

Université de Sherbrooke

L'effet de l'hippothérapie sur le contrôle postural et la motricité d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale légère

Par
Danielle Champagne
Programmes de sciences cliniques

Thèse présentée à la Faculté de médecine et des sciences de la santé
en vue de l'obtention du grade de *Philosophiae Doctor* (Ph.D.)
en sciences cliniques

Sherbrooke, Québec, Canada
Juin 2016

Membres du jury d'évaluation

Pr Patrick Boissy, président du jury,
Programmes de sciences cliniques

Pre Hélène Corriveau, directrice du doctorat,
Programmes de sciences cliniques

Pr Claude Dugas, codirecteur du doctorat,
Département des sciences de l'activité physique,
Université du Québec à Trois-Rivières

Pre Heidi Sveistrup, membre externe à l'université de Sherbrooke,
Faculty of Health Sciences, School of Rehabilitation Sciences,
Université d'Ottawa

Pre Désirée Maltais, membre externe à l'université de Sherbrooke,
Faculté de médecine, Département de réadaptation,
Université Laval

L'effet de l'hippothérapie sur le contrôle postural et la motricité d'enfants présentant une déficience motrice cérébrale légère

Par

Danielle Champagne

Programmes de sciences cliniques

Thèse présentée à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiae doctor* (Ph.D.) en sciences cliniques, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

L'enfant ayant une déficience motrice cérébrale (DMC) légère présente des déficits posturaux qui limitent son intégration sociale. L'hippothérapie est une forme d'intervention utilisant le mouvement du cheval pour stimuler des réajustements posturaux. L'objectif de cette recherche était de quantifier l'effet de 10 semaines d'hippothérapie sur le contrôle postural et la motricité d'enfants ayant une DMC légère. Un devis pré-expérimental à mesures répétées où chaque enfant ($n=13$) est son propre contrôle a été utilisé. Les critères d'inclusion étaient: être âgés entre 4 et 16 ans et avoir une DMC légère. L'intervention d'une durée de 10 semaines consistait en une séance par semaine d'hippothérapie de 30 minutes, où l'enfant était placé dans différentes positions sur le cheval. La motricité globale, particulièrement la capacité à se tenir debout, marcher, courir et sauter a été mesurée par les dimensions D et E du Gross Motor Function Measure (GMFM-88) et la coordination, la vitesse, la force et l'équilibre par le Bruininks-Oseretski Test of Motor Proficiency-Short Form (BOT2-SF). La motricité fine a été évaluée par différentes tâches de précision, d'intégration et de dextérité manuelle (BOT2-SF). Les variables biomécaniques évaluant la stabilité posturale en position assise et debout ont été quantifiées par le déplacement du centre de pression (CdeP). Le déplacement des membres supérieurs a été enregistré lors de tâches unilatérales à l'aide d'un système d'analyse tridimensionnelle du mouvement (VICON). Treize sujets (âgés de $7,3 \pm 2,7$ ans) ont été évalués avant (mesure de base), après l'intervention et à 10 semaines post-intervention (mesure de suivi). La stabilité posturale de l'enfant sur le cheval a été évaluée à l'aide de modules inertiels multiaxiaux fixés sur le cheval et sur l'enfant (tête, tronc) à deux temps pendant l'intervention. À la suite de l'intervention, la motricité globale s'est améliorée significativement (GMFM-88 dimensions; $p=0,005$ et BOT2-SF total; $p=0,006$), et spécifiquement au niveau de la force des abdominaux et des membres supérieurs ($p=0,012$), de l'équilibre ($p=0,025$) et des activités de précision de la main ($p=0,013$). Les analyses du contrôle postural sur le cheval montrent une augmentation de la fréquence cumulée dans la direction médiolatérale (M/L) ($p=0,033$), et une diminution de l'amplitude de la fréquence cumulée en vertical ($p=0,007$). Ces résultats peuvent s'interpréter comme étant une augmentation de la rapidité d'adaptation dans la direction M/L doublée d'un amortissement du tronc diminué dans l'axe vertical. Le contrôle postural debout statique s'est amélioré ($p=0,013$) dans l'axe M/L attribuable aux enfants diploïques de l'étude. Ces résultats se sont maintenus après la fin de l'intervention. Aucune amélioration du déplacement des membres supérieurs n'a été notée. Nos résultats permettent de suggérer l'utilisation de l'hippothérapie, par les professionnels de la réadaptation, comme complément à l'intervention traditionnelle.

Mots-clés: Hippothérapie, motricité globale, contrôle postural, force, équilibre, motricité fine, modules inertiels, plateforme de force.

*À mon mari, Daniel,
mes enfants, Charles-Antoine, Pierre-Olivier et Simon-Gabriel,
et tous les chevaux qui vont continuer de croiser ma route.
D.*

*L'extérieur du cheval exerce une influence bénéfique
sur l'intérieur de l'homme.*

Winston Churchill

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	v
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	x
Liste des abréviations	xii
Introduction.....	1
Chapitre 1: Recension des écrits	4
1.1 La déficience motrice cérébrale.....	5
1.2 La condition neuromusculaire chez les enfants ayant une DMC.....	8
1.2.1 Le tonus musculaire spastique chez les enfants ayant une DMC.....	8
1.2.2 Les contractures chez les enfants ayant une DMC.....	9
1.2.3 La faiblesse musculaire chez les enfants ayant une DMC.....	11
1.3 La motricité.....	14
1.3.1 La motricité globale chez les enfants ayant une DMC.....	14
1.3.2 La motricité fine chez les enfants ayant une DMC	16
1.4 Le contrôle postural	17
1.4.1 Le contrôle postural chez les enfants ayant une DMC	23
1.4.2 Évaluation du contrôle postural	29
1.4.3 Évaluation de la stabilité posturale chez les personnes ayant une DMC.....	31
1.4.3.1 La stabilité posturale en position assise chez les enfants ayant une DMC.....	32
1.4.3.2 La stabilité posturale en position debout chez les enfants ayant une DMC	33
1.5 Le déplacement des MS	35
1.5.1 Le déplacement des MS chez les enfants ayant une DMC	37
1.6 Les interventions actuelles pour l'amélioration du contrôle postural avec les enfants ayant une DMC.....	39
1.6.1 La réadaptation des enfants ayant une DMC.....	39
1.6.2 L'apprentissage moteur avec les enfants ayant une DMC	43
1.6.3 L'entraînement musculaire et la pratique d'activités physiques chez les enfants ayant une DMC.....	45
1.6.4 Les simulateurs du mouvement du cheval avec les enfants ayant une DMC	47
1.7 L'hippothérapie.....	52
1.7.1 L'hippothérapie chez les enfants ayant une DMC.....	62

