



HAL
open science

Quel est l'intérêt de la vibration globale corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale ?

Justine Marion

► To cite this version:

Justine Marion. Quel est l'intérêt de la vibration globale corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04771756

HAL Id: dumas-04771756

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04771756v1>

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.

**QUEL EST L'INTÉRÊT DE LA VIBRATION
GLOBALE CORPS ENTIER SUR LA MOTRICITÉ
DES MEMBRES INFÉRIEURS CHEZ LES
ENFANTS PARALYSÉS CÉRÉBRAUX ?**

MARION Justine
Directeur de mémoire: Mme WILLEMSE Stéphanie

REMERCIEMENTS

En ce mémoire qui signe la fin de mes études de kinésithérapie, je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné durant plusieurs années et lors de l'écriture de ce mémoire.

À l'équipe pédagogique de l'IFMK de Marseille et mes tuteurs de stage, merci pour ces années de formation et ce partage de connaissances qui m'ont permis d'évoluer au cours des années et me permettront d'exercer ce beau métier.

À Mme WILLEMSE Stéphanie, directrice de mémoire, merci pour votre investissement et vos conseils qui sont toujours tombés au bon moment lors de ces longs mois de recherche et d'écriture.

À Mr MULLER Philippe, qui a été bien plus qu'un simple référant de groupe. Merci pour votre soutien et votre présence durant ces dernières années. Vous avez toujours été présent et avez su m'écouter et m'accompagner dans les moments difficiles.

À mes amies marseillaises, Chloé.M, Coralie.O, Lucie.M et Margot.B ainsi que mes amis de plus longue date, Aurore.C, Cécile.D, Olivia.B et Romain.B, merci pour ces moments de joie et pour votre présence indéfectible depuis tant de temps.

À ma famille et surtout mes parents, je tiens à vous remercier tout particulièrement pour tout votre soutien et toutes les fois où vous avez cru en moi. Merci de tenir bon et d'être les piliers de ma vie.

Pour finir, je souhaite dédier ce mémoire à mon petit frère **Victor** qui j'espère est fier de sa sœur de là où il est. Comme tu peux le voir je n'ai pas fini « caissière avec mon MacBook® ». Je t'aime.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contexte de la revue.....	1
1.2	La Paralyse Cérébrale.....	1
1.2.1	Définition	1
1.2.2	Épidémiologie.....	2
1.2.3	Étiologie	3
1.2.4	Les différentes formes de paralyse cérébrale.....	4
1.2.4.1	<i>Selon la localisation de l'atteinte</i>	<i>4</i>
1.2.4.2	<i>Selon la sévérité de l'atteinte.....</i>	<i>4</i>
1.2.4.3	<i>Selon l'atteinte neurologique prédominante</i>	<i>5</i>
1.2.5	Le diagnostic de la paralyse cérébrale	6
1.2.6	Les différentes options thérapeutiques	7
1.2.6.1	<i>Le traitement kinésithérapique.....</i>	<i>7</i>
1.2.6.2	<i>Le traitement médicamenteux.....</i>	<i>8</i>
1.2.6.3	<i>Le traitement chirurgical.....</i>	<i>9</i>
1.2.7	Les échelles d'évaluation	10
1.3	Le système vibratoire.....	11
1.3.1	Le système sensoriel	11
1.3.1.1	<i>Le développement de ce système.....</i>	<i>11</i>
1.3.1.2	<i>Du sensoriel au sensori-moteur</i>	<i>12</i>
1.3.2	La vibration corps entier (VCE)	13
1.3.2.1	<i>Le mode d'utilisation.....</i>	<i>13</i>
1.3.2.2	<i>Les effets</i>	<i>14</i>
1.3.3	L'apport chez les paralysés cérébraux	14
1.4	Les objectifs de la revue.....	15
2	Méthode	16
2.1	Critères d'éligibilités des études.....	16
2.1.1	Types d'études sélectionnées.....	16
2.1.2	La population	17
2.1.3	L'intervention.....	17
2.1.4	Le comparateur	17
2.1.5	Le critère de jugement (Outcome).....	17
2.2	Méthodologie de recherche des études.....	18
2.2.1	Sources documentaires investiguées.....	18
2.2.2	Équations de recherches utilisées.....	18

2.2.2.1	PubMed.....	18
2.2.2.2	PEDro.....	19
2.2.2.3	Cochrane Library.....	19
2.2.2.4	Google scholar.....	19
2.3	Méthode de sélection des études.....	20
2.3.1	Critères d'inclusions.....	20
2.3.2	Critères d'exclusions.....	20
2.4	Méthode d'extraction et analyse des données.....	21
2.4.1	Extraction des données.....	21
2.4.2	Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées.....	21
2.4.3	Méthode de synthèse des résultats.....	22
3	Résultats.....	24
3.1	Description des études.....	24
3.1.1	Diagramme de flux.....	24
3.1.2	Études incluses dans la revue.....	26
3.1.3	Études exclues.....	29
3.2	Risques de biais des études sélectionnées dans la revue.....	29
3.2.1	Analyse des biais.....	29
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés.....	31
3.3	Effet de l'intervention sur les critères de jugement.....	32
3.3.1	La motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88.....	32
3.3.1.1	Résultats des études.....	32
3.3.1.2	Méta-analyse par Forest-plot.....	36
3.3.2	La spasticité : échelle MAS.....	37
4	Discussion.....	39
4.1	Analyse des principales caractéristiques.....	39
4.1.1	Population.....	39
4.1.2	Interventions.....	40
4.1.2.1	Groupes vibration.....	40
4.1.2.2	Groupes contrôle.....	41
4.2	Analyse des critères de jugement.....	42
4.2.1	GMFM-88 sous partie D.....	42
4.2.2	GMFM-88 sous partie E.....	43
4.2.3	Synthèse des résultats.....	44
4.2.4	Spasticité.....	44
4.2.5	Synthèse des résultats.....	45
4.3	Analyse des résultats.....	45

4.4	Applicabilité des résultats en pratique clinique	46
4.4.1	Tailles d'effet et facteurs démographiques.....	46
4.4.2	Balance bénéfiques / risques.....	48
4.4.3	Coût financier et contraintes.....	48
4.4.4	Synthèse sur l'applicabilité des résultats	49
4.5	Conflits d'intérêts	49
4.6	Qualité de preuve	49
4.6.1	Risque de biais.....	50
4.6.2	Hétérogénéité des résultats.....	50
4.6.3	Caractère indirect des données scientifiques.....	50
4.6.4	Imprécision des données	51
4.6.5	Biais de publication	51
4.6.6	Conclusion du système GRADE.....	51
4.7	Biais potentiel de la revue.....	52
5	Conclusion	54
5.1	Implication pour la pratique clinique.....	54
5.2	Implication pour la recherche	55
6	Bibliographie	56
7	Annexes.....	60

Table des figures

Figure 1 : Les formes de Paralyse Cérébrale selon la localisation de l'atteinte	4
Figure 2 : Échelle GMFCS.....	4
Figure 3 : Échelle MACS [14]	5
Figure 4 : Les types de Paralyse Cérébrale selon l'atteinte neurologique prédominante	5
Figure 5 : Récapitulatif des différentes formes de Paralyse Cérébrale [12]	6
Figure 6 : Pompe à Baclofène	8
Figure 7 : Action de la Toxine Botulique	9
Figure 8 : Action de la Rhizotomie dorsale sélective	9
Figure 9 : Pyramide des apprentissages de Williams et Schellenberger	13
Figure 10 : Grade des recommandations de la HAS.....	16
Figure 11 : Équation de recherche sur PEDro	19
Figure 12 : Équation de recherche dans Cochrane Library	19
Figure 13 : Équation de recherche dans Google Scholar	19
Figure 14 : Échelle PEDro	22
Figure 15 : Diagramme de flux PRISMA	25
Figure 16 : Méta-analyse par Forest-plot GMFM D	36
Figure 17 : Méta-analyse par Forest-plot GMFM E.....	37

Table des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif du modèle PICO	17
Tableau 2 : Formulation de l'équation de recherche.....	18
Tableau 3 : Modèle de regroupement des informations des articles.....	21
Tableau 4 : Récapitulatif des études incluses dans la revue	28
Tableau 5 : Récapitulatif des études exclues	29
Tableau 6 : Score PEDro des études sélectionnées	30
Tableau 7 : A. Katusic et al 2013	32
Tableau 8 : M. Ibrahim et al 2014	33
Tableau 9 : V. Dudoniene et al 2017	34
Tableau 10 : WB. Lee et al 2019.....	34
Tableau 11 : Y. Jung et al 2020.....	35
Tableau 12 : F. Tekin et al 2021.....	35
Tableau 13 : M. Ibrahim et al 2014 (spasticité)	37
Tableau 14 : V. Dudoniene et al 2017 (spasticité)	38
Tableau 15 : Système GRADE	51
Tableau 16 : Échelle AMSTAR-2	52

Liste des annexes

Annexe 1 : Échelle GMFM-88

Annexe 2 : Échelle Ashworth Modifiée

Annexe 3 : Article A. Katusic

Annexe 4 : Article M. Ibrahim

Annexe 5 : Article V. Dudoniene

Annexe 6 : Article W. Lee

Annexe 7 : Article Y. Jung

Annexe 8 : Article F. Tekin

Annexe 9 : Traduction française AMSTAR-2

Liste des abréviations

PC = Paralyse Cérébrale

VCE = Vibration corps entier

WBV = Whole Body Vibration

AACPDM = American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine

SCPE = Surveillance of Cerebral Palsy in Europe

JNM = Jonction Neuro-Musculaire

RDS = Rhizotomie Dorsale Sélective

GMFM = Gross Motor Function Measure

ECR = Essai Clinique Randomisé

1 Introduction

1.1 Contexte de la revue

Si vous m'aviez interrogé enfant sur ma vocation, je vous aurais répondu, sans aucune hésitation, le milieu de la pédiatrie ! Pédiatre ? pourquoi pas, mais il me manquait l'aspect rééducatif. Le neurodéveloppement est fascinant et j'ai pu d'avantage l'observer au fil de mes années d'étude.

C'est donc naturellement que je m'oriente dans le domaine de la Neuropédiatrie pour ce mémoire.

Mon sujet de mémoire est né à la suite d'un stage en Établissement pour Enfants et Adolescents Polyhandicapés. J'ai pu observer l'apport de la sensorialité et plus précisément de la stimulation basale dans le développement de la motricité globale.

Les stimulations vibratoires sont celles qui ont le plus retenue mon attention. Elles ont permis à certains patients l'amélioration de leur tonus du tronc en station assise mais aussi un apport moteur au niveau des membres inférieurs en position érigée.

Je me suis intéressée à l'apport de cette approche chez les enfants paralysés cérébraux car cette pathologie est la plus répandue dans le domaine de la neuropédiatrie.

En résumé, cette revue portera sur l'intérêt de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs, chez les enfants paralysés cérébraux.

1.2 La Paralyse Cérébrale

1.2.1 Définition

La définition de paralysie cérébrale a revêtu bien d'aspect au fil des années. Elle est d'abord décrite comme « cérébral parésis » en 1861, puis, Sigmund Freud, William Osler ainsi que l'AACPDM ont cherché des définitions plus développées et englobantes.[1]

En 1950, Guy Tardieu propose le terme « *d'infirmité motrice cérébrale non évolutive, prédominante sur les troubles moteurs résultants de lésions pré-, péri-, post natal, parfois accompagnés de déficiences sensorielles et déficiences partielles des fonctions supérieures sans déficience intellectuelle* »[2]

En 1959, Mac Keith et Polani l'ont défini comme « *un trouble persistant mais non immuable du mouvement et de la posture, apparaissant dans les premières années de la vie et dû à un trouble non progressif du cerveau, résultat d'interférences au cours de son développement* »[3]

En 1964, Bax reformule une nouvelle définition « *un trouble du mouvement et de la posture dû à un défaut ou à une lésion du cerveau immature.* » Il exclura les troubles du mouvement et de la posture qui sont temporaires, dus à une pathologie évolutive ou uniquement une déficience. [4]

Toutes ces définitions ont permis d'aboutir à une définition reconnue internationalement : « *Un groupe de troubles permanents du développement du mouvement et de la posture, entraînant une limitation des activités, qui sont attribués à des perturbations non progressives survenues dans le cerveau en développement du fœtus ou du nourrisson. Les troubles moteurs de la PC s'accompagnent souvent de troubles de la sensation, de la perception, de la cognition, de la communication et du comportement, d'épilepsie et de troubles musculosquelettiques secondaires* » [1]

De plus, le terme de paralysie cérébrale inclut également les anciennes dénominations qui sont l'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC) et l'Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC) ainsi que le polyhandicap ayant pour origine la période périnatale.¹

La lésion cérébrale se développe sur un cerveau immature ou en développement de la période prénatale jusqu'à l'âge de 2 ans. Cette lésion, qui est majoritairement une hémorragie ou une diminution voire arrêt de l'apport sanguin ou d'oxygène, ne sera pas évolutive dans le temps mais entraînera des troubles moteurs et posturaux permanents.²

La paralysie cérébrale aura pour conséquences une diminution de la force musculaire, la survenue de spasticité ainsi que de rétractions musculotendineuses, et une mauvaise qualité du contrôle moteur sélectif avec une co-activation anormale des muscles synergiques. [5]

On retrouvera des enfants ayant de légers troubles moteurs ou de la marche tandis que d'autres seront totalement dépendants.

Nous retrouvons également des troubles neurosensoriels, cognitifs, du développement intellectuel, de la communication et de l'épilepsie qui peuvent être une entrave à l'insertion sociale de l'enfant.

Il peut aussi apparaître des troubles secondaires tels que des troubles vésico-sphinctériens, respiratoires et viscéraux, du comportement, du sommeil, des apprentissages...

Ce tableau clinique dépendra du moment de survenue, de l'étendue, de la localisation et de la nature de la lésion. Il évoluera dans le temps via le développement cérébral du fœtus et de l'enfant ainsi que par les remaniements dus à la plasticité cérébrale.

1.2.2 Épidémiologie

La PC est la première cause de handicap moteur de l'enfant, elle représente 2,5 cas pour 1000 personnes.

Dans le monde, elle représente 17 millions de personnes dont 125 000 en France ce qui correspond à environ 4 naissances par jour en France.³

Le sex-ratio est en faveur des hommes, en effet, il y a 1,3 homme pour 1 femme.

La prévalence de cette pathologie augmente avec la prématurité :⁴

- 1 pour 1000 naissances arrivant à terme.
- 1 pour 100 naissances de la 32^{ème} à la 36^{ème} semaines d'aménorrhées.
- 6 pour 100 naissances inférieures à 32^{ème} semaines d'aménorrhées.

¹ [Site Handiconnect consulté le 10/10/2023 à 18H20](#)

² [Site de la Fédération de la Recherche sur le Cerveau consulté le 10/10/2023 à 18H35](#)

³ [Site de la fondation de la paralysie cérébrale consulté le 10/10/2023 à 18H37](#)

⁴ [Site Handiconnect consulté le 10/10/2023 à 18H40](#)

1.2.3 Étiologie

Comme vu précédemment, la survenue d'anoxie et/ou ischémie entraînant une mort neuronale peut survenir de la période prénatale jusqu'à l'âge de 2ans.

Lors de ces périodes, ce sont différents mécanismes qui peuvent intervenir : [5]

- **Lors de la période anténatale** : il y a de nombreux facteurs qui entrent en jeu :
 - Facteurs génétiques : un parent atteint de PC ou un fœtus ayant un co-jumeau atteint de PC a plus de risque de développer également cette pathologie. [6] Il peut se produire un accident vasculaire cérébral, une anomalie dans le processus de formation du système nerveux central.
 - Facteurs inflammatoires : des fœtopathies infectieuses dues au cytomégalovirus, toxoplasmose ou rubéole.
 - Facteurs toxiques : L'exposition de la mère aux produits toxiques tels que l'alcool, les drogues ou encore certains produits ménagers augmente le risque de PC lors de cette période. [7]
 - Facteurs vasculaires : des anomalies sur la conception ou le fonctionnement du placenta et/ou du cordon ombilical tel que la prééclampsie favorisent le développement de PC. [8]
 - La gémellité et la prématurité sont des facteurs favorisant également la survenue de PC.
- **Autour de la naissance** :
 - Facteurs circulatoires : un accouchement difficile pouvant entraîner une anoxie ou un trouble circulatoire causé par un mauvais positionnement du cordon ombilical sont des facteurs de risques de la paralysie cérébrale.
 - Facteurs inflammatoires ou infectieux : une chorioamniotite entraînant la fièvre maternelle ou l'infection des voies urinaires sont propices au développement d'une PC. [9]
- **Après la naissance** :
 - Facteurs infectieux : les infections tel que la méningite, encéphalite, entérocolite ou les infections nosocomiales.
 - Facteurs traumatiques : tout traumatisme physique tels que les accidents de la voie publique, les chutes entraînant un impact au niveau de la tête et le syndrome du bébé secoué.
 - Facteurs circulatoires : les troubles de la circulation causés par un arrêt cardiaque, une mort subite du nourrisson ou une crise d'épilepsie sont à risque de PC.
 - Facteurs médicamenteux : le traitement de tumeur, la prise de médicaments tels que la kétamine, les corticoïdes... [10] [11]

1.2.4 Les différentes formes de paralysie cérébrale

La classification de la paralysie cérébrale a évolué au fil des années.
Elle est aujourd'hui décrite selon 3 types : [12]

1.2.4.1 Selon la localisation de l'atteinte

Cette classification dépend du nombre et de la localisation des membres atteints.
Elle sera unilatérale lorsqu'un seul côté sera atteint et bilatérale si les deux hémicorps sont atteints.

On retrouvera alors :

- Les formes bilatérales :
 - Diparésie lorsque les deux membres inférieurs sont touchés
 - Triparésie lorsque les deux membres inférieurs et un membre supérieur sont atteints
 - Tétraparésie lorsque les quatre membres sont atteints
- Les formes unilatérales :
 - Hémiparésie lorsqu'un membre inférieur et supérieur du même côté sont atteints
 - Monoparésie lorsqu'un seul membre est atteint.

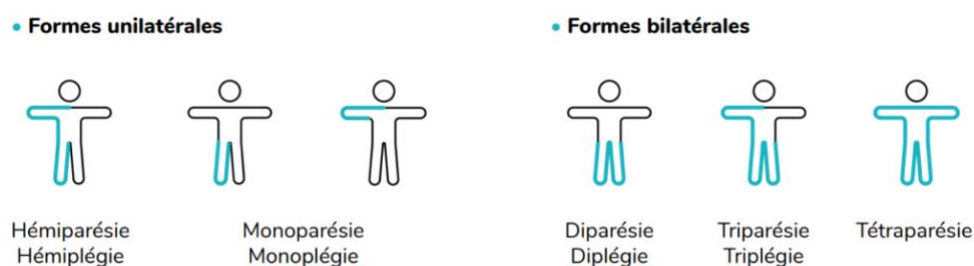


Figure 1 : Les formes de Paralysie Cérébrale selon la localisation de l'atteinte⁵

1.2.4.2 Selon la sévérité de l'atteinte

Cette classification se réalise selon deux échelles :

- Gross Motor Function Classification System (GMFCS) : cette échelle est répartie en 5 niveaux correspondant à la mobilité et l'autonomie à la marche des patients. Le niveau 1 sera un enfant totalement autonome tandis que le niveau 5 sera un enfant dépendant et se déplaçant en fauteuil roulant à l'aide d'un tiers.[13]

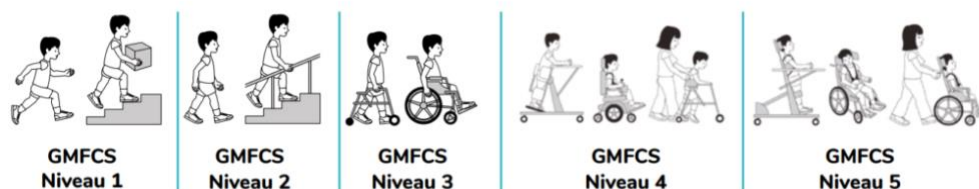


Figure 2 : Échelle GMFCS⁶

⁵ [Site Handiconnect consulté le 14/11/23 à 18h36](#)

⁶ [Site Handiconnect consulté le 14/11/23 à 19h00](#)

- Manual Ability Classification System (MACS) : cette échelle est également répartie en 5 niveaux mais se basant sur les capacités du membre inférieur et la fonction de préhension. (Annexe 1)

- I. **Manipule les objets facilement et avec succès.** Au plus, a des limitations dans l'aisance à exécuter des tâches manuelles qui requièrent de la vitesse et de l'exactitude. Par contre, n'importe quelle limitation dans les habiletés manuelles ne restreint pas l'autonomie dans les activités quotidiennes.
- II. **Manipule la plupart des objets mais avec une certaine diminution de la qualité et/ou vitesse de complétion.** Certaines activités peuvent être évitées ou complétées mais avec une certaine difficulté; des façons alternatives de performance peuvent être utilisées, mais les habiletés manuelles ne restreignent habituellement pas l'autonomie dans les activités quotidiennes.
- III. **Manipule les objets avec difficulté; a besoin d'aide pour préparer et/ou modifier les activités.** La performance est lente et complétée avec un succès limité en ce qui concerne la qualité et la quantité. Les activités sont exécutées de façon autonome si elles ont été organisées préalablement ou adaptées.
- IV. **Manipule une sélection limitée d'objets faciles à utiliser dans des situations adaptées.** Exécute des parties d'activités avec effort et un succès limité. Requiert un support continu et de l'assistance et/ou de l'équipement adapté, même pour une réalisation partielle de l'activité.
- V. **Ne manipule pas les objets et a une habileté sévèrement limitée pour performer même des actions simples.** Requiert une assistante totale.

Figure 3 : Échelle MACS [14]

1.2.4.3 Selon l'atteinte neurologique prédominante

Cette classification a évolué au cours des années.

