

Institut de formation en Masso-Kinésithérapie de Montpellier



Promotion 2018-2022

**Effet de la thérapie contrainte induite sur le membre supérieur
des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale :**

Revue systématique

Clémence LAFFORGUE

Travail réalisé

En vue de l'obtention du Diplôme d'État de Masseur-kinésithérapeute

Sous la direction de **Sophie Lazaro Chapellier**, masseur kinésithérapeute à Nîmes et formatrice à l'IFMK de Montpellier.

Institut de formation en Masso-Kinésithérapie de Montpellier



Promotion 2018-2022

**Effet de la thérapie contrainte induite sur le membre supérieur
des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale :**

Revue systématique

Clémence LAFFORGUE

Travail réalisé

En vue de l'obtention du Diplôme d'État de Masseur-kinésithérapeute

Sous la direction de **Sophie Lazaro Chapellier**, masseur kinésithérapeute à Nîmes et formatrice à l'IFMK de Montpellier.

**CHARTRE ANTI-PLAGIAT
IFMK MONTPELLIER**

La Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente chartre définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »¹.

La contrefaçon (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

Article 1 :

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 2 :

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. En application du Code de l'éducation² et du Code de la propriété intellectuelle³.

Article 3 :

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette chartre dûment signée qui vaut engagement :

Je soussigné(e) Clémence Lafforgue

atteste avoir pris connaissance de la chartre anti-plagiat et de m'y être conformé(e).

Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du mémoire fourni en vue de l'obtention du diplôme suivant :

Fait à Saint Georges d'Orques **Le. 7 mars 2022** **Signature**



¹ Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

² Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

³ Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle

A l'attention des Jurys de la soutenance du mémoire UE28

Le mémoire réalisé et soutenu dans le cadre de l'UE 28 du semestre 8 est suivi par un directeur de mémoire.

Afin de vérifier et valider ce travail au cours des corrections qui sont proposées aux étudiants, nous leur demandons de faire signer un imprimatur par **le DIRECTEUR DE MEMOIRE.**

Il nous paraît important d'en tenir compte pour juger du travail qui vous est proposé pour cette évaluation.

En vous remerciant de votre collaboration.

IMPRIMATUR

NOM – Prénom de l'étudiant(e) :

LAFFORGUE Clémence

NOM – Prénom du Directeur de mémoire :

LAZARO-CHAPELLIER Sophie

Titre du travail écrit :

**« Effet de la thérapie contrainte induite sur le membre supérieur
des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale »**

**Signature du Directeur de
Mémoire IFMK :**

Sophie LAZARO


Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont croisé mon chemin durant mes années d'études. Ce travail de fin d'étude est rempli de sens à mes yeux, il représente un réel tournant dans ma vie.

Tout d'abord, j'aimerais remercier ma directrice de mémoire, Sophie Lazaro Chapellier, pour son aide, sa bienveillance et ses conseils dans cette aventure.

J'aimerais remercier ma famille qui m'encourage depuis toujours, et plus particulièrement mes parents et mon frère, Pierre-Etienne. Ils m'inspirent au quotidien. Je remercie aussi mes grands-parents, pour m'avoir tant apporté et donné confiance en moi. Je me souviendrai toujours de leurs regards remplis de fierté à mon égard. Merci à tous nos amis proches, qui ont toujours été de précieux conseils, présents dans les moments difficiles, et motivants. Un merci particulier à Loïc, Babeth, François et Axel.

Merci à Greg, qui m'accompagne au quotidien depuis la première année de PACES, et sans qui ces études n'auraient pas été si simples et agréables. Merci pour sa patience, son soutien, nos voyages, nos aventures, nos expéditions. La fin de ces études nous réserve de si beaux projets. Merci également à tous les siens pour leur bienveillance.

Je remercie également le groupe Surf pour tous ces beaux moments depuis le lycée. Je remercie particulièrement Aurélien, mon ami, mon confrère, toujours présent pour moi.

Je remercie toutes les personnes qui m'ont apporté du bonheur durant ces 4 années d'études. Une pensée particulière pour le groupe Les Bg du TD4, Inés et Coline.

Enfin, merci à tous les tuteurs de stage qui m'ont accueillie avec bienveillance et avec beaucoup de pédagogie. Merci aux formateurs de l'IFMK pour la transmission de leurs savoirs, certains resteront pour moi des sources d'inspiration et de motivation. Merci aussi aux patients, qui m'ont permis d'apprendre ma profession à leurs côtés.

Table des matières

Liste des abréviations.....	1
Liste des illustrations	2
Liste des tableaux	2
Contexte général	3
I. Introduction	4
1. Paralyse cérébrale	4
1.1. Définition.....	4
1.2. Classifications	5
a. Classification neurophysiologique symptomatique	5
b. Classifications fonctionnelles	6
c. Classification topographique des anomalies motrices.....	7
1.3. Physiopathologie et étiologies	8
a. Rappels sur le système nerveux central	8
b. Étiologies	9
1.4. Diagnostic et signes cliniques.....	10
a. Signes neuro-moteurs	11
b. Troubles associés	12
2. Plasticité cérébrale et prise en charge précoce pour les lésions unilatérales.....	13
2.1. Prise en charge de la paralyse cérébrale en kinésithérapie	13
2.2. Présentation de la thérapie contrainte induite pour la rééducation du membre supérieur	14
2.3. Application aux jeunes enfants de moins de 6 ans, pourquoi ?.....	15
a. Plasticité cérébrale	15
b. Effet de la thérapie contrainte induite chez les enfants de plus de 4 ans	16
2.4. Outils de mesure pour la fonction motrice du membre supérieur dans le cadre des lésions unilatérales	17
3. Hypothèses et objectifs de l'étude	18
II. Matériel et méthodes	19
1. Critères d'éligibilité	19
1.1. Type d'études.....	19
1.2. Population	19
1.3. Types d'intervention	20
1.4. Variables étudiées	20
2. Sources d'information	20
2.1. Mots clés	20
2.2. Bases de données.....	21
2.3. Extraction des données	22
a. Critères d'inclusion.....	22
b. Critères de non-inclusion	22
c. Critères d'exclusion	23
d. Processus de sélection des articles	23
e. Quantification des résultats	23
2.4. Qualité des preuves.....	24
a. Niveau de preuve scientifique des études	24
b. Qualité méthodologique des études.....	24

III. Résultats	25
1. Sélection des données	25
2. Caractéristiques générales des études	27
2.1. Types d'études	29
2.2. Caractéristiques de la population étudiée	30
a. Âge	31
b. Sexe	31
c. Critères d'éligibilité	31
2.3. Comparaison des caractéristiques des interventions	32
3. Principaux résultats	34
3.1. Critère de jugement primaire	34
a. Résultats après l'intervention	34
b. Résultats à plus long terme (à 10 semaines, 1 mois et 6 mois post-intervention)	36
c. Études rétrospectives	37
3.2. Critère de jugement secondaire	38
4. Qualité des études	39
4.1. Qualité méthodologique des études	39
a. Qualité méthodologique des essais contrôlés randomisés	39
b. Qualité méthodologique des autres études	41
4.2. Niveau de preuve scientifique	42
IV. Discussion et perspectives	43
1. Synthèse et interprétation des résultats	43
2. Rapports des parents et effets indésirables	45
3. Interprétation de la qualité méthodologique et des biais des études	46
3.1. Analyse des biais des études contrôlées randomisées	47
3.2. Analyse des biais des études rétrospectives	48
3.3. Analyse des biais de l'étude contrôlée non randomisée	49
3.4. Synthèse de la qualité des études	49
4. Lien avec le contexte	50
5. Forces et limites de la revue systématique	51
6. Implication clinique	53
7. Ouverture et perspectives de recherche	54
Conclusion	55
Références	56
Annexes	59
1. Système de classification GMFCS	59
2. Items du score AHA	61
3. Conversions du score AHA : Rash	62
4. Échelle PMAL	63
Résumé	64

Liste des abréviations

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

BIM : Thérapie Intensive Bi-Manuelle

CIF : Classement International Fonctionnel

CIMT : Constraint Induced Movement Therapy : thérapie contrainte induite

ECR : Essai contrôlé randomisé

GMFCS : Gross Motor Function Classification System

GMs : General movements : mouvements généraux

HABIT ILE : Harm and Arm Bimanual Intensive Therapy Including Lower Extremities

HAS : Haute Autorité de Santé

HO : How Well

HW : How Often

IMC : Infirmité Motrice Cérébrale

IMOC : Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

MACS : Manual Ability Classification System

MAL : Motor Activity Log

PC : Paralyse cérébrale

PEDRO : Physiotherapy Evidence Database

PMAL : Pediatric Motor Activity Log

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

RCT : Randomized Controlled Trial

SA : Semaine d'Aménorrhée

SNC : Système Nerveux Central

TCI : Thérapie par Contrainte Induite

TCIM : Thérapie par Contrainte Induite du Mouvement

Liste des illustrations

FIGURE 1 : RESUME DES LIENS ENTRE LES DIFFERENTS TERMES (PARALYSIE CEREBRALE, IMC ET IMOC)	5
FIGURE 2 : CLASSIFICATION MACS.....	7
FIGURE 3 : REPRESENTATIONS SCHEMATIQUES DE LA REORGANISATION DES FONCTIONS MOTRICES ET SENSORIELLES APRES UNE LESION UNILATERALE PRECOCE DU CERVEAU.	16
FIGURE 4 : DIAGRAMME DE FLUX.	26
FIGURE 5 : REPARTITION DU TYPE D'ETUDE.....	29
FIGURE 6 : REPARTITION DES ETUDES EN FONCTION DU PAYS	30

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES MOTS CLES EN FRANÇAIS ET EN ANGLAIS.	21
TABLEAU 2 : GRADE DE RECOMMANDATIONS DES ETUDES SCIENTIFIQUES (HAS, 2013)	24
TABLEAU 3 : SYNTHÈSE DES RESULTATS DES ETUDES INCLUSES	27
TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DES INTERVENTIONS.....	33
TABLEAU 5 : QUALITE METHODOLOGIQUE SELON LE SCORE PEDRO.....	40
TABLEAU 6 : QUALITE METHODOLOGIQUE SELON L'ECHELLE STROBE.	41
TABLEAU 7 : ÉVALUATION DES BIAIS SELON ROBINS-I	42
TABLEAU 8 : ÉVALUATION DU NIVEAU DE PREUVE D'APRES LES RECOMMANDATIONS DE LA HAS.....	43
TABLEAU 9 : TABLEAU SYNTHETIQUE DE LA QUALITE DES ETUDES	49

Contexte général

Depuis des années j'ai la volonté de travailler dans le domaine de la santé, et plus précisément auprès des enfants, afin de réduire les éventuelles inégalités engendrées par différentes affections. La spécialité pédiatrique pousse le kinésithérapeute à trouver des situations ludiques et adaptées à chaque enfant dans le but d'améliorer ses capacités motrices et sensorielles, pour finalement lui permettre un développement le plus physiologique possible et limiter le sur-handicap. Ce souhait s'est renforcé progressivement à la suite d'expériences avec des enfants (travail dans une association), d'un stage de découverte auprès d'un pédiatre en clinique, ainsi qu'au cours de différents stages en pédiatrie dans le cadre de ma formation en kinésithérapie. Plus particulièrement, deux stages m'ont permis d'être au contact d'enfants infirmes moteurs cérébraux, provoquant chez moi une certaine curiosité quant à l'étiologie de cette affection neurologique, mais également en ce qui concerne les différents accompagnements en kinésithérapie que nous pouvons leur proposer.

Après un premier aiguillage de ma directrice de mémoire, je me suis dirigée vers une prise en charge précoce et intensive pour les enfants atteints de paralysie cérébrale. La plasticité cérébrale est un phénomène qui me fascine dans le fonctionnement du cerveau humain et elle semble être plus importante chez les jeunes enfants. En cherchant des interventions intensives qui pouvaient être bénéfiques à cette population, j'ai découvert deux principes de rééducation intéressants : « les stages de type HABIT ILE », et « la thérapie contrainte induite (CIMT) ». A ce jour, il n'existe pas ou peu d'études concernant ces thérapies de manière précoce (le terme précoce fait en effet référence aux premiers jours, premières semaines, voire aux 3 premiers mois de la vie), ainsi, j'ai pris le parti d'orienter mes recherches vers une thérapie de type contrainte induite chez le jeune enfant, relativement tôt dans sa croissance (de 5 mois à 6 ans), dans l'objectif de montrer un effet bénéfique sur le développement de la fonction motrice de l'enfant.

La présentation de ce travail est composée de 2 parties principales. La première partie introduit la problématique générale, alors que la seconde est consacrée aux méthodes et aux résultats des différentes études sélectionnées.

I. Introduction

1. Paralysie cérébrale

1.1. Définition

La paralysie cérébrale représente la déficience motrice la plus courante chez l'enfant (17 millions de personnes dans le monde et 125 000 en France). Dans la littérature et en pratique clinique, de nombreux termes différents sont employés pour décrire cette affection neurologique à la base de lésions cérébrales [15]. La paralysie cérébrale est un terme général et d'utilisation internationale qui désigne des troubles du développement, du mouvement et de la posture, résultants de lésions précoces irréversibles survenues sur le cerveau du fœtus ou du nourrisson (destruction de cellules du cerveau en développement) [15]. Ces troubles du mouvement sont responsables de limitations d'activité et exigent une prise en charge en kinésithérapie tout au long de la vie du patient, en fonction de l'évaluation des besoins. Cette pathologie affecte environ deux à trois enfants pour 1 000 naissances vivantes, avec une expression très variable, pouvant aller d'une simple boiterie à une atteinte grave de la motricité se manifestant par des paralysies. Les troubles moteurs de la paralysie cérébrale sont souvent accompagnés de troubles sensoriels (auditifs et visuels), cognitifs, du comportement, et par une épilepsie et des troubles musculo-squelettiques secondaires (spasticité, rétractions...). Dans les années 1950, Guy Tardieu a introduit 2 termes qui décomposent le concept de paralysie cérébrale et qui sont davantage répandus en France : infirmité motrice cérébrale (IMC) et infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC). *Selon Tardieu, l'IMC correspond à « l'ensemble des troubles moteurs prédominants et non évolutifs dus à une lésion cérébrale survenue sur un cerveau immature dans la période périnatale »* {Tardieu, 1969}. Ces troubles moteurs peuvent s'accompagner d'atteintes sensorielles et d'atteintes partielles des fonctions supérieures, à l'exception d'une déficience intellectuelle [39]. Lorsque les troubles moteurs sont associés à un déficit intellectuel, on parle alors d'IMOC. Ainsi, l'association IMC-IMOC peut être assimilée à la paralysie cérébrale, mais la définition de l'IMC tient souvent compte de l'étiologie périnatale.

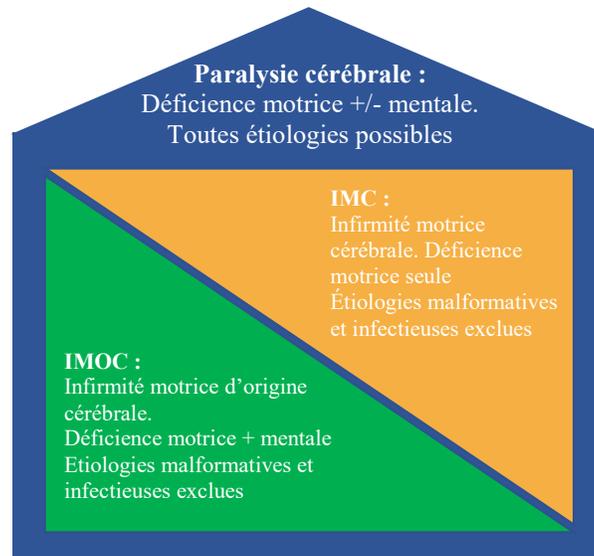


Figure 1 : Résumé des liens entre les différents termes (paralyse cérébrale, IMC et IMOC).

Figure inspirée de Ponsot G, Denormandie P. In Congrès sur le polyhandicap en 2005, Paris, CTNERHI.

1.2. Classifications

Compte tenu de la large définition de cette pathologie, il est possible d'établir des classifications apportant davantage de précision. En effet, il existe différentes formes, en fonction du pattern moteur du tronc, des membres et de l'implication du bulbe rachidien, de leur topographie ainsi que de la gravité [24].

a. Classification neurophysiologique symptomatique

Il est possible de distinguer 3 formes classiques en fonction de la symptomatologie et des déficits neuromusculaires. L'atteinte spastique, encore appelée « syndrome de Little, » est la plus fréquente, elle touche environ 3/4 des patients atteints de paralyse cérébrale [15]. Elle concerne le système pyramidal. Dans cette forme, on retrouve une faiblesse musculaire, des muscles raides et des réflexes myotatiques hyperactifs. La marche de ces patients est caractéristique : on parle de démarche « en ciseaux ». L'atteinte dyskinétique se traduit par des mouvements lents et involontaires des membres, mais aussi des muscles de la face (muscles de la langue inclus). Par

ailleurs, on retrouve la forme ataxique qui correspond à une atteinte du cervelet. Elle se traduit par des perturbations de la coordination des mouvements volontaires, accompagnées de troubles importants de la marche, de l'équilibre et de la station debout (marche instable, avec élargissement du polygone de sustentation). Les enfants atteints de cette forme peuvent éprouver des difficultés dans l'élaboration de mouvements rapides et fins, comme l'écriture. Enfin, il existe une dernière forme dite « mixte », qui associe souvent de la spasticité et de l'athétose qui touche l'intégralité du corps.

b. Classifications fonctionnelles

Pour l'évaluation de la sévérité des dysfonctionnements liés à cette affection, le système de classification le plus connu est le Gross Motor Function System (GMFCS). Cette classification en 5 niveaux est basée sur l'importance de l'atteinte fonctionnelle en position assise et l'autonomie de marche (**voir annexe 1**). Elle permet de déterminer les limitations fonctionnelles de la motricité globale en fonction des capacités des enfants lors des activités de la vie quotidienne [29]. A l'âge de 5 ans, 31% des enfants porteurs de paralysie cérébrale ne parviennent pas à déambuler, 16% marchent avec aide et 53% marchent sans aide [35]. Selon une étude, 41% des enfants se positionnent dans le niveau IV ou le niveau V du GMFCS [20].