1.7.2 Le temps en mouvements avec les enfants ayant une DMC.....	67
1.8 Résumé de la problématique et justification de l'étude	70
Chapitre 2: Objectifs et hypothèse.....	72
2.1 Objectif général.....	72
2.2 Objectifs spécifiques primaires et secondaires	72
2.3 Hypothèse de recherche	73
Chapitre 3: Méthodologie	74
3.1 Dispositif de recherche.....	74
3.2 Population	75
3.3 Stratégie de recrutement et d'échantillonnage.....	75
3.4 Critères d'inclusion et d'exclusion	77
3.5 Standardisation du protocole d'évaluation : projet pilote	78
3.6 Procédures.....	79
3.6.1 Mesures de base.....	80
3.6.2 Mesures cliniques et biomécaniques	81
3.6.3 Déroulement de l'évaluation en laboratoire	81
3.6.4 Déroulement de l'évaluation au manège équestre	83
3.7 Variables et instruments de mesure	86
3.7.1 Variable indépendante : l'hippothérapie	87
3.7.1.1 Le temps passé dans chaque position sur le cheval.....	90
3.7.2 Variables dépendantes cliniques : motricités globale et fine.....	91
3.7.3 Variables dépendantes biomécaniques : stabilité posturale.....	95
3.7.3.1 Posture assise et debout en laboratoire.....	96
3.7.3.2 Posture assise sur le cheval.....	99
3.7.4 Variables dépendantes biomécaniques : déplacement des MS.....	107
3.8 Taille de l'échantillon et analyse statistique	110
3.9 Considérations éthiques	111
Chapitre 4: Résultats.....	113
4.1 Caractéristiques de l'échantillon	113
4.2 Résultats cliniques : Article	114
4.2.1 Avant-propos	114
4.2.2 Résumé.....	114
4.2.3 Manuscrit sur les variables cliniques	117
4.2.4 Stabilité des mesures de base pour les variables cliniques	131

4.3 Résultats des analyses biomécaniques	131
4.3.1 Résultats cinétiques en posture assise et debout statique	132
4.3.2 Résultats cinématiques du déplacement des MS	135
4.3.3 Résultats sur le cheval.....	137
4.3.3.1 La mesure du temps des positions prises à cheval	137
4.3.3.2 Résultats cinématiques sur le cheval	139
4.3.3.3 Résultats cinématiques sur le cheval : Adaptation	140
4.3.3.4 Résultats cinématiques sur le cheval: Amortissement	141
Chapitre 5: Discussion.....	143
5.1 Mesures de base et de maintien	143
5.2 Variables cliniques des motricités globale et fine	147
5.2.1 Force musculaire.....	148
5.2.2 Équilibre.....	150
5.2.3 Motricité fine	151
5.3 Variables biomécaniques cinétiques et cinématiques	153
5.3.1 Posture assise de l'enfant sur le cheval.....	153
5.3.2 Posture assise statique	156
5.3.3 Posture debout sur la PF.....	158
5.3.4 Lien entre le contrôle moteur et la stabilité posturale	158
5.3.5 Déplacement des MS	159
5.4 Forces de l'étude.....	161
5.4.1 Validité interne	163
5.4.2 Validité externe.....	165
5.5 Limites de l'étude	165
5.5.1 Validité interne	167
Chapitre 6: Conclusions	170
6.1 Retombées cliniques	170
Remerciements	172
Liste des références	173
Annexes.....	195
Annexe A Certificat d'approbation du CDRV du CSSS-IUGS.....	195
Annexe B Certificat d'approbation du CHU Ste-Justine	197
Annexe C Certificat d'approbation du CHUS	198
Annexe D Certificat d'approbation du CRIR	199

Annexe E Document synthèse du projet de recherche.....	200
Annexe F Formulaire de consentement du CRIR.....	203
Annexe G Formulaire de consentement du CHU Ste-Justine	212
Annexe H Formulaire de consentement du CHUS	218
Annexe I Autorisation médicale pour faire de l'équitation	228
Annexe J Formulaire de consentement du CDRV du CSSS-IUGS.....	231
Annexe K Lettre d'acceptation de la bourse de HHRF	238
Annexe L Grille d'observation des positions prises à cheval.....	239

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Caractéristiques de l'échantillon	113
Tableau 2 des CCI des variables cliniques	131
Tableau 3 Mesure de base en stabilité posturale.....	133
Tableau 4 Posture assise et debout statique	134
Tableau 5 Debout statique selon les pathologies	135
Tableau 6 Main droite selon les pathologies	136
Tableau 7 Main gauche selon les pathologies	137
Tableau 8 Temps pris dans chaque position sur le cheval.....	138
Tableau 9 Temps passé dans chaque position en fonction des semaines d'intervention	138
Tableau 10 Amplitude de la fréquence cumulée sur le cheval	141
Tableau 11 Fréquence cumulée sur le cheval	142

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Synthèse de la motricité librement inspirée de Rigal (2009).....	14
Figure 2 Échelle ordinale à 5 niveaux du GMFCS	16
Figure 3 La théorie des systèmes contrôle postural	18
Figure 4 Séquence d'apparition de la réaction posturale	22
Figure 5 Modèle du contrôle postural des enfants ayant une DMC basé sur la CIF.....	24
Figure 6 Instruments de mesure avec les enfants ayant une DMC.	32
Figure 7 Interventions avec les enfants ayant une DMC selon la CIF	40
Figure 8 Évolution de la pratique en réadaptation neurologique	42
Figure 9 Allure au pas du cheval,.....	52
Figure 10 Positions prises par l'enfant sur le cheval.	54
Figure 11 Figures de manège utilisées durant l'intervention en hippothérapie	56
Figure 12 Cadre conceptuel en hippothérapie reproduit et autorisé par Debusse 2009	59
Figure 13 Systèmes sensoriel, vestibulaire et somatosensoriel stimulés en hippothérapie ..	60
Figure 14 Déroulement de l'étude	80
Figure 15 Positionnement des modules inertiels lors de l'évaluation en manège	84
Figure 16 Disposition en manège équestre lors de la collecte de données.	85
Figure 17 Instruments du protocole pour les enfants ayant une DMC.....	87
Figure 18 Variables cliniques de l'étude organisées selon le modèle de la CIF	92
Figure 19 Variables biomécaniques de l'étude organisées selon le modèle de la CIF	95
Figure 20 Déplacement du CdeP	96
Figure 21 Stabilité posturale statique	99
Figure 22 Domaine temporel: schéma des accélérations et décélérations linéaires	100
Figure 23 Schéma de la transformation des signaux.	100
Figure 24 Signaux des modules inertiels alignés selon le même repère	103
Figure 25 Description des axes en fonction de l'adaptation et de l'amortissement	104
Figure 26 Résumé du graphique de fréquence pour l'analyse fréquentielle	105
Figure 27 Système de mesure tridimensionnelle optoélectronique VICON	108
Figure 28 Stabilité posturale assise lors du déplacement des MS.....	109
Figure 29 Localisation des marqueurs.....	110

