intervention. Néanmoins, l'IC croise la valeur 0 ; l'impact du Pilate est donc non cliniquement significatif sur l'amélioration de l'équilibre.

Outre la différence des interventions, cette divergence de résultats peut s'expliquer encore une fois par l'absentéisme discuté ci-dessus, mais également par le fait que *Munaf et al.* ait utilisé une version pédiatrique de l'échelle de Berg contrairement à *Coman et al.*

De plus, l'interprétation des résultats de chaque étude est soumise aux mêmes limites que celle soulevées dans l'analyse des résultats concernant le critère de jugement principal.

4.3 Applicabilité des résultats en pratique clinique

4.3.1 Cout de l'intervention

Pour le patient, l'intervention ne présente pas de surcout en plus de la séance de kinésithérapie qui est pris en charge par la sécurité sociale. En effet, elle est accessible à tous quelle que soit la stratégie thérapeutique appliquée.

Pour les praticiens, ici encore, peu importe la thérapeutique mise en place celle-ci ne demande que peu voire pas de cout financier car, elle ne nécessite aucun matériel. Si dans un but de progression d'exercice le thérapeute décidait d'utiliser du matériel, celui-ci ne demanderait pas un cout supplémentaire au matériel nécessaire à la rééducation d'une autre pathologie que celle étudiée.

De plus, les interventions étudiées peuvent être effectuées sur table ou sur tapis ne requérant donc pas un grand espace. Elles peuvent donc être facilement mises en œuvre quel que soit le lieu de pratique : en centre de rééducation ou en cabinet de ville, qu'il soit modeste ou non.

Pour l'état, par l'intermédiaire de l'Agence Nationale du Développement Professionnel Continu financée par l'assurance maladie, elle peut nécessiter un surcout pour une formation supplémentaire si le thérapeute désirait utiliser la technique du Pilates. Dans ce cas, le thérapeute devrait participer à trois jours de formation (formation de plus de 3 heures entrant dans les 14 heures de formation prévues par an).

4.3.2 Contraintes pour le patient et le thérapeute

La plupart des interventions permettant d'améliorer le contrôle postural du tronc, ne demandent pas de formation particulière en plus du diplôme de kinésithérapeute. Néanmoins, si le thérapeute souhaitait utiliser le Pilates comme stratégie thérapeutique, il devrait suivre une formation dédiée sur trois jours.

Pour le patient, quel que soit le type d'intervention que son kinésithérapeute choisi d'appliquer, celle-ci ne lui apportera pas de contrainte supplémentaire. Il suffit pour le patient d'être présent à sa séance de rééducation.

Néanmoins, les exercices de Pilates et de Core stability demandent une bonne compréhension de la part du patient afin d'obtenir une coordination de l'activation musculaire et de la respiration. En effet, celle-ci n'est pas intuitive, d'autant plus chez les enfants. Ces techniques ne seront donc pas adaptées aux patients présentant un handicap mental avec des défauts de compréhension. Tous les enfants ne pourront donc pas en bénéficier.

4.3.3 Balance bénéfice risque

Bien que les interventions appliquées n'aient pas montré une efficacité probante sur les critères de jugements étudiés, les auteurs restent en faveur de leur pratique à condition que ces dernières soient utilisées en supplément d'une thérapie conventionnelle. En effet, le travail de contrôle de la posture du tronc fait quoi qu'il en soit parti de la prise en charge des enfants atteints de paralysie cérébrale. Si l'effet de celui-ci n'est pas montré significatif sur la marche et l'équilibre à ce jour il reste nécessaire dans cette pathologie.

4.4 Qualités de preuve de la revue

4.4.1 Système GRADE

Afin de déterminer la force, l'intérêt et la gradation des résultats rapportés par les études incluses dans cette revue de la littérature, l'utilisation du **système GRADE** semble être pertinent.

Le système GRADE permettra alors de déterminer le niveau de preuve de notre revue.

L'échelle comporte alors quatre niveaux de classification [44] :

- **Haute qualité** : il est très peu probable que d'autres recherches modifient notre confiance dans l'estimation de l'effet.
- **Qualité modérée** : d'autres recherches sont susceptibles d'avoir un impact important sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et peuvent modifier l'estimation.
- **Faible qualité** : d'autres recherches auront très probablement un impact sur notre confiance dans l'estimation de l'effet et peuvent modifier l'estimation.
- **Très faible qualité** : Toute estimation de l'effet est très incertaine.

Cinq facteurs sont susceptibles de diminuer la qualité des preuves : le risque de biais, l'hétérogénéité, le caractère indirect ainsi que les biais de publication. On retrouve ces facteurs dans les recommandations de bonnes pratiques de la HAS (Annexe 5). Ils sont associés à un système de cotation compris entre -1 et -2 selon le niveau de qualité des données scientifiques.

Bien que ce système de gradation soit subjectif, il fournit un cadre reproductible et transparent pour évaluer la certitude des preuves [45].

Dans un premier temps une classification des études selon leur type de protocole clinique est nécessaire. D'après la HAS, le type de protocole à privilégier pour mesurer l'effet d'une intervention sur une question thérapeutique est l'essai clinique randomisé.

Parmi les quatre études incluses, toutes sont des ECR. En se référant au grade des recommandations de la HAS (Annexe 6) ainsi qu'au type d'études, le niveau de preuve de départ est de « **haute qualité** » car la revue comprend que des ECR.

Afin d'évaluer **le risque de biais** le système grade s'appuie sur l'analyse réalisée avec l'échelle PEDro.

Dans notre étude, le score moyen des 4 études est de 6,25 ce qui correspond à une qualité méthodologique moyenne. L'ensemble des 4 études regroupe des biais de sélection, d'évaluation de performance et d'attrition. Nous pouvons alors considérer le risque de biais comme « **sérieux** ».

	Score PEDro	Qualité méthodologique	Nature des biais
<i>Pierret et al. (2023)</i>	5/10	Moyenne	Sélection Évaluation Performance Attrition
<i>Coman et al. (2023)</i>	8/10	Élevée	Évaluation
<i>Munaf et al. (2022)</i>	5/10	Moyenne	Sélection Évaluation Performance Attrition
<i>El Schemy (2018)</i>	7/10	Bonne	Sélection Évaluation
Score moyen	6,25/10	Moyenne	Sélection Évaluation Performance Attrition

Tableau XVII : récapitulatif du risque de biais des études incluses

L'hétérogénéité est révélée comme « très importante ». En effet, comme évoqué ci-dessus (cf. 4.1 Analyse des principaux résultats) outre des hétérogénéités statistiques que révèlent les résultats, on observe de nombreuses hétérogénéités cliniques relatives aux diverses populations et interventions retrouvées dans les différentes études. (-2)

Le caractère indirect des données scientifiques est révélé comme « très sérieux » (-2)

Le critère d'imprécision est relevé comme « très sérieux ». En effet, bien que les intervalles de confiance soient relativement étroits ; le nombre de patients inclus dans les différentes études est très faible avec un effectif maximum de 46 sujets. De plus, les interventions mises en place sont différentes d'une étude à l'autre. D'autre part, les différences inter-groupe sont globalement très petites et les résultats varient considérablement selon les études. (-2)

Le **biais de publication** est considéré comme « fortement suspecté ». En effet, cette revue inclut seulement 4 études avec pour chacune un faible nombre de participants (-2).

De plus, les études ne répondent pas aux critères qui pourraient potentiellement améliorer leur niveau de qualité de preuve.

En conclusion, le niveau de qualité de preuve de cette revue est considéré comme « faible » pour l'ensemble des études. Toutes fois rappelons que ce système de gradation est subjectif.