Décrite par *Ingram* en 1955, il détaillait les différents symptômes neurologiques, leur localisation et la sévérité des symptômes des types diplégie, hémiplégie, tétraplégie, ataxie, dyskinésie et les types mixtes. [15]

Cette classification est reprise par *Hagberg* en 1976, celui-ci réduit les différents types en décrivant les syndromes spastiques, les syndromes extrapyramidaux et les ataxies. [16]

Puis, une classification standardisée réalisée par la SCPE a permis de classer les formes en trois groupes :

- Les types spastiques : uni ou bi-latéral, caractérisés par une majoration des contractions musculaires, une hypertonie et des réflexes pathologiques dus à un dysfonctionnement des faisceaux corticaux spinaux descendants.
- Les types dyskinétiques : caractérisés par un tonus musculaire fluctuant entraînant des mouvements involontaires, non contrôlés et pouvant être stéréotypés. Ils sont dus à des lésions des noyaux gris centraux.
- Les types ataxiques : représentés par un syndrome cérébelleux et un défaut de coordination de la commande motrice volontaire dus à une lésion du cervelet.
- Les formes mixtes. [12]

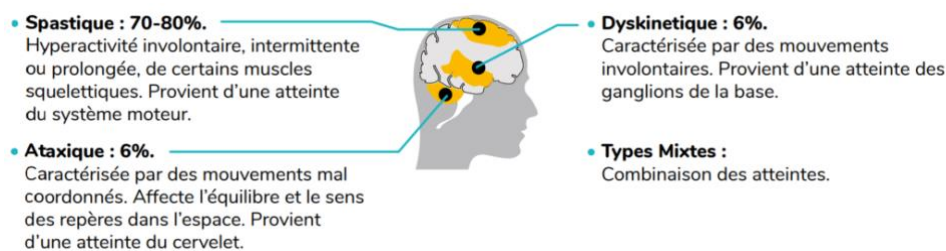


Figure 4 : Les types de Paralysie Cérébrale selon l'atteinte neurologique prédominante⁷

⁷ Site Handiconnect consulté le 14/11/23 à 19h15

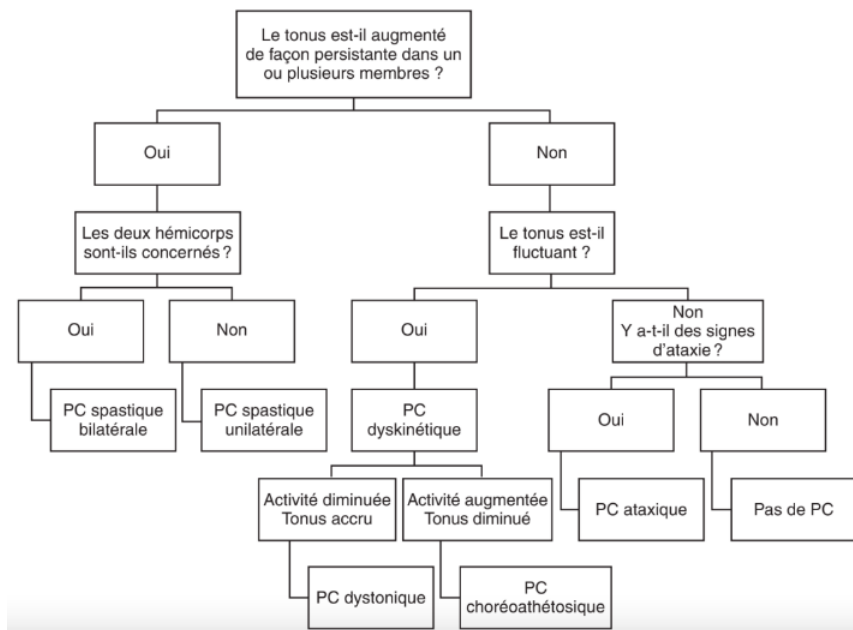


Figure 5 : Récapitulatif des différentes formes de Paralyse Cérébrale [12]

1.2.5 Le diagnostic de la paralyse cérébrale

Le diagnostic de la PC est difficile à poser durant les premiers mois de vie car les signes cliniques ne sont pas totalement perceptibles.[5]

Toutefois, les parents peuvent avoir remarqué quelques signes tels qu'une hyperexcitabilité, un rejet de la tête en arrière ou une préférence sur une position en décubitus latéral.

Il est possible de retrouver certains signes précurseurs lors de l'examen neuromoteur standard :

- Motricité spontanée : une baisse de la qualité et de la quantité de cette motricité, une motricité peu variée, une asymétrie entre les hémicorps.
- Tonus axial : une hypotonie, une asymétrie du tonus antéro-postérieur majorée aux extenseurs de la nuque, des troubles de l'adaptation tonique lors de changement de position.
- Une micro ou macrocéphalie.
- Un clonus de cheville avant 7-9mois et une diminution de la mobilité de la colonne du pouce et de l'extension des doigts et des poignets à 4-6mois sont également des signes alarmants.

Ces signes précurseurs pouvant apparaître tardivement, des recherches ont été effectuées afin de réaliser des méthodes d'identification plus précoces.

Ce sont **Pretchl** avec le *General movement assessment (GMA)* et **Le Métayer** avec *L'évaluation précoce des aptitudes motrices du nourrisson (EPAM)* qui ont permis cette évolution.

On sait aujourd'hui que les GMA sont présents dès la vie fœtale, et l'absence ou la présence d'un mouvement anormal peut être signe de PC et entraîne une surveillance accrue de l'enfant. [17]

La PC peut également être diagnostiquée à l'aide de l'imagerie médicale tels que l'échographie transfontanellaire chez les prématurés et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) chez les nouveau-nés à terme.

1.2.6 Les différentes options thérapeutiques

La prise en charge d'enfants atteints de Paralyse cérébrale aura pour objectifs de rendre les mouvements fonctionnels, de redonner de la mobilité et d'éviter les déformations orthopédiques importantes qui compliquent la vie quotidienne.

1.2.6.1 Le traitement kinésithérapique

La rééducation neuromotrice devra se mettre en place dès l'apparition des premiers troubles neuromoteurs afin de mettre en jeu le processus de plasticité cérébrale car le cerveau est en développement majeur avant l'âge de deux ans.⁸

Les objectifs principaux de la rééducation en kinésithérapie seront :

- Développer les acquisitions motrices et les aptitudes fonctionnelles tels que les transferts ou la déambulation afin d'améliorer l'autonomie des enfants,
- Éviter l'apparition de rétraction musculaire afin de diminuer les troubles orthopédiques,
- Former sur l'utilisation des aides techniques ou des appareillages de posture,
- Écouter, accompagner l'enfant et sa famille.

Ces objectifs dépendront également, des zones du cerveau atteintes, des capacités fonctionnelles de l'enfant, des troubles associés et de l'âge de l'enfant. En effet, à la petite enfance, la rééducation se portera majoritairement sur les acquisitions motrices afin de donner le plus d'autonomie possible, alors qu'à l'adolescence on luttera principalement contre les déformations orthopédiques pouvant s'aggraver lors de la puberté.

Cette rééducation s'appuiera sur 3 grands principes : [18]

- **L'intensité,**
- **La répétition,**
- **L'activité fonctionnelle orientée vers la tâche.**

Cette prise en charge s'appuiera sur les recommandations de la HAS.⁹

Elle prendra en compte la qualité du muscle à rééduquer ; en effet, les muscles **faibles** seront alliés à une rééducation **active** avec des stimulations psychomotrices, le travail des niveaux d'évolution motrice afin d'obtenir une amélioration de l'équilibre assis et debout, du schéma de marche. Les muscles **forts** eux seront alliés à une rééducation **passive** basée sur des étirements ou des postures (verticalisateur, corset siège, attelle rigide et corset) afin de lutter contre les troubles orthopédiques qu'ils peuvent engendrer. Un travail cardio respiratoire est également très important.

Cette prise en charge kinésithérapique s'alliera également avec une prise en charge pluridisciplinaire afin de faire évoluer l'enfant dans sa globalité.

⁸ [Ordre des Masseurs-kinésithérapeutes consulté le 8/12/23 à 16h15](#)

⁹ [Site de la HAS consulté le 10/11/2023 à 10h20](#)

1.2.6.2 Le traitement médicamenteux

Il existe de nombreuses substances médicamenteuses afin de diminuer l'impact de la paralysie cérébrale sur les troubles orthopédiques qui peuvent être administrés par voie orale tels que les dopaminergiques, anticholinergiques, neuroleptiques, antiépileptiques...

Les principaux traitements luttant contre la spasticité sont :

- **L'agoniste GABA-B** qui est le **Baclofène** : généralement cette substance active est administrée à l'aide d'une pompe reliée à la moelle épinière et permet de lutter contre la spasticité. Le risque de ce traitement étant une hypotonie axiale majorée.

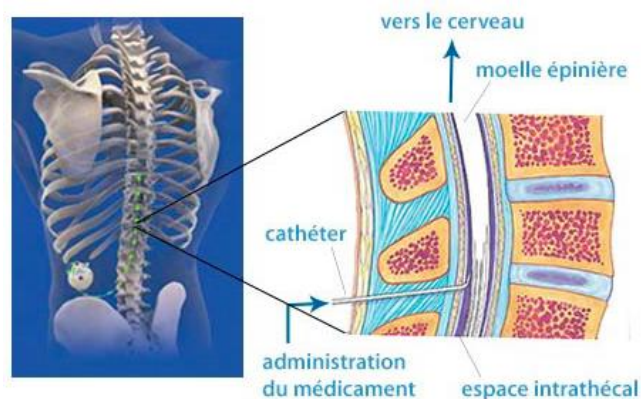


Figure 6 : Pompe à Baclofène¹⁰

- **La toxine botulique** : elle permet de réduire la spasticité, et d'augmenter la mobilité passive et active des membres afin de permettre l'acquisition de nouveaux apprentissages ou la mise en place d'orthèses.

L'injection de toxine botulique se réalise sous échographie. Elle agit sur la membrane neuronale proche de la jonction neuromusculaire (JNM). Elle agit sur la destruction des liaisons peptidiques SNARE ce qui empêche la fusion membranaire. Elle régule également le stockage et transport de l'acétylcholine qui est le neurotransmetteur nécessaire au passage de l'information dans la JNM.

À la suite de l'injection, il apparaît une légère paralysie locale qui disparaît avec le temps, la fibre musculaire agit comme lors d'une dénervation.

L'effet de la toxine botulique est réversible et disparaît après 3 à 5 mois.

Certaines études ont démontré une amélioration du niveau fonctionnel mesuré par l'échelle GMFM. [19]

¹⁰ [CHU de Quebec consulté le 16/12/23 à 11h30](#)

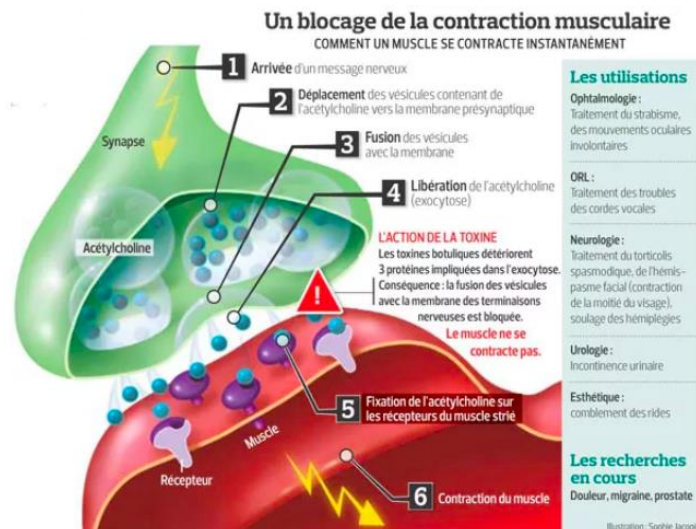


Figure 7 : Action de la Toxine Botulique ¹¹

1.2.6.3 Le traitement chirurgical

La chirurgie orthopédique aura pour objectifs une prévention ou une réduction des troubles orthopédiques de l'enfant.

Elle permettra de redonner de la mobilité et de la congruence à certaines articulations, de réduire les déviations de certains axes articulaires ou axe rachidien.

Il faut faire attention lorsqu'on met en place un traitement chirurgical car celui-ci est la plupart du temps irréversible, or certains enfants utilisent leur déformation orthopédique afin de se déplacer ou de réaliser certains mouvements. C'est pourquoi il faudra réaliser des réunions pluriprofessionnelles en amont afin de décider quelle opération sera la plus probante pour cet enfant et qui n'impactera pas ses acquis.

L'opération majoritairement réalisée afin de diminuer la spasticité qui entraîne des troubles orthopédiques est la **rhizotomie dorsale sélective (RDS)**. Cette technique est définitive.

La RDS consiste à couper la racine dorsale sensitive du nerf et de l'étage correspondant afin d'inhiber le reflexe myotatique par la perte des afférences sensitives. Cette chirurgie passe par l'arc postérieur de la vertèbre. Suite à l'intervention, la rééducation se basera sur le renforcement des muscles périphériques et innervés par une autre racine afin de développer la sélectivité musculaire et la commande motrice.

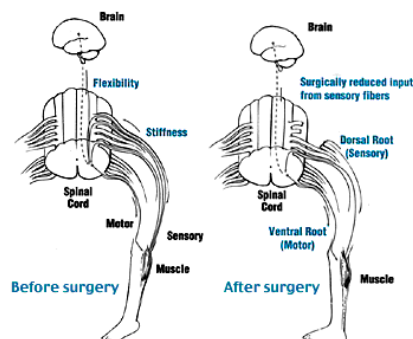


Figure 8 : Action de la Rhizotomie dorsale sélective ¹²

¹¹ [Le Figaro Santé consulté le 16/12/23 à 11h35](#)

¹² [Site Physio Pédia consulté le 16/12/23 à 11h40](#)

On peut également réaliser des ostéotomies, des allongements tendineux, des arthrodèses, ou une reconstruction de hanche selon l'enfant.

1.2.7 Les échelles d'évaluation

Dans la paralysie cérébrale de nombreuses fonctions sont impactées, c'est pourquoi il existe de nombreuses échelles afin d'évaluer ces fonctions.

Dans cette revue, nous nous concentrerons principalement sur l'échelle **GMFM-88** (Gross Motor Function measure) et plus précisément sur les items D et E afin de constater s'il y a une évolution de la motricité des membres inférieurs.

L'échelle GMFM-88 est une échelle validée afin d'évaluer les compétences motrices des enfants atteints de paralysie cérébrale. [20]

Elle peut être réalisée chez les enfants de 5 mois à 16 ans.

Elle est déclinée en deux versions : l'échelle GMFM-88 ou 66.

L'échelle GMFM-66 est une version raccourcie de l'échelle 88.

Ici nous utiliserons la version avec les 88 items afin d'avoir une évaluation précise et détaillée. Elle permettra une meilleure application chez les enfants les plus jeunes et elle permet une évaluation même si l'enfant porte des orthèses ou utilise une aide à la station debout ou la marche.

Chaque tâche sera notée selon 4 items en fonction du mouvement effectué :

- 0 : le mouvement n'est pas initié
- 1 : le mouvement est initié
- 2 : le mouvement est partiellement complet
- 3 : le mouvement est complet

Elle est composée de plusieurs blocs d'évaluation : (**Annexe 1**)

- A : coucher et retournements
- B : position assise
- C : 4 pattes et à genoux
- D : debout
- E : marcher, courir, sauter

Dans cette revue nous nous intéresserons spécifiquement aux blocs D et E.

Le **bloc D**, évalue le passage à la position debout depuis le sol, l'équilibre debout sur un pied avec et sans l'appui des membres inférieurs, le passage à la position debout depuis la position à genoux et l'équilibre lors du passage de la position debout à assis ou accroupis et lors d'un ramassage d'objet.

Le **bloc E**, évalue les déplacements latéraux, la marche, l'enjambement d'obstacle, la course, le shoot dans un ballon, les sauts, la montée et descente d'escalier et le saut depuis une hauteur. Certains items prennent en compte l'aide des membres supérieurs.

La **spasticité** est également un bon indicateur de la mobilité possible d'un membre et donc de la motricité qui peut en découler.

Elle se caractérise par une augmentation du réflexe ostéotendineux vitesse dépendant [21] qui a pour conséquence une augmentation anormale du tonus musculaire qui entraîne une raideur et résistance au mouvement.

La spasticité telle que décrite ci-dessus est souvent associée à des pathologies du système nerveux central tel que les accidents vasculaires cérébraux, les lésions de la moëlle épinière, la paralysie cérébrale... [22]

Les signes cliniques de la spasticité peuvent varier en intensité et en localisation selon la vitesse angulaire de mobilisation, l'accélération imposée au membre [23], la position du membre concerné ou encore le moment de la journée.

L'une des indications thérapeutiques possible pour lutter contre la spasticité est l'injection de toxine botulique comme décrite dans la partie 1.2.6.2.

Afin d'évaluer cette spasticité, nous utiliserons l'échelle Modified Ashworth Scale (MAS). [24]

Cette échelle propose deux moyens de cotation sur 6 niveaux (une cotation (0,1,2,3,4,5) ou une cotation (0,1,1+,2,3,4)). (**Annexe 2**)

0 / 0 correspond à l'absence d'hypertonie

1 / 1 correspond à une légère hypertonie avec stretch reflex ou une minime résistance en fin de course

2 / 1+ signifie une hypertonie avec stretch reflex dans la première moitié de la course

3 / 2 le segment reste facilement mobilisable mais une augmentation du tonus est présente sur toute la course

4 / 3 le mouvement passif est difficile et le tonus musculaire est considérable

5 / 4 le mouvement passif du segment est impossible.

1.3 Le système vibratoire

1.3.1 Le système sensoriel

1.3.1.1 Le développement de ce système

Le développement du système nerveux chez l'Homme est un long processus, propre à chacun, qui débute dès l'embryogenèse. Le cerveau va subir une croissance rapide durant la phase embryonnaire jusqu'à environ 2 ans post-natal puis elle ralentira jusqu'à la puberté.

Selon les modalités sensorielles étudiées, il a été démontré un début d'activité rudimentaire aux alentours de la 20^{ème} à la 26^{ème} semaine d'âge gestationnel. Chez le fœtus, les récepteurs sensoriels et les fibres nerveuses se développent essentiellement lors du deuxième trimestre de gestation. Au cours du 3^{ème} trimestre de gestation, les différents systèmes sensoriels fonctionnent parallèlement et une activité intégratrice est présente avant le terme.

Le développement commence par les récepteurs **mécaniques** qui concernent le somesthésique et proprioceptif, puis les récepteurs **chémosensoriels** qui concernent la gustation et l'olfaction, puis les récepteurs **vibratoires** pour les systèmes vestibulaire et auditif et pour finir les **photorécepteurs** pour la vision.

Les systèmes sensoriels atteindront leur maturité uniquement quelques mois à années après la naissance. Cette maturité est due aux stimulations sensorielles dont est exposé le fœtus dès la gestation. Ces stimulus vont permettre la spécification des réseaux neuronaux ainsi que leur modulation et consolidation, et l'organisation des territoires corticaux. [25]

Lorsqu'un stimulus sensoriel se présente dans l'environnement interne ou externe au corps, le récepteur sensoriel code ce stimulus en convertissant l'énergie physique ou chimique en énergie bioélectrique qui constituera le message nerveux. Ce mécanisme est nommé **transduction**.

Ce message nerveux cheminera via les voies nerveuses ascendantes jusqu'aux différents centres (corticaux, sous corticaux, thalamiques) où il sera décodé afin de produire une réponse adaptée. La justesse des réponses est influencée par l'état de maturité des structures nerveuses, les expériences vécues antérieurement. [26]

De cette façon, le cerveau de l'enfant va gagner en maturation (plasticité cérébrale). L'expérimentation sensorielle et les interactions avec l'environnement sont donc primordiales pour le développement du système nerveux surtout en période dite critique (post-natal à environ 2 ans).

À maturation, le cerveau ne produit plus de nouveaux neurones. Il pourra seulement créer de nouvelles connexions synaptiques permettant l'adaptation de la personne. Ce processus se retrouve dans le développement neurologique initial, lors de nouveaux apprentissages ou bien lors d'atteintes neurologiques, comme la paralysie cérébrale. Le cerveau va donc palier la sous-utilisation de certaines zones, se réorganiser et utiliser les zones saines afin de compenser les lésions. La personne pourra donc se développer autrement.

1.3.1.2 Du sensoriel au sensori-moteur

La fonction principale de notre cerveau est la survie et la protection (cerveau reptilien). Les différentes interactions, par l'intermédiaire des sens, vont permettre à notre cerveau de recueillir des informations de l'environnement et de s'adapter en conséquence pour notre protection (motricité réflexe). Il y a donc une fonction de perception, d'interprétation et de réponse motrice.

La stimulation des différentes entrées sensorielles est donc primordiale dans l'élaboration d'un mouvement d'abord réflexe puis volontaire. Une immaturité sensorielle entraînera des compensations et donc des adaptations du système qui perdra en qualité motrice.

Le principe de la **boucle sensori-motrice** est simple [27] [28]. C'est un modèle dynamique qui a été mis en lumière par différents auteurs : Piaget, Bullinger, Feldman et qui permet d'expliquer l'origine des apprentissages et de la motricité volontaire. L'enfant va recueillir une information par l'intermédiaire de ses sens. Il devra intégrer cette information au niveau de différentes structures sous-corticales afin de planifier une action motrice et ensuite l'exécuter via les organes effecteurs. Le cervelet, fonction de rétrocontrôle, permettra de préparer et d'affiner les schémas moteurs avant d'exécuter le mouvement et donc de gagner en contrôle. Il compare ainsi le résultat moteur et l'intention motrice.

Si on se base sur le modèle neurodéveloppemental qui est mis en lumière par la pyramide des apprentissages de Williams et Schellenberg (1996) [29], on observe bien que la sensorialité est à la base du développement de l'être humain. Ils placent le vestibulaire au centre, puis la proprioception et le tactile qui permettent, à force d'expériences de développer des réponses motrices spontanées qui vont devenir de plus en plus intentionnelles. Plus les bases de la pyramide seront matures et solides plus le développement psychomoteur de l'individu sera optimal. En cas de lésion, le processus de plasticité cérébrale entrera en compte pour compenser le déséquilibre.