Figure 30 Contenu fréquentiel tridimensionnel enregistré par les modules inertiels pour un sujet avant et après l'intervention.	140
Figure 31 Graphique des mesures de base instables au BOT2-SF.....	144

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACET	Association Canadienne d'Équitation Thérapeutique
AHA	American Hippotherapy Association
A/P	Antéropostérieur
BOTMP	Bruininks-Oseretski Test of Motor Proficiency
BOT2-SF	Bruininks-Oseretski Test of Motor Proficiency-Short Form
CdeM	Centre de Masse
CdeP	Centre de Pression
CCI	Coefficient de Corrélacion Intraclasse
CDRV	Centre de Recherche sur le Vieillissement
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CHUS	Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke
CIF	Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé.
CRIR	Centre de Recherche Interdisciplinaire en Réadaptation du Montréal métropolitain
CSSS-IUGS	Centre de Santé et de Services Sociaux-Institut Universitaire de Gériatrie de Sherbrooke
DMC	Déficiencie Motrice Cérébrale
EMG	Électromyographie
f1	Fréquence fondamentale
FT	Fourier Transform
GMFM-66	Gross Motor Function Measure (66 items)
GMFM-88	Gross Motor Function Measure (88 items)
GMFCS	Gross Motor Function Classification System
HHRF	Horses and Humans Research Foundation
IC	Intervalle de confiance
MCID	Minimal Clinically Important Difference
M/L	Médiolatéral
MS	Membres Supérieurs
NARAH	North American Riding Association for the Handicapped
PATH	Professional Association of Therapeutic Horsemanship International
R a	Coefficient de corrélation multiple
SNC	Système nerveux central
Vert	Vertical

INTRODUCTION

La reconnaissance des bienfaits de l'équitation sur la santé remonte à des temps forts lointains. Il y a plus de 2000 ans, Hippocrate observait que la pratique de l'équitation empêchait les muscles de perdre leur tonus. Plus récemment, l'idée de la réadaptation par la pratique de l'équitation a germé dans l'imagination des thérapeutes œuvrant en réadaptation suite aux performances d'une athlète. En effet, Lis Hartel, une jeune danoise atteinte de la poliomyélite et paralysée au niveau des membres inférieurs, a obtenu en 1952, une médaille d'argent aux Jeux olympiques d'Helsinki en concours de dressage (Fitzpatrick, 1997). La pratique intensive de l'équitation a suffisamment amélioré sa condition physique pour lui permettre de participer à des compétitions internationales alors que ses médecins lui avaient prédit qu'elle ne remarcherait jamais.

Depuis cet événement, des centaines de programmes d'équitation pour les personnes ayant divers handicaps sont apparus à travers le monde. Selon la North American Riding for the Handicapped Association, maintenant connue sous l'appellation de Professional Association of Therapeutic Horsemanship International (PATH) (NARHA, 2011), il existe plus de 800 programmes d'équitation thérapeutique uniquement en Amérique du Nord. Dans une perspective ludique ou thérapeutique, l'utilisation du cheval avec des personnes ayant des déficiences et les limitations d'activités porte le terme générique d'activités équestres assistées. Cette appellation regroupe trois disciplines, soit la santé mentale facilitée par le cheval, l'équitation thérapeutique et l'hippothérapie (Kern et coll., 2011).

L'amélioration de la santé mentale facilitée par le cheval comprend une variété d'approches axées sur la croissance personnelle et s'adresse aux individus ayant des troubles émotionnels ou sociaux. L'équitation thérapeutique se définit comme étant l'enseignement de techniques équestres à des enfants ayant des limitations d'activités de toute nature (Engel, 2001b). Et finalement, l'hippothérapie qui est caractérisée par l'utilisation du cheval dans l'atteinte de buts thérapeutiques (Strauss, 1995) et non à des fins sportives ou récréatives comme dans le cas de l'équitation thérapeutique.

Le terme «hippothérapie» vient de la racine grecque « hippos » pour cheval et de thérapie qui veut dire soins. L'hippothérapie est une forme d'intervention où le cheval devient une plateforme mobile offrant des perturbations rythmiques tridimensionnelles (Strauss, 1995). Cette modalité thérapeutique vise l'acquisition et l'amélioration de composantes de la motricité nécessaires au contrôle postural telles que l'équilibre, la force, le contrôle des membres plutôt que d'habiletés équestres (Engel, 2001a). Le thérapeute peut moduler cet outil de différentes façons selon les objectifs visés. Cette spécialisation de l'intervention traditionnelle vise l'amélioration de la motricité et du contrôle postural particulièrement chez des personnes ayant des problèmes neuromusculaires comme avec les enfants présentant une déficience motrice cérébrale (DMC).

La DMC se caractérise principalement par des difficultés motrices, c'est-à-dire des problèmes de contrôle, d'exécution et de coordination des mouvements volontaires. Actuellement, aucune intervention chirurgicale ne peut supprimer les lésions cérébrales des enfants ayant une DMC et en faire disparaître les conséquences. Toutefois, des stratégies d'intervention efficaces peuvent entraîner des améliorations de la capacité de ces enfants (Franki et coll., 2012).

Les travaux de cette thèse ont permis d'évaluer si des perturbations tridimensionnelles rythmées induites par le mouvement du cheval au pas peuvent susciter une amélioration du contrôle postural et de la motricité chez les enfants ayant une DMC légère. En premier lieu, la recension des écrits soutiendra la formulation d'objectifs et d'hypothèses du projet de recherche. Ensuite, la méthodologie sera exposée, suivie des résultats de la présente étude lesquels permettront de confirmer ou réfuter les hypothèses et leurs implications.

La présentation des résultats de cette thèse prendra la forme d'une thèse combinée comprenant un article scientifique exposant les variables cliniques de l'étude et une section traditionnelle qui exposera les variables cinématiques et cinétiques issues de l'analyse du contrôle postural et du déplacement des membres supérieurs (MS). En dernier lieu, une discussion permettra de faire un parallèle entre les résultats obtenus et l'état actuel des connaissances tandis que la conclusion formulera des recommandations pour les futures

recherches en hippothérapie, les milieux de réadaptation cliniques traditionnels et ceux utilisant l'hippothérapie comme modalité d'intervention.