Pour la motricité fine, un autre système de classification est utilisé : le Manual Ability Classification System (MACS). Ce système, complémentaire au GMFCS, comporte également 5 niveaux et concerne les enfants de 4 à 18 ans. Cette échelle permet de classer les capacités manuelles de l'enfant lors de la manipulation d'objets dans les tâches de la vie quotidienne. On cherche ainsi à évaluer la performance habituelle, et non les capacités maximales de l'enfant. Cette évaluation se réalise en position assise.

Niveau 1	L'enfant manipule les objets facilement et avec un résultat satisfaisant
Niveau 2	L'enfant sait manipuler la plupart des objets, mais la qualité et/ou la vitesse d'exécution est quelque peu limitée
Niveau 3	L'enfant manipule les objets avec difficulté et a besoin d'aide pour préparer et/ou adapter les activités
Niveau 4	L'enfant peut manipuler une sélection limitée d'objets faciles à manipuler dans des situations adaptées, requiert une aide constante
Niveau 5	L'enfant ne peut manipuler de petits objets et sa capacité à effectuer même les tâches simples est très limitée, requiert assistance totale

Figure 2 : Classification MACS

c. Classification topographique des anomalies motrices

Cette classification est établie en fonction des membres atteints. Dans la plupart des études, la forme la plus courante est la diplégie (30 à 40%) [34]. On parle de diplégie lorsque les 4 membres sont légèrement atteints, avec une nette prédominance sur les membres inférieurs. On retrouve souvent un tronc hypotonique dans cette forme. Le terme de monoplégie est employé lorsque la paralysie concerne uniquement un membre ou un groupe musculaire. Dans la forme hémiplegique, on retrouve un côté du corps touché par les troubles neuro-moteurs. L'enfant est souvent capable de déambuler. La quadriplégie est la forme la plus grave, mais la moins fréquente [32]. Elle correspond à une atteinte des 4 membres de manière assez équivalente. On retrouve également une atteinte sévère de la motricité bucco-faciale (difficulté à avaler et à l'aspiration des aliments). Si un des 4 membres est moins touché, on emploie plutôt le terme de « triplégie ».

1.3. Physiopathologie et étiologies

a. Rappels sur le système nerveux central

Le système nerveux central, aussi appelé « névraxe » comprend toutes les structures protégées par la boîte crânienne et la colonne vertébrale. Il est composé de l'encéphale (cerveau, cervelet, tronc cérébral) et de la moelle épinière. Les rôles du système nerveux central sont de recueillir les informations provenant de toutes les régions du corps, d'intégrer et interpréter ces afférences sensibles, puis de produire une réponse motrice adaptée.

A la naissance, le cerveau est composé d'environ 100 milliards de neurones et de la même quantité de cellules gliales. Les neurones (cellules nerveuses) permettent le cheminement des informations entre l'environnement et l'organisme, ou au sein même de l'organisme. Ces cellules sont organisées en réseaux dans différentes régions du cerveau. Les cellules gliales protègent les neurones et permettent leur nutrition. Lorsque l'enfant naît, les synapses (connexions) entre les neurones ne sont pas encore bien établies. Ces dernières se formeront et se renforceront grâce à l'environnement et aux différentes stimulations auxquelles l'enfant est soumis. La capacité du cerveau à s'adapter en réaction à ce qui l'entoure est essentielle à son développement et à l'apprentissage [42].

Entre 24 et 34 semaines aménorrhées, la substance blanche est en période de croissance active, ce qui la rend particulièrement sensible. Nous observons une prolifération, une migration et une maturation des cellules gliales [23]. Les oligodendrocytes immatures sont vulnérables en cas d'ischémie ou d'inflammation. Leur nécrose entraîne la libération de substances nocives, aboutissant à une activation microgliale. Dans cette même période, les neurones et les axones de la sous-plaque sont très sensibles à l'hypoxie-ischémie car ils sont en pleine différenciation. La zone germinative est le lieu d'une angiogenèse intense de vaisseaux fragiles et immatures (avec une tendance à l'hémorragie). Les lésions hémorragiques de l'enfant prématuré qui ont lieu dans cette zone vont la détruire et entraîner des lésions parenchymateuses de la zone sous-ventriculaire et de la substance blanche sous-jacente. Finalement, ces lésions détruisent des axones de la substance blanche, diminuent le nombre de pré-oligodendrocytes, interrompent les voies thalamo-corticales

et altèrent le développement de la plaque sous-corticale. Chez le nouveau-né à terme, c'est la substance grise qui est fragile, notamment en raison d'une formation accrue de synapses.

Vers 1 an, le cerveau de l'enfant atteint les 2/3 de la taille d'un cerveau adulte. La densité des synapses augmente rapidement au cours de la période post-natale, atteignant à l'âge de 2 ans, une densité environ 2 fois supérieure à celle d'un adulte [23]. L'enfant acquiert de nouvelles capacités grâce à la multiplication des synapses dans le cortex pré-frontal. Ce dernier est le siège des fonctions exécutives (mémoire, inhibition, planification, anticipation, organisation, raisonnement logique, apprentissage, initiative...). A l'âge de 6 ans, le cerveau de l'enfant atteint 95% de sa taille adulte [23]. Jusqu'à l'adolescence, différentes connexions entre les neurones vont se développer pour former des synapses.

Pour conclure, il existe « une vulnérabilité sélective » en fonction de la période du développement dans laquelle les lésions du système nerveux immature interviennent.

b. Étiologies

Selon la HAS, le terme de « lésions cérébrales précoces » désigne les affections survenues sur le cerveau avant l'âge de 2 ans. Ces lésions peuvent être d'origines diverses et multifactorielles : congénitales, génétiques, inflammatoires, infectieuses ou toxiques, métaboliques, ou consécutives à un traumatisme crânien précoce [7]. Elles peuvent aussi être la conséquence d'une prématurité ou d'une anoxie à terme. Le plus souvent, nous ne constatons pas un unique facteur de causalité, mais bien un ensemble de facteurs qui se joignent pour agir sur le cerveau en développement, pour modifier sa maturation et enfin entraîner des séquelles de type paralysie cérébrale. On retrouve 3 grands types de causes en fonction de la période de constitution : causes anté, péri et post-néonatales. Les lésions périnatales (pendant le travail et l'accouchement) sont responsables de la majorité des déficiences sévères. Elles sont favorisées par un faible poids à la naissance, surtout si ce dernier est associé à un âge gestationnel insuffisant, une asphyxie périnatale et une gémellité [7]. *Selon l'INSERM*, 20 à 30 % des déficiences sévères de l'enfant ont une origine anténatale [19]. Parmi les causes connues, on retrouve notamment les malformations cérébrales congénitales, les événements vasculaires, et les infections maternelles au cours des deux premiers trimestres de la

grossesse (rubéole, cytomégalovirus et toxoplasmose) [30]. Enfin, 5 à 10 % des déficiences sévères apparaissent après le premier mois de vie et font suite à un traumatisme (accident tel que la noyade, ou maltraitance comme le syndrome du bébé secoué), à un accident vasculaire cérébral, ou plus rarement à une infection (méningite, toxique, ou encéphalite) ou une tumeur [7].

Malgré des bilans de plus en plus complets, l'origine du handicap reste inconnue chez environ 40 % de ces enfants [15]. Quels que soient les facteurs causaux (hypoxiques, ischémiques, inflammatoires ou infectieux), nous retrouvons des mécanismes physiopathologiques communs. Divers phénomènes sont à l'origine d'une nécrose secondaire des tissus cérébraux [24] :

- Une production exagérée de cytokines inflammatoires
- Un stress oxydatif
- Une absence d'apport des facteurs de croissance maternels
- Des modifications de la matrice extracellulaire
- Une sécrétion importante de glutamate, qui va entraîner une cascade toxique.

Tous ces facteurs sur le cerveau immature vont modifier son programme génétique de développement et vont entraîner des lésions cérébrales irréversibles. Chez le prématuré, ces mécanismes vont aboutir à un défaut dans la myélinisation et à une dégénérescence thalamo-corticale. Chez le nouveau-né à terme, ces phénomènes entraînent des lésions des neurones corticaux ou des ganglions de la base, en raison d'une maturation fonctionnelle des neurones de cette zone et d'une consommation énergétique accrue à cette étape du développement cérébral [24].

1.4. Diagnostic et signes cliniques

Avant d'entreprendre un projet de rééducation précoce, il convient d'établir un diagnostic. L'objectif du diagnostic est de détecter les signes cliniques neuro-moteurs le plus tôt possible, afin d'apporter les aides et les thérapies adéquates au nourrisson, tout en essayant d'apporter des réponses aux interrogations des parents sur les anomalies du développement [22]. Les premiers indices du diagnostic de la paralysie cérébrale sont dévoilés à la suite d'une anamnèse (autour de la grossesse, l'accouchement et les événements post-nataux), une évaluation clinique complète et à l'aide d'un rapport des parents concernant le niveau de développement de leur enfant. En

complément, l'imagerie cérébrale par résonance magnétique permet de détecter une lésion ou une anomalie du cerveau, afin de déterminer l'étiologie et orienter le diagnostic. Dans les années 1990, Prechtl montre que l'étude de la qualité des mouvements généraux (GMs) permet d'apprécier la qualité du fonctionnement du cerveau dans la petite enfance. Les mouvements généraux sont des mouvements globaux et complexes du corps entier, qui surviennent spontanément au repos. Ces mouvements apparaissent dès la 8^{ème} semaine in utero et disparaissent vers 4 mois d'âge, et évoluent avec la maturation cérébrale. Les GMs font partie des outils robustes de dépistage de la paralysie cérébrale selon le référentiel de Novak [27], permettant d'alerter précocement sur l'état neurologique de l'enfant.

a. Signes neuro-moteurs

La définition de la paralysie cérébrale tient compte de l'hétérogénéité des manifestations cliniques (« ensemble de troubles ») mais souligne également une manifestation clinique omniprésente : l'altération des mouvements et de la posture. Les schémas des différentes formes de paralysie cérébrale émergent progressivement. En général le diagnostic est posé durant la première ou la deuxième année de vie. On note un retard dans les étapes du développement (ramper, tenir la position assise, marcher) et un tonus musculaire anormal (hypertonique ou hypotonique).

Selon R. Vasseur et P. Delion, les professionnels de la petite enfance doivent porter une attention particulière à une période dite « sensible », en examinant les grandes étapes du développement moteur entre 0 et 3 ans [42]. L'évaluation kinésithérapique précoce systématique permet de dépister les signaux d'alerte qui peuvent impacter le développement, déterminer des anomalies motrices, et surtout entreprendre une prise en charge adaptée avant l'installation de complications [25]. Ce dépistage précoce paraît incontournable mais n'est pas un exercice facile. Le diagnostic doit être confirmé par plusieurs examens successifs.

Avant 1 an, l'enfant cérébro-lésé présente un déficit des acquisitions motrices qui s'accompagne d'un retard global du développement. Ces enfants possèdent des caractéristiques spécifiques : ils ont un comportement moteur monotone, pauvre et peu diversifié selon les phases

d'éveil. L'axe du corps est mou, et les membres sont raides. Parfois, on retrouve hyper-extension de toute la chaîne postérieure, faisant penser à « une sorte d'opisthotonos » [40]. Afin d'obtenir un diagnostic précoce, les médecins doivent rechercher la réactivité du nourrisson à l'aide de manœuvres qui testent les comportements sous l'effet de la pesanteur.

A la fin de la première année, la paralysie cérébrale se traduit davantage par des raideurs que des paralysies. Le terme de « raideurs » fait référence à de la spasticité, de la rigidité, des dystonies, des dyskinésies, et des mouvements involontaires. L'examen clinique doit rechercher des signes d'hypotonie axiale dans les postures et à la marche. La majorité des hypotonies précoces vont se transformer en spasticité ou en dystonie vers l'âge de 2 ans. Les premiers signes cliniques se traduisent par la préférence d'une main au cours de la première année, une persistance anormale des réflexes archaïques, un retard dans les réflexes protecteurs et posturaux, et des mouvements asymétriques comme le crawl asymétrique. Les réflexes archaïques (suction, marche automatique, réflexe de Moro, grasping, réflexe d'allongement croisé, réflexe tonique asymétrique du cou) doivent normalement s'atténuer vers l'âge de 5 mois pour laisser place à la motricité volontaire et au contrôle cortical.

L'observation de l'état basal au repos (dans des conditions favorables et dans un état de décontraction maximale) permet d'observer, chez l'enfant IMC, des contractions incontrôlables et excessives, ainsi que des mouvements spontanés tels que les mouvements athétosiques et choréiques. Les faibles amplitudes articulaires, les déséquilibres musculaires et la spasticité peuvent être responsables de nombreuses complications orthopédiques. En effet, il est fréquent de retrouver des subluxations (voire luxations) de hanche, des déformations en équin, des modifications des propriétés viscoélastiques du muscle sous forme de rétractions, ainsi que des scolioses [40].

b. Troubles associés

La région lésée du cerveau n'est jamais parfaitement délimitée et ne concerne rarement qu'une zone motrice. Il est fréquent de retrouver des troubles associés. Ainsi, le bilan d'un enfant

atteint de paralysie cérébrale doit inclure une évaluation de l'ensemble des déficits, pouvant concerner la vision, l'audition, le langage, le profil sensoriel, la motricité bucco-faciale, la déglutition, des crises d'épilepsie ainsi que les capacités cognitives. Dans 30% des cas, nous retrouvons une déficience intellectuelle associée à la déficience motrice [7].

2. Plasticité cérébrale et prise en charge précoce pour les lésions unilatérales

2.1. Prise en charge de la paralysie cérébrale en kinésithérapie

La kinésithérapie occupe une place essentielle dans la prise en charge de la paralysie cérébrale [15]. Cette affection exige une prise en charge tout au long de la vie, pouvant être quotidienne selon la sévérité de l'atteinte. Actuellement, dès lors qu'un trouble neuro-développemental est suspecté, même sans diagnostic certain, des séances de kinésithérapie sont proposées le plus précocement possible [7]. La rééducation d'un enfant atteint de paralysie cérébrale se base sur les principes de l'apprentissage moteur issus des neurosciences : l'intensité, la répétition et les activités fonctionnelles orientées vers la tâche. Il existe une grande diversité de méthodes dans le domaine de la rééducation motrice du jeune enfant cérébro-lésé. Trois méthodes sont fréquemment retrouvées, bien qu'elles soient parfois encore au stade d'expérimentation :

- La rééducation par objectifs : Dans ce type de rééducation, les parents et les enfants participent de manière active, donnant ainsi plus de sens à la thérapie. En effet, ce sont eux qui fixent des objectifs spécifiques qu'ils aimeraient travailler [28].
- La thérapie HABIT-ILE (Hand and Arm Bimanual Intensive Therapy Including Lower Extremities), qui est une thérapie rééducation intensive et ludique. Pour le moment, son efficacité a été démontrée sur les enfants de plus de 6 ans [3], et elle est en cours d'expérimentation chez les plus jeunes (1 à 4 ans).
- La thérapie contrainte induite (TCI) qui s'applique en présence d'une hémiplégie. Selon la littérature, les lésions cérébrales précoces affectent majoritairement le membre supérieur, se traduisant par une hémiparésie ou une hémiplégie [17]. **(Voir 3.)**

Le kinésithérapeute est libre de choisir les méthodes de rééducation, en fonction de l'enfant, de ses difficultés, de ses attentes, de son âge, mais aussi en fonction des objectifs de rééducation établis avec la famille et l'enfant.

2.2. Présentation de la thérapie contrainte induite pour la rééducation du membre supérieur

La thérapie contrainte induite est une stratégie de rééducation qui a pour objectif principal d'augmenter l'utilisation fonctionnelle d'un membre supérieur neurologiquement déficient, mais aussi de surmonter « la non-utilisation acquise » fréquemment retrouvée après une lésion sensorielle et/ou motrice du système nerveux central (SNC). En effet, à l'origine, cette thérapie avait été développée par Edward Taub, qui avait observé la mise en place de méthodes de compensation chez les singes après désafférentation chirurgicale, pour éviter d'utiliser leur membre affecté. Cette thérapie est principalement appliquée à une population en post-AVC [16]. Il existe différents protocoles (en fonction de la durée, de l'intensité et du type de contrainte utilisée) pour mettre en œuvre cette thérapie, cependant, 3 points essentiels sont toujours respectés [38] :

- Restreindre l'utilisation du membre supérieur le moins affecté par immobilisation et induire une utilisation forcée du membre parétique sur un temps important : cette utilisation forcée permet de développer la motricité et la fonction du membre atteint
- Pratique quotidienne intensive des mouvements moteurs, pendant une période prolongée et dirigée par un thérapeute
- Apprentissage de techniques comportementales conçues pour faciliter le transfert des acquis dans la vie quotidienne.

Depuis peu, l'application de la TCI s'est étendue aux enfants atteints d'hémiplégie secondaire à un AVC périnatal ou autre pathologie du SNC [10].

2.3. Application aux jeunes enfants de moins de 6 ans, pourquoi ?

a. *Plasticité cérébrale*

De manière générale, la rééducation précoce a pour objectif de prévenir l'apparition de complications secondaires, d'améliorer les fonctions déficitaires, de favoriser au mieux le développement de l'enfant, mais surtout d'éviter l'installation de handicaps sévères. La thérapie contrainte induite se base sur la réorganisation corticale, aussi appelée « plasticité cérébrale ». Cette neuro-plasticité est un processus continu et dynamique qui correspond à la capacité du cerveau à remodeler ses connexions en fonction de l'environnement et des expériences vécues par l'individu, pour une meilleure efficacité des réseaux neuronaux [10]. Ce phénomène intervient au cours du développement embryonnaire, de l'enfance et tout au long de la vie, mais aussi en situation pathologique (lésion ou maladie). Il existe des périodes dites « critiques » ou sensibles dans les premières années de vie, correspondant à une fenêtre temporelle durant laquelle les circuits neuronaux présentent une capacité particulière, ce qui permet une meilleure adaptation à l'environnement [42]. Le cerveau présente une réceptivité maximale à des expériences spécifiques. Il est impératif de porter une attention particulière à ces 3 premières années de vie (diversifier les stimulus, développer au maximum l'environnement de l'enfant...), avant que le cerveau ne soit trop spécialisé [42]. On considère que ces fenêtres particulières se ferment autour de la puberté (vers 10 ans), rendant la plasticité moindre.