	Niveau de qualité de départ	
Types d'études	« Haute qualité »	
	Niveau de qualité	Confiance
Risque de biais	Sérieux	-1
Hétérogénéité	Très important	-2
Caractère indirect des données	Très sérieux	-2
Critère d'imprécision	Très sérieux	-2
Biais de publication	Fortement suspecté	-2
	Niveau de preuve : « Faible qualité »	

Tableau XVIII : Récapitulatif des niveaux de qualité de cette revue

4.5 Biais potentiels de la revue

La qualité méthodologique de cette revue sera évaluée par l'intermédiaire de l'échelle **AMSTAR 2** (A MeaSurement TOOL to Asses Systematic Reviews). Sa traduction française officielle sera utilisée dans cette revue. (Annexe 7)

Cette échelle est composée de 16 critères d'évaluation qui abordent divers aspects tels que la formulation de la question de recherche, la recherche documentaire, la sélection des études, la qualité méthodologique des études incluses dans la revue ainsi que l'utilisation de méthodes statistiques appropriées et la prise en compte des biais potentiels.

Chaque critère est évalué de façon individuelle et peut être classé comme « oui », « partiellement oui », « non », ou « impossible à déterminer ». AMSTAR 2 évalue alors la rigueur méthodologique d'une revue systématique en identifiant ses forces et ses faiblesses [46].

Critères	Validation	Justifications
1	O	Les critères PICO ont été respectés dans l'équation de recherche
2	N	Pas de publication/validation du protocole de la revue
3	O	Le choix du schéma a été justifié
4	O	Investigation de 3 bases de données
5	N	Cette revue a été réalisée par un seul auteur
6	N	Cette revue a été réalisée par un seul auteur
7	PO	Seule la liste des études exclues par lecture complète est fournie
8	O	Toutes les sources de financement des études ont été fournies
9	O	Le risque de biais des études a été évalué par l'échelle PEDro
10	O	Les études incluses dans cette revue ont été détaillées sous forme de tableau comprenant : le schéma d'étude, l'objectif de l'étude, la population, l'intervention, le comparateur, les critères de jugement et enfin la conclusion de l'auteur
11	Ø	Pas de méta-analyse effectuée
12	Ø	Pas de méta-analyse effectuée
13	O	Les risques biais ont été pris en compte dans la discussion de cette revue
14	O	Les hétérogénéités observées ont été expliquées dans la discussion de cette revue
15	Ø	Pas de méta-analyse effectuée
16	O	Toutes les sources potentielles de conflit d'intérêt ont été déclarées

O = Oui, N = Non, PO = Potentiellement Oui, Ø = Impossible à déterminer

Tableau XIX : Grille AMSTAR 2 évaluant les biais généraux de la revue

Cette revue obtient un score de 10/13. Elle effectue, elle n'est pas notée sur 16 car trois items ne sont pas applicables (items 11-12-15).

Pour finir, il est important de souligner que la rédaction de cette revue a été effectuée dans le cadre de l'obtention du Diplôme d'État en Masso-kinésithérapie et peut ainsi révéler un manque d'expérience dans le domaine de la recherche.

4.6 Conflits d'intérêts

L'étude *Pierret et al.* déclare avoir reçu des subventions de la part de la « Fondation Paralysie cérébrale », Paris, France ainsi que par la « Fondation de l'avenir, Paris, France. Le reste des études n'a déclaré aucun conflit d'intérêt.

5. Conclusion

L'objectif de cette revue était de déterminer l'efficacité d'une rééducation basée sur le contrôle postural du tronc chez les enfants atteints de paralysie cérébrale et plus particulièrement si elle permettait d'améliorer les paramètres de la marche et l'équilibre debout.

Le faible nombre d'études incluses, ainsi que l'hétérogénéité de la population, des interventions, des outils de mesure et la présence de biais ont complexifié la comparaison des résultats entre les études. À ce jour, il n'est pas possible d'affirmer ou réfuter l'impact de la rééducation axée sur le contrôle postural du tronc pour l'amélioration de la marche, même s'il semble exister un signal en faveur de son efficacité.

En effet, 3 études sur les 4 ont rapporté une amélioration cliniquement et/ou statistiquement significative avec néanmoins certains biais de sélection, évaluation et attrition. Parmi elles, une seule rapporte des résultats statistiquement et cliniquement significatifs. Une seule étude rapportait des résultats négatifs alors que l'adhésion aux exercices proposés était très faible.

Optimiser les aspects de la marche, lorsque cela est envisageable, chez les enfants touchés par la paralysie cérébrale, revêt une importance capitale pour améliorer leur qualité de vie. En effet, en améliorant les paramètres de la marche, nous offrons aux enfants une plus grande opportunité pour s'impliquer dans diverses activités et cultiver leurs interactions sociales.

De plus, une marche fonctionnelle peut contribuer à préserver leur santé physique, diminuant ainsi les risques de complications associées à l'immobilité, et réduisant par conséquent la nécessité de soins supplémentaires. En outre, cette amélioration favoriserait le développement de leur autonomie et de leur indépendance, des qualités fondamentales pour leur épanouissement. Cela permettrait également de développer leur indépendance et leur autonomie, ce qui est crucial dans la construction de l'enfant.

La mise en place d'interventions thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc semble être facile et peu contraignante, que ce soit pour le patient ou le thérapeute. Bien qu'à ce jour leur efficacité sur l'amélioration des paramètres de la marche ne soit pas prouvée, leur utilisation n'est en rien néfaste pour le patient.

Ainsi, il semble intéressant de poursuivre les recherches au sujet du rôle de la rééducation centrée sur le tronc afin de permettre une amélioration de la prise en charge de ces enfants.

Dans ce contexte il apparaît nécessaire de construire un essai clinique multicentrique randomisé incluant un effectif important pour pouvoir conclure au sujet du rôle de la rééducation centrée sur le tronc.

6. Bibliographie

- [1] Sadowska M, Sarecka-Hujar B, Kopyta I. Cerebral palsy: Current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 2020; 16: 1505–1518.
- [2] Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers* 2016; 2: 15082.
- [3] Gueguen J, Barry C, Ben S, et al. *Evaluation de l'efficacité et de la sécurité de la myoténofasciotomie pour les enfants atteints de paralysie cérébrale Avec l'expertise critique du Pr Alain Yelnik et du Dr Jean-Yves Hogrel*. 2018.
- [4] Paul S, Nahar A, Bhagawati M, et al. A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*; 2022. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1155/2022/2622310.
- [5] Truscelli Danièle, De Barbot Françoise, Bernardeau Corinne, et al. *Comprendre la paralysie cérébrale et les troubles associés*. 2ème édition. 2017.
- [6] McIntyre S, Goldsmith S, Webb A, et al. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis. *Dev Med Child Neurol* 2022; 64: 1494–1506.
- [7] The Definition and Classification of Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49: 1–44.
- [8] Paul S, Nahar A, Bhagawati M, et al. A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*; 2022. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1155/2022/2622310.
- [9] Gilles Péninou, Patrick Colné. *La posture debout Biomécanique fonctionnelle, de l'analyse au diagnostic*. 2018.
- [10] Rostagno S, Tourlet C, Pallot A. Rééducation en neurologie : éléments pour une pratique clinique raisonnée. 536.
- [11] Thierry Paillard. *Posture et équilibration humaines*. 2016.
- [12] Phillippe Souchard. *Rééducation posturale globale*. 2011.
- [13] Pérennou D. Physiologie et physiopathologie du contrôle postural. *Lettre de Medecine Physique et de Readaptation* 2012; 28: 120–132.
- [14] Vuilleumier Laurent, Moulis-wyndels Blandine, Bickle-Graz Myriam. *Le développement sensori-moteur de l'enfant*. 2020.
- [15] Hadders-Algra M. *Development of Postural Control During the First 18 Months of Life*. 2005.
- [16] Pierre Fourneret, Edouard Gentaz. *Le développement neuro cognitif de la naissance à l'adolescence*. 2022.
- [17] Pierret J, Caudron S, Paysant J, et al. Impaired postural control of axial segments in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2021; 86: 266–272.
- [18] Attias M, Bonnefoy-Mazure A, Lempereur M, et al. Trunk movements during gait in cerebral palsy. *Clinical Biomechanics* 2015; 30: 28–32.
- [19] Matusiak-Wieczorek E, Dziankowska-Zaborszczyk E, Synder M, et al. The influence of hippotherapy on the body posture in a sitting position among children with cerebral palsy. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 1–9.
- [20] Kloubec J. Pilates: how does it work and who needs it? *Muscles Ligaments Tendons J* 2011; 1: 61.
- [21] Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. *Core Stability Exercise Principles*, (2008).