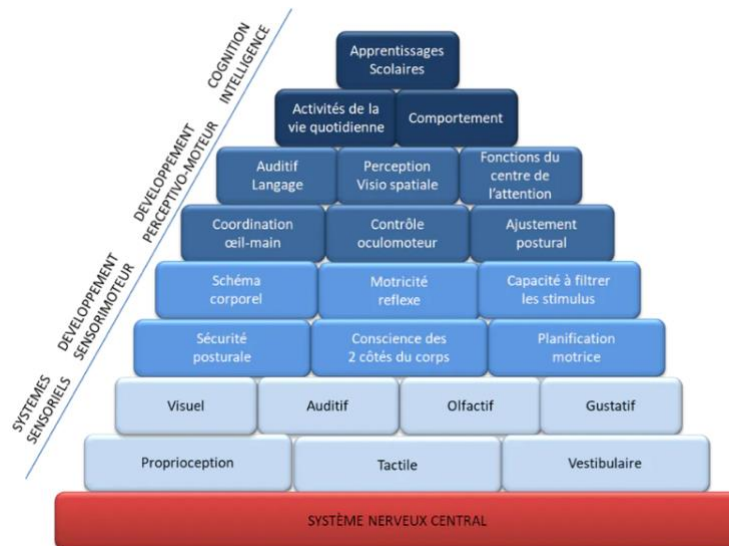


Figure 9 : Pyramide des apprentissages de Williams et Schellenberger

De plus, si on se base sur l'homonculus sensitif de Penfield et Rasmussen, on observe que les parties distales (main, pieds) sont les zones les plus innervées de capteurs sensoriels et donc les plus sensibles aux différentes afférences sensorielles.

1.3.2 La vibration corps entier (VCE)

La vibration corps entier, est une approche de rééducation appliquant des vibrations via une plateforme pouvant modifier les fréquences, les amplitudes et la force des vibrations. Chez une personne saine, le corps est soumis tous les jours à des vibrations internes permettant le bon fonctionnement des grandes fonctions organiques tel que la fonction cardiaque, pulmonaire, digestive ou bien sanguine et musculaire. Il est également exposé à des vibrations mécaniques extérieurs causées par nos activités quotidiennes et qui vont avoir un impact sur ces grandes fonctions. Chez un patient ayant une paralysie cérébrale qui impacte sa motricité, que ce soit lors des déplacements au sol ou la marche, il ne sera plus exposé à ces vibrations mécaniques extérieurs qui permettraient d'agir sur le bon fonctionnement des grandes fonctions organiques. L'application de la vibration globale corps entier va pouvoir recréer ces stimulations externes et nous en étudieront l'impact sur la fonction musculaire principalement.

1.3.2.1 Le mode d'utilisation

Lors de l'application de cette technique thérapeutique, le patient sera positionné et maintenu debout sur la plateforme vibrante et recevra les vibrations par la plante du pied. Ces vibrations seront ensuite transmises à tout le corps. [30]

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- La fréquence : mesurée en Hertz, elle peut varier de quelques Hertz à 50 hertz
- L'amplitude : peut varier de quelques micromètres à quelques millimètres.
- La direction de mouvement des amplitudes : elle sera soit **parallèle** au sol donc les deux pieds vont bouger vers le haut ou le bas simultanément, soit autour d'un **point pivot central** de la plateforme et le mouvement des deux pieds sera dissocié.

Chez les enfants paralysés cérébraux la séance se déroulera avec une alternance entre l'exposition de quelques minutes à la plateforme puis un temps de repos.

Sur cette plateforme vibrante, on peut réaliser des exercices simples si le patient en est capable soit rester statique.

En comparaison, une séance de VCE de 9 minutes avec une fréquence de 20 Hertz correspond aux vibrations naturellement reçues lors de 3h de marche à allure normale et régulière. [30]

1.3.2.2 Les effets

D'après les informations scientifiques existantes à ce sujet [31], la thérapie vibratoire permet de stimuler les fuseaux musculaires et les motoneurons Alpha ce qui permet de déclencher la contraction musculaire.

Il a été remarqué que l'activité électrique musculaire augmentait pendant l'application des vibrations [32], ainsi que la température musculaire et le flux sanguin. [33]

Sur le long terme, des études ont montré une amélioration de la force musculaire et de l'équilibre ce qui entraîne également une diminution du risque de chute notamment chez les personnes âgées ou les personnes ayant une pathologie impactant la motricité des membres inférieurs. [34]

1.3.3 L'apport chez les paralysés cérébraux

Chez les enfants atteints de pathologies qui impactent leur développement, il est important de les prendre en charge le plus tôt possible afin de palier à ces déficits, notamment par le processus de plasticité cérébrale qui va permettre de créer de nouvelles connections afin de développer une autre modalité de mobilité ou de surmonter ce déficit.

L'objectif est de faire en sorte qu'ils acquièrent tous les prérequis à un bon développement de la motricité et ici principalement des membres inférieurs.

Le développement moteur de l'enfant se déroule selon plusieurs étapes en fonction de la temporalité. [35]

On distingue plusieurs formes de motricité :

- **La motricité grossière**
 - Elle commence par l'acquisition du maintien de la tête et du cou vers 2-3 mois,
 - Les retournements dos/ventre et inversement se réalisent vers 4-6 mois,
 - La position assise et les déplacements en rampant ou à 4 pattes se mettent en place à 6-9 mois,
 - La position debout et la marche débutent leur développement vers l'âge de 9-12 mois.
- **La motricité fine**
 - Elle commence par une découverte des mains par l'enfant, qui commence à saisir des objets de façon primitive de 0 à 3 mois,
 - La prise en pince (pouce-index) se développe de 4 à 6 mois,
 - Cette manipulation se précise avec la mise en place de la coordination œil-main de 7 à 12 mois,
 - Ce geste s'affine avec la préhension de stylo ou d'objet fin de 12 à 18 mois.

- **La motricité globale**

- Après l'acquisition de la marche, ils commencent à courir, sauter et grimper vers l'âge de 1-2ans,
- De 2 à 3 ans, ils se perfectionnent dans la montée et descente des escaliers,
- Leur motricité continue d'évoluer avec l'acquisition des sauts en uni-podal, l'utilisation des tricycles, le lancer de balle qui deviennent plus précis vers l'âge de 3-4ans,
- Leur équilibre et coordination s'améliorent leur permettant l'acquisition de plusieurs sports tel que les jeux de ballons, de saut etc...

Chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, le développement est plus complexe par l'atteinte neurologique, il peut donc être plus lent et ne pas passer par toutes ces étapes importantes.

Les étapes primordiales telles que le regroupement afin de prendre conscience de ses mains et de ses pieds, le maintien de la tête et la mobilité du cou qui permettent de suivre du regard des objets ou d'inciter le maintien de la position assise, ou encore l'acquisition primordiale des niveaux d'évolutions moteurs peuvent ne pas se faire totalement et impacter le développement futur de l'enfant.

Certains auront une hypotonie du tronc ou du cou ce qui ne leur permettra pas d'acquérir les positions assises ou érigées sans aides.

D'autres auront une mauvaise intégration de leurs membres inférieurs et ne pourront pas développer une motricité correcte ce qui impactera leurs déplacements en reptation, quadrupédie, leurs redressements ou la marche.

Ainsi, travailler sur le système vibratoire (tactile, somesthésique, proprioceptif) permettra d'activer cette boucle sensori-motrice et de stimuler la neuroplasticité afin de permettre aux enfants paralysés cérébraux de développer une motricité des membres inférieurs.

1.4 Les objectifs de la revue

Au cours des différentes données évoquées dans les parties précédentes, nous pouvons constater que la paralysie cérébrale est un évènement de santé publique majeur car elle touche un grand nombre de famille dans la population mondiale.

De plus, la PC n'est pas une pathologie homogène chez tous les enfants, il existe plusieurs niveaux d'atteinte qui peuvent aller d'un enfant indépendant à un enfant totalement dépendant.

Nous avons également constaté que le développement de la motricité dépend de façon importante du système sensoriel et des interactions sensitives qui en découlent.

Aux vues du peu d'études publiées à ce sujet, la vibration n'est pas une alternative thérapeutique utilisée fréquemment alors que celle-ci pourrait accroître la qualité de la motricité.

L'investissement dans une plateforme vibrante n'est pas des plus coûteuse et permettrait d'améliorer de façon simple la motricité chez ces enfants paralysés cérébraux.

C'est pourquoi, nous réalisons une revue sur l'intérêt de la Vibration Globale Corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

Cette revue débutera par une explication de la méthode suivie lors de la rédaction, une mise en avant des résultats retrouvés dans les études sélectionnées, suivie d'une discussion afin d'analyser ces résultats, et pour finir, une conclusion afin d'exprimer si la vibration peut être une bonne alternative ou non.

2 Méthode

Ce mémoire qui est une revue de littérature, permet d'apporter un point de vue général sur le sujet abordé ainsi que les avancées scientifiques qui en découlent. Cette revue développera des éléments précis et détaillés tout en diminuant au maximum les risques de biais.

Cette revue suit la traduction française des lignes directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic reviews and Meta-Analyse)

2.1 Critères d'éligibilités des études

2.1.1 Types d'études sélectionnées

Cette revue repose sur une question thérapeutique. Nous nous intéresserons sur l'efficacité d'un traitement ou d'une intervention sur une population cible. Ici, nous évaluerons l'intérêt de la vibration corps entier sur la motricité du membre inférieur chez les enfants paralysés cérébraux.

Le schéma d'étude avec le plus haut niveau de preuve et le plus adapté afin de répondre à cette question est l'essai clinique randomisé (ECR) qui compare deux groupes formés aléatoirement dont l'un reçoit le traitement et l'autre sera le groupe témoin. Afin d'avoir le moins de biais possible, l'étude doit être menée en « double aveugle » (thérapeute et patient ne connaissent pas le traitement attribué), or, ici les patients ne pourront pas être en « aveugle » car ceux-ci doivent réaliser les séances sur la plateforme vibrante. On acceptera donc que seul le thérapeute ou l'évaluateur soit en aveugle. De plus, la répartition des patients dans les différents groupes doit être aléatoire et se baser sur le principe de la randomisation.

Les études portant sur l'utilisation de la vibration corps entier chez les enfants atteints de paralysie cérébrale utilisent de nombreux critères de jugement différents et celles utilisant l'échelle GMFM-88 sont peu nombreuses. Si l'utilisation en rééducation de la VCE permet une nette amélioration de la motricité des membres inférieurs, il est difficile de priver certains enfants de cette pratique. C'est pourquoi nous autoriserons des études de niveau de preuve plus faible tels que les études comparatives non randomisées bien menées, les études de cohortes, les études cas-témoin. Mais celles-ci devront comporter le moins de biais possible.

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Figure 10 : Grade des recommandations de la HAS

2.1.2 La population

La population concernée dans notre revue sont des enfants atteints de paralysie cérébrale.

Les critères d'éligibilités sont :

- Un âge compris entre 2 ans et 16 ans car l'échelle GMFM-88 s'applique jusqu'à 16 ans,
- Une classification GMFCS comprise entre 1 et 5,
- Une atteinte de la motricité des membres inférieurs,
- Un niveau cognitif permettant de comprendre des consignes simples telles que celles de l'échelle GMFM-88.

2.1.3 L'intervention

L'intervention pour cette revue est la **vibration corps entier** appliquée chez ces enfants.

2.1.4 Le comparateur

Les enfants expérimentant la vibration corps entier seront comparés à des enfants ne recevant pas la VCE mais recevant une séance de kinésithérapie classique adaptée à leur pathologie.

2.1.5 Le critère de jugement (Outcome)

Les critères de jugement correspondront à l'évaluation de la **motricité des membres inférieurs** évaluée par les items D et E de l'échelle GMFM-88.

Les items D et E correspondent respectivement à « debout » et « marcher, courir, sauter ».

Chaque item sera noté de la façon suivante :

- 0 : le mouvement n'est pas initié
- 1 : le mouvement est initié
- 2 : le mouvement est partiellement complet
- 3 : le mouvement est complet

L'impact sur la **spasticité** des membres inférieurs sera également étudié via l'utilisation de l'échelle MAS.

Voici le modèle PICO pour cette revue de littérature :

Population	Enfants atteints de paralysie cérébrale
Intervention	Vibration corps entier
Comparateur	Séance de kinésithérapie
Outcome (critère de jugement)	Motricité du membre inférieur (échelle GMFM88) Spasticité (échelle MAS)

Tableau 1 : Récapitulatif du modèle PICO

2.2 Méthodologie de recherche des études

2.2.1 Sources documentaires investiguées

La recherche documentaire afin de mener cette revue a été initiée en septembre 2023. Nous avons mené nos recherches sur des bases de données scientifiques électroniques tels que *PubMed*, *PEdro*, *Cochrane Library*, *Google Scholar*, *Kinédoc*. La littérature grise qui correspond à d'anciens mémoires ou thèses, des livres ou à la bibliographie des articles scientifiques a également été investiguée.

2.2.2 Équations de recherches utilisées

Pour la formulation de l'équation de recherche, il est important de trouver les mots clés associés à notre recherche. Ces mots clés correspondent au « MeSH terms » (Medical Subject Heading) qui sont basés sur nos éléments du PICO donc la population, l'intervention, le comparateur et le critère de jugement.

Éléments du PICO	MeSH terms 1	MeSH terms 2	MeSH terms 3
Population AND	Cerebral palsy	OR Children cerebral palsy	OR child
Intervention AND	Whole body vibration	OR Vibration therapy	
Comparateur			
Critère de jugement			

Tableau 2 : Formulation de l'équation de recherche

Nous nous baserons sur ce modèle afin de formuler l'équation de recherche à appliquer dans les différentes bases de données.

2.2.2.1 PubMed

Dans la base de données PubMed, l'équation de recherche est :

(((Whole body vibration) OR (Vibration therapy)) AND (Cerebral palsy))

Cette recherche donne **49** résultats au 21/01/2024 à 19h45.

La sélection des articles se fera comme décrite ci-dessous dans la partie 2.3

2.2.2.2 PEDro

Dans le moteur de recherche PEDro, l'équation de recherche est formulée à l'aide du mode « recherche avancée » spécifique à cette base de données. Voici ci-dessous la recherche effectuée :

Abstract & Title: Whole body vibration
Therapy:
Problem:
Body Part:
Subdiscipline: paediatrics
Topic: cerebral palsy
Method:
Author/Association:
Title Only:
Source:
Published Since: 2010 [YYYY]
New records added since: [DDMM/YYYY]
Score of at least: [10] [10]
Return: 20 records at a time
When Searching: Match all search terms (AND)
 Match any search term (OR)

Figure 11 : Équation de recherche sur PEDro

27 résultats correspondent à cette recherche le 29/01/2024 à 19h50.

2.2.2.3 Cochrane Library

Dans cette base de données, nous avons récolté 43 articles le 29/01/24 à 19h55.

— Title Abstract Keyword "whole body vibration"
— AND Title Abstract Keyword cerebral palsy
— AND Title Abstract Keyword children
(Word variations have been searched)

Figure 12 : Équation de recherche dans Cochrane Library

2.2.2.4 Google scholar

L'équation de recherche est également formulée à l'aide de l'option « recherche avancée »

Articles contenant
tous les mots suivants cerebral palsy
cette expression exacte whole body vibration
au moins un des mots suivants
aucun des mots suivants
mes mots à n'importe quel endroit de l'article
 dans le titre de l'article
Rechercher des articles rédigés par
ex. : "P Flajolet" ou J Fauvet
Rechercher des articles publiés dans
ex. : Journal de la Société de biologie ou Revue Romane
Rechercher des articles datés de 2010 — 2024
ex. : 1996

Figure 13 : Équation de recherche dans Google Scholar

Cette base de données permet d'apporter 59 articles le 29/01/2024 à 20h00.

La base de données Kinédoc n'a rien donné pour cette revue.

2.3 Méthode de sélection des études

La sélection des articles se fera selon plusieurs phases après avoir éliminé les doublons :

1. Lecture du titre afin d'éliminer les études qui ne traitent pas du même sujet.
2. Lecture du résumé de l'article pour s'assurer que les éléments de notre modèle PICO et principalement le critère de jugement et son outil de mesure soient bien présents.
3. Lecture de l'article complet afin de vérifier si les critères d'inclusions sont tous présents et qu'il ne présente aucun critère d'exclusion.

L'ensemble de cette sélection sera représenté sous la forme d'un diagramme de flux PRISMA afin de résumer le cheminement effectué.

Ce diagramme de flux sera retrouvé dans la partie résultat de la revue.

2.3.1 Critères d'inclusions

Les articles sélectionnés pour cette revue doivent :

- Dater de 2010 maximum et être le plus récent possible,
- Porter uniquement sur les enfants de 2 à 16 ans,
- Porter sur la paralysie cérébrale,
- Être des essais cliniques randomisés ou de moins bon niveau de preuve tels que ceux cités dans la partie 2.1.1.

2.3.2 Critères d'exclusions

Par oppositions aux critères d'inclusions, les critères seront :

- Dater d'avant 2010,
- Porter sur des enfants avant 2 ans ou des adultes,
- Porter sur une autre pathologie que la paralysie cérébrale,
- Être des séries de cas, des études comparatives avec un biais important, des études rétrospectives ou des études épidémiologiques descriptives,
- Ne pas étudier la fonction motrice via l'échelle GMFM-88.

2.4 Méthode d'extraction et analyse des données

2.4.1 Extraction des données

Les données importantes de chaque article seront extraites et regroupées sous forme de tableau comme ci-dessous :

Nom de l'article	
Informations générales	
Schéma d'étude	
Population	
Intervention	
Comparatif	
Critères de jugement et outils de mesure	
Résultat et conclusion de l'étude	

Tableau 3 : Modèle de regroupement des informations des articles

Dans les informations générales, nous noterons l'auteur ainsi que la date.

Dans le schéma d'étude, nous noterons si l'article correspond à un essai clinique randomisé, une étude cas témoin ou autre et la façon dont la population a été répartie dans les groupes.

La case population regroupera le nombre de participants, l'âge, le type de paralysie cérébrale, le score de l'échelle GMFCS.

L'intervention décrira le mode de vibration, le temps d'application ainsi que la fréquence, l'amplitude et la direction des ondes vibratoires utilisées.

La case comparatif permettra de savoir quel est le comparateur utilisé.

Les critères de jugement et outils de mesure devront correspondre à la motricité du membre inférieur et/ou la spasticité.

La case résultat et conclusion permet d'avoir une vision rapide de l'auteur sur l'effet ou non de la vibration corps entier.

2.4.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Afin d'évaluer la qualité méthodologique des études sélectionnées, nous utiliserons l'échelle PEDro qui permettra d'évaluer la validité interne de l'article par l'évaluation de plusieurs biais lorsque celui-ci est un essai clinique randomisé.

Les biais concernés sont les biais de sélection, d'attrition, de détection et si la quantité des d'informations statistiques est suffisante pour l'interprétation des résultats.

Il y a au total 11 items dont 1 qui n'est pas pris en compte dans la note.

On attribue un point par critère validé ce qui donnera une note sur 10. Plus la note est haute plus l'étude aura une haute validité interne.

- | | |
|---|---|
| 1. les critères d'éligibilité ont été précisés | non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> |
| 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"/> |
| 3. la répartition a respecté une assignation secrète | non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> |
| 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"/> |
| 5. tous les sujets étaient "en aveugle" | non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> |
| 6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle" | non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> |
| 7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels | non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> |
| 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"/> |
| 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"/> |
| 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"/> |
| 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"/> |

Figure 14 : Échelle PEDro

La reproductibilité de l'étude et le coût sont également des éléments importants à prendre en compte lorsqu'on souhaite appliquer ces études à notre pratique professionnelle.

2.4.3 Méthode de synthèse des résultats

Pour cette revue de littérature, nous appliquerons une méthodologie rigoureuse. L'analyse des données des différentes études se fera sous forme de tableaux avec la mise en exergue des « p » ou « p value » qui devront être inférieurs à 0,05, les intervalles de confiances à 95% en pré et post intervention et la taille d'effet avec le calcul du d de Cohen.

Les **intervalles de confiance** à 95% seront calculés à l'aide logiciel Review Manager

Lorsque la « **p value** » intergroupe ne sera pas exprimée nous la calculerons. Si les variances de nos groupes sont les mêmes, nous utiliserons le test de Student. Si les variances sont différentes, nous utiliserons le **test de Welch** :

$$t = \frac{ma - mb}{\sqrt{\frac{\sigma a^2}{Na} + \frac{\sigma b^2}{Nb}}}$$

- ma = moyenne groupe A, mb = moyenne groupe B
- σa = écart type groupe A, σb = écart type groupe B
- Na = nombre participants groupe A, Nb = nombre participants groupe B

Nous déterminerons ensuite le **degré de liberté (ddl)** à regarder dans la table de Student :

$$Ddl = \frac{\left(\frac{\sigma a^2}{Na} + \frac{\sigma b^2}{Nb}\right)^2}{\left(\frac{\sigma a^4}{Na^2(Na-1)} + \frac{\sigma b^4}{Nb^2(Nb-1)}\right)}$$

- σa = écart type groupe A, σb = écart type groupe B
- Na = nombre participants groupe A, Nb = nombre participants groupe B

Après avoir calculé le degré de liberté, nous regarderons dans la table de Student la valeur critique correspondante pour le risque $\alpha = 5\%$ et le degré de liberté trouvé.

Si la valeur absolue $|t| >$ valeur critique, alors « p » est significatif avec $p < 0,05$.

Si $|t| <$ valeur critique, alors « p » est NON significatif avec $p > 0,05$

Nous calculerons également la **taille de l'effet** par le « d de Cohen » :

$$d = \frac{ma - mb}{\sqrt{\frac{\sigma a^2 + \sigma b^2}{2}}}$$

- ma = Moyenne groupe A, mb = Moyenne groupe B
- σa = écart type groupe A, σb = écart type groupe B

L'interprétation du d de Cohen se fera de la manière suivante :

Si $d \cong 0,2$ alors la taille d'effet sera faible,

Si $d \cong 0,5$ alors la taille d'effet sera moyenne,

Si $d \cong 0,8$ alors la taille d'effet sera forte.