Après une lésion cérébrale unilatérale précoce (sur le cerveau immature), le système moteur peut se réorganiser de deux manières [10] (voir **figure 3 page suivante**) :

- Avec une réorganisation ipsilatérale : Le faisceau corticospinal direct (hémisphère ipsilatéral) transitoire persiste et prend en charge la main parétique. On parle de plasticité inter-hémisphérique. Cette réorganisation n'est jamais totalement efficace (la fonction de la main est toujours altérée dans cette réorganisation). Elle se produit essentiellement suite à une lésion de la substance blanche péri-ventriculaire, chez le nouveau-né prématuré.
- Avec une réorganisation controlatérale : Ici, le faisceau cortico spinal direct ne persiste pas. L'hémisphère cérébral lésé prend en charge la main controlatérale parétique. On parle de réorganisation intra-hémisphérique.

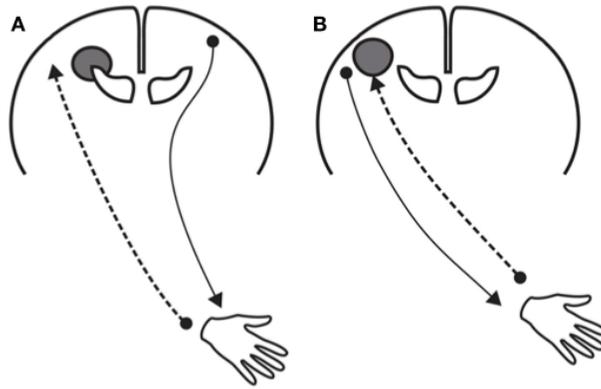


Figure 3 : Représentations schématiques de la réorganisation des fonctions motrices et sensorielles après une lésion unilatérale précoce du cerveau.

Légende associée à la figure 3 : (A) Réorganisation après une lésion unilatérale "prématurée". La lésion concerne la substance blanche périventriculaire. La réorganisation comprend (a) la persistance des projections corticospinales ipsilatérales vers la main parétique provenant de l'hémisphère contro-lésionnel et (b) la plasticité axonale des afférences thalamocorticales contournant la lésion dans l'hémisphère ipsi-lésionnel. (B) Réorganisation après une lésion unilatérale "à terme", qui ne comprend généralement pas la substance blanche périventriculaire. Les fonctions motrices et sensorielles de la main parétique sont organisées dans l'hémisphère lésé.

Cette grande plasticité naturelle et post-lésionnelle dans les premières années de vie pousse à des propositions de rééducation très précoces en cas de déficit reconnu [10].

b. Effet de la thérapie contrainte induite chez les enfants de plus de 4 ans

Des études ont fourni des preuves sur les changements neuro-plastiques importants induits par la TCI, et notamment une expansion de la zone de représentation corticale qui contrôle le membre supérieur. Selon une étude réalisée par *Sterling et al* (2013), les enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale ont montré une augmentation de la matière grise dans les cortex sensorimoteurs bilatéraux [36]. Ces changements ont montré une grande corrélation avec les améliorations de l'utilisation spontanée du membre supérieur selon la version pédiatrique du MAL : le PMAL [41].

2.4. Outils de mesure pour la fonction motrice du membre supérieur dans le cadre des lésions unilatérales

Plusieurs échelles permettent l'évaluation de la fonction motrice du membre supérieur chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. L'instrument de mesure le plus fréquemment employé dans la littérature est l'échelle AHA ou « Assisting Hand Assessment ». Standardisé et reproductible, ce test permet d'évaluer la fonction manuelle des enfants âgés de 18 mois à 12 ans sur la base de 22 items (**voir annexe 2**). L'intérêt de ce test réside notamment dans le fait qu'il est centré sur le jeu ; il mesure l'efficacité de l'utilisation de la main assistante lors d'une situation de jeu demandant une interaction bi-manuelle. La situation de jeu est filmée, puis le thérapeute l'analyse à posteriori. Une formation est obligatoire pour utiliser le score, afin de préserver la fiabilité et des propriétés statistiques. Il existe de nombreuses variations dans la communication des résultats dans les études [21]. Une échelle permet de réaliser une conversion et d'établir une relation entre les différentes unités (**voir annexe 3**). Dans tous les cas, un nombre plus élevé indique une capacité plus élevée. Selon *Krumlinde et Sundholm*, le score « logits » peut s'étendre de -10.26 (fonction manuelle la plus faible, soit 0 unités AHA, correspondant à un « Raw score » de 22) à 8.72 (fonction manuelle la plus élevée, soit 100 unités AHA, correspondant à un « Raw score » de 88) [21]. Il existe une adaptation de l'échelle AHA nommée « mini-AHA » pour les enfants âgés de 8 à 18 mois [5].

Le test QUEST (Quality of Upper Extremity Skills Test) a été conçu pour évaluer la qualité des schémas de mouvement et de fonction des 2 mains (atteinte et saine) chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. L'évaluation est divisée en 4 catégories : la dissociation de mouvement, les différentes préhensions, la mise en charge et les réactions de protection [9].

L'échelle HAI (Hand Assessment for Infants) est un outil de mesure développé par Lena Krumlinde-Sundholm (également à l'origine du score AHA) pour l'évaluation du très jeune enfant (3-12 mois) à risque de développer une paralysie cérébrale. Cette échelle vise à mesurer la qualité des actions dirigées vers un objectif. Les actions sont réalisées avec chaque main de manière séparée, puis avec les deux mains ensemble. En procédant ainsi, le test donne un score distinct et

précis pour chaque étape. Nous nous intéresserons uniquement la sous-échelle de la main affectée, qui s'étend de 0 à 24, 24 étant le score idéal.

Le PMAL (Pediatric Motor Activity Log) est un instrument standardisé qui permet d'évaluer l'utilisation spontanée du membre supérieur atteint chez les enfants de 7 mois à 8 ans [41]. Cet outil de mesure est composé de 22 activités et se base sur un rapport structuré des parents. Le PMAL est divisé en 2 sous-échelles : « How Often », qui permet de mesurer la quantité d'utilisation du membre supérieur affecté, et « How Well », qui permet d'évaluer la qualité du mouvement. Dans cette revue, nous nous intéresserons plus particulièrement à la sous-échelle « How Often » (HO), car elle permet de mettre en évidence et d'évaluer le phénomène de non-utilisation acquise [38]. Cette sous-échelle comprend un système de cotation de 0 à 4 : la cotation 0 correspond à aucune utilisation du bras atteint, et la cotation 4 traduit une utilisation du bras 90 à 100% du temps (**voir annexe 4**).

3. Hypothèses et objectifs de l'étude

Nous avons vu que l'hémiplégie était un signe clinique fréquent chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. La thérapie contrainte induite semble avoir fait ses preuves sur les enfants en âge scolaire atteints de paralysie cérébrale. Il serait intéressant d'observer les effets de cette thérapie sur les enfants âgés entre 5 mois et 6 ans, en raison d'une plasticité cérébrale importante dans les premières années de vie. Ainsi, dans cette continuité de réflexion, cette étude, menée sous la forme d'une revue systématique, a pour objectif principal d'analyser les effets de la thérapie contrainte induite chez les enfants cérébro-lésés âgés de moins de 6 ans.

La rééducation de type contrainte induite permet-elle d'améliorer la fonction motrice du membre supérieur du jeune enfant cérébro-lésé de 5 mois à 6 ans ?

H1 : La rééducation de type contrainte induite améliore la fonction motrice du membre supérieur hémiplégique chez le jeune enfant cérébro-lésé de 5 mois à 6 ans.

H2 : La rééducation de type contrainte induite augmente la fréquence d'utilisation du membre parétique chez le jeune enfant cérébro-lésé de 5 mois à 6 ans.

II. Matériel et méthodes

Cette revue systématique a été réalisée selon la méthode PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses).

1. Critères d'éligibilité

1.1. Type d'études

Compte tenu d'une faible proportion d'études sur le sujet, tous les types d'études ont été acceptés (essais randomisés contrôlés de préférence) à l'exception des études de cas. Pour cette même raison, aucune exclusion n'a été faite en ce qui concerne la période de publication.

1.2. Population

Les études sélectionnées concernaient les enfants (fille ou garçon), âgés de 5 mois à 6 ans et atteints de paralysie cérébrale unilatérale avec hémiplégie. Il existe très peu d'études sur les enfants avant 5 mois, et l'application d'une thérapie de type contrainte induite semble être davantage justifiée après cet âge. En effet, vers l'âge de 5 mois, dans un développement physiologique, l'enfant explore davantage son environnement (curiosité, éveil, retournements, l'enfant peut se déplacer en roulant ou en rampant) et ses mouvements deviennent volontaires et dirigés, laissant la motricité automatique de côté (réflexes archaïques). L'enfant de 5 mois porte les objets à la bouche (stade oral, qui lui permet aussi de découvrir ses mains et ses pieds) et devient de plus en plus adroit avec ses membres supérieurs, en passant les objets d'une main à l'autre notamment. La limite supérieure de 6 ans a été fixée pour rester dans un âge « précoce », afin de profiter un maximum du phénomène de plasticité cérébrale.

1.3. Types d'intervention

Les études devaient comprendre un groupe d'enfants traité par la thérapie contrainte induite, peu importe les paramètres de la méthode (intensité, fréquence, durée), y compris les thérapies contraintes induites dites « modifiées ». En effet, les études employaient le plus souvent ces modèles adaptés aux enfants de bas âge.

1.4. Variables étudiées

La variable principale étudiée dans cette revue systématique était l'évolution de la fonction motrice du membre supérieur atteint après une période de thérapie contrainte induite. Plusieurs scores ont permis l'évaluation de la fonction motrice du membre supérieur chez la population sélectionnée (comme introduit dans le **I.2.4**). L'instrument de mesure le plus fréquemment employé dans la littérature correspond à l'échelle AHA.

Par ailleurs, une variable secondaire était étudiée si les études la traitaient. Cette variable est liée au phénomène de non-utilisation acquise. Malgré une bonne récupération au niveau du membre parétique, il est fréquent que les patients le délaissent au profit du membre sain, en l'utilisant moins souvent. Pour répondre à l'hypothèse secondaire, nous analyserons uniquement les résultats de la sous-échelle « How Often » (HO) du PMAL.

2. Sources d'information

2.1. Mots clés

Après un état des lieux préliminaire, des mots clés ont été définis afin de répondre au mieux à la question principale. Les mots clés sélectionnés, ainsi que leur traduction anglaise sont à retrouver dans le tableau suivant (**tableau 1**, page suivante) :

Mots clés en français	Traduction anglaise
Paralysie cérébrale	Cerebral palsy
Thérapie contrainte induite (ou TCI ou TCIM)	Constraint induced movement therapy (or CIMT)
Précoce, nouveau-né, préscolaire, jeune, bébé	Early, newborn, preschool, young, baby, infants

Tableau 1 : Synthèse des mots clés en français et en anglais.

Ces mots clés ont été associés à l'aide des opérateurs booléens « AND » et « OR » afin de répondre au mieux à la problématique.

2.2. Bases de données

Mes recherches ont été menées dans 4 bases de données différentes :

- Pubmed
- Cochrane
- Science Direct
- PEDro

Concernant la banque de données "Pubmed", j'ai utilisé l'équation MeSH suivante :
 (("cerebral palsy/prevention and control"[MeSH Terms] OR ("cerebral palsy/rehabilitation"[MeSH Terms])) AND (("child, preschool"[MeSH Terms] OR "infant"[MeSH Terms])) AND (("arm/physiopathology"[MeSH Terms] OR ("Hand/physiopathology"[MeSH]) OR ("Exercise Movement Techniques/methods"[Mesh])). J'ai aussi réalisé une recherche manuelle « associée » avec les articles recommandés, afin de ne passer à côté d'aucun autre article sur cette base de données.

Pour les bases de données « ScienceDirect » et « Cochrane », j'ai utilisé l'équation de recherche suivante : ((constraint induced movement therapy) OR (CIMT)) AND ((early) OR (infant) OR (newborn) OR (preschool) OR (young) OR (baby)) AND (cerebral palsy). Pour affiner

la recherche, les types d'articles ont été précisés par les filtres « Review articles » et « Research articles ».

Pour PEDro, l'équation de recherche utilisée était la suivante : « cerebral palsy* constraint induced movement* child* ».

Enfin, la recherche a été complétée par une analyse des références bibliographiques de certains articles pertinents.

2.3. Extraction des données

a. Critères d'inclusion

- Population humaine (garçon ou fille)
- Population infantile âgée de 5 mois à 6 ans (au moment de l'intervention)
- Être atteint de paralysie cérébrale unilatérale
- Présenter une hémiplégié
- Études comportant un groupe recevant un traitement de type « thérapie contrainte induite »

b. Critères de non-inclusion

- Articles traitant de sujets âgés de plus de 6 ans ou de moins de 5 mois
- Articles ne présentant pas de groupe « thérapie contrainte induite »
- Articles ne traitant pas d'êtres humains
- Études de cas
- Articles présentant des sujets atteints de paralysie cérébrale bilatérale

c. Critères d'exclusion

- Articles incluant des sujets âgés de plus de 6 ans ou moins de 5 mois
- Protocoles d'étude
- Études de cas
- Manque d'interprétation dans les données/résultats
- Études n'évaluant pas la fonction motrice du membre supérieur atteint

d. Processus de sélection des articles

D'après la méthodologie décrite, 648 articles ont été identifiés après l'application des équations de recherche dans les différentes bases de données. La seconde étape a été la suppression des doublons de manière manuelle (avec la tenue d'un fichier Excel). Une première sélection a été faite après lecture des titres et des résumés, permettant de retirer les articles qui ne respectaient pas les critères d'éligibilité. Enfin, nous avons lu les articles identifiés comme pertinents grâce à ce premier tri, afin de vérifier scrupuleusement le respect des différents critères de sélection. Ce processus a été mené de décembre 2020 à janvier 2022.

e. Quantification des résultats

La principale métrique de quantification des résultats de cette revue systématique correspondait à analyser les valeurs des scores avant et après la thérapie contrainte induite, afin de voir l'évolution des scores des enfants. Une augmentation des scores signifierait une amélioration de la fonction motrice du membre supérieur. Concernant les études avec des résultats à long terme, il paraissait intéressant de les traiter, dans le but d'estimer si le traitement pouvait avoir un impact dans le temps. Toutes les études ont employé des moyennes pour rendre compte de l'évolution des scores, à l'exception d'une étude (Eliasson et al, 2018) qui utilisait des médianes. Ainsi, nous avons relevé et analysé les médianes avant et après traitement pour cette étude.

2.4. Qualité des preuves

a. Niveau de preuve scientifique des études

Le niveau de preuve scientifique des études incluses a été évalué *selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS)*. Cette classification se divise en 3 grades (A, B et C) et en 4 niveaux, en fonction du type d'étude.

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).

Tableau 2 : Grade de recommandations des études scientifiques (HAS, 2013)

b. Qualité méthodologique des études

La qualité des essais contrôlés randomisés inclus dans la revue systématique a été évaluée à l'aide de l'échelle d'évaluation des biais PEDro. Ce score est composé de 11 items, notés 0 ou 1 (0 = présence du biais). Le score idéal est donc de 11/11. La qualité méthodologique des 2 études rétrospectives a été évaluée à l'aide de l'outil STROBE, composé de 22 items. Enfin, l'essai contrôlé non randomisé a été évalué grâce à l'échelle ROBINS-I, constituée de 7 items.

III. Résultats

1. Sélection des données

Au total, 652 articles ont été identifiés suite aux recherches dans les différentes bases de données. Après élimination des doublons et des articles non accessibles, le nombre d'articles a été réduit à 498. Ensuite, 454 références ont été exclues après lecture des titres, ainsi, 44 articles étaient potentiellement exploitables pour répondre à la problématique posée. La lecture des résumés a permis de réduire la sélection à 23 articles. Certains articles ont été exclus après une lecture intégrale des textes (n=13) car ils ne respectaient pas les critères d'exclusion décrits précédemment (âge non compris entre 5 mois et 6 ans, études de cas et protocoles, articles avec des données non interprétables, et études n'évaluant pas la fonction motrice du membre supérieur atteint). Finalement, 10 études ont été incluses dans la revue systématique pour répondre à la problématique.