- [22] Fellay J, Moret M, Mathieu N. Effets de la core stability sur la puissance, la force et la vitesse de déplacement des membres périphériques. *Kinesithérapie* 2014; 14: 34–40.
- [23] Penneçot G.F. *Marche pathologique de l'enfant paralysé cérébral*. 2009.
- [24] Cappellini G, Ivanenko YP, Martino G, et al. Immature Spinal Locomotor Output in Children with Cerebral Palsy. *Front Physiol* 2016; 7: 478.
- [25] Gasq D, Cormier C. *Physiologie et évaluation de la marche*.
- [26] Brosseau L, Laroche C, Sutton A, et al. Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiother Can* 2015; 67: 232–239.
- [27] Curtis DJ, Woollacott M, Bencke J, et al. The functional effect of segmental trunk and head control training in moderate-to-severe cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Dev Neurorehabil* 2018; 21: 91–100.
- [28] Gomes Moraes A, Copetti F, Regina Angelo V, et al. *The effects of hippotherapy on postural balance and functional ability in children with cerebral palsy*.
- [29] Ochandorena-Acha M, Terradas-Monllor M, Nunes Cabrera TF, et al. Effectiveness of virtual reality on functional mobility during treadmill training in children with cerebral palsy: a single-blind, two-arm parallel group randomised clinical trial (VirtWalkCP Project). *BMJ Open* 2022; 12: e061988.
- [30] Gulzar A, Misbah Waris, Qurat Ul Ain. Effects of 8 weeks functional training program on posture control and functional mobility in spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Pak Med Assoc*. Epub ahead of print 12 February 2022. DOI: 10.47391/JPMA.3476.
- [31] Kim HW, Nam KS, Son SM. Effects of Virtual Reality Horse Riding Simulator Training Using a Head-Mounted Display on Balance and Gait Functions in Children with Cerebral Palsy: A Preliminary Pilot Study. *The Journal of Korean Physical Therapy* 2019; 31: 273–278.
- [32] Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: A randomized control trial. *Dev Neurorehabil* 2013; 16: 79–88.
- [33] Adiguzel H, Elbasan B. Effects of modified pilates on trunk, postural control, gait and balance in children with cerebral palsy: a single-blinded randomized controlled study. *Acta Neurol Belg* 2022; 122: 903–914.
- [34] Pierret J, Beyaert C, Vasa R, et al. Rehabilitation of Postural Control and Gait in Children with Cerebral Palsy: the Beneficial Effects of Trunk-Focused Postural Activities. *Dev Neurorehabil* 2023; 26: 180–192.
- [35] Coman C, Meldrum D, Kiernan D, et al. *Pilates-based exercises for gait and balance in ambulant children with Cerebral Palsy: Feasibility and clinical outcomes of a Randomised Controlled Trial*.
- [36] Munaf A, Mehboob S, Razzaq M, et al. Effect of Trunk Exercises on Trunk Control, Balance, and Mobility Function in Children with Hemiparetic CP. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences* 2022; 16: 95–98.
- [37] Shemy SA El. Trunk endurance and gait changes after core stability training in children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2018; 31: 1159–1167.
- [38] Ladner J, Ben Abdelaziz A, Maghrébin R. Fiche méthodologique Série de Fiches Méthodologiques en Recherche et en Rédaction Scientifique Fiche

Méthodologique n°1/2021: Comment calculer et interpréter la valeur de «p» dans une étude épidémiologique How to calculate and interpret the p-value in an epidemiological study?. *Tunis Med* 2021; 99: 313–317.

- [39] Miranda-Cantellops N, Tiu TK. Berg Balance Testing. *StatPearls*, (2023, accessed 29 April 2024).
- [40] Evkaya A, Karadag-Saygi E, Karali Bingul D, et al. Validity and reliability of the Dynamic Gait Index in children with hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture* 2020; 75: 28–33.
- [41] Dhillon MS, Chouhan DK, Prabhakar S, et al. Technical Note: Three-dimensional Gait Analysis. *Journal of Postgraduate Medicine, Education and Research* 2021; 55: 188–191.
- [42] Lajoie Y, Gallagher SP. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Arch Gerontol Geriatr* 2004; 38: 11–26.
- [43] Trefzger A. « Pediatric Balance Scale »: étude de fiabilité de la version allemande avec des enfants en bonne santé. *Kinésithérapie, la Revue* 2017; 17: 45.
- [44] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008; 336: 924–926.
- [45] Mustafa RA, Santesso N, Brozek J, et al. The GRADE approach is reproducible in assessing the quality of evidence of quantitative evidence syntheses. *J Clin Epidemiol* 2013; 66: 736-742.e5.
- [46] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2: French translation of the methodological quality scale for systematic literature review. *Kinesithérapie* 2021; 21: 13–14.

7. Annexes

Annexe 1 : Recommandation de la HAS

Annexe 2 : Tableaux récapitulatifs des études

Annexe 3 : Échelle PEDro

Annexe 4 : Échelle Dynamic Gait Index

Annexe 5 : Échelle Pediatric Berg Balance Scale

Annexe 6 : Échelle de Berg

Annexe 7 : Programme d'exercices de core stability (*Munaf et al.*)

Annexe 8 : Recommandations de bonnes pratiques de la HAS

Annexe 9 : Grade des recommandations d'après les recommandations de bonne pratique de la HAS

Annexe 10 : Grille d'évaluation AMSTAR

Annexe 1 : Recommandations de la HAS

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 équín	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 : Tableaux récapitulatifs des études