La conclusion sera basée sur une synthèse des données.

Nous réaliserons une synthèse quantitative des résultats avec la réalisation d'une méta-analyse par Forest-plot.

Si les articles sélectionnés ne le permettent pas à cause de leur hétérogénéité sur le temps d'application ou les modalités de vibration, alors seulement une analyse narrative et qualitative sera réalisée.

3 Résultats

3.1 Description des études

3.1.1 Diagramme de flux

Après avoir formulé notre équation de recherche, nous avons obtenu de nombreuses études grâce aux différentes bases de données qui sont PubMed, PEDro, Cochrane Library, Google scholar. Au total, nous avons une base de **178** articles qui ont été identifiés comme répondant à notre équation de recherche.

Nous avons alors appliqué le protocole tel que décrit dans la partie 2.3. L'exclusion des doublons a permis de supprimer 65 articles. La lecture des titres afin de savoir si l'article traite de ce que l'on souhaite évaluer a permis d'exclure 53 articles. La lecture du résumé de l'article afin de mettre en lumière le schéma d'étude, la population, les critères de jugement nous permet d'éliminer 48 articles. Enfin, nous avons procédé à la lecture complète des articles restant afin d'analyser les critères d'inclusions et d'exclusions des études, les outils de mesure utilisés pour les critères de jugement, et vérifier que l'étude corrèle avec nos éléments de notre équation de recherche. Cette étape-là, a permis l'exclusion de 6 articles.

À la fin de ce protocole, **6** études seront incluses dans notre revue de littérature. Ces 6 études seront analysées de façon qualitative et 4 peuvent être analysées de façon quantitative.

Toutes ces étapes concernant la sélection des articles ont été réalisées par une seule personne.

Les étapes de ce protocole de sélection sont synthétisées sous la forme d'un diagramme de flux PRISMA (*figure 15*).

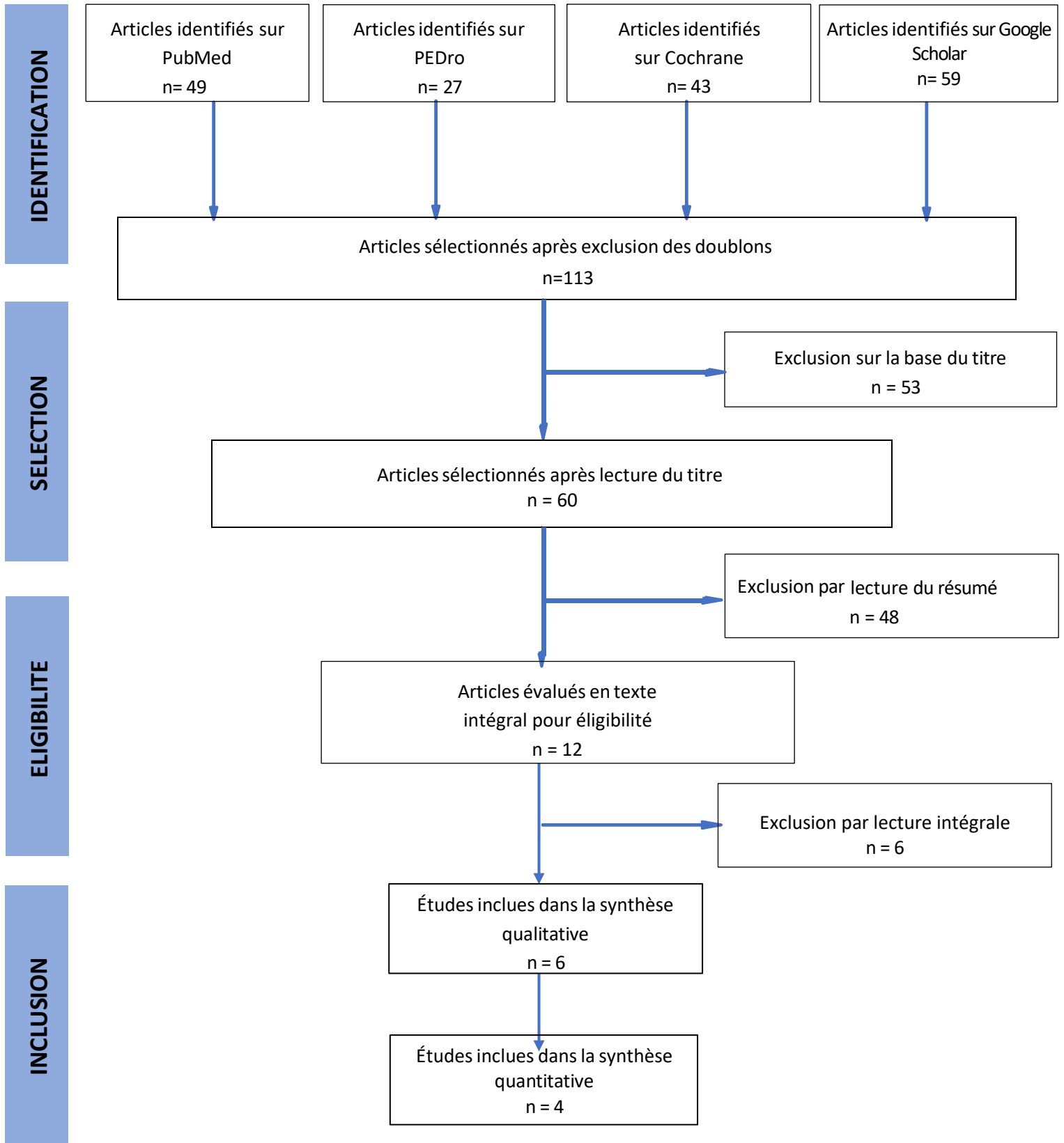


Figure 15 : Diagramme de flux PRISMA

3.1.2 Études incluses dans la revue

Pour les études incluses dans notre revue, les critères d'inclusions ont été énoncés précédemment (*partie 2.3.1*).

Finalement, toutes les études sont des essais cliniques randomisés, en effet la répartition de la population dans les différents groupes a suivi un protocole de randomisation dans chaque étude.

Concernant les critères de jugement, nous avons fait le choix de sélectionner en priorité les études étudiant la fonction motrice par l'échelle **GMFM-88** et secondairement la spasticité via l'échelle **MAS**. C'est pourquoi seulement 2 articles sont retenus pour l'analyse de la spasticité.

Pour la synthèse **quantitative** de notre revue, 4 études pourront être analysées.

En effet, 1 des 6 études sélectionnées n'exprime pas ses résultats de façon à calculer l'intervalle de confiance à 95% et la taille d'effet.

1 des 6 études, étudie la vibration corps entier face à la VCE avec observation d'actions ce qui implique qu'elle sera analysée de façon qualitative uniquement.

Voici ci-dessous un tableau récapitulatif des 6 études incluses dans notre revue.

Une description plus précise de chaque étude se trouve à la fin de cette revue. (**Annexes 3 à 8**)

Nom de l'article	Informations générales	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparatif	Critères de jugement	Résultat et conclusion de l'article
<i>Effect of vibration in the treatment of children with spastic diplegic cerebral palsy</i> [36]	Vilma. DUDONIENE Egle. LENDRAITIENE Jurate. POZERIENE 2017	ECR 3 semaines	20 enfants (11 garçons et 9 filles) (7 à 10ans) Atteints de diplegie spastique	VCE avec augmentation du temps d'exposition de 5 à 10 min. (Seulement les pieds sont exposés aux vibrations) Une amplitude d'onde de 2 à 6mm et une fréquence de 15Hz	Séance de kinésithérapie de 35 à 40 min comprenant des étirements, du renforcement et un travail de l'équilibre	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88 (items D et E) Spasticité via l'échelle MAS	Pas de différences significatives entre les deux groupes

Nom de l'article	Informations générales	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparatif	Critères de jugement	Résultat et conclusion de l'article
<i>Effect of whole body vibration on muscle strength, spasticity, and motor performance in spastic diplegic cerebral palsy children</i> [37]	Marwa M. IBRAHIM Mohamed A. EID Samah A. MOAWD 2014	ECR 12 semaines	13 enfants (8 à 12ans) Atteints de diplégie spastique	VCE 3 x 3min par séance, 3 fois par semaine (Debout sur la plateforme avec chaussure) Une amplitude d'onde de 2-6mm et une fréquence de 12 à 18Hz	Séance de kiné de 1h, 3 fois par semaine comprenant des étirements, du renforcement, un travail de l'équilibre, un travail sur les réactions posturales et la marche.	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88 (items D et E) Spasticité via l'échelle MAS	La VCE peut améliorer la force musculaire, la vitesse de marche, les performances motrices et la spasticité
<i>Effects of whole-body vibration combined with action observation on gross motor function, balance, and gait in children with spastic cerebral palsy</i> [38]	Youngmin. JUNG Eun-Jung. CHUNG Hye-Lim. CHUN Byoung-Hee. LEE 2020	ECR 4 semaines	14 participants (4 à 12ans) Atteints de paralysie cérébrale spastique	VCE combinée à une observation d'actions sur un écran. (debout sur la plateforme, genoux en flexion de 30°) 3min VCE 1min de repos 6 fois Fréquence de 12 à 18HZ 3 fois semaine	VCE pendant 3 minutes puis 2 minutes de récupération 6 fois Fréquence de 12 à 18Hz 3 fois semaine	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88 (items D et E)	Amélioration supérieure dans le groupe de VCE avec observation d'action mais à prendre avec critique de par la faible taille de l'échantillon et du temps de réalisation de l'étude
<i>Short and long-term effects of WBV on spasticity and motor performance in children with hemiparetic CP</i> [39]	Fatih. TEKIN Erdogan. KAVLAK 2021	ECR 8 et 12 semaines	22 participants (11 filles et 11 garçons) (6 à 18ans) Atteints de paralysie cérébrale hémiparésique	VCE 9min entrecoupée de pauses, 3 jours par semaine Fréquence de 15Hz et une amplitude de 3mm	Séance de kiné classique 45 min 2 fois par semaine	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88 (items D et E)	Amélioration dans l'activité motrice, l'équilibre et la spasticité du groupe de vibration comparé au groupe contrôle

Nom de l'article	Informations générales	Schéma d'étude	Population	Intervention	Comparatif	Critères de jugement	Résultat et conclusion de l'article
<i>The effect of vibration therapy on spasticity and motor function in children with cerebral palsy</i> [40]	Ana. KATUSIC Sonja. ALIMOVIC Vlatka. MEJASKI 2013	ECR 12 semaines	89 participants (4 à 6ans) Atteints de paralysie cérébrale spastique	VCE pendant 20min 2fois par semaine Une fréquence de 40Hz	Séance de kiné de 40 minutes 3 fois par semaine	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88	La VCE associée à des séances de kinésithérapie permet d'améliorer la spasticité et le niveau de performance motrice
<i>Effects of whole body vibration training on lower limb muscle thickness and gross motor function in children with spastic cerebral palsy</i> [41]	Won-Bin. LEE Han-Suk. LEE Sun-Wook. PARK Jun-Ki. YOO 2019	ECR 10 semaines	20 enfants (5 à 10ans) Atteints de paralysie cérébrale spastique	VCE de 15min entrecoupée de pauses, 5 fois par semaine pendant 10 semaines Fréquence de 12 à 20Hz	Séance de kiné 1h ,5 fois par semaine comprenant des étirements, du renforcement, un travail de proprioception et l'équilibre	Fonctions motrices via l'échelle GMFM-88 (items D et E)	La VCE est une bonne pratique clinique afin d'améliorer la fonction motrice des enfants.

Tableau 4 : Récapitulatif des études incluses dans la revue

Nous avons décidé d'inclure l'étude de *F. Tekin* même si celle-ci inclus une population de 6 à 18 ans. En effet, à la vue du faible nombre d'études traitant ce sujet, nous avons inclus cet article même s'il dépasse légèrement nos critères d'inclusions car la moyenne d'âge dans le groupe expérimental et contrôle est respectivement de 11,82 +- 3,55 ans et de 13,09 +- 2,66 ans.

3.1.3 Études exclues

Le processus de sélection des études a permis d'éliminer 106 articles. Après lecture du résumé, c'est 48 articles qui ont été exclus puis 6 articles après lecture complète de l'étude.

Le tableau ci-dessous retrace le motif d'exclusion de ces 6 études.

Étude	Motif d'exclusion
C. Stark et al 2010 [42]	Utilisation de l'échelle GMFM modifiée
J. Ruck et al 2010 [43]	N'exprime pas les résultats post traitement
BK. Lee et al 2013 [44]	N'utilise pas l'échelle GMFM-88 pour l'évaluation de la motricité des membres inférieurs
El-Shamy et al 2014 [45]	N'étudie pas la motricité des membres inférieurs
MS. Ko et al 2016 [46]	Évalue la motricité via l'équilibre et la vitesse de marche
A.Adaikina et al 2020 [47]	C'est un protocole

Tableau 5 : Récapitulatif des études exclues

3.2 Risques de biais des études sélectionnées dans la revue

3.2.1 Analyse des biais

Afin d'évaluer la qualité méthodologique d'une étude, il est important d'identifier les éventuels biais qu'elle comporte. Chaque type d'étude est analysé par une ou plusieurs échelles spécifiques. Dans notre revue, nous avons retenu uniquement des essais cliniques randomisés, nous utiliserons donc l'échelle PEDro (*partie 2.4.2*). Cette échelle possédant 11 critères permet d'évaluer la validité interne et la fiabilité des résultats. Le premier critère évaluant la validité externe de l'étude n'est pas inclus dans la note finale. Nous obtenons donc une note totale sur 10.

Nous pouvons retrouver le score PEDro des différentes études dans le tableau suivant :

*Score validé par la base de données PEDro

Article	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score TOTAL
V. Dudoniene et al, 2017	X	X		X				X	X	X	X	6/10
M. Ibrahim et al, 2014	X	X		X						X	X	4/10*
Y. Jung et al, 2020	X	X		X					X	X	X	5/10
F. Tekin et al, 2021	X	X		X				X	X	X	X	6/10

Article	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score TOTAL
A.Katusic et al, 2013	X	X		X		X	X		X	X	X	7/10
WB. Lee et al, 2019	X	X		X				X	X	X	X	6/10

Tableau 6 : Score PEDro des études sélectionnées

Concernant les critères de l'échelle PEDro :

- Critère 1 : Il concerne la validité externe des études sélectionnées. Toutes nos études respectent ce critère car leurs critères d'éligibilité sont précis et détaillés.
- Critère 2 : Les participants de nos 6 études ont été répartis aléatoirement dans les différents groupes, ce qui signifie qu'ils ont la même probabilité d'être dans le groupe expérimental ou contrôle.
- Critère 3 : Aucune de nos études ne respecte l'assignation secrète des participants. En effet, il n'est pas mentionné si l'assignation s'est déroulée à l'aide d'enveloppes opaques ou via une table de tirage.
- Critère 4 : Toutes nos études valident ce critère. Cela signifie que dans chaque étude, la population du groupe expérimental est similaire au groupe contrôle.
- Critère 5 : Aucune de nos études ne remplit ce critère. En effet, dans ces études concernant des enfants, il est difficile que l'enfant ne soit pas informé de son groupe d'inclusion car l'information et l'accord des parents est indispensable.
- Critères 6 et 7 : Seul l'article de A. Katusic 2013 valide ces critères. Dans cette étude, les kinésithérapeutes réalisant les séances thérapeutiques sont en aveugle concernant le groupe de traitement des enfants, afin de ne pas influencer le résultat final. Les évaluateurs réalisant les tests sont également en aveugle sur le groupe d'attribution.
- Critère 8 : Ce critère est validé pour 3 articles de notre revue : V. Dudoniene 2017, WB. Lee 2019, F. Tekin 2021. Ces 3 études indiquent le nombre de participants initial dans chaque groupe et le nombre de participants à la fin de l'étude. Les mesures finales d'un ou plusieurs critères de jugement essentiel ont été réalisées sur au moins 85% des participants initiaux.
- Critère 9 : M. Ibrahim 2014 ne valide pas cet item. En effet, il ne précise pas si tous les participants ont reçu l'intervention contrôle ou le traitement initialement prévu. De plus, aucune mention « d'intention de traiter » n'est exprimée lors de l'analyse des résultats.
- Critère 10 : Tous les articles de cette revue permettent une analyse intergroupe des résultats. Cet item est par conséquent validé pour tous.
- Critère 11 : Tous les articles valident ce critère car ils expriment une mesure de l'ampleur de l'effet et une mesure de dispersion pour au moins un résultat clé.

Score TOTAL :

- *M. Ibrahim 2014* obtient un score de **4/10** ce qui signifie un niveau de preuve et un risque de biais **modéré**.
- *Y. Jung 2020* obtient un score de **5/10** ce qui signifie un niveau de preuve et un risque de biais **modéré**.
- *V. Dudoniene 2017, WB. Lee 2019, F. Tekin 2021* obtiennent un score de **6/10** ce qui signifie un niveau de preuve **élevé** et un risque de biais faible.
- *A. Katusic 2013* obtient un score de **7/10** ce qui signifie un niveau de preuve **élevé** et un risque de biais faible

Ces scores peuvent représenter un certain biais car ils ont été réalisés par une seule personne donc un doute peut subsister en ce qui concerne l'attribution de certains points.

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

L'échelle PEDro nous a permis d'évaluer le niveau de preuve de nos études et de mettre en évidence les biais des différentes études.

Pour rappel, voici les biais mis en évidence par cette échelle :

- Biais de **sélection** (critère 2 à 4)
- Biais **d'évaluation** (critère 5 à 7)
- Biais de **suivi** (critère 8)
- Biais **d'attrition** (critère 9)
- Biais **d'interprétation** des résultats (critère 10 et 11)

Dans l'étude de *M. Ibrahim 2014*, on retrouve un biais de **sélection** car l'assignation des participants à un groupe n'a pas été dissimulée. Un biais **d'évaluation** est présent car aucun des acteurs de l'étude n'étaient en aveugle. Deux autres biais sont également présents, le biais de **suivi** et le biais **d'attrition** car il n'est pas précisé si tous les participants ont reçu le traitement initialement attribué et si les résultats ont pu être élaborés à partir de 85% de la population initiale.

Pour l'article de *A. Katusic 2013*, les biais de **sélection**, **évaluation**, **suivi** sont présents. En effet, la dissimulation de l'attribution à un groupe n'a pas été respectée ; il n'est pas mentionné si les participants ont reçu le traitement initialement attribué.

L'étude de *V. Dudoniene 2017* comporte un biais de **sélection** car il n'est pas mentionné que l'assignation des groupes s'est faite à l'aide d'enveloppe opaque ou à l'aide d'une table de tirage au sort. Un biais **d'évaluation** est également présent car aucun des participants, kinésithérapeutes ou des évaluateurs ne sont en aveugles.

Les articles de *WB. Lee 2019* et *F. Tekin 2021* comportent deux biais : le biais de **sélection** et le biais **d'évaluation**. Comme évoqué précédemment, il n'est pas évoqué de dissimulation lors de l'assignation des groupes, et tous les acteurs de cette étude ne sont pas en aveugle.

L'étude de *Y. Jung 2020* relève plusieurs biais : un biais de **sélection** car l'assignation des groupes ne s'est pas faite en aveugle, un biais **d'évaluation** car la mise en aveugle des patients ou des intervenants n'est pas présente. Pour finir, le biais de **suivi** est également à évoquer car aucune information n'est donnée concernant l'expression des résultats avec une population égale ou supérieure à 85% de la population de départ.

3.3 Effet de l'intervention sur les critères de jugement

Dans cette revue de littérature où nous étudions l'impact de la vibration globale corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, certains critères de jugement permettent cette analyse à l'aide de différentes échelles, tests, scores.

Certaines études qui analysent un même critère de jugement, ne répertorient pas leurs résultats sous la même forme. En effet, certains résultats seront donnés sous forme de pourcentage, médiane avec intervalle interquartile ou moyenne avec écarts types. Ces différentes formulations de résultat compliquent l'analyse et la comparaison entre les articles. C'est pourquoi, une analyse quantitative sera réalisée lorsque l'expression des résultats le permet, sinon, nous réaliserons une analyse qualitative.

Cette analyse sera détaillée dans la partie discussion.

Dans cette revue, les critères de jugement retenus sont :

- La motricité des membres inférieurs :
 - L'échelle GMFM-88 (item D et E)
- La spasticité :
 - Modified Ashworth Scale

3.3.1 La motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88

L'échelle GMFM-88 se compose de plusieurs sous sections (A,B,C,D,E). Les deux sous catégories qui nous importent le plus dans cette revue sont les sections D et E qui analysent respectivement la motricité des membres inférieurs debout ou en mouvement (marcher, courir, sauter).

Tous les articles de notre revue utilisent cette échelle et ces deux sous parties. Seule une étude *A. Katusic 2013* donne les résultats de l'échelle complète.

3.3.1.1 Résultats des études

- Étude A. Katusic 2013

*résultats exprimés sous forme de médiane (intervalle-interquartile)

	Groupe Contrôle (n=44)		Groupe Vibration (n=45)		P value (GC VS GV) Après
	Avant	Après	Avant	Après	
GMFM (TS)(%)	17,8 (8,2 - 33,9)*	18,7 (10,8 - 34,3)*	18,4 (8,5 - 27,4)*	20,6 (12,5 - 30,9)*	0,001

Tableau 7 : A. Katusic et al 2013

Dans cette étude, les résultats ne correspondent qu'à l'échelle GMFM complète. Les notes des sous parties de l'échelle ne sont pas données. De plus, les résultats sont énoncés sous forme de médiane et intervalle interquartile ce qui permet uniquement une analyse qualitative des résultats.

Les médianes pré-traitement sont sensiblement comparables entre les deux groupes.