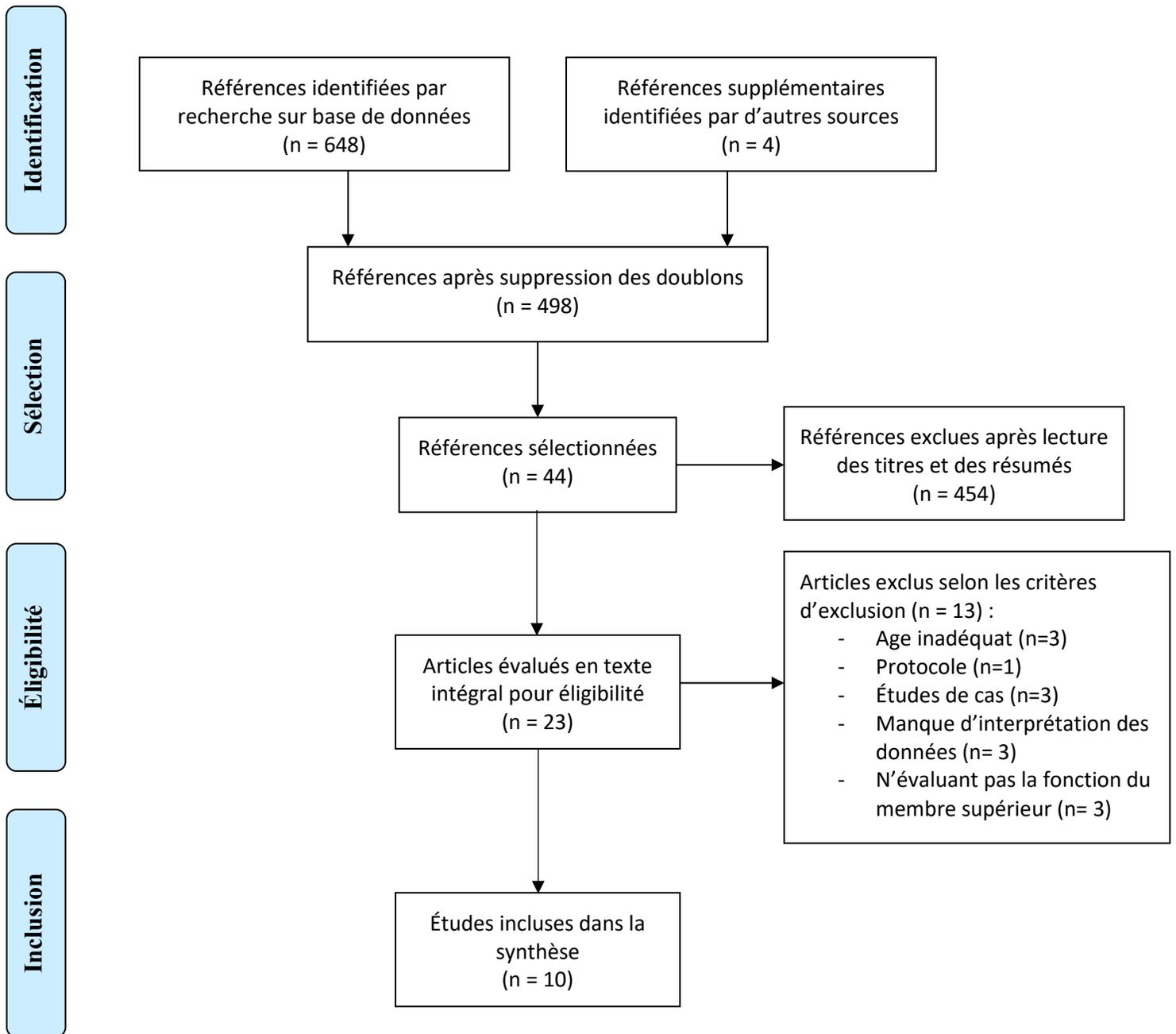


Figure 4 : Diagramme de flux.

2. Caractéristiques générales des études

Auteurs, date	Type d'étude et de thérapie	Nombre sujets (n) Âge (a)	Évaluation de la motricité	Principaux résultats Significatif : p<0.05 ✓ Non significatif : p>0.05 ✗
<i>Al-Oraibi, Eliasson, 2011 [1]</i>	Étude randomisée contrôlée : Groupe CIMT (1) vs groupe NDT (2) CIMT : 2h/j sur 8s + entraînement maison	N1= 7 ; N2= 7 a=22-71 mois	Score AHA	Score AHA : ✓ CIMT : amélioration AHA de 41.6 à 48. p=0.016 NDT : amélioration AHA de 56 à 56.7
<i>Eliasson et al, 2018 [13]</i>	Étude exploratoire randomisée : Groupe bébé-CIMT (1) vs bébé-massage (2) CIMT : 30min/j, 2 périodes de 6s séparées par 6s, avec suivi à 18 mois.	N1= 18 ; N2= 13 a=5-8 mois	HAI Score AHA	HAI main affectée : ✓ Bébé-CIMT : amélioration de 10 à 13. p=0.0001 et Massage : 5 à 6. p=0.0001 AHA à 18 mois : Score 51 après bébé CIMT vs 24 pour bébé massage.
<i>Eliasson, 2005 [12]</i>	Essai clinique contrôlé non randomisé : Groupe CIMT (1) vs groupe contrôle thérapie conventionnelle (2). CIMT : 2h/j pendant 8s	N1=21 ; N2=17 a=18-51 mois	Score AHA	AHA : ✓ Meilleure amélioration groupe CIMT (-2.86 à -1.63 logits) (p=0.005) vs groupe contrôle (-2.23 à -2.06). Effet persistant à 6 mois (-1.10 groupe CIMT et -1.29 logits groupe contrôle)
<i>DeLuca et al, 2012 [8]</i>	Étude randomisée contrôlée multicentrique (3 sites) Compare 2 niveaux d'intensité de traitement CIMT 21j de traitement (6h/j ou 3h/j)	N=18 a=36-60 mois	Score AHA QUEST PMAL	Score AHA : ✓ Effet significatif confirme les bienfaits de CIMT (p<0.001) : ✗ Pas de différence significative entre les 2 dosages. Amélioration = score passant de -0.69 à 1.86 logits. QUEST : ✓ Toutes les sous échelles montrent des résultats positifs après traitement (p<0.001) Score PMAL : ✓ Amélioration qualité et quantité d'utilisation de la main. ✗ Pas de différence significative selon les 2 dosages.
<i>Eliasson et al, 2011 [14]</i>	Essai randomisé contrôlé en cross-over : Eco-CIMT et traitement ordinaire Eco-CIMT : 2h/j pendant 8s	N=25 a=20-39 mois	Score AHA	Score AHA : ✓ Estimation effet de traitement de 5.47 unités AHA après Eco-CIMT (p<0.001) : Groupe 1 = 53 à 59 unités. Groupe 2 = 49 à 56 unités. ✓ Amélioration individuelle après Eco CIMT (15 enfants avec amélioration > 5 unités AHA)
<i>Eliasson, Nordstrand, 2015 [26]</i>	Étude rétrospective (cohorte) : CIMT (1) vs groupe contrôle thérapie conventionnelle (2) CIMT : 30min/j, 2 périodes de 6s séparées par 6s.	N1=31 ; N2= 41 a=18-23 mois	Score AHA	Niveau fonctionnel élevé (63-100 unités AHA) : ✓ Groupe CIMT 5,83 fois plus susceptible d'avoir un niveau fonctionnel élevé pour la main affectée vs groupe contrôle (p=0.001) : 35.5% vs 12.2% Niveau fonctionnel très faible (0-20 unités AHA) : ✗ Groupe CIMT contient moins de patients dans ce niveau fonctionnel vs groupe contrôle (p=0.084) : 16.1% vs 26.8%
<i>Christmas, 2018 [6]</i>	Essai randomisé contrôlé : Groupe contention prolongée vs contention manuelle	N= 62 a=18-44 mois	Score AHA QUEST	AHA : ✓ Amélioration dans les 2 groupes : Δ=9.0 unités AHA (p<0.001) pour « prolongée » vs Δ=5.3 pour « manuelle » (p=0.01) QUEST : Identique avant/après pour les 2 groupes (Δ=-1.5% pour « prolongée » vs Δ=-1.6% pour « manuelle »)
<i>Eliasson, Holmefur, 2014 [11]</i>	Étude rétrospective, cas-contrôle : Groupe mCIMT (1) vs groupe contrôle thérapie conventionnelle (2) CIMT : 2h/j sur 8s	N1=26 ; N2=19 a=19-45 mois	Score AHA	AHA : ✓ Différence significative entre les 2 groupes : Δ=8,5 unités en faveur du groupe mCIMT (66.3 vs 57.7 ; p=0.022), pas uniquement attribuable à la thérapie (score AHA CIMT plus élevé avant-traitement)
<i>Chamudot, 2018 [5]</i>	Essai contrôlé randomisé simple aveugle : Groupe mCIMT vs BIM (thérapie bi-manuelle)	N1=17 ; N2=16 a=8-16 mois	Mini AHA	Mini AHA : ✓ Amélioration : de 28.6 unités à 43.1 pour CIMT et de 23.3 à 42 unités pour BIM : p<0.01
<i>CaseSmith, DeLuca, 2012 [4]</i>	Essai contrôlé randomisé multicentrique : 2 dosages de CIMT : Groupe 6h/j vs 3h/j pendant 21j Évalue le suivi à 1 mois et 6 mois post-traitement de l'étude <i>DeLucas et al, 2012</i> .	N=18 a=36-65 mois	Score AHA PMAL QUEST	AHA : ✓ Amélioration à 1 mois (p<0.001) : de 0.84 à 1.08 log groupe 3h. Diminution groupe 6h : de 3.03 à 2.55 log PMAL HO : ✓ Amélioration à 1 mois (p=0.001) : de 3.10 à 3.17 points groupe 3h et de 3.57 à 3.35 pour groupe 6h QUEST attraper/relâcher : ✓ Amélioration (p=0.01) : de 4.50 à 5.25 points groupe 3h et de 5 à 5.73 groupe 6h QUEST mouvements dissociés : ✓ Amélioration à 1 mois (p=0.001) : de 22.13 à 22.25 points groupe 3h et de 21.86 à 23.22 points groupe 6h

Tableau 3 : Synthèse des résultats des études incluses

Légende associée au tableau 3 : CIMT = Thérapie contrainte induite ; H= Heure ; J=Jour ; S = Semaine ; min = Minutes ; NDT = Thérapie neuro-développementale ; AHA = Assisting Hand Assessment ; HAI = Hand Assessment for Infants; QUEST = Quality Upper Extremity Skills Test ; PMAL = Pediatric Motor Activity Log ; PMAL HO = Pediatric Motor Activity Log How Often ; BIM = Thérapie intensive bi-manuelle ; vs = Versus ; Δ = Différence avant/après ; mCIMT = Thérapie contrainte induite modifiée ; log = logits

2.1. Types d'études

Parmi les 10 études incluses dans la revue systématique, 7 sont des études contrôlées randomisées (ECR), 1 est un essai contrôlé non randomisé, et 2 études sont rétrospectives : une cohorte et une étude cas-contrôle (voir **figure 5**).

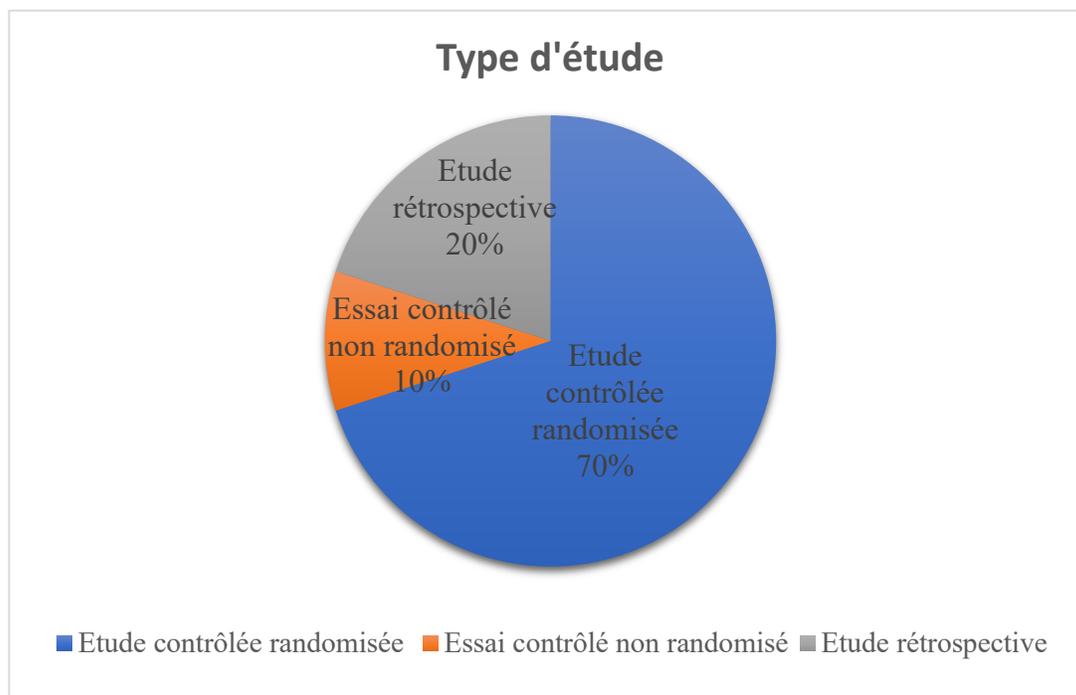


Figure 5 : Répartition du type d'étude

L'étude la plus ancienne date de 2005 (Eliasson, 2005) et les plus récentes sont de 2018 (Chamudot, 2018 ; Christmas, 2018 ; Eliasson et al, 2018). Comme le **tableau 3** l'indique, toutes les études étaient comparatives (soit avec un groupe de thérapie conventionnelle, soit avec un groupe participant à un autre type de thérapie, soit avec l'application de différences de paramètres dans la thérapie contrainte induite). 4 études ont utilisé un groupe contrôle avec une thérapie conventionnelle afin de comparer l'effet de la thérapie contrainte induite par apport à une rééducation usuelle. Les études de l'auteur DeLuca (DeLuca et al., 2012 et CaseSmith, DeLuca 2012) avaient pour objectif de comparer différents dosages de la thérapie contrainte induite. L'étude principale de DeLuca (DeLuca et al., 2012) faisait une analyse des résultats

immédiatement après l'intervention, tandis que la seconde étude (« follow up ») correspondait à un suivi à 6 mois, avec pour objectif l'analyse des effets à 1 mois et 6 mois post-intervention (CaseSmith et DeLuca, 2012). Trois études avaient pour but de comparer la thérapie contrainte induite à un autre type de thérapie (Thérapie bi-manuelle, massage et thérapie neuro-développementale). Enfin, la dernière étude cherchait à comparer deux méthodes de contrainte (« contention manuelle » et « contention prolongée »).

La répartition des pays de provenance des articles est retranscrite dans la **figure 6** ci-dessous. Nous pouvons observer que la moitié des études s'est déroulée en Suède.

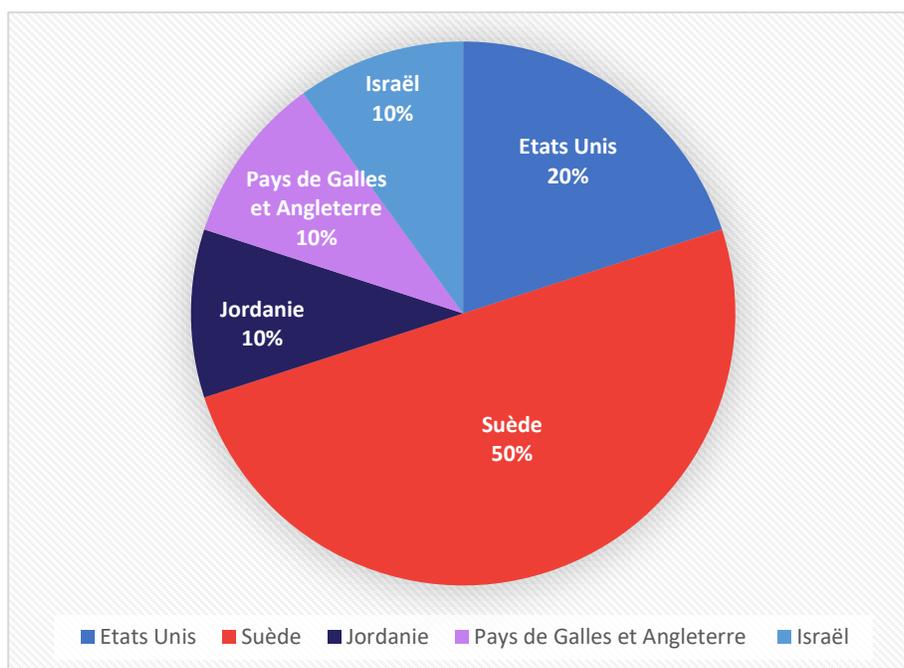


Figure 6 : Répartition des études en fonction du pays

2.2. Caractéristiques de la population étudiée

Au total, parmi les 10 études sélectionnées, 356 patients ont été inclus. Sur ces 356 patients, 243 ont participé à une intervention de type CIMT.

a. Âge

L'âge de tous les sujets confondus était compris entre 5 et 71 mois (soit légèrement moins que 6 ans). L'âge moyen des enfants ayant participé à une intervention de type thérapie contrainte induite était de 28.94 mois.

b. Sexe

Sur les 356 patients inclus (toutes thérapies confondues), la répartition des sexes était la suivante, avec une légère majorité en faveur des garçons : 197 garçons (55%) contre 159 filles (45%). Si nous nous intéressons uniquement aux sujets faisant partie des groupes de thérapie contrainte induite, la répartition est la suivante : 128 garçons (53%) et 115 filles (47%).

c. Critères d'éligibilité

Les critères d'éligibilité cités dans les études étaient en grande majorité similaires. Toutes les études ont indiqué inclure des enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale. De ce fait, la paralysie cérébrale bilatérale était un critère d'exclusion précisé dans toutes les études. Dans l'étude de Eliasson et al, 2018, les auteurs incluaient également les enfants « à risque » de développer une paralysie cérébrale unilatérale. Certaines études excluaient les enfants selon les critères suivants : ayant déjà participé par le passé à un programme de thérapie contrainte induite (DeLuca et al., 2012 ; Eliasson et al., 2011 ; Eliasson et Nordstrand 2015 ; Christmas et al., 2018), participant au moment de l'inclusion à un autre programme de rééducation intensive (Eliasson et al., 2011), ayant reçu une injection de botox dans les 6 derniers mois (DeLuca et al., 2012, Eliasson et al., 2011), ayant subi une chirurgie ou une situation médicalement instable telle que des problèmes respiratoires ou de l'épilepsie (Eliasson, 2011 et Chamudot, 2018), présentant une contre-indication à l'intervention telle qu'une affection cutanée (Christmas et al., 2018). 2 études ont précisé l'exclusion des enfants avec des déficiences visuelles (Eliasson et al., 2018 et Eliasson et al., 2011). Certains auteurs ont choisi d'inclure uniquement les enfants qui étaient capables de comprendre des instructions simples, adaptés à leur âge, et parvenant à coopérer lors des tests et dans la

procédure du traitement (Al Oraibi et Eliasson, 2011 ; Chamudot et al., 2018 ; Eliasson et al., 2011 ; DeLuca et al., 2012 ; Eliasson 2005). A l'inverse, une seule étude a indiqué inclure les enfants avec un diagnostic de paralysie cérébrale quelle que soit leur déficience cognitive (Eliasson et Nordstrand, 2015).