Étude	Schéma d'étude	Nombre de participants	Sexe ratio	Age moyen	Forme de PC	Niveau fonctionnel	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Pierret et al. 2023	ECR	17 G1 : n=8 G2 : n=9 G2=7 perdus de vue	9H/8F	7,9 +/-2,4 ans G1 : 9 +/- 2,5 G2 : 7,6 +/- 2,3	6 hémiplégiques 11 diplégiques G1 : 3 hémi / 5 di G2 : 3 hémi / 6 di	GMFCS I: n=9 GMFCS II: n=8	Être atteint de PC Age compris entre 5 et 12 ans Capable de marcher sans aide technique GMFCS I ou II Flexion dorsale de cheville d'au moins 5° genou en extension Spasticité du soléaire côté à 1 ou 2 sur l'échelle de Tardieu Niveau cognitif et coopération suffisante pour effectuer les tâches et donner son consentement verbal pour participer à l'étude	Injection de toxine botulique dans les MI dans les 6 mois précédents l'étude Chirurgie des MI dans les 12 mois précédents l'étude Toute modification de la thérapie physique ou orthopédique dans les 2 mois précédents l'étude
Coman et al. 2023	ECR	46 G1 : n=23 G2 : n=23	29H/17F G1:13H/10F G2 : 16H/7F	G1 :10,6 +/- 2,6 ans G2 : 10,10 +/- 2,6 ans	29 hémiplégiques 17 diplégiques G1 : 14 hémi/9 di G2 : 15 hémi/8 di	GMFCS I: n=37 GMFCS II: n=9 G1: GMFCS I n=19 GMFCS II n=4 G2: GMFCS I n=18 GMFCS II n=5	Enfant avec un diagnostic confirmé par un pédiatre de PC PC unilatéral ou bilatéral Être âgé de 7 à 17 ans Capable de marcher de façon autonome GMFCS I ou II	Absence de déficit d'équilibre Injection de toxine botulique au cours des 3 mois précédents l'étude Chirurgie des MI au cours de l'année précédant l'étude Avoir suivi des exercices similaires à ceux de l'étude au cours de l'année qui la précède Présenter des problèmes neurologiques ou orthopédiques non liés à la PC Présence de difficultés comportementales ou intellectuelles pouvant impacter la participation au cours collectifs
Munaf et al. 2022	ECR	37 G1 : n=18 G2 : n=19	19H/18F G1 :9H/9F G2 :10H/9F	10,86 +/- 1,932 ans G1 :10,50 +/- 2,203 ans G2 : 11,21 +/- 1,619 ans	Hémiparétique	GMFCS I ou II	Être atteint de PC Age compris entre 6 et 14 ans Spasticité cotée à 1 ou 2 sur l'échelle d'Ashworth	
El Shemy 2018	ECR	30 G1 : n=15 G2 : n=15	17H/13F G1 :9H/6F G2 :8H/7F	G1 : 10,91 +/- 0,52 ans G2 : 11,17 +/- 0,54 ans	Hémiplégique G1 : HD : n=6 HG : n=9 G2 : HD : n=7 HG : n=8	GMFCS II	Age compris entre 10 et 12 ans Spasticité cotée à 1 ou 1+ sur l'échelle d'Ashworth modifiée GMFCS II Capacités à comprendre et suivre les instructions	Injection de toxine botulique dans les 6 mois précédents l'étude Chirurgie des MI et/ou du rachis dans les 12 mois précédents l'étude Présence de déformations orthopédiques Présence de troubles visuels ou respiratoire

Étude	Intervention	Comparateur	Critères de jugement
Pierret et al. 2023	Type : Activités posturales centrées sur le tronc Trunk-Focused Postural Activités (TFR) Durée : 3 mois Volume : 45 à 60 minutes + exercices quotidiens à la maison 10 à 30 minutes	Thérapie conventionnelle	Analyse de la marche : système 3D
Coman et al. 2023	Type : exercices basés sur le Pilate avec un HEP (home exercices program) supplémentaire Durée : 4 semaines Volume : 2 séances par semaine de 60 minutes + HEP 10 minutes les jours hors cours de Pilates	Thérapie conventionnelle	Analyse de la marche : système 3D Équilibre : Berg Balance Scale
Munaf et al. 2022	Type : Exercices centrés sur le tronc Durée : 3 mois Volume : 3 séances par semaine de 30 minutes	Thérapie conventionnelle	Analyse de la marche : Indice de marche dynamique, dynamique Gait index Scale (DGI) Équilibre : Pediatric Berg Balance Scale
El Shemy 2018	Type : core stability Durée : 8 semaines Volume : 3 séances par semaine de 45 minutes	Thérapie conventionnelle	Analyse de la marche : Biodex Gait Trainer

G1 = Groupe 1, G2 = Groupe 2, F = Femme, H=Homme, Hémi = hémiparétique, di = diparétique, MI = Membre Inférieur,

Annexe 3 : Échelle PEDro

Échelle PEDro – Français

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

Index de marche dynamique *Dynamic Gait Index*

Consignes :

- Lire le verbatim et démontrer ensuite l'épreuve.
- Ne pas lire les distances indiquées aux épreuves 2 et 7
- Si la personne n'accomplit pas tous les critères liés à un niveau de cotation, l'évaluateur doit noter la cotation plus la plus faible, même si la personne dépasse les attentes de cette dernière.

____ 1. Marche sur terrain plat

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel d'ici jusqu'à la prochaine marque (6 m [20 pieds]).*

Cotation : Notez la catégorie la plus faible qui s'applique.

- (3) Normal – Peut marcher 6 m (20 pieds), sans aide technique, à une bonne vitesse, sans signe de déséquilibre, avec un patron de marche normal.
- (2) Incapacité légère – Peut marcher 6 m (20 pieds), en utilisant une aide à la marche, à une vitesse plus lente, avec un patron de marche légèrement déficient.
- (1) Incapacité modérée – Peut marcher 6 m (20 pieds) lentement, avec un patron de marche anormal, avec des signes de déséquilibre.
- (0) Incapacité sévère – Ne peut marcher 6 m (20 pieds) sans assistance, présente des déséquilibres sévères ou des altérations sévères du patron de marche.

____ 2. Changements de vitesse de marche

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel (sur une distance de 1,5 m [5 pieds]). Lorsque je vous dirai « rapide », marchez aussi vite que vous le pouvez (sur une distance de 1,5 m [5 pieds]). Lorsque je vous dirai « lentement », marchez le plus lentement possible (sur une distance de 1,5 m [5 pieds]).*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

- (3) Normal – Peut changer de vitesse de marche sans perte d'équilibre ni irrégularité de la démarche. Démontre une différence significative entre la vitesse de marche habituelle, rapide et lente.
- (2) Incapacité légère – Peut changer de vitesse de marche, mais démontre de légères irrégularités de son patron de marche, ne démontre pas d'irrégularités de son patron de marche, mais ne peut faire varier significativement sa vitesse de marche ou utilise une aide à la marche.
- (1) Incapacité modérée – Peut modifier seulement légèrement sa vitesse de marche, ou peut la faire varier en altérant significativement son patron de marche, ou change sa vitesse de marche mais perd

l'équilibre, ou change sa vitesse de marche tout en étant capable de se reprendre et de poursuivre son déplacement.

(0) Incapacité sévère – Ne peut changer sa vitesse de marche, ou perd l'équilibre et doit étendre la main pour s'appuyer au mur ou doit être soutenu par une personne.

3. Marche avec rotations de la tête.

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel. Lorsque je vous dis « regardez à droite », continuez à marcher en ligne droite en tournant la tête vers la droite. Continuez à regarder vers la droite jusqu'à ce que je vous dise « regardez à gauche », continuez à marcher en ligne droite en tournant la tête vers la gauche. Gardez la tête tournée vers la gauche jusqu'à ce que je vous dise « regardez droit devant », continuez à marcher en ligne droite, en ramenant la tête vers l'avant.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

(3) Normal – Peut tourner la tête aisément, sans altération de sa démarche.

(2) Incapacité légère – Peut tourner la tête aisément, en changeant légèrement sa vitesse de déplacement (par exemple, légère altération de son patron de marche), ou utilise une aide à la marche.

(1) Incapacité modérée – Peut tourner la tête en changeant de façon modérée sa vitesse de déplacement, ralentit, chancelle, mais se rattrape et poursuit sa marche.

(0) Incapacité sévère – Accomplit la tâche avec une altération sévère de sa démarche (par exemple, chancelle hors des limites du 15 po, perd l'équilibre, s'arrête ou étend la main pour s'appuyer au mur).

4. Marche avec déplacements de la tête vers le haut et vers le bas.

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel. Lorsque je vous dis « regardez vers le haut », continuez à marcher en ligne droite, en penchant la tête vers l'arrière. Continuez à regarder vers le haut jusqu'à ce que je vous dise « regardez vers le bas », continuez à marcher en ligne droite en penchant la tête vers le bas. Gardez la tête penchée vers le bas jusqu'à ce que je vous dise « regardez droit devant », continuez à marcher en ligne droite, en ramenant la tête vers l'avant.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

(3) Normal – Peut pencher la tête vers l'avant et vers l'arrière sans changer sa démarche.