CHAPITRE 1: RECENSION DES ÉCRITS

La Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF) est basée sur un modèle bio-psycho-social qui a conduit à la reconnaissance d'une classification internationale standardisée afin de définir l'éventail des problèmes fonctionnels chez les patients (Stucki, 2005). La terminologie utilisée dans cette thèse, basée sur la CIF, permet d'une façon multidimensionnelle et neutre de classer le fonctionnement humain tout en considérant la nature évolutive et interactive de la personne en lien avec ses déficiences, ses limitations d'activités et ses restrictions dans sa participation sociale (World Health Organization, 2001). Dans ce modèle conceptuel, le terme déficience désigne des pertes ou écarts dans la fonction organique ou la structure anatomique tandis que la limitation d'activités adresse les difficultés qu'une personne peut rencontrer pour mener une activité, le tout, s'orchestrant dans un contexte de vie réelle où les restrictions limitent la participation sociale en fonction de facteurs environnementaux et personnels (World Health Organization, 2001).

La recension des écrits a été rédigée à l'aide des moteurs de recherche habituels recensés par PubMed et tous ceux disponibles via EBSCOhost soit : Academic Search Complete, CINAHL with Full Text, ERIC, MEDLINE with Full Text, Psychology and Behavioral Sciences Collection, PsycINFO, SPORTDiscus with Full Text en utilisant les mots clés; cerebral palsy, dip/hemi/quadruplegia, postural control, head control, trunk control, fine motor control, grasping, reaching, upper limb, lower limb, gross motor control, motor learning, posture, walking, sitting, standing, training, balance, coordination, spasticity, muscle tone, contracture, deformity, damping, hippotherapy, therapeutic riding, horse, strenght, rehabilitation, occupational therapy, physical therapy, force platform, accelerometer, inertial sensors, motion capture system. Une recherche manuelle a aussi été effectuée à partir des listes de références des livres, articles, mémoires et thèses consultés. La littérature grise (Google/Web/image) a également été considérée afin de recueillir certaines images facilitant la compréhension des concepts énoncés.

Cette recension s'effectuera autour des thèmes généraux suivants; la déficience motrice cérébrale (DMC), la condition neuromusculaire des enfants ayant une DMC, la motricité, le contrôle postural, le déplacement des MS, les interventions actuelles et l'hippothérapie

1.1 La déficience motrice cérébrale

Dans le monde, la prévalence de la DMC atteint environ 1 à 2,11 individus pour 1000 naissances (Oskoui et coll., 2013). Les coûts directs et indirects de cette pathologie pour chaque individu atteint seraient estimés à plus d'un million de dollars au cours d'une vie (Kruse et coll., 2009). La définition de la DMC utilisée dans la thèse est celle de Rosenbaum (2007) qui a complété la définition de Cans (2000). En effet, pour Cans (2000), la DMC est définie comme étant un groupe de désordres permanents de la posture et du mouvement causant des limitations attribuables à des lésions non progressives survenues au cours du développement fœtal ou périnatal du cerveau de l'enfant (Cans, 2000). Rosenbaum et coll. (2007) précise cette définition de la DMC en ajoutant que les troubles moteurs observés sont souvent accompagnés par une perturbation des sensations, de la perception, de la cognition, de la communication, des comportements et finalement par la présence d'épilepsie et de problèmes musculosquelettiques.

Il existe dans le processus de maturation, des moments précis dans le développement du cerveau où il est plus vulnérable des événements ou des expositions nocives. Ces moments sont de trois ordres; prénatales, périnatales ou postnatales et ont plusieurs origines (Reddihough et Collins, 2003). Cette vulnérabilité sélective est reliée à la séquence temporelle de la maturation des structures et systèmes spécifiques dans le cerveau du fœtus incluant les réseaux vasculaires (Shevell et coll., 2003), les processus métaboliques (Hankins et Speer, 2003) et la myélinisation des axones neuronaux (Rosenbaum et coll., 2007).

De plus, les enfants nés à terme constituent 50-65% de tous les cas d'enfants ayant une DMC et ont tendance à être plus sévèrement atteints que les enfants nés prématurément (Watson et coll., 2006). La prévalence chez les enfants ayant une DMC est restée constante

ces dernières années malgré la survie accrue d'enfants prématurés identifiés à haut risque soit nés avant 28 semaines de gestation (Oskoui et coll., 2013).

Les lésions cérébrales peuvent survenir, entre autres, au niveau de la matière blanche (Saliba et Marret, 2001) dans la moitié des cas d'enfants ayant une DMC et dans un cinquième des cas au niveau de la matière grise (Krägeloh-Mann, 2015). Dans la matière blanche, on retrouve principalement des lésions ischémiques visibles sous forme de leucomalacie périventriculaire définies par des nécrose ou gliose de la substance blanche, d'origine périnatale (Saliba et Marret, 2001). L'anoxie peut être également la cause de lésions cérébrales dans la matière grise présente dans la matière grise et plus rarement, l'hypoglycémie ou l'accumulation de bilirubine (Krägeloh-Mann, 2015).

D'autres facteurs de risques sont liés à la mère, au nourrisson ou à l'accouchement. Avant la naissance, certaines maladies de la mère pendant la grossesse (virus, toxoplasmose, méningite, septicémie, etc.), une pré-éclampsie, une incompatibilité sanguine entre la mère et l'enfant, une anomalie du placenta et de sa vascularisation, un retard de croissance intra-utérin, des malformations congénitales peuvent toutes être responsables de la DMC (Nelson et Grether, 1999; Reddihough et Collins, 2003). À la naissance, la prématurité, la postmaturité, une naissance multiple, une rupture prolongée des membranes, un décollement placentaire ou un placenta prævia, l'asphyxie du nourrisson, prolapsus ou circulaire du cordon et une hémorragie cérébrale (ACV natal ou néonatal), conisation cervicale (Trønnes et coll., 2014) sont également toutes des causes possibles. Après la naissance, la méningite, de l'épilepsie grave, une déshydratation et un traumatisme sont les causes les plus fréquentes (Sankar et Mundkur, 2005). Les limitations qui en découlent sont majoritairement physiques, mais il n'en demeure pas moins que 20 % des enfants ayant une DMC présentent en plus des déficiences intellectuelles (Johnson, 2002).