2.3. Comparaison des caractéristiques des interventions

La contention était majoritairement mise en place par les parents ou des enseignants préscolaires ayant reçu une formation au préalable. Dans toutes les études les parents devaient tenir un carnet, précisant notamment les temps de thérapie et les éventuels effets indésirables. Pour s'assurer du bon déroulé du protocole et guider au mieux les parents, une réunion hebdomadaire était organisée avec les thérapeutes. Toutes les contentions ont été appliquées dans l'environnement naturel de l'enfant (à la maison ou à l'école), et dans des situations de jeux, à l'exception du groupe « contention prolongée » de l'étude de Christmas de 2018. La durée totale de contention rapportée par les parents variait entre 36 heures (Eliasson et al, 2018) et 126 heures (DeLuca et al, 2012). Le moyen de contention différait selon les études ; certains protocoles utilisaient des mitaines (Eliasson et al, 2018 ; Chamudot, 2018), d'autres employaient des contentions simples comme des gants ou des chaussettes (Al Oraibi et Eliasson, 2011 ; Eliasson et Nordstrand, 2015). Deux études ont préféré l'utilisation d'attelles en plastique rigide (Eliasson, 2005 ; Eliasson et al, 2011 ; Eliasson et Holmefur, 2014). L'étude de Christmas analysait 2 types de contention : la contention manuelle (main dans la main) et la contention par plâtre. Enfin, dans les 2 études de l'auteur DeLuca (DeLuca et al, 2012 ; CaseSmith et DeLuca, 2012), le membre supérieur des enfants était également contraint par un plâtre rembourré. Voir **tableau 4** page suivante pour les caractéristiques des études concernant les protocoles appliqués.

Auteur, date	Durée	Durée de port de la contention	Mise en place de la contention par...	Formation reçue	Supervision par thérapeute	Moyen de contention	Précisions sur le déroulement de la thérapie
Al Oraibi, Eliasson, 2011	8s	2h/j Attendu : 96h Effectué : 92.5h	Famille (maman en majorité)	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Gant sur mesure qui empêche la saisie des objets.	Environnement naturel (maison) Activités motrices fines pendant les 96h (finalement pendant 56h en moyenne)
Eliasson et al, 2018	12s	6j/s 30min/j Au total : 36h	Famille	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Mitaine, confortable et acceptée par le nourrisson	Environnement naturel, avec exploration de jouets Nourrisson bien assis, le parent en face : favorise le contact visuel et l'interaction pendant le jeu
Eliasson, 2005	8s	7j/j à raison de 2h/j Au total : 112h Effectué : 59h	Famille/enseignant	NP	Hebdomadaire Carnet à tenir	Gant en tissu avec une attelle en plastique rigide palmaire, pour empêcher la saisie des objets.	Environnement naturel, apprentissage moteur Contention confortable. Les enfants pouvaient se soutenir/amortir une chute avec leur main saine
DeLuca et al., 2012	26j	21j/26 Groupe 1 : 6h/j Total : 126h Groupe 2 : 3h/j Total : 63h	Thérapeute	✓	Hebdomadaire (état cutané)	Plâtre rembourré (du bout des doigts à la zone axillaire). Coude à 90° de flexion ; Poignet et doigts en position neutre ; Pouce en abduction.	Environnement naturel Aucune instruction spécifique pour effectuer des activités de traitement en dehors du protocole quotidien.
Eliasson et al., 2011	8m	2h/j pendant 4m Total : 112h	Famille/enseignant	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Idem 3.	Environnement naturel
Eliasson, Nordstrand, 2015	18s	2 épisodes de 6s 30min/j	Famille	NP	Hebdomadaire	Contention simple (chaussette, gant ordinaire ou bandage souple)	Environnement naturel Contention appliquée pendant des séances de jeux
Christmas, 2018	6s	3 blocs de 2s Groupe 1 : 1h/j Au final : 1h/j Groupe 2 : 1h/j Au final : 30min/j	Famille/enseignant	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Groupe 1 : Plâtre rembourré semi rigide sur mesure ou attelle de poignet (têtes des métas jusqu'au-dessus du poignet). Poignet à 0° Groupe 2 : Contention main dans la main, sans force.	Groupe 1 : En situation clinique Groupe 2 : Environnement naturel de l'enfant 3 blocs entrecoupés de 2 semaines pour favoriser l'observance et réduire les événements indésirables.
Eliasson, Holmefur, 2014	8s	2h/j 7j/7 Attendu : 112h Effectué : 59h	Famille/enseignant	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Gant en tissu avec une attelle en plastique rigide palmaire, pour empêcher la saisie des objets.	Environnement naturel Contention confortable. Les enfants pouvaient se soutenir/amortir une chute avec leur main saine Injection de toxine pour quelques enfants
Chamudot, 2018	8s	7j/7 1h/j Attendu : 56h Final : 48.4h	Famille/enseignant	✓	Hebdomadaire Carnet à tenir	Mitaine douce	Environnement naturel de l'enfant Contention appliquée pendant les séances de jeux Programme à domicile pour encourager l'utilisation de la main (CIMT) ou des 2 mains (BIM)
CaseSmith, DeLuca, 2012	IDEM DeLuca et al., 2012.						

Tableau 4 : Caractéristiques des interventions

NP=non précisé ; s=semaine ; j=jour ; m=mois ; h=heure ; min = minutes ; CIMT=thérapie contrainte induite ; BIM=thérapie intensive bi-manuelle ; IDEM = mêmes caractéristiques.

3. Principaux résultats

Les principaux résultats sont présentés dans le **tableau 3**.

3.1. Critère de jugement primaire

Dans les études incluses, différents outils de mesure ont permis d'évaluer la fonction motrice du membre supérieur hémiparétique. Toutes les études ont utilisé le score AHA (Assisting Hand Assessment) ou l'adaptation mini-AHA. Selon les auteurs, ce score a été exprimé dans 2 unités différentes (logits et unités AHA). Certaines études ont complété ces mesures à l'aide d'instruments complémentaires : 3 études ont utilisé un test de qualité des compétences des membres supérieurs, appelé « QUEST » (DeLuca, 2012 ; Christmas, 2018 ; CaseSmith et DeLuca, 2012). Enfin, 1 seule étude s'est servie de l'échelle HAI (Eliasson et al., 2018).

a. Résultats après l'intervention

L'étude de Al Oraibi et Eliasson avait pour objectif de comparer l'efficacité de la thérapie contrainte induite par rapport à celle de la thérapie neuro-développementale (NDT). Les résultats ont montré une amélioration significativement meilleure en faveur du groupe CIMT ($p=0.016$). En effet, le score AHA s'est vu amélioré de quelques unités, passant de 41.6 initialement à 48 unités AHA après la thérapie contrainte induite, tandis que le score AHA du groupe NDT est passé de 56 à 56.6. Au niveau individuel, tous les enfants du groupe CIMT se sont améliorés, et 5 d'entre eux (71% des enfants du groupe) se sont améliorés de plus de 3 unités.

L'étude de Eliasson et al de 2018, cherchait à comparer la thérapie de type contrainte induite et une thérapie par le massage. Dans cette étude, le score HAI est le principal outil de mesure pour suivre l'évolution de la fonction motrice du membre supérieur atteint. On note une amélioration significative du score HAI de la main affectée dans les 2 groupes ($p=0.0001$). L'amélioration semble être en faveur du groupe CIMT ($p=0.041$), avec un passage de la médiane de 10 à 13 après les 6 premières semaines d'intervention. Le score médian s'est maintenu à 13 pour ce même groupe

après la seconde période d'intervention (de 6 semaines également). Le score HAI médian du groupe « massage » est passé de 5 à 6 points après les 2 périodes d'intervention.

Selon l'étude de Eliasson de 2005, le groupe ayant reçu la thérapie contrainte induite a montré une amélioration significative du score AHA plus importante que le groupe recevant une thérapie conventionnelle. Le score du groupe CIMT est passé de -2.86 à -1.63 logits AHA ($p=0.005$), alors que le score du groupe contrôle est passé de -2.23 à -2.06 logits AHA.

Dans l'étude de DeLuca et al, 2012, 2 dosages de thérapie étaient comparés (3 heures contre 6 heures). Il n'y a pas eu de différence significative entre les 2 dosages, ainsi, les auteurs ont présenté les résultats sans distinction des 2 groupes. Pour 7/8 des mesures de l'étude, les 2 groupes ont présenté des améliorations significatives dans les mouvements et les compétences après le traitement. Les résultats du score AHA montrent un effet significatif qui confirme les bienfaits de la TCI ($p<0.001$) : on note une amélioration du score moyen qui est passé de -0.69 à 1.86 logits ! Toutes les sous-échelles du test QUEST montrent des résultats significativement positifs pour les 2 groupes après traitement ($p<0.001$).

L'essai croisé de Eliasson et al de 2011 montre que la thérapie « Eco-CIMT » améliore nettement la capacité à utiliser la main hémiplegique, peu importe l'ordre de prise en charge. En effet, les résultats montrent une amélioration significative de 53 à 59 unités AHA pour le groupe 1 et de 49 à 56 unités AHA pour le groupe 2. Selon l'étude, l'estimation moyenne d'effet de traitement est de 5.47 unités AHA après l'intervention ($p<0.001$). On note une bonne amélioration individuelle après la TCI : 15 enfants sur 25 ont obtenu une amélioration de plus de 5 unités AHA (soit 60% des enfants).

L'étude de Christmas de 2018 avait pour but de comparer 2 méthodes de contention (une « contention prolongée » et une « contention manuelle »). Le score AHA montre une amélioration significative dans les 2 groupes, avec une différence avant/après de 9 unités AHA (score initial moyen de 43.8) pour le groupe « contention prolongée » ($p<0.001$) et une différence de 5.3 unités pour le groupe « contention manuelle » ($p=0.01$) (avec un score initial moyen de 44.6). Concernant le QUEST, le changement était quasi-similaire pour les 2 groupes : une diminution moyenne de

1.5% pour le groupe restriction prolongée (avec un score initial de 70.8%) et de 1.6% pour le groupe contention manuelle (score initial de 71.5%).

L'étude de Chamudot montre une amélioration significative des scores mini-AHA des 2 groupes (CIMT et thérapie bi-manuelle). Le score moyen des enfants du groupe CIMT a connu une grande amélioration significative passant de 28.6 à 43.1 unités après le traitement ($p < 0.01$). Après la période d'intervention, les enfants du groupe de la thérapie bi-manuelle ont vu leur score mini-AHA s'améliorer, avec un score moyen initial de 23.3 unités et un score final de 42. Les intervalles de confiance à 95% étaient étendus.

b. Résultats à plus long terme (à 10 semaines, 1 mois et 6 mois post-intervention)

L'étude de Eliasson et al (2018) a effectué un suivi à 18 mois d'âge avec une mesure du score AHA ; la mesure avant traitement n'ayant pas eue lieu, il n'y a pas de comparaison possible avant/après pour témoigner d'une amélioration. Cependant, lorsque nous comparons le score médian du groupe thérapie contrainte induite avec le groupe massage, nous pouvons noter un score plus élevé chez les enfants ayant reçus la thérapie contrainte induite (51 unités AHA contre 24 unités).

L'étude d'Eliasson de 2005 évalue les résultats 6 mois après le traitement. Les scores AHA ont continué de s'améliorer significativement pour finalement atteindre -1.10 logits AHA (le score était de -1.63 logits juste après la thérapie). Concernant le groupe contrôle, le score à 6 mois était de -1.29 logits (contre -2.06 logits juste après l'intervention). L'amélioration sur le long terme semble être meilleure chez le groupe contrôle.

L'étude de DeLuca de 2012 observe les résultats 1 mois après la fin de l'intervention. Les scores AHA ont légèrement diminués de 1 mois après le traitement par rapport aux scores relevés juste après le traitement : les scores moyens sont passés de 1.86 à 1.70 logits. Le sous-score « mouvements dissociés » du QUEST était comparable après le traitement et 1 mois après, avec une moyenne respective de 22.72% et de 22.77%. Nous pouvons noter une amélioration 1 mois

après le traitement du sous score « Attrape » du QUEST : la moyenne était de 5.61% après le traitement et de 6.41% 1 mois après.

L'essai contrôlé randomisé de Case Smith et DeLuca (2012) évalue les effets de l'étude de DeLuca à 1 mois et 6 mois après l'intervention. Sur 18 enfants, 3 n'ont pas pu être suivis à 6 mois. Les résultats confirment le maintien des bénéfices à 6 mois dans toutes les mesures, à l'exception de la sous échelle « mouvements dissociés » du QUEST. 1 mois après la thérapie, le score AHA est passé de 0.84 (après traitement) à 1.08 logits pour le groupe ayant reçu 3 heures de thérapie par jour. On observe une diminution du score AHA à 1 mois pour le groupe ayant reçu 6 heures : le score moyen est passé de 3.03 logits à 2.55. Il n'y a pas de différence significative entre les 2 dosages. A 6 mois, les scores des 2 groupes ont légèrement augmenté : le score final du groupe 3 heures est de 1.37 logits, et de 3.14 pour le groupe 6 heures. Concernant le groupe ayant reçu 3 heures d'intervention, le sous-score préhension/relâchement du QUEST montre une amélioration 1 mois après l'intervention, passant de 4,50 points en post-intervention à 5,25 à 1 mois. Le score a continué de croître à 6 mois (6,13 points). Le groupe ayant reçu 6 heures de thérapie s'est légèrement amélioré 1 mois après l'intervention, passant de 5 à 5,73 points avec un maintien à 6 mois (5,86 points). Le sous-score « mouvements dissociés » du QUEST révèle des améliorations significatives à 1 mois post-intervention pour les 2 groupes ($p=0.001$). Le groupe ayant reçu le plus petit dosage est passé de 22,13 points en post intervention, à 22,25 points 1 mois après l'intervention. Cependant, à 6 mois post-intervention, le score a légèrement diminué (19.9 points). Les résultats du groupe 6 heures montrent une augmentation du sous-score 1 mois après la fin de l'intervention (de 21,86 en post-traitement à 23,22 points), puis, une légère diminution à 6 mois (22,6 points).

c. Études rétrospectives

Selon l'étude rétrospective de Eliasson et Nordstrand (2015), le groupe ayant reçu durant la première année de vie une thérapie de type contrainte induite était 5,83 fois plus susceptible d'avoir un niveau fonctionnel élevé pour la main affectée que le groupe contrôle. D'après les auteurs, un niveau fonctionnel élevé correspondait à un score compris entre 63 et 100 unités AHA.

Ainsi, la participation à un programme de thérapie contrainte induite s'est avérée être un facteur prédictif significatif d'un niveau fonctionnel élevé à 2 ans d'âge ($p=0.014$). Moins d'enfants avec « baby-CIMT » avaient un niveau fonctionnel faible à 2 ans (0 à 20 unités AHA), bien que la proportion (16.1%) ne soit pas significativement inférieure ($p=0.084$) à celle du groupe sans CIMT (26.8%).

L'étude de Eliasson et Holmefur est une étude rétrospective de type cas-témoins, avec pour objectif d'évaluer l'influence de la TCI sur le long terme. Les enfants étaient divisés en 2 groupes : un groupe ayant reçu une période de TCI à l'âge de 2-3 ans, et un groupe contrôle, avec une thérapie conventionnelle. Les auteurs ont évalué l'évolution de la fonction motrice de la main vers l'âge de 8 ans. Les scores AHA des enfants ayant reçu la thérapie contrainte induite ont augmenté lors de la mesure à 8 ans, passant de 38 à 66 unités environ. Les résultats montrent une différence significative entre les 2 groupes ($p=0.022$), en faveur du groupe TCI. En effet, le score AHA des enfants s'est amélioré en moyenne de 8.5 unités de plus que le groupe contrôle (le score final est de 66.3 pour le groupe CIMT contre 57.7 pour le groupe contrôle), et les enfants du groupe TCI montrent une plus grande différence entre les scores avant/après.

3.2. Critère de jugement secondaire

Le critère de jugement secondaire a été évalué par le PMAL (Pediatric Motor Activity Log) dans 2 études. Ce score permet d'évaluer la fréquence et la qualité d'utilisation du membre supérieur hémiparétique (DeLuca et al., 2012 et Case Smith et DeLucas, 2012). Dans cette revue, nous nous sommes intéressés uniquement à la sous-échelle du PMAL qui évalue la fréquence d'utilisation (How Often).

D'après l'étude de DeLuca de 2012, les parents des 2 groupes confondus ont noté une amélioration significative de la quantité d'utilisation de la main (selon la sous-échelle « How Often » de PMAL). Il n'y avait pas de différence significative entre les 2 dosages, ainsi, les auteurs ont mélangé les 2 groupes pour l'analyse des résultats. La sous-échelle « How Often » montre une amélioration significative entre les résultats avant et après traitement : le score initial était de 1.97

et le score après traitement moyen est de 3.48. Les résultats ont légèrement diminué 1 mois après le traitement, avoisinant un score de 3.42.

Selon l'étude de Case Smith et DeLuca, la sous-échelle « How Often » du PMAL montre une amélioration significative pour les 2 groupes directement après l'intervention ($p=0.001$). Le score moyen du groupe 3h est passé de 2.13 à 3.10 juste après l'intervention. Les améliorations se poursuivent 1 mois après l'intervention : le score relevé à 1 mois est de 3.17. Finalement, le score moyen a légèrement diminué à 6 mois post-intervention. Le groupe 6h s'est davantage amélioré : il est passé de 2.15 à 3.57 points après l'intervention. A 1 mois, nous pouvons noter une légère baisse avec un score moyen de 3.35. Finalement, les résultats montrent une nouvelle augmentation 6 mois après, avec un score moyen de 3.5 points.