(2) Incapacité légère – Peut faire les mouvements de la tête en changeant légèrement sa vitesse de déplacement (par exemple, légère altération de son patron de marche), ou utilise une aide à la marche.

(1) Incapacité modérée – Peut faire les mouvements de la tête en changeant de façon modérée sa vitesse de déplacement, ralentit, chancelle, mais se rattrape et poursuit sa marche.

(0) Incapacité sévère – Accomplit la tâche avec une altération sévère de sa démarche (par exemple, chancelle hors des limites du 15 po, perd l'équilibre, s'arrête, étend la main pour s'appuyer au mur).

___ 5. Marche et pivots

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel. Lorsque je vous dirai « Tournez et arrêtez », tournez le plus rapidement possible pour aller en direction opposée et arrêtez-vous.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

- (3) Normal – Pivote de façon sécuritaire en moins de 3 secondes et s'arrête promptement sans perdre l'équilibre.
- (2) Incapacité légère – Pivote de façon sécuritaire en plus de 3 secondes et s'arrête sans perdre l'équilibre.
- (1) Incapacité modérée – Pivote lentement, nécessite des indications verbales, doit faire de petits pas pour retrouver son équilibre après le pivot et l'arrêt.
- (0) Incapacité sévère – Ne peut pivoter de façon sécuritaire, a besoin d'assistance pour pivoter et s'arrêter.

___ 6. Marche par-dessus un obstacle

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel. Lorsque vous arrivez à la boîte de chaussures, enjambez la boîte, ne la contournez pas, et continuez à marcher.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

- (3) Normal – Peut enjamber la boîte à chaussures sans changer sa vitesse de marche; aucun signe de déséquilibre.
- (2) Incapacité légère – Peut enjamber la boîte à chaussures, mais doit ralentir et ajuster ses pas pour la franchir de façon sécuritaire.
- (1) Incapacité modérée – Peut enjamber la boîte à chaussures, mais doit s'arrêter et ensuite l'enjamber. Peut nécessiter des indications verbales.
- (0) Incapacité sévère – Ne peut réussir l'épreuve sans assistance.

___ 7. Marche en contournant des obstacles

Consignes : *Marchez à votre rythme habituel. Lorsque vous atteignez le premier cône (à une distance d'environ 1,8 m [6 pieds]), contournez-le par la droite. Lorsque vous atteignez le deuxième cône (1,8 m ou 6 pieds plus loin), contournez-le par la gauche.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

- (3) Normal – Peut contourner les cônes sans changement de vitesse ni perte d'équilibre.
- (2) Incapacité légère – Peut contourner les deux cônes, mais doit ralentir et ajuster ses pas pour les éviter.

(1) Incapacité modérée – Peut contourner les cônes, mais doit ralentir significativement pour accomplir la tâche, ou nécessite des indications verbales.

(0) Incapacité sévère – Ne peut contourner les cônes, entre en collision avec l'un des cônes ou les deux ou encore nécessite une assistance physique.

____ 8. Escalier

Consignes : *Montez ces marches comme vous le feriez à la maison (c.-à-d. en utilisant la rampe si vous en avez besoin). En haut de l'escalier, tournez et descendez.*

Cotation : Notez la catégorie la plus basse qui s'applique.

(3) Normal – Alterne les pieds, n'utilise pas la rampe.

(2) Incapacité légère – Alterne les pieds, doit utiliser la main courante.

(1) Incapacité modérée – Dépose les deux pieds sur chaque marche, doit utiliser la main courante.

(0) Incapacité sévère – Ne peut accomplir cette tâche de façon sécuritaire.

RÉSULTAT TOTAL : _____ RÉSULTAT MAXIMAL 24

Renseignements sur la cotation :

21 /24 ou plus : indique un risque de chute minimal ou absent

Moins de 21 : indique un risque de chute; plus le score est faible, plus le risque est élevé

9 à 11/24 : indique le score couramment lié au stade modéré de la maladie de Parkinson

Annexe 5 : Échelle Pediatric Breg Balance Scale

1. Sitting To Standing

* **Special instruction:** Items #1 and #2 may be tested simultaneously if, in the determination of the examiner, it will facilitate the best performance of the child.

INSTRUCTIONS: Child is asked to "Hold arms up and stand up." The child is allowed to select the position of his/her arms.

EQUIPMENT: A bench of appropriate height to allow the child's feet to rest supported on the floor with the hips and knees maintained in 90 degrees of flexion.

Best Of Three Trials

- () 4 able to stand without using hands and stabilize independently
- () 3 able to stand independently using hands
- () 2 able to stand using hands after several tries
- () 1 needs minimal assist to stand or to stabilize
- () 0 needs moderate or maximal assist to stand

Figure. No caption available.

2. Standing To Sitting

* **Special instruction:** Items #1 and #2 may be tested simultaneously if, in the determination of the examiner, it will facilitate the best performance of the child.

INSTRUCTIONS: Child is asked to sit down slowly, without use of hands. The child is allowed to select the position of his/her arms.

EQUIPMENT: A bench of appropriate height to allow the child's feet to rest supported on the floor with the hips and knees maintained in 90 degrees of flexion.

Best Of Three Trials

- () 4 sits safely with minimal use of hands
- () 3 controls descent by using hands
- () 2 uses back of legs against chair to control descent
- () 1 sits independently, but has uncontrolled descent
- () 0 needs assistance to sit

3. Transfers

INSTRUCTIONS: Arrange chair(s) for a stand pivot transfer, touching at a forty-five degree angle. Ask the child to transfer one way toward a seat with armrests and one way toward a seat without armrests.

Equipment: Two chairs, or one chair and one bench. One seating surface must have armrests. One chair/bench should be of standard adult size and the other should be of an appropriate height to allow the child to conformably sit with feet supported on the floor and ninety degrees of hip and knee flexion.

Best Of Three Trials

- () 4 able to transfer safely with minor use of hands
- () 3 able to transfer safely; definite need of hands
- () 2 able to transfer with verbal cueing and/or supervision (spotting)
- () 1 needs one person to assist
- () 0 needs two people to assist or supervise (close guard) to be safe

Figure. No caption available.

4. Standing Unsupported

INSTRUCTIONS: The child is asked to stand for 30 SECONDS without holding on or moving his/her feet. A taped line or footprints may be placed on the floor to help the child maintain a stationary foot position. The child may be engaged in non-stressful conversation to maintain attention span for thirty seconds. Weight shifting and equilibrium responses in feet are acceptable; movement of the foot in space (off the support surface) indicates end of the timed trial.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a twelve inch long masking tape line or two footprints placed shoulder width apart

- () 4 able to stand safely 30 SECONDS
- () 3 able to stand 30 SECONDS with supervision (spotting)
- () 2 able to stand 15 SECONDS unsupported
- () 1 needs several tries to stand 10 SECONDS unsupported
- () 0 unable to stand 10 SECONDS unassisted

_____ Time in seconds

Special Instructions: If a subject is able to stand 30 SECONDS unsupported, score full points for sitting unsupported. Proceed to item #6

5. Sitting With Back Unsupported And Feet Supported On The Floor

INSTRUCTIONS: Please sit with arms folded on your chest for 30 SECONDS. Child may be engaged in non-stressful conversation to maintain attention span for thirty seconds. Time should be stopped if protective reactions are observed in trunk or upper extremities.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a bench of appropriate height to allow the feet to rest supported on the floor with the hips and knees maintained in ninety degrees of flexion.

- () 4 able to sit safely and securely 30 SECONDS
- () 3 able to sit 30 SECONDS under supervision (spotting) or may require definite use of upper extremities to maintain sitting position
- () 2 able to sit 15 SECONDS
- () 1 able to sit 10 SECONDS
- () 0 unable to sit 10 SECONDS without support

_____ Time in seconds

Figure. No caption available.