En post-traitement, les résultats démontrent une amélioration dans les deux groupes. L'auteur annonce un changement pré/post (*médiane (intervalle interquartile)*) dans le groupe contrôle de 2,2 (0,0 – 3,0) et 3,6 (3,0 – 4,2) dans le groupe vibration, ce qui indiquerait une amélioration plus importante dans le groupe vibration. L'expression de la « p value » avec $p=0,001$ indique un résultat statistiquement significatif.

Cependant, il n'est pas mentionné d'intervalle de confiance à 95% afin de savoir si l'hypothèse nulle est incluse ou non.

- Étude M. Ibrahim 2014

	Groupe Contrôle (n=15)		Groupe Vibration (n=15)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
GMFM (D)(%)	73 +- 7,2	78 +- 7,63	71,33 +- 10,02	86,67 +- 7,64	0,252	1,67 [-7,91 ; 4,57]	8,67 [3,21 ; 14,13]	1,135
GMFM (E)(%)	67 +- 6,24	75,33 +- 5,51	80 +- 1,0	91,33 +- 3,21	0,022	13 [9,80 ; 16,20]	16 [12,77 ; 19,23]	3,550

Tableau 8 : M. Ibrahim et al 2014

Dans ce tableau, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*.

L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Concernant la sous partie **GMFM D**, les moyennes pré-traitement sont comparables et le groupe contrôle a une moyenne légèrement plus élevée.

Lors de l'évaluation post traitement, le groupe vibration exprime une nette amélioration de ses résultats comparé au groupe contrôle. L'intervalle de confiance post traitement ne croise pas la ligne de non-effet, l'hypothèse nulle correspondant au fait que l'effet observé soit due au hasard peut donc être écartée. Cet intervalle de confiance reste néanmoins large (3,21 à 14,13), l'effet du traitement est peu précis dans la population.

De plus, la « p value » avec $p = 0,252 > 0,05$ montre que les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Le d de Cohen 1,135 étant supérieur à 0,8 la taille de l'effet est importante.

Concernant la sous partie **GMFM E**, les moyennes pré-traitement sont comparables mais le groupe contrôle a une moyenne nettement plus basse.

En post-traitement, le groupe vibration a une amélioration supérieure au groupe contrôle. L'intervalle de confiance post traitement [12,77 ; 19,23] ne croise pas la ligne de non-effet, l'hypothèse nulle est donc rejetée. Les bornes de cet intervalle peuvent être considérés comme étroites ce qui signifie que l'effet du traitement peut être considéré comme précis.

Pour cette sous partie de l'échelle, la « p value » $p = 0,022$ indique que les résultats sont statistiquement significatifs. La taille de l'effet reste très importante avec d de Cohen = 3,550.

- Étude V. Dudoniene 2017

	Groupe Contrôle (n=10)		Groupe Vibration (n=10)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
GMFM (D)(%)	21,5 +- 4,95	27,4 +- 5,19	15,4 +- 4,99	22,1 +- 5,26	p<0,05	6,1 [-10,46 ; -1,74]	5,3 [-9,88 ; -0,72]	1,015
GMFM (E)(%)	32,5 +- 7,96	41,1 +- 7,81	32,1 +- 9,81	42,5 +- 11,83	p<0,05	0,4 [-8,23 ; 7,43]	1,4 [-7,39 ; 10,19]	0,140

Tableau 9 : V. Dudoniene et al 2017

Dans cet article, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*.

L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) et la « p value » ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Pour la partie **GMFM D**, les groupes sont comparables et la moyenne pré-traitement est supérieure dans le groupe contrôle. À propos des résultats post-traitement, les deux groupes montrent une amélioration de leur résultat avec une augmentation légèrement plus élevée dans le groupe vibration. L'intervalle de confiance post traitement ne croise pas la ligne de non-effet [-9,88 ; -0,72]. Cet intervalle de confiance a des bornes légèrement éloignées ce qui implique que l'effet du traitement sur la population est moyennement précis. Le d de Cohen étant supérieur à 0,8, la taille de l'effet est majeure.

De plus, « p value » est inférieure à 0,05 ce qui indique que les résultats sont statistiquement significatifs.

Pour la partie **GMFM E**, les moyennes pré-traitement sont totalement comparables. Concernant les résultats post-traitement, l'intervalle de confiance à 95% possède des bornes éloignées et croise la ligne de non-effet ce qui inclus l'hypothèse nulle et l'effet du traitement n'est pas significatif.

La taille de l'effet est très minime car le d de Cohen est très inférieur à 0,8.

La « p value » de cette étude est inférieur à 0,05, les résultats sont donc statistiquement significatifs.

- Étude W. Lee 2019

	Groupe Contrôle (n=10)		Groupe Vibration (n=10)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
GMFM (D)(%)	68,7 +- 14,94	72,57 +- 15,86	70,25 +- 15,72	80 +- 11,37	p>0,05	1,55 [-11,89 ; 14,99]	7,43 [-4,67 ; 19,53]	0,538
GMFM (E)(%)	51,65 +- 23,11	54,85 +- 22,46	44,44+- 26,31	50,41 +- 25,20	p>0,05	7,21 [-28,91 ; 14,49]	4,44 [-25,5 ; 16,62]	0,186

Tableau 10 : WB. Lee et al 2019

Dans ce tableau, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*.

L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) et la « p value » ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Les moyennes de départs sont comparables. Post traitement, il y a une nette amélioration dans le groupe vibration pour les sous parties D et E.

Dans les deux sous parties, on note pour chacune un intervalle de confiance large et passant par la ligne de non-effet impliquant l'hypothèse nulle et un effet de traitement non significatif. Seule la taille de l'effet dans la sous partie D (d de Cohen = 0,538) se rapproche de 0,8, elle est donc moyenne. Les résultats des deux sous parties ne sont pas statistiquement significatifs car leur « p value » est supérieure à 0,05.

- Étude Y. Jung 2020

	Groupe WBV (n=7)		Groupe WBVA0 (n=7)		P value (GWBV VS GAO)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
GMFM (D)(%)	77,65 +- 13,46	80,21 +- 13,94	79,53 +- 11,26	83,78 +- 11,24	p>0,05	1,88 [-11,12 ; 14,88]	3,57 [-9,70 ; 16,84]	0,282
GMFM (E)(%)	63,87 +- 19,81	66,05 +- 20,13	68,64 +- 18,31	71,22 +- 17,99	p>0,05	4,77 [-12,28 ; 21,82]	5,17 [-14,83 ; 25,17]	0,271

Tableau 11 : Y. Jung et al 2020

Dans cette étude de Y. Jung, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*. L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) et la « p value » ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Ce tableau représente les résultats de la vibration corps entier comparé à la VCE associée à une observation d'action. Cette étude ne pourra pas être analysée quantitativement avec les autres études car les modalités de cet essai clinique ne sont pas comparables aux autres.

Les moyennes de départs sont sensiblement proches. Post traitement, il y a une amélioration homogène dans les deux groupes concernant les deux sous parties.

Dans les parties D et E, on note pour chacune un intervalle de confiance large et passant par la ligne de non-effet impliquant l'hypothèse nulle et un effet de traitement non significatif. La taille de l'effet est également minime dans les deux sous parties (d de Cohen = 0,282 et 0,271).

Les résultats des deux sous parties ne sont statistiquement pas significatifs car leur « p value » est supérieure à 0,05.

- Étude F. Tekin 2021

	Groupe Contrôle (n=11)		Groupe Vibration (n=11)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
GMFM (D)(%)	96,82 +- 8,38	97,45 +- 6,95	98,82 +- 3,92	100 +- 0	P=0,22	2 [-3,47 ; 7,47]	2,55 [-1,56 ; 6,66]	0,519
GMFM (E)(%)	85,55 +- 10,08	87,36 +- 10,6	80,73 +- 8,14	95,18 +- 4,19	0,019	4,82 [-12,48 ; 2,84]	7,82 [1,08 ; 14,56]	0,970

Tableau 12 : F. Tekin et al 2021

Dans ce tableau, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*.

L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) et la « p value » de la partie GMFM D ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Concernant les résultats de la partie **GMFM D**, les résultats pré-traitement sont comparables. Post-traitement, l'augmentation des résultats est également homogène entre les deux groupes. Or, l'intervalle de confiance à 95% [-1,56 ; 6,66] passe par la ligne de non-effet donc inclus l'hypothèse nulle, il est donc non significatif. La taille de l'effet est moyenne (0,519) et les résultats ne sont pas statistiquement significatifs car $p > 0,05$.

Dans la partie **GMFM E**, il y a une nette amélioration post-traitement dans le groupe vibration. L'intervalle de confiance ne croise pas le 0 (ligne de non-effet), il n'inclut pas l'hypothèse nulle mais conserve des bornes éloignées ce qui implique un effet peu précis sur la population.

Cependant, la « p value » $p = 0,019$ indique que les résultats sont statistiquement significatifs et la taille de l'effet (d de Cohen) est proche de 0,8 ce qui la rend importante.

Au total, 4 études seront analysées quantitativement entre elles car leurs résultats le permettent.

Ces études concernées sont : *M. Ibrahim 2014*, *V. Dudoniene 2017*, *W. Lee 2019* et *F. Tekin 2021*.

3.3.1.2 Méta-analyse par Forest-plot

L'analyse quantitative des résultats implique le calcul des tailles d'effet pour un intervalle de confiance à 95%. Un résultat est considéré statistiquement significatif lorsque les bornes de l'intervalle ne comprennent pas le 0 (ligne de non-effet), représentant l'hypothèse nulle qui est l'absence de différence entre l'intervention et le groupe contrôle.

Le Forest-plot généré par le logiciel *Review Manager* permet une visualisation graphique de ces valeurs. Les tailles d'effets des études sont symbolisées par des carrés verts, dont la taille varie en fonction de leur poids dans l'intervalle de confiance représenté par une ligne délimitant ses bornes. Lorsque cette ligne croise la ligne médiane, cela indique une absence de signification statistique.

Le losange noir représente la synthèse globale des résultats des études sur un même critère de jugement. Un résultat est considéré statistiquement significatif lorsque les sommets du losange n'atteignent pas la ligne médiane. De plus, un losange plus petit et moins étendu indique une plus grande signification clinique de l'effet, car il englobe moins de valeurs et accroît la précision de l'effet observé dans la population générale.

- **GMFM D :**

Voici la méta-analyse par Forest-plot réalisée pour la sous partie D de l'échelle GMFM-88 à partir des 4 études citées précédemment :

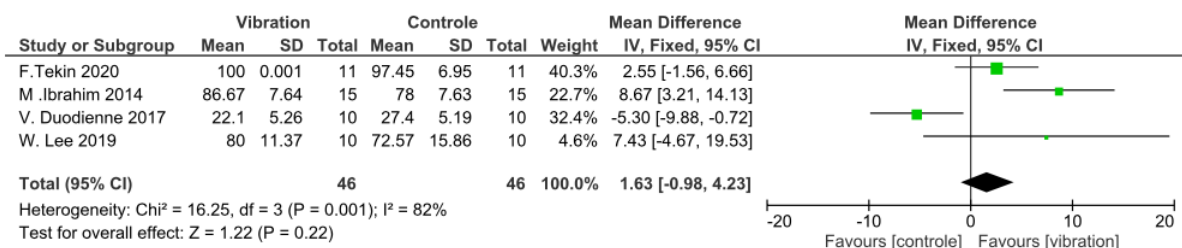


Figure 16 : Méta-analyse par Forest-plot GMFM D

Dans ce Forest-plot, nous pouvons observer une forte hétérogénéité des résultats : $I^2 = 82\%$.

Une seule étude *M. Ibrahim* se trouve en faveur du groupe traitement.

La méta-analyse croise le 0 ce qui implique que nous ne pouvons pas estimer d'effet réel, son intervalle de confiance est [-0,98 ; 4,23].

- **GMFME :**

Ci-dessous, est présentée la méta-analyse par Forest-plot concernant la sous partie E de l'échelle GMFM-88. Elle a été formulée avec les 4 études énoncées ci-dessus :

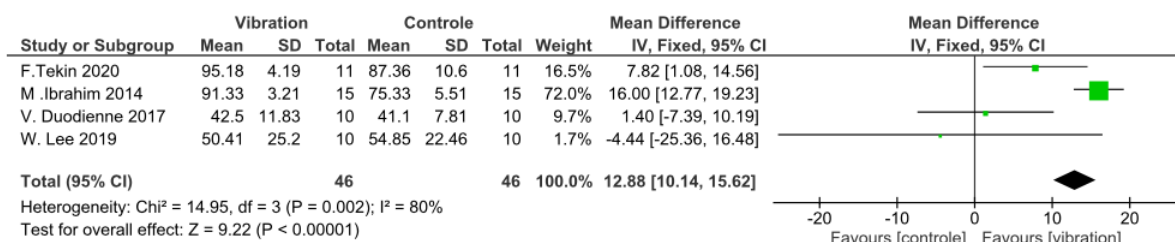


Figure 17 : Méta-analyse par Forest-plot GMFME

Pour ce Forest-plot, une forte hétérogénéité des résultats est à souligner avec $I^2 = 80\%$. 2 des 4 études sont en faveur du groupe vibration. La méta-analyse se trouve en faveur du groupe vibration avec un intervalle de confiance à 95% égale à [10,14 ; 15,62]. La « p value » avec $p = 0,002$ implique que les résultats sont statistiquement significatifs et qu'il y a une amélioration en appliquant la vibration.

3.3.2 La spasticité : échelle MAS

- Étude M. Ibrahim 2014

	Groupe Contrôle (n=15)		Groupe Vibration (n=15)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
Quadriceps fort	1,33 +- 0,58	1,17 +- 0,29	1,83 +- 0,29	1,5 +- 0,5	0,391	0,5 [0,17 ; 0,83]	0,33 [0,04 ; 0,62]	0,748
Quadriceps faible	1,83 +- 1,04	1,33 +- 0,58	2,67 +- 0,58	1,17 +- 0,29	0,698	0,84 [0,24 ; 1,44]	0,16 [- 0,49; 0,17]	0,352

Tableau 13 : M. Ibrahim et al 2014 (spasticité)

Dans ce tableau, les résultats sont exprimés sous forme de *moyenne +- écart type*. L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) ont été calculés par l'auteur de cette revue. Ces résultats sont exprimés via l'échelle MAS avec 0,1,1+,2,3,4 comme cotation. Pour l'analyse des résultats de la spasticité du **membre fort**, pré-traitement, les résultats sont comparables. Post-traitement, il est démontré une diminution de la spasticité dans les deux groupes sensiblement égale. L'intervalle de confiance exclue l'hypothèse nulle mais les résultats ne sont pas statistiquement significatifs avec une « p value » > 0,05. Pour la spasticité du **membre faible**, il y a une amélioration supérieure dans le groupe vibration que dans le groupe contrôle, mais, l'intervalle de confiance à 95% passe par la ligne de non-effet et inclut l'hypothèse que le résultat soit dû au hasard. Les résultats ne sont également pas statistiquement significatifs car $p = 0,698$.

- Étude V. Dudoniene 2017

	Groupe Contrôle (n=10)		Groupe Vibration (n=10)		P value (GC VS GV)	Différence INTER groupe [IC 95%]		d de Cohen
	Avant	Après	Avant	Après	Après	Avant	Après	Après
Quadriceps D	3,5 +- 0,29	2,2 +- 0,21	3,3 +- 0,34	2,1 +- 0,4	p>0,05	0,2 [- 0,48 ; 0,08]	0,1 [- 0,38 ; 0,18]	0,313
Quadriceps G	2,4 +- 0,43	1,9 +- 0,59	2,3 +- 0,46	1,5 +- 0,43	p>0,05	0,1 [- 0,49 ; 0,29]	0,4 [- 0,85 ; 0,05]	0,767

Tableau 14 : V. Dudoniene et al 2017 (spasticité)

L'intervalle de confiance ainsi que la taille de l'effet (d de Cohen) et la « p value » ont été calculés par l'auteur de cette revue.

Ces résultats sont donnés via la MAS avec 0,1,2,3,4,5 comme cotation possible.

Concernant ce dernier tableau, les groupes pré-traitement sont comparables et ont des résultats proches. Post-traitement, il est mis en évidence une diminution de la spasticité dans les deux groupes, cette diminution n'est pas en faveur d'un groupe par rapport à un autre. Les deux intervalles de confiance post-traitement incluent l'hypothèse nulle. La taille de l'effet est importante uniquement pour l'analyse de la spasticité post-traitement dans le quadriceps gauche.

Ces résultats restent statistiquement non significatifs avec une « p value » > 0,05

Pour l'analyse quantitative de ces deux études, la réalisation d'un Forest-plot n'est pas envisageable car nous ne pouvons pas comparer un côté droit ou gauche à un côté fort ou faible, cela représenterait un biais trop important.

L'analyse sera donc uniquement qualitative.

4 Discussion

Cette revue de littérature se compose de 6 articles évaluant l'effet de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

Nous allons analyser plus précisément et évoquer la synthèse finale des résultats précédemment étudiés afin de mettre en évidence ou non une éventuelle action de notre traitement sur la population.

4.1 Analyse des principales caractéristiques

4.1.1 Population

Nous allons nous intéresser aux différentes caractéristiques de notre population et aux biais que cela peut entraîner.

Dans la totalité de nos 6 études, nous avons une population totale de 195 enfants. L'effectif le plus bas est de 14 participants dans l'étude de *Y. Jung 2020*, et le plus haut effectif correspond à l'étude de *A. Katusic 2013* avec un effectif de 89 enfants. Nous savons qu'au plus un effectif est faible au plus il est difficile de mettre en évidence l'efficacité d'un traitement due aux variabilités intrapersonnelles, et, il est difficile de représenter à 100% la population générale. Cela représente donc un biais de sélection.

Néanmoins, la répartition fille/garçon est exprimée uniquement dans 4 études, mais celle-ci semble homogène avec un total de 62 filles et 80 garçons. Cette répartition concorde parfaitement avec la répartition mondiale qui est de 1,3 homme pour une femme.

À propos de l'âge de notre population étudiée, celui-ci varie selon nos études :

- *V. Dudoniene* étudie une population de 7 à 10 ans,
- *M. Ibrahim* de 8 à 12 ans,
- *Y. Jung* de 4 à 12 ans,
- *A. Katusic* de 4 à 6 ans,
- *W. Lee* de 5 à 10 ans
- *F. Tekin* de 6 à 18 ans.

Seule l'étude de *F. Tekin* inclus un éventail d'âge assez large afin d'être le plus proche de la représentation de la population générale.

Les autres études peuvent représenter un biais de sélection en ayant réduit leur curseur d'âges autorisés.

Les critères d'inclusions et d'exclusions peuvent représenter un biais important si ceux-ci sont trop précis et autorisent qu'une faible part de la population dans l'étude.

Le critère d'inclusion le plus strict est retrouvé dans l'étude de *Y. Jung 2020* car ils ont inclus uniquement les patients marchants indépendamment. Ce critère est un biais important concernant la sélection de population car les enfants indépendants à la marche sont rares dans cette population (environ 25%).

De même, toutes les études incluent des enfants ayant une cognition suffisante afin de comprendre les instructions et de suivre des demandes simples.

Or, nous savons que la paralysie cérébrale peut entraîner des problèmes de cognitions et/ou de langage ce qui diminue également la possibilité de certains enfants à participer à l'étude.

Les critères d'exclusions communs aux différentes études sont une chirurgie orthopédique inférieure à 1 an ou 2 ans pour *F. Tekin*, des injections de toxine botulique inférieures à 6 mois car celles-ci peuvent être un biais important concernant l'évaluation de la spasticité ainsi que de la motricité. L'épilepsie et les problèmes d'audition sont également des critères d'exclusions communs.

Dû à ces différents biais lors de la sélection des participants, il est important de garder un esprit critique lors de l'analyse des résultats.

4.1.2 Interventions

Dans cette revue de littérature, l'intervention expérimentale correspond à l'application de la vibration corps entier. L'intervention contrôle correspondra à une séance classique de kinésithérapie adaptée à l'enfant.

Seule une étude inclut la vibration dans son groupe expérimental et contrôle, *Y. Jung*, où l'intervention expérimentale correspondra à la VCE associée à une observation d'action (WBVAO) et le groupe contrôle à la VCE seule.

4.1.2.1 Groupes vibration

L'application de la vibration dans nos différentes études possède certaines différences. Nous étudierons en dernier l'article d'*Y. Jung* car le protocole est différent des autres études.

Premièrement, la position de l'enfant sur la plateforme diffère pour 2 des 6 études, les enfants sont allongés sur un lit vibro-acoustique pour l'étude d'*A. Katusic* et allongés au sol avec uniquement les pieds sur la plateforme vibrante concernant l'étude de *V. Dudoniene*. Dans les 4 autres études, les enfants sont tous debout sur la plateforme vibrante avec les pieds légèrement écartés. Ces différences de positionnement sont à prendre en compte à la lecture des résultats.

Deuxièmement, les caractéristiques physiques de l'onde vibratoire appliquée diffèrent selon les articles. La **fréquence** des vibrations est de 15Hz pour les articles de *V. Dudoniene* et *F. Tekin*, de 12 à 18Hz dans l'essai clinique de *M. Ibrahim*, 12 à 24Hz pour l'étude de *W. Lee* et de 40Hz pour l'application via un lit vibro-acoustique dans l'étude de *A. Katusic*.

L'amplitude de l'onde vibratoire appliquée est de 2 à 6mm pour les études de *V. Dudoniene*, *M. Ibrahim*, *F. Tekin*. Concernant les deux autres articles de *A. Katusic* et *W. Lee* l'amplitude n'est pas donnée.

Pour finir, la fréquence et le temps d'application de ces ondes vibratoires varient fortement entre nos études et impliquent un fort biais dans l'interprétation de nos résultats. Deux études appliquent les vibrations **5 jours par semaine** pendant 3 semaines (*V. Dudoniene*) ou 10 semaines (*W. Lee*), deux articles **3 jours par semaine** pendant 12 semaines (*M. Ibrahim*) et 8 semaines (*F. Tekin*) et **2 jours par semaine** pendant 12 semaines dans l'étude d'*A. Katusic*.