4. Qualité des études

4.1. Qualité méthodologique des études

L'évaluation des sources de biais est indispensable pour l'analyse des résultats. Elle permet d'identifier certains facteurs qui pourraient influencer les résultats des études incluses dans la revue systématique.

a. Qualité méthodologique des essais contrôlés randomisés

L'échelle PEDro a permis d'évaluer la qualité méthodologique des 7 essais contrôlés randomisés inclus dans la revue systématique. Les résultats détaillés des biais de ces études sont présents dans le **tableau 5** (page suivante). Le score PEDro des études oscille entre 6 et 9. Nous considérons que les études de haute qualité présentent un score ≥ 7 . Les études de faible qualité présentent un score inférieur à 7. Ainsi, la majorité des études incluses peuvent être qualifiées de « haute qualité », avec un score compris entre 7 et 9 (Eliasson et al, 2018 ; Christmas et al, 2018 ; Chamudot, 2018 ; DeLuca, 2012).

Études	Précision des critères d'éligibilité	Répartition aléatoire	Répartition secrète	Groupes identiques au début	Sujets en aveugle	Thérapeute en aveugle	Examineurs en aveugle	Mesures obtenues >85% des sujets	Analyse en intention de traiter	Résultats comparaisons des groupes indiqués	Estimation des effets et de leur variabilité	Score PEDro final (sur 11)
Al Oraibi, Eliasson, 2011	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	6
Eliasson et al, 2018	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	8
DeLuca, 2012	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	7
Eliasson et al, 2011	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	6
Christmas, et al. 2018	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	9
Chamudot, 2018	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	7
DeLuca, Case-Smith 2012	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	6

Tableau 5 : Qualité méthodologique selon le score PEDRO.

Légende associée au tableau 5 : Classification des 11 items de l'échelle PEDro :

Validité externe : Correspond à l'item « précision des critères d'éligibilité » (1 item).

Validité interne : Liste des biais selon les items PEDro :

- Biais de sélection (3 items)
- Biais d'évaluation ou de détection (3 items)
- Biais de suivi (1 item)
- Biais d'attrition (1 item)
- Quantité de notions statistiques suffisantes pour interpréter les résultats (2 items)

✓ = Absence du biais

✗ = Présence du biais

b. Qualité méthodologique des autres études

La qualité méthodologique des 2 études rétrospectives (Eliasson, Nordstrand, 2015 et Eliasson, Holmefur, 2014) a été évaluée à l'aide de l'échelle STROBE (**tableau 6**). L'étude de Eliasson et Nordstrand a obtenu un score de 20/22, traduisant une bonne qualité. L'étude de Eliasson et Holmefur présente un score légèrement plus bas (16/22).

		Eliasson, Nordstrand, 2015	Eliasson et Holmefur, 2014	
Titre et résumé	1. Type d'étude indiqué dans le résumé ; information synthétique fournie	✓	✗	
	Introduction	2. Contexte scientifique et légitimité de l'étude énoncée	✓	✓
		3. Objectif spécifiques cités, y compris les hypothèses	✓	✓
Méthodes	4. Éléments clés de la conception de l'étude présentés	✓	✓	
	5. Contexte, lieux, et dates pertinentes décrits	✓	✓	
	6. Critères d'éligibilité décrits	✓	✗	
	7. Critères de résultats et facteurs de confusion potentiels clairement définis	✓	✓	
	8. Méthodes de mesure des variables d'intérêt indiquées	✓	✓	
	9. Mesures décrites pour éviter les sources potentielles de biais	✓	✓	
	10. Méthode de détermination du nombre de sujets expliquée	✗	✗	
	11. Méthode de traitement des variables quantitatives expliquée	✓	✓	
	Résultats	12. Analyses statistiques décrites, y compris celles pour contrôler les facteurs de conclusion ; méthode de traitement des perdus de vue décrite	✓	✗
		13. Nombre d'individus à chaque étape de l'étude et raisons de non-participation rapportés	✓	✓
14. Caractéristiques de la population étudiée indiquées (démographies, cliniques, sociales)		✓	✗	
15. Nombre d'événements survenus ou indicateurs mesurés au cours du temps rapportés		✓	✓	
16. Estimations non ajustées et après ajustements indiquées (intervalle de confiance à 95%)		✗	✗	
Discussion	17. Analyses secondaires mentionnées (exemple : analyses de sous-groupe)	✓	✓	
	18. Principaux résultats résumés en se référant aux objectifs de l'étude	✓	✓	
	19. Limites de l'étude discutées	✓	✓	
	20. Interprétation générale prudente donnée	✓	✓	
	21. « Généralisabilité » (validité externe) des résultats discutée	✓	✓	
Financement	22. Source de financement et rôles des financeurs pour l'étude indiquée	✓	✓	
TOTAL		20/22	16/22	

Tableau 6 : Qualité méthodologique selon l'échelle STROBE.

Légende associée au tableau 6 (page précédente) : ✓ = Absence du biais ; ✗ = Présence du biais.

La qualité méthodologique de l'essai contrôlé non randomisé (Eliasson et al., 2005) a été évaluée à l'aide de l'échelle ROBINS-I. Le score a été établi après l'étude attentive des lignes directrices de l'échelle (Sterne et al, 2016). Les détails du score sont retranscrits dans le **tableau 7**. On observe une majorité de risque de biais faible (5/7), un seul risque modéré, ainsi qu'un risque élevé.

<i>Auteurs, date</i>	Biais de confusion	Biais de sélection	Biais de classification	Biais dû à des écarts par rapport aux interventions prévues	Biais d'attrition	Biais de détection	Biais de rapport des résultats
<i>Eliasson, 2005</i>							
	 = <i>Risque faible ;</i>	 = <i>Risque modéré ;</i>	 = <i>Risque élevé</i>				

Tableau 7 : Évaluation des biais selon ROBINS-I

4.2. Niveau de preuve scientifique

Les recommandations de la HAS publiées en 2013 ont permis d'évaluer le niveau de preuve des études incluses et de leur attribuer un grade, retranscrits dans le **tableau 8 page suivante**. La gradation des recommandations ne présume pas nécessairement du degré de force de celles-ci. Dans les études sélectionnées, la puissance était le plus souvent déterminée en fonction de la taille de l'effet. Ainsi, 2 essais contrôlés randomisés sont de forte puissance (grade A-1), les 5 autres ECR étant classés en B-2 (faible puissance), à l'instar de l'essai contrôlé non randomisé (Eliasson, 2005). L'étude cas-témoins est gradée C-3 (Eliasson, Holmefur, 2014). La gradation C-4 concerne l'étude de cohorte rétrospective (Eliasson, Nordstrand, 2015).

Auteurs	Type d'étude	Grade
<i>Eliasson, 2005</i>	Essai contrôlé non randomisé	B-2
<i>Al-Oraibi, Eliasson, 2011</i>	Essai contrôlé randomisé	B-2
<i>Eliasson et al, 2011</i>	Essai contrôlé randomisé	B-2
<i>Case smith, DeLuca, 2012</i>	Essai contrôlé randomisé	B-2
<i>DeLuca et al, 2012</i>	Essai contrôlé randomisé	B-2
<i>Eliasson, Holmefur, 2014</i>	Étude rétrospective cas/contrôle	C-3
<i>Eliasson, Nordstrand, 2015</i>	Étude de cohorte rétrospective	C-4
<i>Chamudot, 2018</i>	Essai contrôlé randomisé	A-1
<i>Eliasson et al, 2018</i>	Essai contrôlé randomisé	B-2
<i>Christmas, 2018</i>	Essai contrôlé randomisé	A-1

Tableau 8 : Évaluation du niveau de preuve d'après les recommandations de la HAS

IV. Discussion et perspectives

1. Synthèse et interprétation des résultats

L'objectif de la revue systématique était de déterminer si la thérapie contrainte induite pouvait améliorer la fonction motrice du membre supérieur hémiplégique chez les enfants de 5 mois à 6 ans atteints de paralysie cérébrale. Selon l'ensemble des résultats des études, cette thérapie semble être une méthode pertinente à intégrer au programme de rééducation des jeunes enfants cérébro-lésés. En effet, tous les enfants ayant participé à des interventions de thérapie contrainte induite ont démontré une tendance au changement positif de la fonction motrice du membre supérieur après la période de traitement, en particulier selon les scores AHA et HAI. Seule une étude montre une légère diminution du score QUEST (Christmas, 2018). Certaines études montrent que les effets peuvent être maintenus, voire améliorés sur le long terme (à 1 mois et 6 mois notamment). De plus, une étude a mis en évidence une différence importante dans le développement des enfants jusqu'à l'âge de 8 ans, en faveur des enfants qui ont reçu un programme de TCI à l'âge de 2 à 3 ans, par rapport aux enfants qui n'ayant reçu qu'une thérapie conventionnelle (Eliasson et Holmefur, 2014). L'étude de Eliasson et Nordstrand de 2015 montre que l'utilisation

de la thérapie contrainte induite associée à des soins conventionnels au cours de la 1^{ère} année de vie augmente les chances d'avoir une meilleure utilisation de la main affectée dans les activités bi-manuelles à l'âge de 2 ans. Selon la majorité des études (90%), la TCI semble être plus efficace que les autres thérapies (thérapie neuro-développementale, massage, thérapie conventionnelle). Seule l'étude comparant la thérapie contrainte induite avec une thérapie bi-manuelle montre des résultats légèrement inférieurs pour la TCI (Chamudot, 2018). Les études de DeLuca (DeLuca, 2012 ; DeLuca et CaseSmith, 2012) ne montrent pas de différence significative entre les 2 dosages (6h/jour ou 3h/jour). Cependant, les analyses montrent que le traitement administrant 3h de thérapie semble être plus adapté aux jeunes enfants. Ces résultats peuvent être expliqués par une attention limitée et une fatigue plus rapide des enfants recevant 6h de thérapie, en raison de leur jeune âge (3 à 6 ans). Aussi, il est possible que les familles des enfants du groupe ayant reçu 3h aient investi davantage de temps pour pratiquer et approfondir les compétences apprises. En conclusion, un niveau de dosage moins soutenu, et par conséquent moins coûteux de TCI peut produire des bénéfices équivalents pour de nombreux jeunes enfants. Les 2 études évaluant le critère de jugement secondaire ont montré une augmentation de la fréquence d'utilisation du membre supérieur hémiplégique, réduisant ainsi le phénomène de non-utilisation acquise.

Certaines études montrent que les résultats ne sont pas uniquement attribuables à la thérapie, mais qu'ils sont multifactoriels, dépendants notamment du score initial AHA (Eliasson, 2005 ; Eliasson et Holmefur, 2014), du type de lésion cérébrale (Eliasson et Holmefur, 2014) mais aussi de la durée de port de la contention (Christmas, 2018 ; DeLuca et al. 2012 ; CaseSmith et DeLuca, 2012), de l'âge (Eliasson, 2005 ; Eliasson, 2011) ou encore de la volonté et de la motivation des familles (Al Oraibi et Eliasson, 2011). Ces facteurs constituent des biais de confusion dans les études sélectionnées. Les enfants avec un faible score AHA initial bénéficiaient davantage de la thérapie contrainte induite que ceux qui étaient plus compétents avant le début de l'intervention. Les résultats de l'étude de Eliasson de 2005 remettent en question l'importance d'une intervention précoce : dans cette étude, la fonction motrice du membre supérieur des enfants plus âgés semble obtenir une meilleure amélioration que les enfants les plus jeunes. Au contraire, une étude plus tardive de Eliasson (2011) observe que les enfants plus jeunes obtiennent une amélioration plus importante que les enfants plus âgés. Dans cette dernière étude, 21% de la variation des résultats pourrait être expliquée par l'âge des enfants. En ce qui concerne la durée de contrainte, une

adaptation du programme d'intervention nommée « Eco-CIMT » a été pensée dans l'étude de Eliasson de 2011, dans le but de mieux convenir nourrissons. En effet, à un âge précoce, les enfants ont une concentration et une durée d'attention plus limitée, rendant difficile l'application d'un programme de 6 heures par jour (durée couramment utilisée). Dans ce programme « Eco-CIMT », l'approche est centrée sur l'enfant, ses envies et ses capacités, pour l'inciter à participer activement aux activités et augmenter sa motivation. Pour se faire, les familles doivent respecter les difficultés et les frustrations des enfants avec des activités intéressantes facilement réalisables avec la main hémiplésique. Selon cette étude, l'implication des parents et des enseignants du préscolaire semble être un avantage non négligeable car ce sont les personnes qui connaissent le mieux les enfants, avec leurs préférences de jeux et leurs capacités. Les auteurs de cette étude considèrent qu'une étude croisée présente des avantages pour cette population hétérogène d'enfants. Bien que les résultats de cette étude croisée (Eliasson, 2011) soient très significatifs, tous les enfants n'ont pas obtenu d'améliorations significatives. Le programme « bébé-CIMT » de l'étude rétrospective de Eliasson et Nordstrand (2015) diffère des approches précédentes car il implique un entraînement manuel intensif qui s'intéresse uniquement aux limitations propres à chaque enfant. Cette étude a permis de montrer que les enfants en bas âge, avec un niveau cognitif immature, pouvaient bénéficier de ce programme « bébé-CIMT » adapté.

2. Rapports des parents et effets indésirables

Les rapports des familles indiquent une satisfaction générale des parents concernant la thérapie contrainte induite (Christmas, 2018 ; Eliasson et al, 2018). En effet, ces derniers témoignent d'une amélioration de l'utilisation de la main et ils estiment que la thérapie est bénéfique pour le développement global de leur enfant (Eliasson et al, 2018). Les rapports montrent également une bonne tolérance au port de la contention, avec une absence de frustration ou d'inconfort perçu par les enfants (Eliasson 2005 ; Eliasson et al, 2018 ; Chamudot, 2018 ; CaseSmith et DeLuca, 2012). Les enfants de l'étude de Christmas semblaient plus coopératifs avec une contrainte prolongée (par un plâtre) qu'avec une contrainte manuelle (main dans la main). L'observance de la contention était généralement bonne (Christmas, 2018 ; Chamudot, 2018).

Cependant, certaines inquiétudes concernant des effets indésirables de la thérapie contrainte induite ont été exprimées (Eliasson et Nordstrand, 2015 ; Eliasson, 2018), il était donc nécessaire d'étudier les effets sur la main non affectée. Il est important de rappeler que la main saine n'était contrainte uniquement le temps de l'entraînement, soit en moyenne 2 heures par jour d'après les programmes des études incluses dans cette revue systématique. L'étude de Eliasson de 2018 évoque la conclusion que le baby-CIMT n'affecte pas négativement le développement de la main non affectée. En effet, des améliorations significatives du score HAI de la main saine ont été notées dans les deux groupes (bébé massage et bébé CIMT). Par ailleurs, aucune différence dans la fonction du membre sain n'a été retrouvée à 10 semaines, ce qui suggère qu'il n'y a eu aucun effet indésirable lié à la contention (Christmas, 2018). Les auteurs de l'ensemble des études sélectionnées retrouvent un faible taux d'événements indésirables dans les carnets. Selon l'étude de CaseSmith et DeLuca de 2012, les parents ne signalent aucune perturbation importante concernant les habitudes de sommeil des enfants, des irritations de peau, ou une dégradation de la fonction du membre supérieur concerné. Les événements indésirables retrouvés dans l'étude de Christmas de 2018 correspondent à des abrasions cutanées ou des ecchymoses mineures à la suite de chutes. Cependant, ces événements se sont résolus rapidement après la fin de l'intervention. Selon l'étude de Christmas 2018, les enfants du groupe de contention prolongée avaient plus de risques d'abrasions cutanées. Ce risque a pu être contrôlé en utilisant un dispositif rembourré court, facilement amovible qui permettait l'extension de protection. Les parents devaient porter une attention particulière à leur enfant dans les situations de déséquilibre, comme dans les escaliers.

3. Interprétation de la qualité méthodologique et des biais des études

La majorité des études sélectionnées dans cette revue systématique correspond à des essais contrôlés randomisés (70%). Une étude est un essai contrôlé mais non randomisé. Seules 2 études ont suivi un design rétrospectif (Eliasson et Holmefur, 2014 ; Eliasson et Nordstrand, 2015). L'analyse des biais est divisée en 3 parties, selon ces designs d'étude.

3.1. Analyse des biais des études contrôlées randomisées

Dans un premier temps, nous allons aborder les essais contrôlés randomisés. L'étude des biais a été réalisée grâce à l'échelle PEDro. Toutes ces études ont obtenu un score supérieur ou égal à 6/11. Les critères d'éligibilité et la randomisation ont été respectés dans l'ensemble des essais contrôlés randomisés. L'étude de Chamudot de 2018 représente la première étude contrôlée randomisée de thérapie contrainte induite réalisée sur des nourrissons de moins de 18 mois. Les auteurs de cette étude ont mis en œuvre un protocole modifié de thérapie contrainte induite adapté à cette jeune population. Chamudot est également à l'origine d'une nouvelle échelle standardisée pour évaluer la fonction motrice du membre supérieur des nourrissons (Mini-AHA). Ce score étant indépendant de l'âge, il semble légitime de penser que les améliorations sont dues à la thérapie plutôt qu'au développement naturel de l'enfant. Cette étude (Chamudot, 2018) est particulièrement intéressante car elle n'a pas exclu les enfants avec une faible fonction du membre supérieur au moment de l'inclusion, contrairement à de nombreuses études. 5 essais n'ont pas suivi une répartition secrète (Al Oraibi, Eliasson, 2011 ; DeLuca, 2012 ; Eliasson et al, 2011 ; Chamudot, 2018 ; DeLuca, CaseSmith 2012), constituant un biais de sélection. Seules 2 études ont indiqué des différences significatives dans les caractéristiques initiales des groupes avant le début de l'intervention (DeLuca, 2012 et Eliasson et al., 2011). L'étude de CaseSmith et DeLuca de 2012 présente un biais d'échantillonnage en raison d'une puissance insuffisante (taille de l'échantillon faible). Il existe un biais d'évaluation dans toutes les études sélectionnées car les patients et les thérapeutes (ou parents) n'étaient jamais en aveugle. Il est important de relever que la mise en aveugle des sujets et des thérapeutes est impossible dans le cadre de l'application d'une contrainte physique sur le membre supérieur de l'enfant. Pour amoindrir le biais d'évaluation et renforcer la validité de l'étude, les examinateurs de la totalité des études étaient en aveugles lors de l'évaluation après traitement. Dans l'étude de Christmas de 2018, l'évaluateur avait connaissance de l'attribution pour 8% des participants lors de l'évaluation de 10 semaines, ce qui représente un léger biais d'attrition. Un biais de suivi est intervenu dans 3 études, majoritairement en raison des perdus de vue causant la perte des mesures pour plus de 15% des sujets (Al Oraibi, Eliasson, 2011 ; Eliasson et al., 2018 ; DeLuca, CaseSmith, 2012). Par exemple, dans l'étude de Al Oraibi et Eliasson, 6 enfants ont été perdus de vue en raison de problèmes familiaux ou techniques, réduisant ainsi le nombre de sujets à 14 au lieu des 20 initialement inclus. L'analyse en intention de traiter

n'a pas été menée dans 4 études (Al Oraibi, Eliasson, 2011 ; Eliasson et al, 2011 ; Chamudot, 2018 ; DeLuca, CaseSmith, 2012).