6. Standing Unsupported With Eyes Closed

INSTRUCTIONS: The child is asked to stand still with feet shoulder width apart and close his/her eyes for ten seconds. **Direction:** "When I say close your eyes, I want you to stand still, close your eyes, and keep them closed until I say open." If necessary, a blindfold may be used. Weight shifting and equilibrium responses in the feet are acceptable; movement of the foot in space (off the support surface) indicates end of timed trial. A taped line or footprints may be placed on the floor to help the child maintain a stationary foot position.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a twelve-inch long masking tape line or two footprints placed shoulder width apart
blindfold

Best Of 3 Trials,

() 4 able to stand 10 seconds safely
() 3 able to stand 10 seconds with supervision (spotting)
() 2 able to stand 3 seconds
() 1 unable to keep eyes closed 3 seconds but stays steady
() 0 needs help to keep from falling

_____ Time in seconds

7. Standing Unsupported With Feet Together

INSTRUCTIONS: The child is asked to place his/her feet together and stand still without holding on. The child may be engaged in non-stressful conversation to maintain attention span for thirty seconds. Weight shifting and equilibrium responses in feet are acceptable; movement of the foot in space (off the support surface) indicates end of timed trial. A taped line or footprints may be placed on the floor to help the child maintain stationary foot position.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a twelve inch long masking tape line or two footprints placed together

Best Of 3 Trials

() 4 able to place feet together independently and stand 30 seconds safely
() 3 able to place feet together independently and stand for 30 seconds with supervision (spotting)
() 2 able to place feet together independently but unable to hold for 30 seconds
() 1 needs help to attain position but able to stand 30 seconds with feet together
() 0 needs help to attain position and/or unable to hold for 30 seconds

_____ Time in seconds

Figure: No caption available.

8. Standing Unsupported One Foot In Front

INSTRUCTIONS: The child is asked to stand with one foot in front of the other, heel to toe. If the child cannot place feet in a tandem position (directly in front), they should be asked to step forward far enough to allow the heel of one foot to be placed ahead of the toes of the stationary foot. A taped line and/or footprints may be placed on the floor to help the child maintain a stationary foot position. In addition to a visual demonstration, a single physical prompt (assistance with placement) may be given. The child may be engaged in non-stressful conversation to maintain his/her attention span for 30 seconds. Weight shifting and/or equilibrium reactions in the feet are acceptable. Timed trials should be stopped if either foot moves in space (leaves the support surface) and/or upper extremities support is utilized.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a twelve inch long masking tape line or two footprints placed heel to toe

Best Of Three Trials

() 4 able to place feet tandem independently and hold 30 seconds
() 3 able to place foot ahead of other independently and hold 30 seconds.
Note: The length of the step must exceed the length of the stationary foot and the width of the stance should approximate the subject's normal stride width.
() 2 able to take small step independently and hold 30 seconds, or required assistance to place foot in front, but can stand for 30 seconds.
() 1 needs help to step, but can hold 15 seconds
() 0 loses balance while stepping or standing

_____ Time in seconds

9. Standing On One Leg

INSTRUCTIONS: The child is asked to stand on one leg for as long as he/she is able to without holding on. If necessary the child can be instructed to maintain his/her arms (hands) on his/her hips (waist). A taped line or footprints may be placed on the floor to help the child maintain a stationary foot position. Weight shifting and/or equilibrium reactions in the feet are acceptable. Timed trials should be stopped if the weight-bearing foot moves in space (leaves the support surface), the up limb touches the opposite leg or the support surface and/or upper extremities are utilized for support.

EQUIPMENT: a stop watch or watch with a second hand
a twelve inch long masking tape line or two footprints placed heel to toe

3 Trials Average Score

() 4 able to lift leg independently and hold 10 seconds
() 3 able to lift leg independently and hold 5 to 9 seconds
() 2 able to lift leg independently and hold 3 to 4 seconds
() 1 tries to lift leg; unable to hold 3 seconds but remains standing
() 0 unable to try or needs assist to prevent fall

Figure: No caption available.

10. Turn 360 Degrees

INSTRUCTIONS: The child is asked to turn completely around in a full circle, STOP, and then turn a full circle in the other direction.

EQUIPMENT: A stop watch or watch with a second hand

() 4 able to turn 360 degrees safely in 4 seconds or less each way (total of less than eight seconds)
() 3 able to turn 360 degrees safely in one direction only in 4 seconds or less completes turn in other direction requires more than four seconds
() 2 able to turn 360 degrees safely but slowly
() 1 needs close supervision (spotting) or constant verbal cueing
() 0 needs assistance while turning

_____ Time in seconds

11. Turning To Look Behind Left & Right Shoulders While Standing Still

INSTRUCTIONS: The child is asked to stand with his/her feet still, fixed in one place. "Follow this object as I move it. Keep watching it as I move it, but don't move your feet."

EQUIPMENT: a brightly colored object of at least two inches in size, or flash cards
a twelve inch long masking tape line or two footprints placed shoulder width apart

() 4 looks behind/over each shoulder; weight shifts include trunk rotation
() 3 looks behind/over one shoulder with trunk rotation; weight shift in the opposite direction is to the level of the shoulder; no trunk rotation
() 2 turns head to look to level of shoulder; no trunk rotation
() 1 needs supervision (spotting) when turning; the chin moves greater than half the distance to the shoulder
() 0 needs assist to keep from losing balance or falling; movement of the chin is less than half the distance to the shoulder

12. Pick Up Object From The Floor From A Standing Position

INSTRUCTIONS: The child is asked to pick up a chalkboard eraser placed approximately the length of his/her foot in front of his/her dominant foot. In children, where dominance is not clear, ask the child which hand they want to use and place the object in front of that foot.

EQUIPMENT: a chalkboard eraser
a taped line or footprints

() 4 able to pick up an eraser safely and easily
() 3 able to pick up eraser but needs supervision (spotting)
() 2 unable to pick up eraser but reaches 1 to 2 nches from eraser and keeps balance independently
() 1 unable to pick up eraser; needs supervision (spotting) while attempting
() 0 unable to try, needs assist to keep from losing balance or falling

Figure: No caption available.

13. Placing Alternate Foot On Step Stool While Standing Unsupported

INSTRUCTIONS: The child is asked to place each foot alternately on the step stool and to continue until each foot has touched the step/stool four times.

EQUIPMENT: a step/stool of four inches in height
a stop watch or watch with a second hand.

() 4 stands independently and safely and completes 8 steps in 20 seconds
() 3 able to stand independently and complete 8 steps >20 seconds
() 2 able to complete 4 steps without assistance, but requires close supervision (spotting)
() 1 able to complete 2 steps; needs minimal assistance
() 0 needs assistance to maintain balance or keep from falling, unable to try

_____ Time in seconds

14. Reaching Forward With Outstretched Arm While Standing

General Instruction And Set Up: A yardstick affixed to a wall via Velcro strips will be used as the measuring tool. A taped line and/or footprints are used to maintain a stationary foot position. The child will be asked to reach as far forward without falling, and without stepping over the line. The MCP joint of the child's fist/hand will be used as the anatomical reference point for measurements. Assistance may be given to initially position the child's arm at 90 degrees. Support may not be provided during the reaching process. If 90 degrees of shoulder flexion cannot be obtained, then this item should be omitted.

INSTRUCTIONS: The child is asked to lift his/her arm up like this. "Stretch out your fingers, make a fist, and reach forward as far as you can without moving your feet."

3 Trials Average Results

EQUIPMENT: a yardstick or ruler
a taped line or footprints
a level

() 4 can reach forward confidently >10 inches
() 3 can reach forward >5 inches, safely
() 2 can reach forward >2 inches, safely
() 1 reaches forward but needs supervision (spotting)
() 0 loses balance while trying, requires external support

_____ Total Test Score
Maximum Score = 56

Figure: No caption available.