Le temps d'exposition aux ondes vibratoires est également différent selon les études. Deux études exposent l'enfant pendant trois fois 3 minutes avec une pause entre chaque série d'exposition (*M. Ibrahim* et *F. Tekin*). *W. Lee* utilise ce même schéma d'exposition mais en augmentant le nombre d'expositions à cinq fois.

Une autre étude expose progressivement l'enfant aux vibrations en commençant par 5 minutes les sept premières fois et 10 minutes les sept dernières fois (V. Dudoniene). L'étude d'A. Katusic expose l'enfant pendant 20 minutes aux vibrations.

Ces disparités quant au temps d'exposition de l'enfant aux ondes vibratoires ainsi que les caractéristiques physiques des ondes entraînent un important **biais de protocole** qui est à prendre en compte lors de la comparaison des articles et de la lecture des résultats.

À propos de l'étude d'Y. Jung, cette étude diffère des autres car le protocole d'application est différent, il ajoute des actions à réaliser en étant sur la plateforme. Cette étude est menée pendant 4 semaines avec une exposition de 3 jours par semaine pendant six fois 3 minutes. Lors de ces trois minutes, l'enfant doit réaliser des actions qui lui sont montrées sur un écran face à lui, tel que réaliser un assis-debout selon une certaine amplitude, rester debout avec une flexion de genou de 30° etc. Entre chaque action, l'enfant a une minute de pause. Cette étude sera analysée uniquement de façon qualitative du fait de sa trop forte disparité avec les autres protocoles.

4.1.2.2 Groupes contrôle

Les groupes contrôle reçoivent comme traitement une séance de kinésithérapie abordant plusieurs aspects de rééducation.

Ces différents aspects sont similaires entre les différentes études, ils abordent des étirements, du renforcement, un travail des réactions posturales et de l'équilibre ainsi qu'un travail de la marche lorsque cela est possible (V. Dudoniene, M. Ibrahim, W. Lee). Pour ces trois études ci, la fréquence de rééducation kinésithérapique est identique à celle de l'application des ondes vibratoires mais le temps varie de 45 minutes à 1heure.

Deux études ne détaillent pas la rééducation effectuée par les enfants, ils décrivent seulement la fréquence et le temps des séances, trois fois 40 minutes par semaine dans l'étude d'A. Katusic et deux fois 45 minutes par semaine dans l'article de F. Tekin. Ce manque d'indications des moyens kinésithérapiques utilisés lors des séances représente un biais majeur quant à l'analyse des résultats avec les autres études.

Dans l'essai clinique mené par Y. Jung, le groupe contrôle réalise la vibration corps entier plus une rééducation kinésithérapique. L'application de la VCE est identique à celle du groupe vibration, elle utilise une fréquence de 12 à 18Hz et une amplitude de 3 millimètres. L'enfant sera exposé aux vibrations trois fois par semaine pendant 4 semaines avec six séries de 3 minutes d'exposition et 2 minutes de repos entre chaque série.

Concernant les séances de kinésithérapie, celles-ci se réalisent 30 minutes trois fois par semaine pendant 4 semaines. Le détail des séances n'est également pas évoqué dans cette étude et implique un biais de protocole.

Pour l'application des ondes vibratoires, les séances de kinésithérapie et les tests pré et post-traitement, les intervenants sont des kinésithérapeutes formés et ayant de l'expérience dans les études d'A. Katusic, W. Lee. Cela n'est pas précisé dans les autres articles représentant un biais quant à la validité des mesures pré et post traitement.

4.2 Analyse des critères de jugement

Notre critère de jugement principal est représenté par la motricité des membres inférieurs analysée par l'échelle GMFM-88 et précisément les sous partie D et E. Tous les résultats de nos études sont exprimés en pourcentage et peuvent être comparés entre eux tout en ayant un esprit critique quant aux biais exprimés précédemment.

Notre critère de jugement secondaire, la spasticité, est exprimé à l'aide de deux cotations différentes entre nos deux études l'évaluant. Cette analyse se fera séparément entre nos articles.

4.2.1 GMFM-88 sous partie D

Lors de la synthèse de nos résultats, nous avons remarqué que certaines études montrent une efficacité de la vibration sur la motricité membres inférieurs tans dis que d'autres admettent l'hypothèse nulle.

À propos de l'étude d'A. *Katusic*, les résultats montrent une amélioration des cotations sur l'échelle **complète** en faveur du groupe vibration avec un changement de 3,6 %. Néanmoins, cette conclusion amène à garder un esprit critique concernant ces résultats notamment en regard de l'échelle et du protocole d'application. En effet, les cotations des différentes sous parties de l'échelle GMFM-88 ne sont pas données ce qui implique que nous ignorons dans quelles sous catégories la majeure évolution a été démontrée. Nous ne pouvons pas conclure si cela a concrètement amélioré la motricité des membres inférieurs. De plus, nous rappelons que dans cet article, l'application des vibrations se fait à l'aide d'un lit vibro-acoustique avec une amplitude de 40Hz ce qui est différent d'une plateforme où seuls les pieds sont en contact. Puis, l'application se déroulait pendant 20 minutes à raison de deux fois par semaine. Par suite de ces nombreuses disparités de protocole et d'expression des résultats, il est difficile d'émettre une conclusion quant à l'effet de l'application de la vibration pour l'amélioration de la motricité des membres inférieurs.

Relativement à l'article d'Y. *Jung*, cet essai diffère des quatre autres études encore non abordées dans cette discussion. Effectivement, cette étude applique la vibration dans son groupe expérimental et contrôle. Le groupe expérimental doit effectuer des actions en étant sur la plateforme alors que le groupe contrôle doit uniquement se tenir debout. Ces deux groupes réalisent les mêmes séances de kinésithérapie en parallèle de l'exposition aux ondes vibratoires.

L'analyse des résultats de l'échelle GMFM-88 sous partie D montre une amélioration favorable au groupe expérimental. Toutefois, ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs avec une « p value » supérieure à 0,05, un d de Cohen (taille d'effet) égale à 0,282 et un intervalle de confiance admettant l'hypothèse nulle. L'absence de résultats statistiquement significatifs, peut être expliquée par la non-expérience des kinésithérapeutes réalisant les séances et les tests ainsi que par un protocole de rééducation kinésithérapique non standardisé. Les variabilités intra-personnelle sont également à prendre en compte dans ce petit échantillon de 7 enfants par groupe.

En ce qui concerne les articles de M. *Ibrahim*, V. *Dudoniene*, W. *Lee* et F. *Tekin*, nous avons pu les comparer quantitativement entre eux via la réalisation d'une méta analyse par Forest-plot.

Nos études ont un nombre d'enfants homogène entre elles, la moyenne d'âge est également homogène avec une répartition entre 5 et 13 ans. Trois études ont sélectionné des enfants atteints de diplégie spastique et F. *Tekin* des enfants atteints de paralysie cérébrale héli-parétique.

Leurs critères d'inclusions et d'exclusions sont proches avec une subtilité pour l'étude de *F. Tekin* qui inclue uniquement les enfants ayant une marche indépendante.

Le biais de population peut être considéré comme moyennement faible dans cette analyse commune.

À propos des protocoles de vibration, la comparaison avec l'étude de *V. Dudoniene* est à analyser avec un esprit critique car celle-ci se réalise sur une durée de 3 semaines et l'enfant est allongé au sol avec uniquement ses pieds sur la plateforme vibrante tant-dis que les autres sont debout sur la plateforme. Les protocoles des séances de kinésithérapie sont sensiblement identiques entre les études hors-mis pour le l'étude de *F. Tekin* qui ne détaille pas les séances.

Les biais de protocole sont modérés dans cette analyse.

Pour faire suite à la réalisation de la méta-analyse par Forest-plot, nous constatons que l'étude de *V. Dudoniene* est en faveur du groupe contrôle ce qui peut être expliqué par l'important biais de protocole et sa durée d'application. Les essais cliniques de *W. Lee* et *F. Tekin* croisent la ligne de non-effet et incluent l'hypothèse nulle probablement due à une faible taille de population et une courte durée de protocole respectivement 10 et 8 semaines.

L'étude de *M. Ibrahim* est totalement en faveur du groupe vibration, la taille d'effet est importante avec d de Cohen égale à 1,735. Cette étude montre que les résultats sont cliniquement significatifs mais ne sont pas statistiquement significatifs car la « p value » est égale à 0,252. Nous pouvons supposer que la vibration a un effet cliniquement positif sur la motricité des membres inférieurs mais il n'y a pas assez de preuve permettant d'être certain que cette amélioration soit uniquement due à la vibration.

Pour la sous partie D, notre méta-analyse croise la ligne de non-effet avec un intervalle de confiance à 95% égale à [- 0,98 ; 4,23]. De plus, l'hétérogénéité (I^2) étant de 82%, elle représente une forte dissemblance entre nos études ce qui ne nous permet pas de conclure sur une concrète efficacité de l'application des ondes vibratoires sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

4.2.2 GMFM-88 sous partie E

Commençons par l'étude d'*Y. Jung*. Celle-ci pour rappel, évalue l'intérêt de la vibration corps entier avec observation d'actions contre la vibration corps entier seule. Le groupe expérimental et contrôle réaliseront également des séances de kinésithérapie. Si l'on observe les résultats pour la partie E de l'échelle GMFM-88, on observe une évolution positive dans les deux groupes, celle-ci est semblable entre le groupe expérimental et contrôle. De plus, la taille de l'effet est minime car le d de Cohen est égal à 0,271 et la valeur p est supérieure à 0,05. Les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Nous constatons qu'il n'est pas réalisable d'émettre une hypothèse concernant une meilleure efficacité de la vibration corps entier avec observation d'actions vis-à-vis de la vibration corps entier seule.

Au sujet de notre méta-analyse réalisée par Forest-plot avec les articles de *M. Ibrahim*, *V. Dudoniene*, *W. Lee* et *F. Tekin*, nous constatons des différences notables dans cette sous partie l'échelle par rapport à la sous partie D.

Premièrement, deux études sont en faveurs des vibrations (*F. Tekin* et *M. Ibrahim*). Leurs intervalles de confiance à 95% ne croisent pas la ligne de non-effet et n'incluent pas l'hypothèse nulle.

La taille d'effet est plus importante dans l'étude de M. Ibrahim avec un d de Cohen égale à 3,550. Les résultats de ces deux études sont statistiquement significatifs car leurs « p value » sont inférieures à 0,05. Ces deux études sont cliniquement et statistiquement significatives.

Deuxièmement, les études de V. Dudoniene et W. Lee ne sont pas en faveur d'un groupe et leurs intervalles de confiance admettent l'hypothèse nulle. Ces résultats s'expliquent pour l'étude de V. Dudoniene par un faible échantillon, une courte durée d'application du traitement et le biais de protocole où l'enfant possède uniquement ses pieds sur la plateforme. À propos de l'étude de W. Lee, ses résultats sont statistiquement significatifs avec une « p value » inférieure à 0,05. Ces deux études ne sont pas cliniquement significatives.

Pour terminer, nous allons aborder la méta-analyse. Celle-ci se positionne en faveur du groupe vibration avec un intervalle de confiance à 95% égale à [10,14 ; 15,62]. Ses bornes sont proches ce qui implique une grande significativité clinique de l'effet.

Néanmoins, il persiste une forte hétérogénéité des résultats avec $I^2 = 80\%$ ce qui indique une forte dissemblance entre les études. Cela ne nous permet pas d'affirmer sans biais que le traitement est efficace sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

4.2.3 Synthèse des résultats

En conséquence de l'analyse des résultats des études incluses dans notre revue, nous avons pu mettre en évidence que certains articles révélaient des résultats statistiquement et cliniquement significatifs concernant l'efficacité des ondes vibratoires sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants paralysés cérébraux. Ces résultats ont été démontrés dans les études de M. Ibrahim et F. Tekin dans la sous partie E de l'échelle GMFM-88.

Toutefois, ces résultats ne sont pas démontrés par un grand nombre d'articles complémentaires ce qui implique que l'on ne peut pas avérer de la réelle efficacité de traitement sur la motricité des membres inférieurs.

D'autres tests devront être effectués en incluant un protocole précis d'application des ondes vibratoires ainsi qu'un protocole précis de rééducation kinésithérapique afin d'augmenter les données sur cette intervention et de conclure sur une réelle efficacité ou non de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants paralysés cérébraux.

4.2.4 Spasticité

Les deux études évaluant l'évolution de la spasticité ne peuvent pas être analysées quantitativement ensemble car l'expression de leurs résultats ne le permet pas. En effet, nous ne pouvons pas comparer un côté faible ou fort à un côté droit ou gauche sans émettre un biais important d'auto-interprétation.

Par conséquent, nous avons fait le choix de les analyser séparément.

Relativement à l'essai clinique mené par M. Ibrahim, les résultats montrent une diminution de la spasticité sur le quadriceps fort et faible dans les groupes vibration et contrôle. Cependant, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs car la « p value » est supérieure à 0,05. Additionné à cela, il n'y a aucune indication dans l'étude concernant la méthodologie lors de la prise des mesures. Effectivement, nous ignorons si la position a été identique pour tous les enfants, si la période dans la journée était similaire à tous les participants alors que nous savons que ces critères influent sur la spasticité. Il n'est également pas mentionné si la mesure a été précédée d'une rééducation.

De ce fait, nous ne pouvons pas émettre d'hypothèse concernant l'efficacité du traitement sur notre population.

Secondairement, l'étude de *V. Dudoniene* analyse la spasticité selon le quadriceps droit ou gauche. Les résultats énoncés montrent une amélioration de la spasticité mais les deux intervalles de confiances à 95% admettent l'hypothèse nulle et les deux valeurs de la « p value » sont supérieures à 0,05 donc statistiquement non significatives. L'effet du traitement n'est pas cliniquement et statistiquement significatif.

Afin d'expliquer cela, nous avons remarqué plusieurs biais concernant cette étude. Le premier biais est la petite taille de l'échantillon ainsi que la différence de protocole comme énoncé dans les parties précédentes (4.1.2.1). Le deuxième biais majeur dans cette étude est l'évaluation de la spasticité selon le côté droit et gauche. Effectivement, l'évaluation de la spasticité selon ce critère induit une erreur majeure quant à l'exploitation des résultats car selon les enfants, leur niveau de spasticité pourra différer entre leur côté droit et gauche. Ce côté avec une forte spasticité sera différent selon les enfants. Des muscles très spastiques se retrouveront aléatoirement du côté droit ou gauche selon les enfants participant à l'étude. Il aurait été préférable d'évaluer la spasticité plus précisément en réalisant un groupe « fort » et un groupe « faible » comme exercé dans l'étude analysée précédemment.

4.2.5 Synthèse des résultats

Relativement à l'analyse des résultats de l'effet de la vibration corps entier sur la spasticité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, nous constatons que ces études ne permettent pas d'établir un lien avéré entre la diminution de la spasticité et l'application des ondes vibratoires. Ces résultats permettent d'éclairer de nombreux biais à diminuer lors de la réalisation d'autres études sur ce sujet. Il est important de mener des essais sur ce sujet car la diminution de la spasticité permettrait d'augmenter le confort de certains enfants ainsi que d'améliorer leur motricité.

4.3 Analyse des résultats

Dans un premier temps, nous allons aborder la notion de Différence Minimale Cliniquement Importante (MCID). Cette valeur représente le seuil minimal impliquant un effet cliniquement significatif. Le MCID n'est indiqué dans aucune de nos études ce qui implique un biais important d'interprétation des résultats. En effet, lors de l'obtention de résultats statistiquement et cliniquement significatifs nous ne pouvons conclure sur le réel effet de notre traitement.

Deuxièmement, nous allons nous concentrer sur la « p value ». Cette valeur n'a pas été exprimée dans toute nos études et a dû être calculée par l'auteur de cette revue.

La « p value » inter-groupe a été calculée par l'auteur de cette revue pour les études de *V. Dudoniene*, *W. Lee*, *Y. Jung* et *F. Tekin* car ces études n'exprimaient aucune « p value » inter groupe.

Cette absence d'expression des « p value » implique un biais quant à l'appréciation et l'analyse des résultats afin d'en conclure si leurs résultats étaient statistiquement significatifs ou non.

Pour finir, nous allons aborder les différents spin retrouvés dans nos études.

Un spin correspond à une incohérence entre les résultats de l'étude et la conclusion que l'auteur de l'étude en a fait. Dans nos six études, deux études ne présentent pas de spin : *V. Dudoniene*, ses résultats sont cohérents avec sa conclusion qui indique qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes et *A. Katusic* où l'amélioration du score total GMFM-88 est supérieure dans le groupe expérimental et la « p value » égale à 0,001 concordent avec sa conclusion.

Dans l'étude de *M. Ibrahim*, les résultats démontrent une efficacité statistiquement et cliniquement significative uniquement dans la sous partie E de l'échelle GMFM-88 et pas d'amélioration significative sur l'évolution de la spasticité. Cependant l'auteur conclue que la VCE améliore les performances motrices et la spasticité ce qui n'est pas en accord avec les résultats que nous avons. Nous sommes donc en présence d'un spin.

L'étude de *F. Tekin* reproduit le même schéma que l'étude précédente, sa conclusion exprime une amélioration des activités motrices alors que dans l'expression des résultats, cette amélioration est présente uniquement pour la sous partie E. Sa conclusion est donc biaisée.

W. Lee décrit une amélioration des fonctions motrices lors de sa conclusion, or, dans les résultats pour les deux sous parties les « p value » sont non statistiquement significatives, les intervalles de confiance à 95% admettent l'hypothèse nulle et les tailles d'effets exprimées par le d de Cohen sont faibles ou moyennes. Nous sommes donc en présence d'un spin très important car il est impossible de conclure quant à une réelle amélioration suite à l'application des ondes vibratoires.

Dans l'essai mené par *Y. Jung*, on retrouve une conclusion exprimant une amélioration du groupe VCE avec observation d'action supérieure au groupe VCE classique. Lors de l'analyse des résultats, il en découle des valeurs p non statistiquement significatives, des tailles d'effet faibles avec des d de Cohen avoisinant les 0,2 et des intervalles de confiance admettant l'hypothèse nulle. Encore une fois, la conclusion n'est pas en adéquation avec les résultats de l'étude.

Pour finir, la non-expression des « p value » dans nos études ainsi que la présence de ces spin peuvent impliquer un biais de publication. Effectivement, des études exprimant un résultat favorable ont plus de chance d'être publiées que celles exprimant un non-effet. En biaisant leur conclusion, ces études ont eu un avantage quant aux chances d'être publiées

4.4 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Au vu des résultats et de la discussion, l'applicabilité des résultats reste à être démontrée. En effet une étude démontre l'utilité de la vibration avec des résultats statistiquement et cliniquement significatifs mais cela n'est pas assez afin d'en conclure une réelle efficacité.

4.4.1 Tailles d'effet et facteurs démographiques

L'analyse de la taille d'effet pour nos différents critères de jugement permet d'indiquer si nos résultats sont applicables à la population générale.

Pour se faire, nous avons calculé les différences inter-groupe post-traitement et nous avons obtenu un intervalle de confiance à 95%, ce qui nous a permis de calculer par la suite notre taille d'effet avec le d de Cohen. Ces résultats n'ont pas été calculés pour l'article d'*A. Katusic* car ses données ne le permettaient pas.

Relativement aux autres études, nous allons analyser leur taille d'effet pour les différents critères de jugement.

Concernant la motricité des membres inférieurs analysée par l'échelle GMFM-88, les résultats et leur taille d'effet sont variables.

La **sous partie D** montre des résultats de taille d'effet non homogènes entre les articles. Les études de *W. Lee* et *F. Tekin* expriment une taille d'effet moyenne avec un *d* de Cohen s'approchant de 0,5. Mais, leur « p value » n'étant pas statistiquement significative, nous ne pouvons pas indiquer si l'effet observé est dû au traitement ou aux différentes variabilités. L'étude de *M. Ibrahim* exprime une taille d'effet majeure ainsi que des bornes de son intervalle de confiance à 95% qui sont légèrement éloignées. Néanmoins la « p value » n'est pas statistiquement significative, nous pouvons affirmer qu'il existe une taille d'effet importante mais qui n'est pas statistiquement prouvée. Nous ne pouvons pas savoir si cela est due uniquement au traitement ou aux variabilités intrinsèques et ou extrinsèques. Contrairement à cette étude, *V. Dudoniene* possède une « p value » statistiquement significative mais des bornes d'intervalle de confiance éloignées ce qui ne permet pas de déduire un effet précis sur la population.

La taille d'effet dans l'étude de *Y. Jung* est minime avec un *d* de Cohen = 0,282.

Dans cette sous partie de l'échelle GMFM-88, nous ne pouvons pas conclure sur un effet précis des vibrations sur la population.

A propos de la **sous partie E**, deux études évoquent des tailles d'effets majeures avec un *d* de Cohen avoisinant 1 pour *F. Tekin* et 3,5 pour *M. Ibrahim*. Leurs « p value » sont statistiquement significatives ce qui implique que la taille d'effet est importante et que leurs résultats sont cliniquement et statistiquement significatifs avec un effet du traitement. Cependant, pour l'étude de *F. Tekin*, les bornes de l'intervalle de confiance sont très éloignées et ne permettent pas de démontrer un effet précis sur la population. Pour l'étude de *M. Ibrahim*, les bornes de l'intervalle de confiance sont proches, on observe un effet plus précis des vibrations sur la population.

Les études de *V. Dudoniene* et *W. Lee* expriment une taille d'effet très faible.

La taille d'effet est faible dans l'étude de *Y. Jung* et son intervalle de confiance possède des bornes minimales et maximales très éloignées. L'estimation de l'effet est très imprécise dans cette étude.

Pour notre critère de jugement secondaire, la **spasticité**, nos deux études *M. Ibrahim* et *V. Dudoniene* possèdent des résultats non statistiquement significatifs. Les tailles d'effet sont faibles et les bornes des intervalles de confiance sont éloignées. Nous pouvons admettre que l'ampleur de l'effet sur la population est fortement imprécise.

Toutefois, l'inefficacité de l'application des vibrations pour l'amélioration de la motricité des membres inférieurs n'est pas démontrée.