3.2. Analyse des biais des études rétrospectives

L'analyse des études rétrospectives a été réalisée à l'aide de l'échelle de STROBE. *Selon les grades de la HAS*, le modèle rétrospectif altère la qualité des études. *Selon les auteurs Eliasson et Nordstrand*, le choix du design rétrospectif de l'étude permet d'étudier plus simplement l'effet de l'intervention précoce, qu'avec un design prospectif. En effet, dans les modèles prospectifs, le manque d'évaluation sensible mesurant spécifiquement la fonction de la main chez les nourrissons atteints de paralysie cérébrale est un obstacle. En utilisant un modèle rétrospectif, les auteurs ont pu employer un outil d'évaluation développé et évalué pour les enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale. Un autre avantage de ce design est que seuls les enfants avec un diagnostic confirmé ont été inclus, car l'inclusion de nourrissons avant la confirmation du diagnostic pose souvent un problème. Les premiers signes de paralysie cérébrale ne conduisent pas nécessairement à un diagnostic confirmé par la suite. Dans une étude précédente (Blauw-Hospers 2007), seulement 50% des nourrissons avaient un diagnostic de paralysie cérébrale confirmé à un âge plus avancé [2]. L'étude de Eliasson et Nordstrand de 2015 présente un biais d'échantillonnage. L'étude de Eliasson et Holmefur de 2014 n'indique pas le type d'étude dans le résumé de l'étude, et ne précise pas non plus les critères d'éligibilité. Les 2 études (Eliasson, Holmefur, 2014 ; Eliasson, Nordstrand, 2015) n'ont pas expliqué la méthode de détermination du nombre de sujets nécessaires pour l'élaboration de l'étude. En ce qui concerne l'analyse des résultats, ces 2 études rétrospectives n'indiquent pas d'estimation des résultats avant et après ajustement. Par ailleurs, l'étude de Eliasson et Holmefur n'aborde pas les caractéristiques cliniques, sociales et démographiques de la population incluse.

3.3. Analyse des biais de l'étude contrôlée non randomisée

L'unique essai contrôlé non randomisé (Eliasson, 2005) a été évalué à l'aide de l'échelle ROBINS-I. Le biais majeur de cette étude est dû à un écart par rapport aux interventions prévues. En effet, nous pouvons observer de grandes variations en ce qui concerne le temps d'application de la contention dans cette étude, pouvant aller de 16 heures à 120 heures, avec une moyenne de 59 heures. Le temps du port de la contention initialement attendu était de 120 heures au total. Quatre enfants ont abandonné le programme de l'étude à un stade précoce, et 3 enfants n'ont pas accepté le gant de contention et n'ont ainsi pas été inclus dans l'étude. Enfin, 1 enfant a quitté le programme en raison de difficultés familiales. Les données neuroradiologiques ont été recueillies pour 31 enfants sur les 38 inclus. Toutes ces données manquantes constituent un biais d'attrition.

3.4. Synthèse de la qualité des études

Auteurs	Type étude	Grade	Résultat PEDRO	Résultat STROBE	Résultat ROBINS-I
<i>Eliasson, 2005</i>	Essai contrôlé non randomisé	B-2	/	/	1 risque élevé ; 1 risque modéré ; 5 risques faibles
<i>Al-Oraibi, Eliasson, 2011</i>	ECR	B-2	6/11	/	/
<i>Eliasson et al, 2011</i>	ECR	B-2	6/11	/	/
<i>Case smith, DeLuca, 2012</i>	ECR	B-2	6/11	/	/
<i>DeLuca et al, 2012</i>	ECR	B-2	7/11	/	/
<i>Eliasson, Holmefur, 2014</i>	Rétrospective cas-contrôle	C-3	/	16/22	/
<i>Eliasson, Nordstrand, 2015</i>	Rétrospective cohorte	C-4	/	20/22	/
<i>Chamudot, 2018</i>	ECR	A-1	7/11	/	/
<i>Eliasson et al, 2018</i>	ECR	B-2	8/11	/	/
<i>Christmas, 2018</i>	ECR	A-1	9/11	/	/

Tableau 9 : Tableau synthétique de la qualité des études

Légende associée au tableau 9 : ECR = Essai contrôlé randomisé

Finalement, l'étude avec la meilleure qualité méthodologique, le risque de biais le plus faible et les améliorations les plus importantes semble être l'essai randomisé contrôlé de Christmas de 2018, avec un score PEDRO de 9/11 et un grade A-1 (**voir tableau 9**). Il semble raisonnable de se fier davantage aux résultats de cette étude, ainsi qu'aux caractéristiques de son protocole.

4. Lien avec le contexte

Il paraît intéressant de comparer les résultats de cette revue avec une étude ayant pour objectif d'évaluer les effets de la thérapie contrainte induite sur la fonction motrice du membre supérieur chez des enfants plus âgés (dans l'idéal de plus de 6 ans). Cette analyse permettrait ainsi d'appuyer ou non l'intérêt d'intégrer la TCI dans le programme de rééducation de manière « précoce ». Les recherches dans la littérature ont abouti à la sélection d'un essai randomisé pertinent (Sakzewski et Ziviani, 2011), qui incluaient 62 enfants de 5 à 16 ans, atteints de paralysie cérébrale unilatérale. L'objectif de cette étude était de comparer la TCI avec la thérapie bi-manuelle [33]. Pour se faire, 32 enfants ont participé à un programme de thérapie contrainte induite sur une période de 10 jours (avec 60 heures d'entraînement). Le contenu du programme était basé sur des activités ludiques et permettait de développer de nombreuses compétences. Avant l'intervention, les enfants présentaient principalement un niveau de fonction motrice modéré selon la classification MACS (niveau II). Les résultats de cette étude montrent une différence d'amélioration du score AHA légèrement en faveur du groupe CIMT. On note une amélioration significative du score AHA après l'intervention pour le groupe CIMT ($p < 0.001$), passant ainsi de 61.6 à 64.7 unités en moyenne, contre une amélioration de 1.9 unités pour le groupe BIM (thérapie bi-manuelle). Par ailleurs, cette amélioration dans le groupe CIMT semble être inférieure aux améliorations que nous avons observées dans les études incluses de notre revue systématique (voir partie **Principaux résultats III.3.1**), alors que le score AHA initial était plus élevé chez les enfants plus âgés (61.6 unités en moyenne dans cette étude). Les résultats de cette étude viennent donc confirmer les observations de l'étude de Eliasson de 2011, selon lesquelles les enfants les plus jeunes obtiennent de meilleures améliorations sur la fonction manuelle après un programme de TCI.

Finalement, le lien avec cette étude vient appuyer la pertinence et les observations de notre revue systématique, qui cherchait à démontrer l'avantage d'appliquer un programme de thérapie

contrainte induite de la manière la plus précoce possible. Cette comparaison entre les 2 populations confirme également l'influence de l'importante plasticité cérébrale chez les plus jeunes.

5. Forces et limites de la revue systématique

Les recherches ont été menées sur différentes bases de données (Pubmed, Cochrane, PEDro et Science directe), cependant, tous les articles sélectionnés étaient rédigés en anglais. Les articles ont été traduits manuellement, réduisant ainsi les possibles biais d'interprétation pouvant survenir lors de la récupération des données avec des traducteurs en ligne. Certaines études n'ont pas pu être incluses dans la revue en raison d'une impossibilité d'accès. Dans cette revue systématique, une majorité d'essais contrôlés randomisés a été sélectionnée (7 études sur 10). Toutes les études ont été analysées avec l'échelle la plus appropriée au design (Strobe, ROBINS-I et PEDro). Lorsque les échelles étaient en anglais, des traductions vérifiées ont été utilisées, dans le but de réaliser une évaluation des études de la manière la plus fiable possible. Les scores attribués ont été revus plusieurs fois au cours de la rédaction de ce travail de fin d'étude, permettant d'affiner au fur et à mesure avec la clarification des différents items. Cependant, un biais d'analyse intervient dans la revue, car un seul examinateur a évalué la qualité des études (alors que 2 évaluateurs sont généralement recommandés). Le nombre de sujets inclus dans cette revue systématique est assez conséquent, compte tenu de la population ciblée et des engagements éthiques que comprennent les études avec des nourrissons. *Selon Chamudot*, le manque d'étude chez les jeunes enfants peut être lié aux difficultés de traitement de cette population en raison de leur compréhension, de leur coopération et de leur fatigabilité importante [5]. Une grande majorité des études a été rédigée par l'auteur Eliasson (60% des articles) pouvant influencer légèrement les résultats de cette revue. Par ailleurs, toutes les études se sont déroulées dans des pays développés selon la liste établie par l'ONU (États-Unis, Royaume-Uni, Suède, Israël), à l'exception d'une, qui a été mise en place en Jordanie (Al Oraibi, Eliasson, 2011). Parmi l'ensemble des études sélectionnées, toutes ont utilisé le score AHA pour mesurer le critère de jugement principal (fonction motrice du membre supérieur). Ce score est un outil fiable, d'excellente qualité et valide, permettant de mesurer le retentissement réel d'une thérapie chez les enfants atteints de paralysie cérébrale [31]. Les thérapeutes doivent obligatoirement suivre une formation pour pouvoir utiliser ce score et en conserver la fiabilité. Par ailleurs, un avantage non négligeable de ce test est qu'il se réalise en

situation de jeu, laissant l'enfant dans des conditions naturelles et non cliniques [31]. L'enregistrement vidéo de la situation permet une analyse de qualité. Une seule étude de la revue n'a pas mesuré le score avant le traitement, ne permettant pas de percevoir l'évolution avant-après du score. 3 études ont relevé le score AHA sous forme de « logits » (DeLuca, 2012 ; DeLuca et CaseSmith, 2012 ; Eliasson, 2005), rendant l'analyse des résultats moins évidente. En outre, toutes les études ont employé une analyse des moyennes, à l'exception d'une (Eliasson et al, 2018) qui a utilisé des médianes.

De manière générale, l'analyse de la qualité des études de cette revue systématique montre une qualité méthodologique moyenne, et un niveau de preuve relativement faible, à l'exception de 2 études (Chamudot, 2018 ; Christmas, 2018). Certaines études ont présenté des intervalles de confiance très étendus, rendant les résultats sensibles et témoignant d'une dispersion possible des résultats (Chamudot, 2018). Toutes les études ont respecté un simple aveugle (examineur en aveugle), la thérapie ne permettant évidemment pas de mettre les sujets et les thérapeutes en aveugle.

Deux études ont abordé le critère de jugement secondaire, s'intéressant ainsi à l'utilisation spontanée du membre supérieur chez les jeunes enfants après une période de thérapie contrainte induite. Ce critère fait référence au phénomène de non-utilisation acquise, fréquemment retrouvé après des lésions cérébrales. Les 2 études étaient intéressantes et permettaient d'approfondir l'analyse des résultats sur le long terme (jusque 6 mois), cependant, elles se basaient sur la même population. En effet, l'étude de CaseSmith et DeLuca a repris la population de l'étude initiale de DeLuca de 2012, induisant d'importants risques d'altérer la qualité de l'étude.

Les résultats des études incluses dans la revue systématique ne peuvent pas être totalement concluants. Tout d'abord, les améliorations et les différences observées entre les groupes ne peuvent pas être uniquement attribuées à la thérapie contrainte induite (dépendant notamment de l'âge, du niveau AHA plus élevé lors de l'inclusion, du type de lésion ...). L'analyse d'une thérapie intensive précoce de ce type est difficile car le diagnostic a encore du mal à être établi dès les premiers mois de vie. De plus, les protocoles mis en place différaient énormément d'une étude à l'autre, notamment sur la durée de contrainte par jour et le moyen de contention.

6. Implication clinique

Les résultats de cette revue systématique montrent que la thérapie contrainte induite est un protocole intensif qui semble améliorer la fonction manuelle des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale. Cependant, les programmes des études incluses ont des caractéristiques très hétérogènes en ce qui concerne la durée d'application de la contention, la fréquence, le type de contention, mais aussi le contexte dans lequel cette contrainte est appliquée (environnement naturel, situation clinique, responsable du traitement...).

N'existant pas encore de programme idéal établi, il semblerait intéressant d'approfondir les caractéristiques les plus pertinentes et adaptées pour l'application de la thérapie à cette population. Toutefois, les ingrédients principaux de cette thérapie sont la contrainte du membre supérieur sain, des séances de rééducation quotidiennes fondées sur des activités ludiques, et le transfert de l'apprentissage des compétences dans l'environnement de l'enfant. Selon Chamudot (2018), les activités réalisées dans l'environnement naturel du nourrisson sont considérées comme essentielles à l'acquisition des compétences motrices [5]. De plus, la souplesse d'un programme à domicile permet aux parents de programmer les séances en fonction du niveau d'éveil et de coopération des nourrissons. Enfin, cela permet de responsabiliser davantage les familles. Le problème principal de l'administration du traitement par les parents est que la manière d'effectuer la thérapie peut varier énormément d'une famille à l'autre pour diverses raisons (temps libre des parents, culture des parents, complicité, présence d'autres enfants dans la famille...). En ce qui concerne la durée de contention, les résultats des études suggèrent que 30 minutes à 1 heure de contention quotidienne peuvent être une dose suffisante et rentable pour les enfants (Christmas, 2018). Les études de DeLuca (DeLuca, 2012 ; DeLuca et CaseSmith, 2012) montrent qu'un entraînement trop intensif ne serait pas pertinent en raison d'une fatigabilité importante et d'un intérêt limité chez les jeunes enfants. Il paraît difficile de trouver des activités ludiques et variées pour respecter un programme de 6 heures par jour, en particulier lorsque les enfants ont une fonction manuelle faible. La contention pouvant être mise en place avec des outils simples (écharpe, chaussette...), cette thérapie ne nécessite pas de moyens financiers importants pour son application.

Il est important de préciser que les résultats de la revue ne sont applicables uniquement à une population d'enfants dont l'âge est compris entre 5 mois et 6 ans et atteints de paralysie cérébrale unilatérale. Les résultats obtenus pourraient changer les modèles actuels de prise en charge des enfants cérébro-lésés. En réalisant une prise en charge précoce, l'autonomie des enfants est meilleure, et les coûts économiques liés à la prise en charge de ce handicap pourraient ainsi se voir réduits. Ce travail a été rédigé sous la supervision d'une kinésithérapeute détenant une expérience approfondie dans le domaine pédiatrique.

7. Ouverture et perspectives de recherche

Le développement de thérapies précoces représente un défi majeur dans l'accompagnement des enfants atteints de paralysie cérébrale. La thérapie contrainte induite peut apparaître comme contraignante et peu éthique pour les familles et les enfants. Aussi, l'intérêt est limité car ce traitement ne s'intéresse qu'à un déficit ciblé, alors que la paralysie cérébrale correspond à un ensemble de troubles du mouvement et de la posture, nécessitant une prise en charge fonctionnelle et globale. *Selon les recommandations de bonne pratique de la HAS*, l'entraînement intensif bi-manuel main-bras incluant les membres inférieurs (HABIT-ILE) représente une des thérapies prioritaires chez les enfants de 2 à 12 ans [18]. Cette thérapie est basée sur l'entraînement intensif des activités bi-manuelles, la stimulation des membres inférieurs et du tonus postural par le jeu et les activités fonctionnelles. Selon une étude, ce nouveau type de rééducation entraîne une amélioration de la fonction des membres supérieurs et inférieurs, de la fonction motrice globale et des paramètres de la marche. Les auteurs observent également des progrès au niveau du contrôle postural et au niveau cognitif chez les enfants de plus de 6 ans atteints de paralysie cérébrale [3]. Dans la logique de cette revue et en considérant la neuro-plasticité des jeunes enfants, il pourrait être intéressant d'entreprendre une étude évaluant les bienfaits de cette thérapie de manière précoce.

Conclusion

La paralysie cérébrale représente la déficience motrice la plus courante chez l'enfant. Ce handicap est la conséquence de lésions survenues sur le cerveau immature des jeunes enfants. Cette pathologie se traduit souvent par une hémiplégié du membre supérieur. L'objectif de cette revue systématique était de déterminer si la thérapie contrainte induite pouvait améliorer la motricité du membre supérieur hémiplégié des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale. Au total, 10 études ont été incluses pour répondre à la problématique. L'ensemble des études montrent bien des bénéfices sur la fonction manuelle. Il semble être intéressant d'intégrer ce type de thérapie intensive dès le plus jeune âge, en raison d'une plasticité cérébrale importante dans la petite enfance. Certes plus fragile chez le jeune enfant, le système nerveux est également plus malléable, et davantage réactif pour établir de nouvelles connexions à la suite de lésions cérébrales. Les programmes des études sont très hétérogènes, il n'existe pas de protocole type concernant la durée de contrainte, le contexte de contention, et la méthode physique de contention. D'après les résultats, il semble raisonnable d'employer une durée de contention de 30 minutes à 1 heure par jour, pour respecter la fatigabilité des enfants, et conserver leur attention et leur investissement dans les activités. La mise en place de la contrainte par les parents semble avoir un réel avantage en raison de la complicité et de la connaissance des particularités propres à chaque enfant. Certaines études montrent que les bénéfices sur la fonction motrice du membre hémiplégié sont maintenus voire continuent de s'améliorer sur le long terme. Par ailleurs, cette rééducation intensive et précoce réduit le phénomène de non-utilisation acquise, fréquent après des lésions cérébrales. 2 études ont étudié ce critère de jugement secondaire, montrant que l'amélioration de la fonction manuelle est associée à une augmentation de la fréquence d'utilisation du membre supérieur atteint.