Selon l'ampleur et les sites des différentes lésions neurologiques, plusieurs types d'atteintes sont possibles. Les plus communes sont l'hémiplégie (atteinte de l'hémicorps), la diplégie (atteinte des membres inférieurs et du tronc) et la tétraplégie (atteinte du tronc et des quatre membres). L'hémiplégie (25–45%) est la plus commune, la tétraplégie (9–43%) vient en

second rang et enfin, la diplégie (10–33%) (Svraka, 2008). Cette classification est principalement axée sur la topographie de l'altération du tonus musculaire (spastique, ataxique, etc.). Toutefois, cette classification ne tient pas compte de la coexistence possible de plusieurs conditions. C'est ainsi que "The Australia Cerebral Palsy Register" propose une cotation propre à chaque membre observé de façon à établir une cartographie des différentes atteintes répertoriées (Rosenbaum et coll., 2007). La symptomatologie qui en découle dépend de la localisation des lésions primaires. L'ischémie corticale diffuse du nouveau-né à terme (non prématuré) donne un tableau de tétraplégie, l'ischémie des noyaux gris donne un tableau d'athétose, les lésions ischémiques hémisphériques focales peuvent donner une hémiplégie, la prématurité entraîne souvent une diplégie spastique (Leroy-Malherbe, 1996). Dans une recherche effectuée en Europe sur la prévalence des différentes perturbations du tonus chez les enfants ayant une DMC entre 1980 et 1990, 85,7% présentaient de la spasticité, 6,5% de la dyskinésie, 4,3% de l'ataxie, et 3,7% étaient d'un type inconnu (Oskoui et coll., 2013).

La DMC est également considérée comme un groupe hétérogène en raison de ses étiologies diverses (virus, anoxie, etc.), de la diversité des désordres de mouvements observés (spasticité, ataxie, clonus, etc.) et des pathologies musculo-squelettiques secondaires associées (subluxations, déformations, contractures, etc.) (Graham, 2001). Toutes ces conditions sont tributaires de la combinaison de la localisation d'où des atteintes neurologiques possibles et de leur importance. Graham (2003) ajoute que la nature progressive de l'évolution des pathologies musculo-squelettiques liée à la maturation devrait être ajoutée à la définition de la DMC proposée plus tôt par Cans (2000). Rosenbaum et coll. (2007) complète également la définition en ajoutant que les perturbations motrices observées dans la déficience motrice cérébrale sont souvent accompagnées par une perturbation des sensations, de la perception, de la cognition, de la communication, des comportements et finalement par la présence d'épilepsie et de problèmes musculosquelettiques.

La maturation de l'enfant ayant une DMC et la possibilité d'atteintes multisystémiques engendrent des problèmes au niveau du contrôle postural et de la motricité volontaire (Flett, 2003) entraînant une augmentation de la dépendance dans les activités de la vie

quotidienne (Steenbergen et Gordon, 2006). De ce fait, des statistiques indiquent que, dans cette population, 30% ne peuvent pas marcher et 20 % marchent avec un auxiliaire de marche (Beckung et Hagberg, 2002).

1.2 La condition neuromusculaire chez les enfants ayant une DMC

La condition neuromusculaire des enfants ayant une DMC est un aspect qui doit être bien examiné, car différentes conditions peuvent coexister chez un même individu et rendent plus difficile l'évaluation de la fonction musculaire réelle de l'enfant. En effet, dans 65 % des cas, les enfants ayant une DMC spastiques présentent des contractures et de la faiblesse musculaire (SCPE, 2000). Cette dernière est souvent masquée par la présence de la spasticité.

Toutes ces conditions ont des répercussions directes sur le contrôle postural et le niveau fonctionnel des enfants ayant une DMC, mais l'intervention, dès le plus jeune âge, faciliterait la réduction de ces anomalies musculaires (Flett, 2003).

1.2.1 Le tonus musculaire spastique chez les enfants ayant une DMC

Le tonus musculaire est l'état permanent de tension qui s'exerce sur les muscles afin de s'opposer à l'action de la gravité sur le corps humain (Quevauvilliers, 2009). Le tonus musculaire est altéré à divers degrés et de différentes façons chez les enfants ayant une DMC.

La condition hypertonique la plus commune chez ces enfants est la spasticité. Cette dernière est présente chez les enfants ayant une DMC, mais à divers degrés selon le site et l'importance de l'atteinte neurologique. Le type spastique présente des lésions corticales de la voie pyramidale avec des signes d'atteinte du motoneurone supérieur tels la faiblesse, l'hypertonie, l'hyperréflexie, le clonus et un réflexe Babinski positif (Sankar et Mundkur, 2005). La définition de la spasticité généralement acceptée est celle de Lance (1980) qui s'énonce comme suit : désordre moteur caractérisé par une augmentation de la vitesse

dépendante du réflexe tonique d'étirement et par la présence de réflexes ostéotendineux exagérés. Elle résulte d'une hyperexcitabilité du réflexe d'étirement secondaire à une hyperexcitabilité des réflexes spinaux (Arene et Hidler, 2009). D'un point de vue plus clinique, Sanger (2003) précise que la résistance varie aussi en fonction de la direction du mouvement effectuée et de l'atteinte de certains angles de mouvement (seuils) qui induisent une augmentation de la résistance.

La spasticité induit des altérations au niveau neurophysiologique et musculo-squelettique, particulièrement dans l'expression du tonus musculaire, des réflexes primitifs, des changements histologiques des tissus conjonctifs, des retards de croissance pour les muscles et les os (Flett, 2003). Son action implique une réduction de la contraction musculaire volontaire lors de la station debout réduisant ainsi l'étirement du muscle, lequel serait un stimulus à la croissance (Graham, 2001).

Chez le jeune enfant, le raccourcissement musculaire serait décrit comme étant dynamique, car à ce stade, la spasticité serait encore réversible (Boyd et Graham, 1997). De plus, elle peut varier également en fonction de l'éveil de l'enfant, de ses activités et de sa posture et est également influencée par, l'anxiété, l'état émotionnel, la douleur et même le type de surface en contact avec l'enfant (Sanger et coll., 2003).

D'autres anomalies du tonus musculaire comme la choréo-athétose et l'ataxie existent chez les enfants ayant une DMC, mais ne seront pas abordées dans cette thèse, car par souci d'homogénéité de l'échantillon, les enfants recrutés pour cette étude ne présentaient pas ces caractéristiques. L'hétérogénéité de l'échantillon des enfants ayant une DMC implique que des précautions qui doivent être prises lorsqu'il vient le temps de tirer des conclusions et d'appliquer des recommandations à la pratique clinique (Willoughby et coll., 2009).