Les résultats ne permettent pas de conclure sur une efficacité concrète des vibrations avec une taille d'effet majeure et précise mais ils ne démontrent pas le contraire. Les résultats semblent montrer une amélioration majoritaire dans les groupes expérimentaux, ces améliorations ne sont simplement pas assez précises afin d'assurer que l'application des vibrations en est l'origine.

Les facteurs démographiques sont également à prendre en compte lors de l'analyse de l'applicabilité des résultats. Nous savons que plus une population est grande plus elle est représentative de la population générale.

Dans les études sélectionnées pour notre revue, elles possèdent toutes un faible échantillon de population ce qui ne représente pas la population générale et n'améliore pas la fiabilité des résultats exprimés. Il est également important de prendre en compte la répartition homme/femme dans la population atteinte de cette pathologie. Nous avons constaté que la répartition se rapprochait au plus du ratio dans la population mondiale.

4.4.2 Balance bénéfiques / risques

Lors de l'application d'une technique thérapeutique dans le cadre de la santé, la balance bénéfiques / risques doit être positive. En effet le traitement proposé doit apporter plus de bénéfices aux patients que ce qu'il peut apporter de risques.

Lors de l'application des vibrations dans les différentes études, il n'a pas été rapporté d'effets négatifs ou secondaires sur les patients.

Ces études se réalisant sur des enfants, le cadre d'application est plus strict. L'accord des parents avec signature est obligatoire afin d'inclure un enfant dans l'échantillon. L'application de cette expérimentation se réalisant sur des enfants déjà atteints d'une pathologie, il est impossible d'appliquer une thérapie pouvant aggraver leurs symptômes ou ayant des risques majeurs.

Scientifiquement, il n'a pas été démontré de risques concernant l'application des vibrations. [48]

4.4.3 Coût financier et contraintes

Lors de l'application des ondes vibratoires en cabinet libéral ou en centre de rééducation, il faut posséder une plateforme vibrante. Il en existe de différentes marques, tailles avec différents réglages possible. Après une analyse des prix du marché, le prix varie d'une centaine d'euros pour les plus simple à dix mille euros pour les plus évoluées. Cette marge de prix étant large, elle peut convenir à tous types de budget.

Concernant l'application en cabinet libéral ou en centre de rééducation, la majorité des séances dans nos études comprenaient 10 minutes d'application de vibration et 30 à 45 minutes de séance kinésithérapique. La fréquence des séances était d'environ trois jours par semaine.

La fréquence des séances est applicable dans la réalité si le cabinet libéral ou le centre de rééducation est proche du domicile familial.

L'application du temps de séance est plus difficile. Il est rare de garder la motivation et l'attention des enfants dans des séances dépassant les trente minutes, or, dans ces protocoles les séances devraient se dérouler sur une heure. Associé à l'application des vibrations, il faudrait diminuer le temps de rééducation kinésithérapique afin de réaliser des séances de trente, trente-cinq minutes. La diminution du temps de prise en charge peut se faire en répartissant les séances par bloc, exemple, le lundi la rééducation kinésithérapique porte uniquement sur les niveaux d'évolutions motrices s'ils ne sont pas acquis, le mercredi la séance se concentre sur le travail de l'équilibre et le vendredi sur le travail de la marche lorsqu'elle est possible. Ces adaptations rendraient possible l'applicabilité des ondes vibratoires dans le domaine libéral et en centre de rééducation.

4.4.4 Synthèse sur l'applicabilité des résultats

Nous avons pu démontrer que les différentes études incluses dans notre revue de littérature comportent des hétérogénéités entre elles.

Néanmoins, il est montré une amélioration dans toutes les études en faveur du groupe expérimental ce qui implique que la non-efficacité du traitement n'est pas nettement démontrée.

L'application des ondes vibratoires reste sans risques majeurs et sans effets secondaires importants ce qui permettrait son applicabilité dans la pratique clinique. De part son coût et son adaptabilité lors des prises en charges, cela peut être un moyen simple d'apporter une légère amélioration même si l'on n'a pas obtenu un réel bénéfice cliniquement et statistiquement significatif.

L'applicabilité clinique présenterait plus d'avantages que d'inconvénients.

4.5 Conflits d'intérêts

Dans l'ensemble de nos différents articles sélectionnés, aucun conflit d'intérêt n'a été mentionné. Après plusieurs recherches, aucun réalisateur des essais cliniques semble appartenir ou travailler pour la marque dont est issue leur plateforme vibrante.

Aucun financement n'est abordé dans les différentes études.

Concernant cette revue de littérature, l'auteur certifie avoir aucun conflit d'intérêt quant à la réalisation de ce travail et assure avoir reçu aucun financement pour cette étude.

4.6 Qualité de preuve

Selon la Haute Autorité de Santé, le niveau de qualité de preuve est basé sur les différents schémas d'étude inclus dans notre revue.

Dans notre revue de littérature, nous avons inclus uniquement des essais cliniques randomisés ce qui attribuerait un niveau de qualité de preuve important correspondant au niveau **B** (*voir partie 2.1.1*) car nos ECR ont une faible puissance.

Cette évaluation de qualité de preuve n'étant pas détaillée nous allons utiliser un autre système afin de l'évaluer plus précisément.

Afin de déterminer le niveau de qualité de preuve de nos résultats, nous allons utiliser le système GRADE (*Grading Recommendations Assessment Development and Evaluation*). [49] Ce système permet un cadre reproductible et transparent afin d'évaluer la qualité de preuve. Cependant, cette évaluation reste subjective c'est pourquoi elle doit être réalisée par plusieurs personnes. Dans cette revue, le système GRADE est réalisé par une seule personne.

Ce système attribue quatre niveaux de preuve de qualité : élevé, modéré, faible et très faible.

Ce niveau de qualité de preuve dépend de différents critères :

- Le risque de biais,
- L'hétérogénéité,
- Le caractère indirect des données scientifiques,
- L'imprécision des données,
- La présence de biais de publication.

Ces différents critères s'ils entrent en jeu peuvent faire baisser le niveau de qualité de preuve :

- Pas de problème grave : 0
- Préoccupation sérieuse : -1
- Préoccupation très sérieuse : -2

D'autres facteurs tels que la grande ampleur de l'effet, la réponse à la dose et la non-confusion plausible permettent de remonter le niveau de preuve de +1 ou +2.

Ce système GRADE évalue la qualité de preuve par critère de jugement. Pour notre étude cela correspond à la motricité des membres inférieurs que l'on retrouve dans nos six articles et le second critère de jugement correspond à la spasticité que nous trouvons dans deux de nos articles.

4.6.1 Risque de biais

Toutes les études que nous avons inclus dans notre revue sont des essais cliniques randomisés, leurs risques de biais ont été étudiés à l'aide de l'échelle PEDro.

De cette échelle, il en ressort un risque de biais modéré pour deux études : *M. Ibrahim* et *Y. Jung*, un risque de biais faible pour quatre études : *V. Dudoniene*, *A. Katusic*, *W. Lee* et *F. Tekin*.

4.6.2 Hétérogénéité des résultats

L'hétérogénéité correspond à une grande différence entre les résultats des études et lorsque l'estimation de l'effet du traitement diffère selon les études.

Pour notre critère de jugement principal qui est la motricité des membres inférieurs, il existe une importante différence entre les différentes tailles d'effets relevées. Certains articles démontrent une efficacité du traitement tandis que d'autres n'admettent pas de différences statistiquement significatives entre les groupes vibration et contrôle. Nous sommes en présence d'une forte hétérogénéité.

Concernant notre critère de jugement secondaire qui est la spasticité, deux articles l'évaluent. Ces articles ont également des résultats qui se rejoignent. Une amélioration de la spasticité est évoquée mais il n'est pas possible d'admettre que cela est causé par l'application des vibrations. Leurs résultats restent cependant sensiblement homogènes.

4.6.3 Caractère indirect des données scientifiques

Nous pouvons admettre le caractère indirect des données scientifiques lorsque nous retrouvons une hétérogénéité au sein des différentes populations, interventions et mesures des résultats.

Il existe quelques disparités concernant les différentes populations de nos études mais elles restent tout de même proches. Les protocoles d'intervention diffèrent allègrement entre les articles par leurs temps d'application dans la semaine et dans la séance, leurs fréquences et leurs amplitudes. La position de l'enfant est aussi différente selon les essais cliniques étudiés. Concernant la mesure des résultats pour l'échelle GMFM-88 ou la spasticité, les protocoles de réalisations ne sont pas détaillés et peuvent nous faire émettre un doute quant à la reproductibilité des tests.

4.6.4 Imprécision des données

Certaines de nos études n'exprimaient pas de « p value » ou d'intervalle de confiance à 95%, nous avons dû les calculer. Nous possédons de nombreuses valeurs précises afin d'étudier les résultats de nos études. Même si certains de nos essais impliquent que nos résultats ne soient pas statistiquement significatifs, ils nous permettent de déduire l'impact ou non de l'application des vibrations. Nous pouvons considérer qu'il existe une faible imprécision de nos résultats.

4.6.5 Biais de publication

Dans l'une des parties précédentes (*partie 4.3*), nous avons évoqués la présence de spin. En effet, pour certaines de nos études nous retrouvons une discordance entre les résultats et la conclusion de l'étude. Ces spin entraînent des biais de publication. Pour nos deux critères de jugement nous considérons que les biais de publication sont une préoccupation sérieuse.

4.6.6 Conclusion du système GRADE

Critères GRADE	Motricité des membres inférieurs	Spasticité
Conception de l'étude	Élevé	Élevé
Risques de biais	Sérieux (-1)	Sérieux (-1)
Hétérogénéité	Sérieux (-1)	Pas de risque sérieux
Caractère indirect des données scientifiques	Sérieux (-1)	Sérieux (-1)
Imprécision	Sérieux (-1)	Sérieux (-1)
Biais de publication	Sérieux (-1)	Sérieux (-1)
Ampleur de l'effet	/	/
Réponse à la dose		
Non confusion plausible		
Qualité des preuves	Faible	Faible

Tableau 15 : Système GRADE

Nous pouvons noter que le niveau de qualité de preuve de notre revue est **faible** pour nos deux critères de jugement. Cela est dû à la présence de nombreux biais dans nos études sélectionnées et de l'absence de recherches scientifiques plus rigoureuses sur le sujet.

4.7 Biais potentiel de la revue

Cette revue de littérature comporte des biais qui doivent être analysés et pris en compte afin d'amener un regard critique quant à ce travail et les améliorations possibles qu'il requière.

Nous utiliserons l'échelle AMSTAR-2. [50] Cette échelle nous permettra d'identifier les biais méthodologiques et de déterminer le niveau de confiance quant à la conclusion de cette revue de littérature.

La traduction française de l'échelle AMSTAR-2 (*A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews*) sera utilisée afin de coter la validité interne de cette revue de littérature. **(Annexe 9)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
OUI	X		X	X			X	X		X			X			X
OUI PARTIEL		X							X		X	X		X	X	
NON					X	X										

Tableau 16 : Échelle AMSTAR-2

- Critère 1 : Les critères de recherches ainsi que les critères d'inclusions de notre revue ont inclus nos critères PICO.
- Critère 2 : La méthode de la revue a été établie avant la réalisation de cette revue et elle a été plus amplement détaillée au cours de l'avancée de la revue.
- Critère 3 : Le choix des schémas d'études inclus a été détaillé dans la partie méthode.
- Critère 4 : La recherche documentaire a été exhaustive et a investigué différentes bases de données ainsi que de la littérature grise.
- Critère 5 : La sélection des études a été réalisée pas une seule personne.
- Critère 6 : L'extraction des données a également été réalisée par une seule personne.
- Critère 7 : Une liste ainsi qu'une justification des études exclues est détaillée dans la partie résultat.
- Critère 8 : Les études incluses dans la revue sont détaillées dans la partie résultat et plus amplement en annexe.
- Critère 9 : Seule l'échelle PEDro a été utilisée afin d'évaluer les biais des différentes études.

- Critère 10 : Si les études sélectionnées ont bénéficié d'une source de financement alors celle-ci a été énoncée dans notre revue de littérature.
- Critère 11 : Afin de réaliser une combinaison statistique des résultats, le calcul de la « p value », de l'intervalle de confiance à 95% ainsi que le d de Cohen ont été calculés.
- Critère 12 : Tout au long de cette revue il est explicitement conseillé de garder un esprit critique concernant les résultats des différentes études due aux différents biais rencontrés dans celles-ci. Les biais sont évoqués et détaillés pour chaque résultat analysé.
- Critère 13 : Lors de la discussion tous les risques de biais sont pris en compte lors de l'analyse des résultats.
- Critère 14 : L'hétérogénéité des résultats a été détaillée à l'aide de l'expression des différents biais et des différences retrouvées entre les études tels que les différences de protocole. Toutefois, ce travail de recherche étant nouveau pour l'auteur, une négligence de certaines informations peut être retrouvée.
- Critère 15 : Une étude des spin ainsi que de l'impact sur la publication ont été réalisés dans cette revue.
- Critère 16 : Tout conflit d'intérêt ainsi que les financements ont été abordés dans cette revue de littérature.

La qualité méthodologique de cette revue de littérature peut être considérée comme modérée. Les conclusions présentes dans notre revue pourront être utilisées sous couvert de garder un esprit critique, par d'autres thérapeutes dans leur pratique clinique.

Le niveau de qualité de cette revue peut être augmenté si la sélection et l'extraction des données sont réalisées par deux personnes, si l'analyse des biais est augmentée par l'utilisation d'échelles complémentaires à l'échelle PEDro.

Les 27 recommandations des lignes directrices PRISMA ont également été suivies dans la réalisation de cette revue de littérature. [51]

5 Conclusion

Cette revue de littérature possédait comme objectif de déterminer l'intérêt de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Celle-ci serait un moyen simple d'application afin d'étoffer l'arsenal thérapeutique de la prise en charge des enfants paralysés cérébraux.

5.1 Implication pour la pratique clinique

Le domaine de la pédiatrie et plus précisément les prise en charges concernant la paralysie cérébrale sont un champ vaste et varié. La rééducation est enfant dépendante et varie selon la gravité de l'atteinte, les capacités cognitives de l'enfant, sa fatigue et son humeur du jour. En effet, les prises en charges des enfants ne sont pas les mêmes que pour les adultes, elles passent essentiellement par des activités ludiques et des jeux afin de motiver et de donner envie à l'enfant de réaliser les différents exercices pour sa progression.

La démarche actuelle en santé incite les thérapeutes et étudiants à fonder leur pratique clinique sur des preuves scientifiques fiables afin de proposer au patient la rééducation la plus pertinente et la plus efficace possible. Cette démarche appelée EBP (Evidence Based Practice) est donc à appliquer dans le domaine de la pédiatrie où les essais cliniques sont plus rares. La paralysie cérébrale représente un enjeu de santé publique car elle touche un nombre important de personnes dans la population mondiale, l'implication pour la pratique clinique est donc importante.

Dans cette revue de littérature, nous avons pu constater que les résultats sont divers et les conclusions à nuancer. Effectivement, peu d'articles montrent une réelle efficacité de l'application de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs. Seuls deux articles démontrent cette efficacité mais uniquement sur une composante de l'échelle GMFM-88 utilisée. Les résultats des autres études ne permettent pas de démontrer un effet significatif et fiable sur la population étudiée.

Le nombre d'études possédant un faible risque de biais et ayant une bonne qualité méthodologique manque à ce jour sur ce sujet ce qui amène à des difficultés lors de l'analyse des résultats et de la comparaison entre eux.

À ce jour, il n'est pas possible de démontrer de façon stricte l'impact positif de l'application de la vibration corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

Toutefois, il n'a pas été démontré une non-efficacité de ce traitement car une évolution favorable est présente dans tous les groupes mais pas assez significative afin d'en conclure un lien de cause.

Nous avons pu démontrer dans les parties précédentes, que la balance bénéfices / risques n'était pas défavorable à l'application des ondes vibratoires, que les effets secondaires sur cette population ne sont pas démontrés et le coût d'application de ces ondes varie selon la plateforme utilisée mais commence à une centaine d'euros.

Du fait de ces informations, l'applicabilité clinique peut être admise même si le niveau de preuve de l'application des ondes vibratoire sur les enfants paralysés cérébraux reste à prouver.

5.2 Implication pour la recherche

Lors de la réalisation de cette revue, nous avons constaté une pauvreté importante d'études dans ce domaine d'application. Il serait bénéfique d'augmenter les recherches dans ce milieu en améliorant les qualités méthodologiques. En effet, il serait bénéfique de standardiser les protocoles d'applications principalement sur la position de l'enfant sur la plateforme ou sur les fréquences et amplitudes à utiliser. L'élargissement de la population étudiée apporterait également une amélioration quant au questionnement sur une possible applicabilité à la population générale.

Ces améliorations permettront une meilleure conclusion sur l'effet de la vibration corps entier et de pouvoir améliorer la prise en charge thérapeutique des enfants paralysés cérébraux qui est essentielle de nos jours.

6 Bibliographie

- [1] Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Med Child Neurol Suppl* 2007.
- [2] Chabrier S, Pouyfaucou M, Chatelin A, Bleyenheuft Y, Fluss J, Gautheron V, et al. From congenital paralysis to post-early brain injury developmental condition: Where does cerebral palsy actually stand? *Ann Phys Rehabil Med* 2020;63:431–8. <https://doi.org/10.1016/J.REHAB.2019.07.003>.
- [3] Mac Keith RC, Mackenzie ICK, Polani PE. The Little Club : Memorandum on terminology and classification of “cerebral palsy.” *Dev Med Child Neurol* 1959;1:27–35. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8749.1959.TB08073.X>.
- [4] Bax MCO, Alcock NS, Bates JAV, Epstein B, Holt KS, Mac Keith RC, et al. Terminology and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1964;6:295–7. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8749.1964.TB10791.X>.
- [5] Trusculli D, Leroy-Malherbe V, Bernardeau C, Guillot I, Le Metayer M, Marret S, et al. *Comprendre la Paralysie Cérébrale et les Troubles Associés*. 2 ème édit. Elsevier Masson; 2017.
- [6] Tollånes MC, Wilcox AJ, Lie RT, Moster D. Familial risk of cerebral palsy: population based cohort study. *The BMJ* 2014. <https://doi.org/10.1136/bmj.g4294>.
- [7] Guerri C. Neuroanatomical and neurophysiological mechanisms involved in central nervous system dysfunctions induced by prenatal alcohol exposure. Wiley Online Library 1998. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277>.
- [8] Badawi N, Kurinczuk JJ, Keogh JM, Burton PR, Stanley FJ, Pemberton PJ. Antepartum risk factors for newborn encephalopathy: the Western Australian case-control study. *The BMJ* 1998. <https://doi.org/10.1136/bmj.317.7172.1549>.
- [9] Bax M, Tydeman C, Jama O. Clinical and MRI correlates of cerebral palsy: the European Cerebral Palsy Study. *JAMA Pediatr* 2006. <https://doi.org/10.1001/jama.296.13.1602>.
- [10] Shah DK, Doyle LW, Anderson PJ, Bear M, Daley AJ, Hunt RW. Adverse neurodevelopment in preterm infants with postnatal sepsis or necrotizing enterocolitis is mediated by white matter abnormalities on magnetic resonance. *J Pediatr* 2008;153. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2008.02.033>.
- [11] Glass HC, Bonifacio SL, Chau V, Glidden D, Poskitt K, Barkovich AJ, et al. Recurrent postnatal infections are associated with progressive white matter injury in premature infants. *American Academy of Pediatrics* 2008. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-2184>.
- [12] Cans C, Dolk H, Platt MJ, Colver A. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007;49. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.tb12626.x>.

- [13] Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214–23. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>.
- [14] Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Öhrvall AM, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol* 2006;48:549–54. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001162>.
- [15] Balf CL, Ingram TTS. Problems in the Classification of Cerebral Palsy in Childhood. *Br Med J* 1955;2:163. <https://doi.org/10.1136/BMJ.2.4932.163>.
- [16] Hagberg B, Hagberg G, Olow I. The changing panorama of cerebral palsy in Sweden 1954-1970. *Acta Paediatr* 1975;64:193–200. <https://doi.org/10.1111/J.1651-2227.1975.TB03821.X>.
- [17] Skiöld B, Eriksson C, Eliasson AC, Adén U, Vollmer B. General movements and magnetic resonance imaging in the prediction of neuromotor outcome in children born extremely preterm. *Early Hum Dev* 2013;89. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2013.03.014>.
- [18] Lucas BR, Elliott EJ, Coggan S, Pinto RZ, Jirikowic T, McCoy SW, et al. Interventions to improve gross motor performance in children with neurodevelopmental disorders: A meta-analysis. *BMC Pediatr* 2016;16:1–16. <https://doi.org/10.1186/S12887-016-0731-6>.
- [19] Baker R, Jasinski M, Maciag-Tymecka I, Michalowska-Mrozek J, Bonikowski M, Carr L, et al. Botulinum toxin treatment of spasticity in diplegic cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled, dose-ranging study. *Dev Med Child Neurol* 2002;44:666–75. <https://doi.org/10.1017/S0012162201002730>.
- [20] Russell D, Rosenbaum P, Wright M, Avery L. Gross motor function measure (GMFM-66 & GMFM-88) users manual. 3rd ed. Mac Keith Press; 2021.
- [21] Lance JW. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg lecture. *Neurology* 1980;30:1303–13. <https://doi.org/10.1212/WNL.30.12.1303>.
- [22] Boulard C, Gautheron V. Spasticité chez l'enfant paralysé cérébral : quelle définition pour quelle évaluation clinique ? *Motricité Cérébrale* 2021;42:64–74. <https://doi.org/10.1016/J.MOTCER.2021.07.001>.
- [23] Sloot LH, Bar-On L, van der Krogt MM, Aertbeliën E, Buizer AI, Desloovere K, et al. Motorized versus manual instrumented spasticity assessment in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2017;59:145–51. <https://doi.org/10.1111/DMCN.13194>.
- [24] Meseguer-Henarejos AB, Sánchez-Meca J, López-Pina JA, Carles-Hernández R. Inter- and intra-rater reliability of the Modified Ashworth Scale: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54:576–90. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04796-7>.
- [25] Granier-Deferre Carolyn, Bayle B. *Psychiatrie et psychopathologie périnatales*. 2017.