Compte tenu des résultats de cette revue systématique, il serait intéressant d'étudier les effets de la thérapie HABIT-ILE sur une jeune population. Plus éthique et fonctionnelle, cette thérapie s'intéresse à l'intégralité des déficits liés à la paralysie cérébrale, en travaillant à la fois la posture, les troubles du tonus, les membres inférieurs, les membres supérieurs, tout en veillant au développement psychique de l'enfant.

Références

1. Al-Oraibi, S. & Eliasson, A.-C., 2011, 'Implementation of constraint-induced movement therapy for young children with unilateral cerebral palsy in Jordan: a home-based model', *Disability and Rehabilitation*, 33(21–22), 2006–2012.
2. Blauw-Hospers, C.H. & Hadders-Algra, M., 2007, 'A systematic review of the effects of early intervention on motor development', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(6), 421–432.
3. Bleyenheuft, Y., Ebner-Karestinos, D., Surana, B., Paradis, J., Sidiropoulos, A., Renders, A., Friel, K.M., Brandao, M., Rameckers, E. & Gordon, A.M., 2017, 'Intensive upper- and lower-extremity training for children with bilateral cerebral palsy: a quasi-randomized trial', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(6), 625–633.
4. Case-Smith, J., DeLuca, S.C., Stevenson, R. & Ramey, S.L., 2012, 'Multicenter Randomized Controlled Trial of Pediatric Constraint-Induced Movement Therapy: 6-Month Follow-Up', *The American Journal of Occupational Therapy*, 66(1), 15–23.
5. Chamudot, R., Parush, S., Rigbi, A., Horovitz, R. & Gross-Tsur, V., 2018, 'Effectiveness of Modified Constraint-Induced Movement Therapy Compared With Bimanual Therapy Home Programs for Infants With Hemiplegia: A Randomized Controlled Trial', *The American Journal of Occupational Therapy*, 72(6), 7206205010p1-7206205010p9.
6. Christmas, P.M., Sackley, C., Feltham, M.G. & Cummins, C., 2018, 'A randomized controlled trial to compare two methods of constraint-induced movement therapy to improve functional ability in the affected upper limb in pre-school children with hemiplegic cerebral palsy: CATCH TRIAL', *Clinical Rehabilitation*, 32(7), 909–918.
7. Collège de la Haute Autorité de Santé (HAS), Octobre 2014, Recommandation de bonne pratique : Comportements perturbateurs chez les personnes ayant des lésions cérébrales acquises avant l'âge de 2 ans : prévention et prise en charge, Argumentaire scientifique.
8. DeLuca, S.C., Case-Smith, J., Stevenson, R. & Ramey, S.L., 2012, 'Constraint-induced movement therapy (CIMT) for young children with cerebral palsy: Effects of therapeutic dosage', 10.
9. DeMatteo, C., Law, M., Russell, D., Pollock, N., Rosenbaum, P., & Walter, S. (1993). The reliability and validity of Quality of Upper Extremity Skills Test. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics* 13(2), 1-18.
10. Dinomais, M., Marret, S. & Vuillerot, C., 2017, 'Plasticité cérébrale et prise en charge rééducative précoce des enfants après infarctus cérébral artériel néonatal', *Archives de Pédiatrie*, 24(9), 9S61-9S68.
11. Eliasson, A.-C. & Holmefur, M., 2015, 'The influence of early modified constraint-induced movement therapy training on the longitudinal development of hand function in children with unilateral cerebral palsy', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(1), 89–94.
12. Eliasson, A.-C., Krumlinde-Sundholm, L., Shaw, K. & Wang, C., 2005, 'Effects of constraint-induced movement therapy in young children with hemiplegic cerebral palsy: an adapted model', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(4), 266–275.
13. Eliasson, A.-C., Nordstrand, L., Ek, L., Lennartsson, F., Sjöstrand, L., Tedroff, K. & Krumlinde-Sundholm, L., 2018, 'The effectiveness of Baby-CIMT in infants younger than 12 months with clinical signs of unilateral-cerebral palsy; an explorative study with randomized design', *Research in Developmental Disabilities*, 72, 191–201.
14. Eliasson, A.-C., Shaw, K., Berg, E. & Krumlinde-Sundholm, L., 2011, 'An ecological approach of Constraint Induced Movement Therapy for 2–3-year-old children: A randomized control trial', *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2820–2828.
15. Fondation Paralysie Cérébrale, 2021, La paralysie cérébrale, Dossier de presse
16. Fritz, S.L., Butts, R.J. & Wolf, S.L., 2012, 'Constraint-induced movement therapy: from history to plasticity', *Expert Review of Neurotherapeutics*, 12(2), 191–198.

17. Gage JR, 1991, Gait analysis in cerebral palsy. "Hemiplegia". Clinics in developmental medicine N°121, London, Mac Keith Press, pp. 160–175.
18. Haute Autorité de santé, 21 octobre 2021, Recommandations de bonne pratique : Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale
19. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) Expertise collective, 2004, Déficiences et handicaps d'origine périnatale, Dépistage et prise en charge, Synthèses et recommandations
20. Kennes, J., Rosenbaum, P., Hanna, S.E., Walter, S., Russell, D., Raina, P., Bartlett, D. & Galuppi, B., 2002, 'Health status of school-aged children with cerebral palsy: information from a population-based sample', *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44(04), 240.
21. Krumlinde-Sundholm, L., 2012, 'Reporting outcomes of the Assisting Hand Assessment: what scale should be used?', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(9), 807–808.
22. Le Métayer, M. & Truscelli, D., 2008, *Les infirmités motrices cérébrales - Réflexions et perspectives sur la prise en charge*, Elsevier Masson.
23. Lenroot, R.K. & Giedd, J.N., 2006, 'Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging', *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 718–729.
24. Marret, S., Rondeau, S. & Vanhulle, C., 2017, 'Physiopathologie de la paralysie cérébrale de l'enfant', *Bases Scientifiques en Néonatalogie*, pp. 583–599, Elsevier.
25. Menier, I. & Soulier E., Octobre 2014, « Signes d'alerte et identification des anomalies motrices de l'enfant en début de vie », *Kinésithér scientifique*, 0558 :13-20.
26. Nordstrand, L., Holmefur, M., Kits, A. & Eliasson, A.-C., 2015, 'Improvements in bimanual hand function after baby-CIMT in two-year old children with unilateral cerebral palsy: A retrospective study', *Research in Developmental Disabilities*, 41–42, 86–93.
27. Novak I; McIntyre S; Morgan C; Campbell L; Dark L; Morton N; Stumbles E; Wilson S-A; Goldsmith S, 2013, 'A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence [with consumer summary]', *Developmental Medicine and Child Neurology* 2013 Oct;55(10):885-910.
28. Øien, I., Fallang, B. & Østensjø, S., 2010, 'Goal-setting in paediatric rehabilitation: perceptions of parents and professional: Parents' perceptions of goal-setting', *Child: Care, Health and Development*, 36(4), 558–565.
29. Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D. & Livingston, M., 2007, 'Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale Étendu, Revu et Corrigé', 6.
30. Reddihough, D.S. & Collins, K.J., 2003, 'The epidemiology and causes of cerebral palsy', *Australian Journal of Physiotherapy*, 49(1), 7–12.
31. Romein, E. & Bard, R., 2010, 'Comment mesurer le retentissement d'un traitement en situation écologique par une évaluation fiable de la fonction manuelle chez les enfants présentant une atteinte unilatérale : le Assisting Hand Assessment (AHA)', *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie du Développement*, 31(3), 111–118.
32. Rosenbaum, P. & Paneth, N., 2007, 'A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 8–14.
33. Sakzewski, L., Ziviani, J., Abbott, D.F., Macdonell, R.A.L., Jackson, G.D. & Boyd, R.N., 2011, 'Randomized trial of constraint-induced movement therapy and bimanual training on activity outcomes for children with congenital hemiplegia: CIMT and Bimanual Training in Hemiplegia', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(4), 313–320.
34. Sankar, C. & Mundkur, N., 2005, 'Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis', *The Indian Journal of Pediatrics*, 72(10), 865–868.
35. SCPE Collaborative Group, 2002, Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol*; 44: 633-40 ;
36. Sterling, C., Taub, E., Davis, D., Rickards, T., Gauthier, L.V., Griffin, A. & Uswatte, G., 2013, 'Structural Neuroplastic Change After Constraint-Induced Movement Therapy in Children With Cerebral Palsy', *Pediatrics*, 131(5), e1664–e1669.
37. Sterne JAC, Higgins JPT, Elbers RG, Reeves BC and the development group for ROBINS- I, , 12 October 2016, Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions (ROBINS-I): detailed guidance.

38. Taub, E. & Uswatte, G., 2009, 'Constraint-induced movement therapy: A paradigm for translating advances in behavioral neuroscience into rehabilitation treatments.', *Handbook of neuroscience for the behavioral sciences, Vol 2.*, pp. 1296–1319, John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, US.
39. Tardieu G., 1969, Les feuillets de l'infirmité motrice cérébrale. *Paris : Association nationale des Infirmes Moteurs Cérébraux.*
40. Truscelli, D., Le Metayer, M. & Leroy-Malherbe, V., 2006, 'Infirmité motrice cérébrale', *EMC - Traité de médecine AKOS*, 1(1), 1–17.
41. Uswatte, G., Taub, E., Griffin, A., Vogtle, L., Rowe, J. & Barman, J., 2012, 'The Pediatric Motor Activity Log-Revised: Assessing real-world arm use in children with cerebral palsy.', *Rehabilitation Psychology*, 57(2), 149–158.
42. Vasseur, R. & Delion, P., 2010, *Périodes sensibles dans le développement psychomoteur de l'enfant de 0 à 3 ans*, Eres.

Annexes

1. Système de classification GMFCS

Source: Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D. & Livingston, M., 2007, 'Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale Étendu, Revu et Corrigé', 6. [29].

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

AVANT LE 2^{ÈME} ANNIVERSAIRE

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

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

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

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

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

ENTRE LE 2^{ÈME} ET LE 4^{ÈME} ANNIVERSAIRE

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

marche, quelle qu'elle soit.

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

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

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

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

ENTRE LE 4^{ÈME} ET LE 6^{ÈME} ANNIVERSAIRE

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

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

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

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

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

2. Items du score AHA

Source : Romein, E. & Bard, R., 2010, 'Comment mesurer le retentissement d'un traitement en situation écologique par une évaluation fiable de la fonction manuelle chez les enfants présentant une atteinte unilatérale : le Assisting Hand Assessment (AHA)', *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie du Développement*, 31(3), 111–118. [31].

Items du *assisting hand assessment* (22 items au total).

Catégories	Items
Utilisation générale	Contact avec l'objet Initie l'utilisation Choisit la main assistante quand elle est plus proche de l'objet
Utilisation du bras	Stabilisé par l'appui ou le contre-appui Atteint Bouge le bras Bouge l'avant-bras
Items d'attraper-relâcher	Attrape Tient Stabilisé par la préhension Réajuste la préhension Varie les types de préhension Relâche Pose
Items d'ajustement de motricité fine	Bouge les doigts Adapte la force Manipule
Items de coordination	Coordonne Orie les objets
Items de vitesse	Enchaîne/Poursuit Change de stratégie Fluidité dans la performance des activités bimanuelles

3. Conversions du score AHA : Rash

Source: Krumlinde-Sundholm, L., 2012, 'Reporting outcomes of the Assisting Hand Assessment: what scale should be used?', *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(9), 807–808. [21].

Ordinal level data from raw scores		Interval level measures based on Rasch analysis		Ordinal level data from raw scores		Interval level measures based on Rasch analysis	
Raw score	% Score based on raw score	Logit	Logit-based 0–100 AHA-unit	Raw score	% Score based on raw score	Logit	Logit-based 0–100 AHA-unit
22	0	-10.26	0	56	52	0.48	57
23	2	-8.88	7	57	53	0.72	58
24	3	-7.94	12	58	55	0.96	59
25	5	-7.30	16	59	56	1.20	60
26	6	-6.80	18	60	58	1.43	62
27	8	-6.38	20	61	59	1.66	63
28	9	-6.03	22	62	61	1.88	64
29	11	-5.72	24	63	62	2.10	65
30	12	-5.45	25	64	64	2.32	66
31	14	-5.20	27	65	65	2.53	67
32	15	-4.97	28	66	67	2.72	68
33	17	-4.74	29	67	68	2.93	69
34	18	-4.51	30	68	70	3.12	70
35	20	-4.27	32	69	71	3.30	71
36	21	-4.04	33	70	73	3.47	72
37	23	-3.80	34	71	74	3.64	73
38	24	-3.56	35	72	76	3.80	74
39	26	-3.33	37	73	77	3.95	75
40	27	-3.10	38	74	79	4.10	76
41	29	-2.87	39	75	80	4.25	76
42	30	-2.66	40	76	82	4.41	77
43	32	-2.44	41	77	83	4.56	78
44	33	-2.23	42	78	85	4.72	79
45	35	-2.02	43	79	86	4.88	80
46	36	-1.81	45	80	88	5.06	81
47	38	-1.60	46	81	89	5.25	82
48	39	-1.38	47	82	91	5.46	83
49	41	-1.16	48	83	92	5.69	84
50	42	-0.94	49	84	94	5.97	86
51	44	-0.71	50	85	95	6.30	87
52	45	-0.48	52	86	97	6.75	90
53	47	-0.24	53	87	98	7.48	93
54	48	0.00	54	88	100	8.72	100
55	50	0.24	55				

4. Échelle PMAL

Source : Uswatte, G., Taub, E., Griffin, A., Vogtle, L., Rowe, J. & Barman, J., 2012, 'The Pediatric Motor Activity Log-Revised: Assessing real-world arm use in children with cerebral palsy.', *Rehabilitation Psychology*, 57(2), 149–158. [41].

HOW OFTEN SCALE

- 0 - **Not Used** -Your child did not use the weaker arm for the activity.
- 1 - **Very Rarely – 5% -10% of the time** - Your child occasionally used the weaker arm for the activity, but only very rarely.
- 2 - **Rarely – About 25% of the time** - Your child used the weaker arm at times, but did the activity with the stronger arm most of the time.
- 3 - **Sometimes –About 50% of the time** - The weaker arm was used in performing the activity, but only about half as much as the stronger arm.
- 4 - **Often – About 75% of the time** - The weaker arm was used in performing the activity regularly, but just three-quarters as often as the stronger arm.
- 5 - **Normal – 90%-100% of the time** -The weaker arm was used as often as the stronger arm to perform the activity.

HOW WELL SCALE

- 0 - **Not Used** - Your child did not use the weaker arm at all for the activity.
- 1 - **Very Poor** - Your child had very little functional use of the weaker arm for the activity. The arm may have moved during the activity but was of no real functional help.
- 2 - **Poor** - Your child had minor functional use of the weaker arm for the activity. The arm actively participated in the activity, but the stronger arm or caregiver did most of the work.
- 3 - **Fair or Moderate** - The weaker arm was used to accomplish the activity, but the performance was very slow and/or involved great difficulty.
- 4 - **Almost Normal** - The weaker arm was able to accomplish the activity independently, but did so with some difficulty and/or inaccuracy.
- 5 - **Normal** -The weaker arm did the activity normally.

Résumé

La paralysie cérébrale est le résultat de lésions précoces sur le cerveau. Cette pathologie se traduit souvent par une hémiplégie. La thérapie contrainte induite a démontré ses bénéfices chez les enfants de plus de 6 ans atteints de paralysie cérébrale. Le but de ce travail est de montrer l'intérêt d'une rééducation de type contrainte induite sur la motricité des jeunes enfants cérébro-lésés, en raison d'une plasticité cérébrale importante.

Les recherches ont été menées sur Pubmed, ScienceDirect, Cochrane et PEDro. Les articles sélectionnés analysent les effets de la thérapie contrainte induite sur la motricité du membre supérieur des enfants cérébro-lésés de 5 mois à 6 ans.

10 études ont été incluses dans la revue. On note une amélioration significative de la fonction motrice du côté atteint selon le score AHA et les enfants augmentent la fréquence d'utilisation de leur main.

La rééducation précoce et intensive est un sujet récent, le nombre de sujets inclus dans la revue est limité. La thérapie contrainte semble être une méthode intéressante à intégrer dans le programme de rééducation des jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale.

***Mots-clés :** paralysie cérébrale, jeune enfant, thérapie contrainte induite, hémiplégie, rééducation précoce.*

Abstract

Cerebral palsy is the result of early damage to the brain. Hemiplegia is a common symptom in this affection. The constraint-induced therapy appears to be effective in children older than 6 years old with cerebral palsy. This research report's goal is to show the interest of this kind of rehabilitation on the motor skills of young children with cerebral palsy, due to an important neuroplasticity in the first years of life.

Research was conducted on Pubmed, ScienceDirect, Cochrane, and PEDro. The selected articles analyze the effects of constraint induced therapy on the upper limb motor function of children with cerebral palsy aged 5 months to 6 years.

10 studies were included in the review. There was a significant improvement in unilateral function on the hemiplegic side according to the AHA score and children improve the arm's use.

Early intensive rehabilitation is a recent topic, the number of subjects included in the review is very limited. Constraint induced therapy seems to be interesting to integrate in the rehabilitation program of young children with cerebral palsy.

Keywords: *cerebral palsy, young children, constraint-induced therapy, hemiplegia, early intervention.*