Annexe 6 : Échelle de Berg

TEST DE L'ÉCHELLE DE BERG (BERG BALANCE SCALE)

Annexe n°1

1 PASSER DE LA POSITION ASSISE À DEBOUT	Peut se lever sans l'aide de ses mains et garder son équilibre	4
	Peut se lever seul avec l'aide des mains	3
	Peut se lever en s'aidant de ses mains après plusieurs tentatives	2
	A besoin d'un peu d'aide pour se lever ou pour garder son équilibre	1
"Veuillez vous lever en essayant de ne pas vous aider avec les mains"	A besoin d'une aide modérée ou importante pour se lever	0
2 SE TENIR DEBOUT SANS APPUI	Peut rester debout sans danger pendant 2 minutes	4
	Peut se tenir debout pendant 2 minutes sous surveillance	3
	Peut se tenir debout 30 secondes sans prendre appui	2
	Doit faire plusieurs tentatives pour se tenir debout pendant 30 secondes sans prendre appui	1
"Essayez de rester debout deux minutes sans prendre appui"	Est incapable de rester debout 30 secondes sans l'aide de quelqu'un	0
3 SE TENIR ASSIS, DOS SANS APPUI, MAIS PIEDS AVEC APPUI AU SOL	Peut rester assis(e) 2 minutes sans danger	4
	Peut rester assis(e) 2 minutes sous surveillance	3
	Peut rester assis(e) 30 secondes	2
	Peut rester assis(e) 10 secondes	1
"Asseyez-vous les bras croisés pendant deux minutes"	Inc capable de rester assis(e) sans appui 10 secondes	0
4 PASSER DE LA POSITION DEBOUT À ASSISE	Peut s'asseoir correctement en s'aidant légèrement des mains	4
	Contrôle la descente avec les mains	3
	Contrôle la descente avec le derrière des jambes sur la chaise	2
	S'assoit sans aide, sans contrôler la descente	1
"Veuillez vous asseoir"	A besoin d'aide pour s'asseoir	0

9 RAMASSER UN OBJET PAR TERRE	Peut ramasser sa chaussure facilement et sans danger	4
	Peut ramasser sa chaussure sous surveillance	3
	Ne peut pas ramasser sa chaussure mais s'arrête à 2-5 cm de l'objet et garde l'équilibre	2
	Ne peut pas ramasser sa chaussure et a besoin d'être surveillé(e)	1
"Ramassez un objet au sol"	Est incapable d'essayer l'exercice/a besoin d'aide pour ne pas tomber	0
10 SE RETOURNER POUR REGARDER PAR-DESSUS L'ÉPAULE GAUCHE ET DROITE	Se retourne des deux côtés avec un bon déplacement du poids	4
	Se retourne d'un côté seulement avec mauvais déplacement du poids de l'autre côté	3
	Se tourne de profil seulement en gardant son équilibre	2
	A besoin de surveillance	1
"Retournez-vous et regardez directement derrière vous par-dessus votre épaule gauche puis la droite"	A besoin d'aide pour ne pas tomber	0
11 PIVOTER SUR PLACE (360 DEGRÉS)	Peut tourner 360 degrés sans danger de chaque côté, en moins de 4 secondes	4
	Peut tourner 360 degrés sans danger s'un seul côté, en moins de 4 secondes	3
	Peut tourner 360 degrés sans danger mais lentement	2
	A besoin de surveillance ou de directives verbales	1
"Faites un tour complet sur vous même et arrêtez vous, puis faites un autre tour complet de l'autre côté"	A besoin d'aide pour ne pas tomber	0
12 DEBOUT ET SANS SUPPORT, PLACEMENT ALTERNATIF D'UN PIED SUR UNE MARCHÉ	Peut se tenir debout sans appui sans danger et toucher le support 8 fois en 20 secondes	4
	Peut se tenir debout sans appui et toucher le support 8 fois en plus de 20 secondes	3
	Peut toucher le support 4 fois sans aide et sous surveillance	2
	Ne peut toucher le support plus de 2 fois et a besoin d'aide	1
"Placez en alternance un pied sur la marche. Continuez jusqu'à ce que chaque pied est touché le support au moins 4 fois"	A besoin d'aide pour ne pas tomber/ne peut pas faire l'exercice	0

5 TRANSFERTS	Exécute l'exercice sans difficulté, en s'aidant un peu de ses mains	4	
	Placez les chaises pour un transfert pivot	Exécute l'exercice sans difficulté, en s'aidant beaucoup de ses mains	3
	Peut exécuter l'exercice moyennant des instructions verbales et(ou) une surveillance	2	
	A besoin d'être aidé par quelqu'un	1	
"Asseyez-vous sur le siège avec accouider et ensuite sans accouider"	A besoin de l'aide/surveillance de deux personnes afin d'être sécuritaire	0	
6 SE TENIR DEBOUT LES YEUX FERMÉS	Peut se tenir debout sans appui pendant 10 secondes sans danger	4	
	Peut se tenir debout pendant 10 secondes sous surveillance	3	
	Peut se tenir debout pendant 3 secondes	2	
	Inc capable de fermer les yeux plus de 3 secondes mais garde l'équilibre	1	
"Fermez les yeux et restez immobile pendant 10 secondes"	A besoin d'aide pour ne pas tomber	0	
7 SE TENIR DEBOUT LES PIEDS JOINTS	Peut joindre les pieds sans aide et rester debout pendant 1 minute sans danger	4	
	Peut joindre les pieds sans aide et rester debout pendant 1 minute sous surveillance	3	
	Peut joindre les pieds sans aide et rester debout durant moins de 30 secondes	2	
	A besoin d'aide pour joindre les pieds mais peut rester debout 15 secondes	1	
"Placez vos pieds ensemble"	A besoin d'aide pour exécuter l'exercice et ne peut se tenir debout plus de 15 secondes	0	
8 DÉPLACEMENT VERS L'AVANT, BRAS ÉTENDU(S)	Peut se pencher sans danger, 25 cm et plus	4	
	Peut se pencher sans danger 12.5 cm et plus, moins que 25 cm	3	
	Peut se pencher sans danger 5 cm et plus, moins que 12.5 cm	2	
	Peut se pencher mais sous surveillance	1	
"Levez les bras à 90 degrés. Étendez les doigts et allez le plus loin possible vers l'avant"	A besoin d'aide pour ne pas tomber	0	

13 SE TENIR DEBOUT SANS APPUI, UN PIED DEVANT L'AUTRE	Est capable de placer un pied directement devant l'autre sans aide et de tenir la position 30 secondes	4	
	Faire une démonstration	Est capable de faire un grand pas sans aide et de tenir la position 30 secondes	3
	Est capable de faire un petit pas sans aide et de tenir la position 30 secondes	2	
	Est capable de faire un petit pas sans aide et de tenir la position 30 secondes	1	
"Placez un pied directement devant l'autre"	A besoin d'aide pour faire un pas mais peut tenir la position 15 secondes	0	
14 SE TENIR DEBOUT SUR UNE JAMBE	Peut lever une jambe sans aide et tenir plus de 10 secondes	4	
	Peut lever une jambe sans aide et tenir de 5 à 10 secondes	3	
	Peut lever une jambe sans aide et tenir 3 secondes ou plus	2	
	Essaie de lever une jambe mais ne peut tenir la position plus de 3 secondes mais reste debout, sans aide	1	
"Tenez-vous debout sur une jambe le plus longtemps possible sans prendre appui"	Ne peut exécuter l'exercice ou a besoin d'aide pour ne pas tomber	0	

SCORE TOTAL

Annexe 7 : Programme d'exercices de core stability (Munaf et al.)