- [26] Granier-Deferre Carolyn, Bayle B. *Psychiatrie et Psychopathologie périnatales*. 2017.
- [27] Bullinger A. *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars*. Érès; 2007.
- [28] Lehalle H, Mellier D. *Le développement sensori-moteur et cognitif jusqu'à 2 ans*. vol. 4. Dunod; 2021. <https://doi.org/10.3917/DUNOD.LEHAL.2021.01.0071>.
- [29] Williams MS, Shellenberger S. *How Does Your Engine Run?* TherapyWorks, Inc.; 1996.
- [30] Rauch F. Vibration therapy. *Dev Med Child Neurol* 2009;51:166–8. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8749.2009.03418.X>.
- [31] Nordlund MM, Thorstensson A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:12–7. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0838.2006.00586.X>.
- [32] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31:3–7. <https://doi.org/10.1097/00003677-200301000-00002>.
- [33] Cochrane DJ, Stannard SR, Sargeant AJ, Rittweger J. The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:441–8. <https://doi.org/10.1007/S00421-008-0736-4>.
- [34] Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture* 2006;26. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.09.078>.
- [35] Bly L, Ariz T. *Motor skills acquisition in the first year, an illustrated guide to normal development*. Therapy Skill Builders; 1995.
- [36] Dudoniene V, Lendraitiene E, Pozeriene J. Effect of vibration in the treatment of children with spastic diplegic cerebral palsy. *Journal of Vibroengineering* 2017;19. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.18250>.
- [37] Ibrahim MM, Eid MA, Moawd SA. Effect of whole-body-vibration on muscle strength, spasticity, and motor performance in spastic diplegic cerebral palsy children. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics* 2014;15:173–9. <https://doi.org/10.1016/j.ejmhg.2014.02.007>.
- [38] Jung Y, Chung E-J, Chun H-L, Lee B-H. Effects of whole-body vibration combined with action observation on gross motor function, balance, and gait in children with spastic cerebral palsy: a preliminary study. *J Exerc Rehabil* 2020;16:249–57. <https://doi.org/10.12965/jer.2040136.068>.
- [39] Tekin F, Kavlak E. Short and Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Spasticity and Motor Performance in Children With Hemiparetic Cerebral Palsy. *Percept Mot Skills* 2021;128:1107–29. <https://doi.org/10.1177/0031512521991095>.

- [40] Katusic A, Alimovic S. The Effect of Vibration Therapy on Spasticity and Motor Function in Children with Cerebral Palsy. *NeuroRehabilitation* 2013;32:1–8. <https://doi.org/10.3233/NRE-130817>.
- [41] Lee W-B, Lee H-S, Yoo J-K. Effects of whole body vibration training on lower limb muscle thickness and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine* 2019;14:195–201. <https://doi.org/10.13066/kspm.2019.14.4.195>.
- [42] Stark C, Nikopoulou-Smyrni P, Stabrey A, Semler O, Schoenau E. Effect of a new physiotherapy concept on bone mineral density, muscle force and gross motor function in children with bilateral cerebral palsy. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions* 2010;10:151–8.
- [43] Ruck J, Chabot G, Rauch F. Vibration treatment in cerebral palsy: A randomized controlled pilot study. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions* 2010;10:77–83.
- [44] Lee BK, Chon SC. Effect of whole body vibration training on mobility in children with cerebral palsy: A randomized controlled experimenter-blinded study. *Clin Rehabil* 2013;27:599–607. <https://doi.org/10.1177/0269215512470673>.
- [45] El-Shamy SM. Effect of whole-body vibration on muscle strength and balance in diplegic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2014;93:114–21. <https://doi.org/10.1097/PHM.0B013E3182A541A4>.
- [46] Ko MS, Sim YJ, Kim DH, Jeon HS. Effects of three weeks of whole-body vibration training on joint-position sense, balance, and gait in children with cerebral palsy: A randomized controlled study. *Physiotherapy Canada* 2016;68:99–105. <https://doi.org/10.3138/PTC.2014-77>.
- [47] Adaikina A, Hofman PL, Gusso S. The effect of side-alternating vibration therapy on mobility and health outcomes in young children with mild to moderate cerebral palsy: design and rationale for the randomized controlled study. *BMC Pediatr* 2020;20. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02377-2>.
- [48] Gojanovic B, Gremion G, Waeber B. Plate-forme de vibration : efficacité ou science-fiction ? *Rev Med Suisse* 2008;4:1712–6. <https://doi.org/10.53738/REVMED.2008.4.166.1712>.
- [49] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008;336:924–6. <https://doi.org/10.1136/BMJ.39489.470347.AD>.
- [50] Pallot A, Rostagno S. AMSTAR-2 : traduction française de l'échelle de qualité méthodologique pour les revues de littérature systématiques. *Kinésithérapie, La Revue* 2021;21:13–4. <https://doi.org/10.1016/J.KINE.2019.12.050>.
- [51] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, La Revue* 2015;15:39–44. <https://doi.org/10.1016/J.KINE.2014.11.004>.

7 Annexes

Annexe 1 : Échelle GMFM-88

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

Item	A: LYING & ROLLING	SCORE				NT
1.	SUP, HEAD IN MIDLINE: TURNS HEAD WITH EXTREMITIES SYMMETRICAL	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1.
* 2.	SUP: BRINGS HANDS TO MIDLINE, FINGERS ONE WITH THE OTHER.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2.
3.	SUP: LIFTS HEAD 45°	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	3.
4.	SUP: FLEXES R HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4.
5.	SUP: FLEXES L HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	5.
* 6.	SUP: REACHES OUT WITH R ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	6.
* 7.	SUP: REACHES OUT WITH L ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	7.
8.	SUP: ROLLS TO PR OVER R SIDE	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	8.
9.	SUP: ROLLS TO PR OVER L SIDE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	9.
* 10.	PR: LIFTS HEAD UPRIGHT	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	10.
11.	PR ON FOREARMS: LIFTS HEAD UPRIGHT, ELBOWS EXT., CHEST RAISED	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	11.
12.	PR ON FOREARMS: WEIGHT ON R FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	12.
13.	PR ON FOREARMS: WEIGHT ON L FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	13.
14.	PR: ROLLS TO SUP OVER R SIDE	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	14.
15.	PR: ROLLS TO SUP OVER L SIDE	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	15.
16.	PR: PIVOTS TO R 90° USING EXTREMITIES	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	16.
17.	PR: PIVOTS TO L 90° USING EXTREMITIES	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	17.
TOTAL DIMENSION A						<input style="width: 100px;" type="text"/>

Item	B: SITTING	SCORE				NT
* 18.	SUP, HANDS GRASPED BY EXAMINER: PULLS SELF TO SITTING WITH HEAD CONTROL	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	18.
19.	SUP: ROLLS TO R SIDE, ATTAINS SITTING	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	19.
20.	SUP: ROLLS TO L SIDE, ATTAINS SITTING	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	20.
* 21.	SIT ON MAT, SUPPORTED AT THORAX BY THERAPIST: LIFTS HEAD UPRIGHT, MAINTAINS 3 SECONDS	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	21.
* 22.	SIT ON MAT, SUPPORTED AT THORAX BY THERAPIST: LIFTS HEAD MIDLINE, MAINTAINS 10 SECONDS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	22.
* 23.	SIT ON MAT, ARM(S) PROPPING: MAINTAINS, 5 SECONDS	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	23.
* 24.	SIT ON MAT: MAINTAIN, ARMS FREE, 3 SECONDS	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	24.
* 25.	SIT ON MAT WITH SMALL TOY IN FRONT: LEANS FORWARD, TOUCHES TOY, RE-ERECTS WITHOUT ARM PROPPING	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	25.
* 26.	SIT ON MAT: TOUCHES TOY PLACED 45° BEHIND CHILD'S R SIDE, RETURNS TO START	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	26.
* 27.	SIT ON MAT: TOUCHES TOY PLACED 45° BEHIND CHILD'S L SIDE, RETURNS TO START	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	27.
28.	R SIDE SIT: MAINTAINS, ARMS FREE, 5 SECONDS	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	28.
29.	L SIDE SIT: MAINTAINS, ARMS FREE, 5 SECONDS	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	29.
* 30.	SIT ON MAT: LOWERS TO PR WITH CONTROL	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	30.
* 31.	SIT ON MAT WITH FEET IN FRONT: ATTAINS 4 POINT OVER R SIDE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	31.
* 32.	SIT ON MAT WITH FEET IN FRONT: ATTAINS 4 POINT OVER L SIDE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	32.
33.	SIT ON MAT: PIVOTS 90°, WITHOUT ARMS ASSISTING	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	33.
* 34.	SIT ON BENCH: MAINTAINS, ARMS AND FEET FREE, 10 SECONDS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	34.
* 35.	STD: ATTAINS SIT ON SMALL BENCH	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	35.
* 36.	ON THE FLOOR: ATTAINS SIT ON SMALL BENCH	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	36.
* 37.	ON THE FLOOR: ATTAINS SIT ON LARGE BENCH	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	37.
TOTAL DIMENSION B						<input style="width: 100px;" type="text"/>

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

TOTAL DIMENSION C

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

TOTAL DIMENSION D

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

TOTAL DIMENSION E

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

COMMENTS:

Annexe 2 : Échelle Ashworth Modifiée

(2) Échelle d'Ashworth modifiée (2 échelles modifiées existent)

Réf : Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987 ; 67 (2) : 206-7.

Échelle clinique ordinale la plus utilisée aussi bien dans la pratique clinique que dans les publications scientifiques.

0 : pas d'augmentation du tonus musculaire

1 : une augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'un relâchement ou par une résistance minimale à la fin du mouvement

1+ : une augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minimale perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire

2 : une augmentation plus marquée du tonus musculaire touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation pouvant être mobilisée facilement

3 : une augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile

4 : l'articulation concernée est fixée en flexion ou en extension (abduction ou adduction)

Réf : Marque P, Maupas E, Boitard D, Roques CF. *Evaluation clinique, analytique et fonctionnelle*. In : *La spasticité*. Paris : Masson ; 2001 p. 33-41.

Échelle clinique ordinale la plus utilisée aussi bien dans la pratique clinique que dans les publications scientifiques.

0 : pas d'augmentation du tonus musculaire

1 : une augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'un relâchement ou par une résistance minimale à la fin du mouvement

2 : une augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minimale perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire

3 : une augmentation plus marquée du tonus musculaire touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation pouvant être mobilisée facilement

4 : une augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile

5 : l'articulation concernée est fixée en flexion ou en extension (abduction ou adduction)

Annexe 3 : Article A. Katusic

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 12 semaines
Population	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de 89 enfants, 37 filles et 52 garçons âgés de 4 à 6ans.- Enfants atteints de paralysie cérébrale spastique (uni ou bilatéral)- Critères d'inclusions : pas de chirurgie planifiée pendant le déroulé de l'étude, pas de problème médical pouvant biaiser les résultats, tout score GMFCS accepté- Critères d'exclusions : <i>non détaillés</i>
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- Application 20 minutes deux fois par semaine- Enfant allongé sur le dos sur un lit vibro-acoustique « <i>VISIC bedpad</i> »- Fréquence de 40Hz- Séance de kinésithérapie de 40 minutes trois fois par semaine
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- Séance de kinésithérapie de 40 minutes trois fois par semaine- <i>Protocole de rééducation non détaillé</i>
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88 entière- Spasticité des fléchisseurs de coude et de poignet, des adducteurs de hanche, des extenseurs du genou et des fléchisseurs plantaire de cheville : MMAS

Annexe 4 : Article M. Ibrahim

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 3 mois
Population	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de 30 enfants de 8 à 12 ans, 9,63+- 1,41 moyenne d'âge- Atteints de diplégie spastique- Critères d'inclusions : marche avec ou sans aide technique, est capable de comprendre des instructions simples, niveau 1 et 2 de spasticité à l'échelle MAS- Critères d'exclusions : déformations musculosquelettique fixées, chirurgie inférieure à 1 an ou fracture non consolidée, pas de traitement médicamenteux stables, toxine botulique, épilepsie, problème d'audition
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation de la plateforme vibrante « <i>Power Plate</i> »- Application de la vibration trois fois par semaine, 3 fois 3 minutes- Fréquence de 12 à 18Hz et une amplitude de 2 à 6 millimètres- Enfant positionné debout pieds écartés à égale distance du centre de la plateforme- Rééducation kinésithérapique identique au groupe contrôle
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- Séance de 1 heure trois fois par semaine- Travail des étirements, renforcements, réactions posturales, de l'équilibre et de la station debout et de la marche lorsqu'elle est possible
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88 items D et E- Spasticité : échelle MAS- Force musculaire des extenseurs de genou- Vitesse de marche : test de marche de 6 minutes- L'équilibre à la marche : Timed Up and Go

Annexe 5 : Article V. Dudoniene

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 3 semaines
Population	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de 20 enfants, 9 filles et 11 garçons, âgés de 7 à 10 ans- Atteints de diplégie spastique- Groupe contrôle : 5 garçons et 5 filles, 8,70+- 0,90 ans- Groupe vibration : 6 garçons et 4 filles, 8,56+- 1,07 ans- Critères d'inclusions : consentement des parents- Critères d'exclusions : chirurgie orthopédique inférieure à 1 an, toxine botulique inférieure à 6 mois, problème cognitif, épilepsie, problème d'audition
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation de la machine « <i>Swing Massager</i> »- Application de la vibration 5 jours par semaine- Les 7 premières séances : 5 minutes de vibration, les 7 dernières séances : 10 minutes de vibration- Fréquence de 15Hz et une amplitude de 2 à 6 millimètres- Patient allongé au sol avec uniquement les pieds reposant sur la plateforme- Séance de rééducation identique au groupe contrôle
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- Séance de kinésithérapie de 45 minutes cinq fois par semaine- Travail des étirements, renforcements et de l'équilibre- Réalisation sous forme de circuit : 7-10 répétitions pour 2-3 séries
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88 items D et E- Spasticité : échelle MAS- Bilan articulaire en flexion et extension de hanche, flexion dorsale et plantaire de cheville

Annexe 6 : Article W. Lee

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 10 semaines
Population	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de 20 enfants âgés de 5 à 10 ans- Atteints de paralysie cérébrale spastique- Critères d'inclusions : score 1 ou 2 à l'échelle GMFCS, bonne communication et une cognition permettant de comprendre les indications- Critères d'exclusions : toute chirurgie inférieure à 2 ans, toxine botulique inférieure à 6 mois, changement de traitement médicamenteux pendant l'étude, épilepsie
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation de la plateforme vibrante « Galiléo »- Application de la vibration 5 jours par semaine, 5 fois 3 minutes (1 :12-16Hz, 2 : 16-20Hz, 3 : 20-24Hz, 4 : 16-20Hz, 5 : 12Hz)- Fréquence de 12 à 24Hz- Enfant debout sur la plateforme, pieds à égale distance du centre de la plateforme, genoux légèrement fléchis,- Séance de rééducation identique au groupe contrôle
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- Séance de kinésithérapie 5 fois par semaine pendant 1 heure- Travail de la thérapie neuro-développementale, des étirements, renforcements, proprioception et équilibre
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Motricité des membres inférieurs : échelle GMFM-88 items D et E- Épaisseur musculaire du droit fémoral, tibial antérieur et gastrocnémiens : appareil d'imagerie ultrasons « E-Cube 15EX »

Annexe 7 : Article Y. Jung

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 4 semaines
Population	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de 14 enfants, 8 filles et 6 garçons âgés de 4 à 12 ans- Atteints de paralysie cérébrale spastique- Critères d'inclusions : pas de problème visuel, pouvant répondre à des consignes simples, un niveau compris entre 1 et 3 à l'échelle GMFCS- Critères d'exclusions : spasticité supérieure à 2 sur l'échelle MAS, articulations fixées, césure médicamenteuse dans les 6 derniers mois
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- WBVAO 30 minutes trois fois par semaine- Enfants debout sur la plateforme, pieds parallèles, flexion de genoux à 30°- Les enfants regardent une vidéo sur un écran, ils observent le mouvement pendant 1 minute puis le réalisent pendant 3 minutes suivi d'une minute de pause- 1^{ère} position : debout pieds parallèles et genoux fléchis à 30°, 2^{ème} : action assis/debout limitée dans une certaine amplitude, 3^{ème} : debout avec des rotations du tronc, 4^{ème} : déplacement du poids corporel en avant et en arrière avec le pied droit en avant, 5^{ème} : idem que la position 4 mais pied gauche en avant, 6^{ème} : similaire à la première position- Fréquence de 12 à 18Hz- 30 minutes de rééducation kinésithérapique 3 fois par semaine
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- WBV 30 minutes trois fois par semaine- 3 minutes de vibration suivie de 2 minutes de repos, renouvelées 6 fois- Fréquence de 12 à 18Hz- 30 minutes de rééducation kinésithérapique 3 fois par semaine
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Force musculaire fonctionnelle : 5 fois assis debout (5TSTS)- Motricité des membres inférieurs : GMFM-88 items D et E- Équilibre : Pediatric Balance Scale (PBS), Timed Up and Go (TUG) et Pediatric Reach Test (PRT)- Analyse de la marche : teste de marche de 10 mètres et 6 minutes (10MWT) et (6MWT), Timed Up and Down Stair (TUDS)

Annexe 8 : Article F. Tekin

Schéma d'étude	<ul style="list-style-type: none">- Essai Clinique Randomisé
Durée d'application	<ul style="list-style-type: none">- 8 semaines
Population	<ul style="list-style-type: none">- 22 participants âges de 6 à 18ans- Atteints de paralysie cérébrale héli-parétique- Groupe contrôle : 6 filles et 5 garçons, 13,09 ans moyenne d'âge- Groupe vibration : 5 filles et 6 garçons, 11,82 ans moyenne d'âge- Critères d'inclusions : marche indépendante et n'ayant pas suivi de rééducation spéciale avant
Intervention	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation de la plateforme « Compex-Winplate »- 3 séances par semaine- 3 minutes de vibration suivie de 3 minutes de repos, répétées trois fois- Fréquence de 15Hz et une amplitude de 3 millimètres- Patient debout et les mains reposant sur les poignées de la plateforme.- Séance de kinésithérapie identique au groupe contrôle
Contrôle	<ul style="list-style-type: none">- Séance de kinésithérapie 45 minutes deux fois par semaine
Critères de jugement	<ul style="list-style-type: none">- Motricité des membres inférieurs : GMFM-88 items D et E- Analyses spatio-temporelle de la marche : « LEGSys », Modified Timed Up and Go (MTUG)- Analyse de l'équilibre : « SportKAT550 »- Spasticité : MAS

Annexe 9 : Traduction française AMSTAR-2

Tableau I. Traduction française de AMSTAR-2.

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 ?

Titre: Quel est l'intérêt de la vibration globale corps entier sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale ?

Title: What is the interest of whole body vibration on the motor skills of the lower limbs in children with cerebral palsy ?

Nombre de pages: 70

Directeur de Mémoire: WILLEMSE Stéphanie

Résumé:

Introduction: L'objectif de cette étude était d'évaluer si la vibration corps entier avait un impact sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. La paralysie cérébrale est une pathologie touchant un grand nombre d'enfant dans le monde et impactant leur développement moteur, cognitif, sensoriel variant avec les zones atteintes. La vibration corps entier s'applique à l'aide de plateforme vibrante ou les enfants se positionnent debout afin de ressentir les vibrations via leurs pieds.

Méthodes: Nous avons investigué de nombreuses bases de données tel que Pubmed, PEDro etc... afin de réunir les articles répondant à nos critères de recherche. La qualité des études incluses a été réalisée avec l'échelle PEDro ainsi qu'une méta-analyse par Forest-plot.

Résultats: Sur un total de 178 études, 6 ont retenu notre attention et ont été analysées. Nous avons évalué la motricité des membres inférieurs avec l'échelle GMFM-88 sous partie D et E ainsi que la spasticité avec l'échelle Ashworth Modifiée (MAS). Des résultats statistiquement significatifs ont été obtenus dans la sous partie E de l'échelle GMFM-88 pour une étude avec un intervalle de confiance à 95% de [12,77 ; 19,23], une taille d'effet forte avec un d de Cohen égale à 3,550 et une « p value » égale à 0,022. Les résultats concernant la spasticité ne sont pas cliniquement et statistiquement significatifs avec une « p value » supérieure à 0,05.

Conclusion: Nous ne pouvons pas conclure quant à l'effet de la vibration sur la motricité des membres inférieurs chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. En effet, le niveau de preuve apporté est insuffisant pour pouvoir conclure sans biais sur la réussite de ce traitement.

Abstract :

Introduction: The aim of the study was to determine if the whole body vibration had an effect on the motor skills of the lower limbs in children with cerebral palsy. Cerebral palsy is a pathology that affects a large number of children in the world, impacting their motor, sensory, and cognitive development in ways that vary according to the areas affected. Whole body vibration uses a vibrating platform where children stand on to feel the vibration by their feet.

Methods: We investigated a lot of databases such as Pubmed, PEDro etc... to finds articles meeting our search criterias. The quality of the included studies was assessed using the PEDro scale and a meta-analysis by Forest-plot were done.

Results: Out of a total of 178 studies, 6 came to our attention and were analyzed. We assessed lower limbs motricity with the GMFM-88 scale under parts D and E, and spasticity with the Modifies Ashworth Scale (MAS). Statically significant results were obtained in subpart E of the GMFM-88 scale for one study, with a confidence interval at 95% [12,77 ; 19,23], a strong effect size with Cohen's d equal to 3,550 and a "p value" equal to 0,022. The results concerning spasticity were not statically significant with "p value" > 0,05.

Conclusion: We can't conclude on the effect of the whole body vibration on the motor skills of the lower limbs in children with cerebral palsy. Proof quality given by this paper isn't enough to conclude without bias on the good effect of this treatment.

Mots clés : paralysie cérébrale, vibration corps entier, enfants, motricité, membres inferieurs

Key words : cerebral palsy, whole body vibration, children, lower limbs