1.2.2 Les contractures chez les enfants ayant une DMC

Les contractures présentes chez les enfants ayant une DMC sont la conséquence d'une contraction musculaire prolongée et involontaire engendrant un raccourcissement anormal

d'un muscle (O'Dwyer et coll., 1989) et une diminution de l'amplitude de mouvement (Barrett et Barber, 2013). Ce contexte génère des pertes de tissu conjonctif au niveau de la peau, des tendons, des aponévroses et du nombre de sarcomères en série causant une diminution de l'extensibilité observable à l'étirement passif (O'Dwyer et coll., 1989). Les contractures sont identifiées comme étant une conséquence de la spasticité, mais existent aussi sans la présence de spasticité (O'Dwyer et coll., 1996). La distinction entre spasticité et contracture se fait d'abord cliniquement par des mobilisations passives effectuées à différentes vitesses. La vitesse rapide d'étirement musculaire effectuée lors d'une mobilisation passive fait ressortir la présence de spasticité comme une résistance saccadée au mouvement communément appelé mouvement en lame de canif (Trompetto et coll., 2014) tandis que la contracture n'est pas influencée par la vitesse. Elle est même parfois observable au repos même sans avoir à effectuer de mobilisation. Elle demeure toutefois une conséquence de la spasticité même si on ne connaît pas encore le lien entre les deux phénomènes (Smith et coll., 2011). Malgré tout, la spasticité serait plus facilement réversible comparativement aux contractures (Graham, 2001) qui peuvent nécessiter des interventions chirurgicales et des orthèses avec un suivi en réadaptation (Firth et coll., 2013) lorsqu'elles sont très développées.

En effet, les enfants ayant une DMC présentent plusieurs problèmes neuromusculaires (spasticité, dyskinésie, ataxie) et musculosquelettiques (contractures) provoquant des retards de croissance (Spender et coll., 1989) ou encore une croissance osseuse anormale. Par exemple, des déformations des pieds, des torsions des os longs et des dislocations ou sublaxations des hanches peuvent être observées chez certains enfants (Flett, 2003). Ces conditions engendrent des répercussions fonctionnelles qui peuvent s'observer par la présence d'une base de sustentation anormale au niveau de l'équilibre et par la difficulté à réaliser des activités nécessitant un contrôle moteur plus fin et plus dissocié comme la frappe d'un ballon avec son pied. Heureusement, selon Flett (2003), la spasticité, les contractures, les déformations et la base de sustentation sont considérées comme étant potentiellement modifiables avec une intervention appropriée.

Conséquemment, même si les lésions cérébrales originelles sont considérées stables et non progressives, le développement atypique de cette pathologie est en constante évolution en raison de la croissance musculo-squelettique, de la maturation du système nerveux central (SNC) et de l'acquisition d'habiletés motrices qui se poursuit au fil des années (Sanger et coll., 2003). En effet, à mesure que l'enfant grandit, le ralentissement de la croissance des muscles et des tendons en présence de spasticité retarde progressivement le développement des longs segments osseux et des contractures musculaires en flexion s'installent dans les membres les plus atteints (Graham, 2001) engendrant des problématiques lors de la marche.

En station debout, chez les enfants ambulants ayant une DMC, on peut observer une posture des membres inférieurs sous trois formes : 1) en ciseaux à cause des contractures des adducteurs des hanches, 2) courbée si les fléchisseurs des hanches et des genoux sont atteints, et finalement, 3) une démarche sur la pointe des pieds si les mollets sont affectés (Graham, 2001). De ce fait découlent plusieurs types de déformations liées à l'atteinte du tonus (hémiplégie, diplégie ou tétraplégie) (Rodda et Graham, 2001). Par conséquent, la mise en charge en posture debout statique est asymétrique et, plus les déficits sont sévères, plus l'asymétrie est importante (Love et coll., 2001).

1.2.3 La faiblesse musculaire chez les enfants ayant une DMC

Classiquement, la force est la capacité à déployer une contraction musculaire maximale et la faiblesse est la réduction de cette capacité (Mockford et Caulton, 2010). Chez les enfants ayant une DMC, la faiblesse se définit comme étant une limitation d'activités réduisant la production ou le maintien d'un certain niveau de contraction musculaire en raison d'une difficulté à activer tous les muscles impliqués dans la production d'un mouvement, lorsque comparés à des enfants du même âge avec développement typique (Elder et coll., 2003). La faiblesse est réputée comme étant un phénomène complexe et multifactoriel.

La faiblesse varie selon le type de DMC (Martin, 2010) et l'atteinte fonctionnelle (Eek et Beckung, 2008). En effet, chez les enfants de types diplégique et hémiplégique, on constate la présence de faiblesse musculaire lors de contractions musculaires maximales

comparativement aux enfants avec développement typique (enfant sans DMC ou autre pathologie connue) (Wiley et Damiano, 1998). Les enfants hémipariés seraient même plus faibles du côté non atteint que les enfants au développement typique (Wiley et Damiano, 1998).

Selon Mockford et Caulton (2010), les enfants ayant une DMC sont faibles en raison des déficiences neurologiques et musculaires. Les déficiences neurologiques pouvant entraîner de la faiblesse musculaire sont : 1) une atteinte de la voie pyramidale, ; 2) un recrutement des unités motrices désordonné en raison d'une activation prématurée des grandes unités motrices qui se fatiguent plus vite et qui produit une incapacité à générer la production d'une force maximale (Mirbagheri et coll., 2001; Stackhouse et coll., 2005) et finalement, de la présence d'une coactivation des muscles agonistes dans les mouvements exécutés rapidement (Mockford et Caulton, 2010). En résumé, les facteurs neuronaux contribuant à la faiblesse sont la réduction de l'influx nerveux, le renforcement des circuits neuronaux atypiques, des modèles de recrutement altérés, une diminution de l'inhibition réciproque et une altération du fonctionnement des fuseaux musculaires (Mockford et Caulton, 2010).

Les changements musculaires pouvant entraîner la faiblesse musculaire sont issus de modifications de nature structurelles par exemple, plus de fibres du type I, des sarcomères plus longs (Mockford et Caulton, 2010), une perte d'élasticité (Gardiner, 1996) et par une atrophie des fibres musculaires du type 2A (Rose et coll., 1994). En général, chez les enfants ayant une DMC, le déficit de la force est plus important dans les muscles distaux que proximaux (Wiley et Damiano, 1998), dans les contractions concentriques qu'excentriques (Damiano et coll., 2001b) et dans les contractions rapides que les contractions plus lentes (Moreau et coll., 2011).

De plus, la faiblesse provient de la sous-utilisation et/ou la difficulté à effectuer une contraction musculaire volontaire en présence de spasticité (Guiliani, 1991). La faiblesse musculaire constitue un symptôme fréquemment diagnostiqué chez les enfants ayant une DMC (Damiano et coll., 1995), mais dont l'ampleur de l'atteinte est souvent masquée par la spasticité (Damiano et coll., 2001a). La spasticité permet aux enfants d'être capables de

maintenir des positions antigravitaires même si les muscles sont incapables de générer assez de force pour prendre et maintenir cette position. L'impact de la faiblesse musculaire est donc régulièrement sous-estimé au profit de la spasticité (Elder et coll., 2003).