Programme d'exercices pour la stabilisation du tronc selon Jeffreys [21]

N° de semaine	Exercice	Nombre de séries et de répétitions
1 st semaine	et 2ème contraction des muscles abdominaux en position couchée	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
	Contraction des muscles abdominaux en position couchée	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
	Contraction des muscles abdominaux en position accroupie	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
2 ^{ème} semaine	des muscles abdominaux en position couchée avec une jambe tendu et l'autre plié au genou et plaqué contre l'abdomen	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
	Contraction des muscles abdominaux en position couchée avec une jambe tendu et l'autre plié au genou et plaqué contre l'abdomen	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
	Pont couché sur le côté pour chaque côté du corps	6 répétitions, 10 secondes de pause
4 ^{le} semaine	Contraction des muscles abdominaux en position couchée sur le dos et tirer les membres vers le haut avec les bras et les jambes rapprochés	3 séries et 20 répétitions dans chaque série
	À partir de la position accroupie, une jambe est levée et tirée vers l'extérieur et vers l'arrière	3 séries pour chaque jambe et 20 répétitions dans chaque série
	Rotation du tronc tout en tenant des poids dans chaque main	3 séries de chaque partie du corps et 20 répétitions dans chaque série
5 ^{le} semaine	Contraction des muscles abdominaux en position assise sur un ballon suisse	3 séries, 10 secondes
	S'accroupir pendant que le ballon suisse est sur l'épaule	3 sets et 15 répétitions pour chaque set
	Lever simultanément les bras et les jambes depuis la position couchée sur le ventre	3 séries et 10 répétitions pour chaque série
6 ^{le} semaine	Flexion de 45 degrés vers la gauche ou la droite	3 séries et 12 répétitions pour chaque série
	Pontage pendant que les épaules et les mains sont au sol et qu'une jambe est levée	3 séries et 15 secondes de pause pour chaque série
	Contracter les muscles abdominaux en position couchée sur le dos.	3 séries et 20 répétitions pour chaque série
	Ballon suisse	
7 ^{le} semaine	Rotation du tronc sur les côtés en position couchée sur le ballon suisse	3 séries et 15 répétitions pour chaque série
	Tenir des poids dans les mains et répéter l'exercice ci-dessus	3 séries et 15 répétitions pour chaque série
	Pont couché sur le côté avec remontée de la jambe	6 répétitions pour chaque côté du corps et 10 secondes de pause
8 ^{le} semaine	Maintenir l'abdomen et relever une jambe en position couchée sur le dos le ballon suisse	3 séries et 20 répétitions pour chaque série
	Lever le bras et la jambe opposés en s'accroupissant	3 séries et 20 répétitions pour chaque série
	Bridge pendant que les pieds sont posés sur le ballon suisse et lèvent une jambe	3 séries et 15 secondes de pause pour chaque série

Annexe 8 : Recommandations de bonnes pratiques de la HAS

Question	Protocole
THÉRAPEUTIQUE Efficacité	Étude contrôlée randomisée
THÉRAPEUTIQUE Sécurité	Étude contrôlée randomisée ou suivi de cohorte
DIAGNOSTIC Reproductibilité/Variabilité	Transversal comparatif avec répétition de mesure
DIAGNOSTIC Sensibilité/Spécificité	Transversal comparatif avec étalon-or
DIAGNOSTIC Efficacité/Utilité	Étude contrôlée randomisée
DIAGNOSTIC Stratégie	Étude contrôlée randomisée ou arbre décisionnel
CAUSALITÉ Phénomène contrôlable fréquent	Étude contrôlée randomisée
CAUSALITÉ Phénomène non contrôlable fréquent	Suivi de cohorte (exposés/non exposés)
CAUSALITÉ Phénomène rare	Étude cas-témoin
PRONOSTIC Maladie fréquente	Étude contrôlée randomisée ou suivi de cohorte
PRONOSTIC Maladie rare	Étude cas-témoin

Annexe 9 : Grade des recommandations d'après les recommandations de bonne pratique de la HAS

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
<p>A</p> <p>Preuve scientifique établie</p>	<p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
<p>B</p> <p>Présomption scientifique</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
<p>C</p> <p>Faible niveau de preuve scientifique</p>	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - études cas-témoins. <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Annexe 10 : Grille d'évaluation AMSTAR

Items	Cotation
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?
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 ?
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique 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 ou d'une autre synthèse des preuves ?
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 ?
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 ?
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 ?
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?

EFFETS DES INTERVENTIONS THÉRAPEUTIQUES AMÉLIORANT LE CONTROLE POSTURAL DU TRONC SUR LA MARCHÉ CHEZ LES ENFANTS ATTEINTS DE PARALYSE CÉRÉBRALE : REVUE SYSTEMATIQUE
EFFECTS OF THERAPEUTIC INTERVENTIONS IMPROVING TRUNK POSTURAL CONTROL ON GAIT IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW

Directeur de mémoire : Clémentine TOURLET

Nombre de pages : 70

Résumé :

Introduction : La paralysie cérébrale est la première cause de handicap moteur chez les enfants. Elle est, en outre, à l'origine de troubles posturaux responsables de nombreuses limitations d'activités telles que la marche. À ce jour peu d'auteurs se sont intéressés à l'efficacité d'une rééducation axée sur le tronc. Il serait intéressant de savoir si une rééducation permettant d'améliorer le contrôle postural du tronc a un impact sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. **Objectif :** Cette revue de la littérature a pour objectif de déterminer l'effet des interventions thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc sur la marche chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. **Méthodologie :** L'investigation des bases de données PubMed, PEDro et Google scholar a permis d'inclure dans cette revue de la littérature un total de quatre essais cliniques randomisés. La sélection des articles, l'extraction des données et l'évaluation des risques de biais ont été effectuées par un seul investigateur. **Résultats :** Une analyse qualitative a été effectuée. Au sein des quatre études incluses, trois rapportent des résultats statistiquement et/ou cliniquement significatifs. Une d'entre elles retrouve une amélioration cliniquement et statistiquement significative de la qualité de la marche et deux observent une amélioration statistiquement significative de la vitesse de marche et de la longueur du pas. **Conclusion :** En raison de la faible taille des effectifs et de l'hétérogénéité des interventions étudiées, les résultats ne permettent pas d'émettre de conclusion quant à l'efficacité de l'utilisation de stratégies thérapeutiques améliorant le contrôle postural du tronc chez les enfants atteints de paralysie cérébrale sur les critères de jugement étudiés. La mise en place d'études multicentriques randomisées ne peut être que recommandée.

Abstract :

Background : Cerebral palsy is the major cause of motor disability in children. It is, one of the cause of postural disorders responsible for numerous limitations in activities such as walking. To date, few authors have studied the effectiveness of trunk-oriented rehabilitation. It would be interesting to know whether rehabilitation to improve postural control of the trunk has an impact on walking in children with cerebral palsy. **Objective :** This literature review aims to determine the interest of using therapeutic strategies aimed at improving trunk postural control on walking in children with cerebral palsy. **Method :** Searching through PubMed, PEDro, and Google Scholar databases enabled the inclusion of a total of four randomized clinical trials in this literature review. Article selection, data extraction, and bias risk assessment were conducted by a single investigator. **Results :** A qualitative analysis was conducted. Among the four included studies, three reported statistically and/or clinically significant results. One found an improvement in the quality of gait, and two observed an improvement statistically significant in gait speed and step length. **Conclusion :** Due to the small sample sizes and heterogeneity of the interventions studied, the results do not allow for conclusions regarding the effectiveness of therapeutic strategies improving trunk postural control in children with cerebral palsy on the studied outcome measures. Multicentric randomized studies could be recommended to improve knowledges regarding the role of trunk postural control in children with Cerebral palsy.

Mots-clefs : Paralysie cérébral, contrôle postural du tronc, analyse de la marche, équilibre.

Keywords : Cerebral palsy, trunk postural control, gait analysis, balance.