Lors d'études chez la population DMC, la faiblesse musculaire pouvait être estimée indirectement par des outils cliniques standardisés qui cotent des tâches où des groupes musculaires sont très impliqués (ex. l'estimation de la faiblesse des abdominaux par l'évaluation des redressements assis) (Bruininks et Bruininks, 2005) ou par des évaluations musculaires ciblées où une mesure de la force ou torque/moment est comparée à une norme ou à un groupe témoin (Riad et Lidbeck, 2015).

Il est important de prévenir la faiblesse musculaire des membres inférieurs chez les enfants ayant une diplégie, car entre 8 et 19 ans, un déclin de la force est observé malgré le gain de poids (Davids et coll., 2014). Leur poids augmente plus vite que la force générant ainsi une faiblesse musculaire au fil des années. Toutefois, il a été démontré qu'une personne ayant une DMC peut renforcer ses muscles agonistes à la même vitesse qu'une personne n'ayant pas de déficit du SNC (Damiano et coll., 1995). Franki et coll., en 2012 ont démontré chez des enfants présentant une DMC que lorsque la force des agonistes est augmentée, ils amélioraient leur marche et la motricité globale et conséquemment leur contrôle postural. Par contre, de récentes études remettent en cause le lien entre l'entraînement de la force musculaire et l'amélioration de la marche (Scholtes et coll., 2012; Taylor et coll., 2013). Ils proposent plutôt de corriger le raccourcissement musculaire de certains muscles impliqués (Scholtes et coll., 2012) et aussi de considérer d'autres variables à moduler telles l'équilibre, la planification motrice et la spasticité afin d'améliorer la qualité de la marche (Taylor et coll., 2013). Il est possible qu'une personne ayant une DMC et présentant toutes ces conditions mène un style de vie plus sédentaire comparativement à une personne atteinte d'une maladie chronique telle que la fibrose kystique, l'arthrite, les maladies cardiaque ou rénale; parce qu'elle se considère moins en forme et présente plus de limitations physiques pour participer à des activités (Longmuir et Bar-Or, 2000). Sa vie scolaire (Lindsay et McPherson, 2012), son intégration sociale (Reddihough et coll., 2013) et sa qualité de vie (Colver et coll., 2014; Vargus-Adams, 2005) sont donc perturbées.

1.3 La motricité

La motricité constitue l'étude des mouvements humains, de leurs caractéristiques et des comportements moteurs significatifs (Rigal, 2002). C'est une faculté contrôlée par le SNC, agissant en périphérie et permettant la contraction musculaire des divers segments corporels opérant d'une façon coordonnée ou isolée. Il existe deux types de motricité : la motricité globale et la motricité fine. La motricité globale réfère au tonus musculaire, à l'équilibre et la coordination tandis que la motricité fine concerne la dextérité manuelle et la coordination visuomotrice (Rigal, 2009) (figure 1). Tous ces termes seront abordés en lien avec les enfants présentant une DMC.

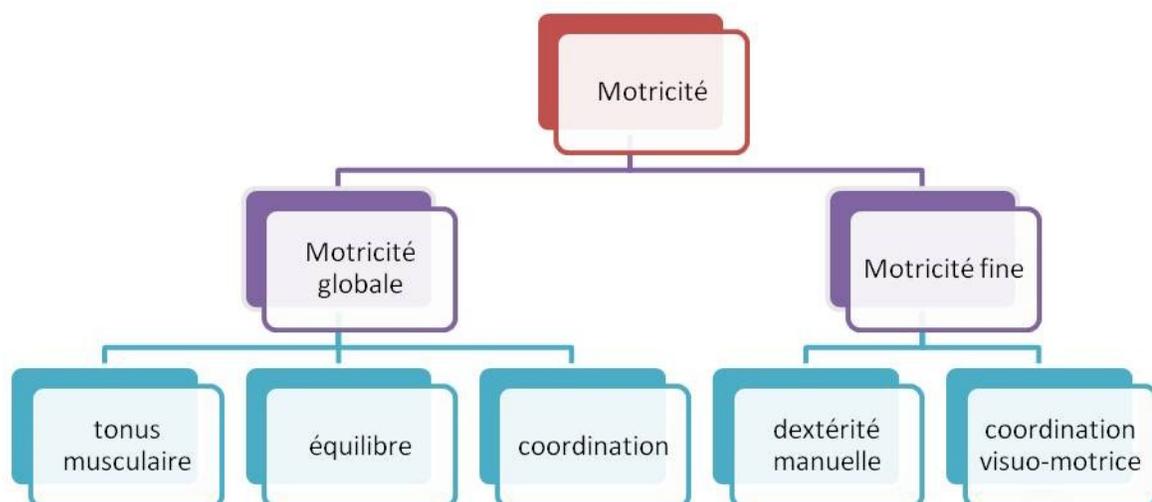


Figure 1 Synthèse de la motricité librement inspirée de Rigal (2009)

1.3.1 La motricité globale chez les enfants ayant une DMC

De façon générale, la motricité globale représente l'ensemble des activités motrices sollicitant plusieurs ou l'ensemble des parties du corps (marche, course, sauts, natation) et nécessite l'intervention et la coordination des groupes musculaires importants (Rigal,

2002). De plus, la motricité globale implique la coordination entre l'ajustement du tonus musculaire et le contrôle postural impliquant l'équilibre (Rigal, 2009). Le contrôle de la motricité globale permet de réussir l'exécution de plusieurs mouvements spécifiques requis pour la pratique de différents sports. Les habiletés motrices continuent de se développer durant la totalité de la vie ce qui signifie qu'en les pratiquant, nous pouvons graduellement améliorer leur exécution (Gagné, 2008). Malheureusement, l'enfant ayant une DMC s'engage moins vigoureusement dans la pratique d'activités physiques (Maher et coll., 2007) et aurait besoin de 2,5 heures /jour d'exercices aérobiques (incluant vélo, de la natation et course soit durant 45 minutes deux ou quatre fois par semaine pendant 9 mois à 70% de la fréquence cardiaque maximale) pour atteindre un niveau de dépense énergétique comparable à ses pairs (Van den Berg-Emons et al, 1998).

La motricité globale est perturbée chez tous les enfants ayant une DMC, mais à différents degrés. Plus l'atteinte est importante, plus le niveau fonctionnel est touché. Le niveau fonctionnel de l'enfant ayant une DMC est donc en lien direct avec le type et la sévérité de l'atteinte neurologique (Rosenbaum et coll., 2002). Une échelle ordinale à cinq niveaux appelée Gross Motor Classification System (GMFCS) a été créée par Palisano (1997) afin de classer les différents déficits fonctionnels observés dans toutes les catégories de DMC (figure 2). Cette échelle est considérée comme étant un outil valide et fidèle (Wood et Rosenbaum, 2000). Elle est très utilisée en recherche avec la clientèle ayant une DMC pour statuer sur le niveau fonctionnel des enfants et permettre l'appariement des sujets lorsque le devis scientifique le requiert. Cette thèse s'intéresse aux enfants ambulants présentant une atteinte de niveaux I et II seulement. Dans ces deux niveaux, les enfants sont capables de se déplacer seuls sans auxiliaire de déplacement. Au niveau I, ils présentent de faibles difficultés s'observant principalement au niveau de la vitesse de marche, de l'équilibre et de la coordination tandis qu'au niveau II, les enfants utilisent un appui dans les escaliers, ou pour se déplacer sur des surfaces inégales et ont également de la difficulté à courir et sauter (Palisano et coll., 1997).

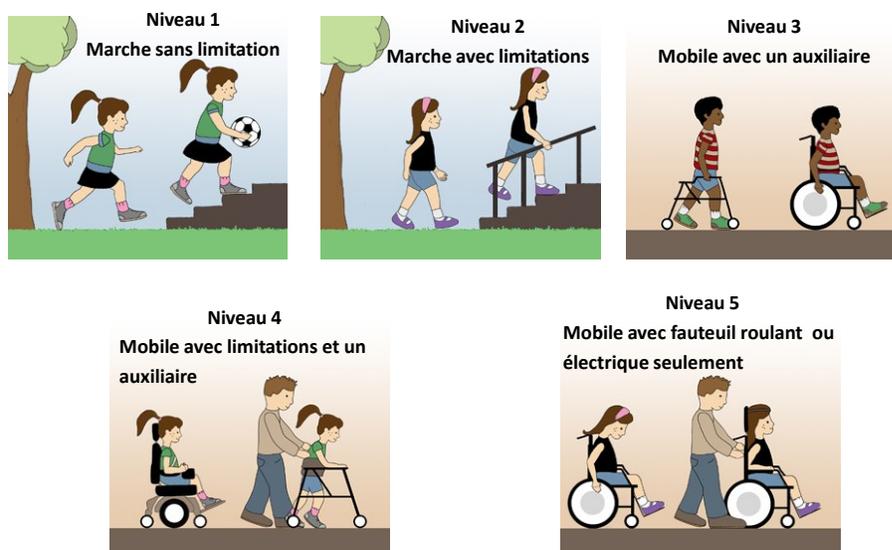


Figure 2 Échelle ordinale à 5 niveaux du GMFCS

Tirée de www.mychildwithoutlimits.org puis traduite librement pour résumer. L'équilibre est un facteur important dans la motricité globale, car elle permet l'exécution de tâches motrices dans un contexte antigravitaire. L'équilibre est atteint à divers degrés chez les enfants ayant une DMC (Rose et coll., 2002). Les enfants diplégiques présentent plus de problèmes d'équilibre en posture debout que les enfants hémiplegiques en raison de l'atteinte bilatérale des membres inférieurs (Rojas et coll., 2013).

1.3.2 La motricité fine chez les enfants ayant une DMC

Selon Rigal (2002), la motricité fine est constituée d'activités manipulatoires sollicitant l'intervention et le contrôle de petits muscles des mains et des doigts, nécessitant de la dextérité manuelle et de la coordination visuomotrice. La motricité fine permet l'exécution de plusieurs tâches fonctionnelles unilatérales ou bilatérales et est affectée chez les enfants ayant une DMC (Fedrizzi et coll., 2003). Suite à l'observation de 15 enfants ayant une hémiplegie spastique (âgés de 8 à 14 ans) lors de la préhension d'un objet, Gordon (1999) a noté que la motricité fine est surtout affectée par la spasticité, mais aussi par d'autres facteurs comme la faiblesse musculaire, une lenteur d'exécution motrice et une atteinte sensorielle au niveau du toucher léger. Le niveau au GMFCS n'est pas précisé dans cette étude.

La dextérité manuelle fait partie intégrante de la motricité fine et est reliée à la précision et à la coordination du mouvement. Elle implique une dissociation des mouvements des doigts c'est-à-dire que certains muscles peuvent travailler en flexion pendant que d'autres sont en extension comme dans une tâche de pliage de papier ou de traçage avec un crayon. Au début, l'enfant saisit à deux mains en bloc, puis à une main en opposant les doigts globalement pour finalement être capable d'opposer les doigts de façon plus dissociée (Rigal, 2009). Chez les enfants hémiparétiques, on remarque une difficulté dans la précision dans des activités ayant une importante composante de dextérité manuelle d'une part, parce que la sensibilité est affectée chez 50% des enfants (Uvebrant, 1988) et d'autre part, on note la présence de réactions associées du côté atteint lors des mouvements effectués par le côté sain (Kuhtz-Buschbeck et coll., 2000). En 2006, Eliasson, Forssberg et Hung ont réalisé une étude longitudinale auprès de 12 sujets DMC. Les résultats ont démontré que le développement de la dextérité manuelle est possible chez les enfants ayant une DMC (hémiparésie et diparésie) durant l'enfance (six à huit ans) et même jusqu'au début de l'âge adulte (19-21 ans) (Eliasson et coll., 2006). Toutefois, l'intervention précoce est toujours favorisée, surtout chez les enfants atteints plus sévèrement (Fedrizzi et coll., 2003).

La coordination visuomotrice est un autre facteur important lors des activités de motricité fine et est aussi étroitement liée à la dextérité manuelle (Arnould et coll., 2014). Il a été démontré que cette coordination pouvait être améliorée si un programme d'activités intenses et graduées était fait (Charles et Gordon, 2006). L'intervention basée par contrainte induite est une approche de plus en plus utilisée dans le cadre de la rééducation fonctionnelle du MS chez l'enfant hémiparétique, mais l'approche utilisant la pratique d'activités de coordination bilatérale intenses serait aussi une approche à considérer pour améliorer la performance du membre atteint (Novak et coll., 2013; Sakzewski et coll., 2011)

1.4 Le contrôle postural

Le contrôle postural est au carrefour des fonctions neurologiques, motrices et sensorielles. Il résulte d'une interaction complexe de plusieurs systèmes travaillant en coopération pour

le contrôle de la position du corps dans l'espace qui a donné naissance à la théorie des systèmes du contrôle postural (Bernstein, 1967). Dans le modèle de Bernstein (1967), les mouvements sont soumis à des facteurs mécaniques incluant le moment d'inertie, la masse, les forces de réactions du sol et la friction ainsi qu'à des facteurs physiologiques.

Le modèle du contrôle postural utilisé dans cette thèse découle de la théorie des systèmes du modèle de Bernstein (1967) et est inspiré des travaux de Shumway-Cook (1995a) (figure 3).

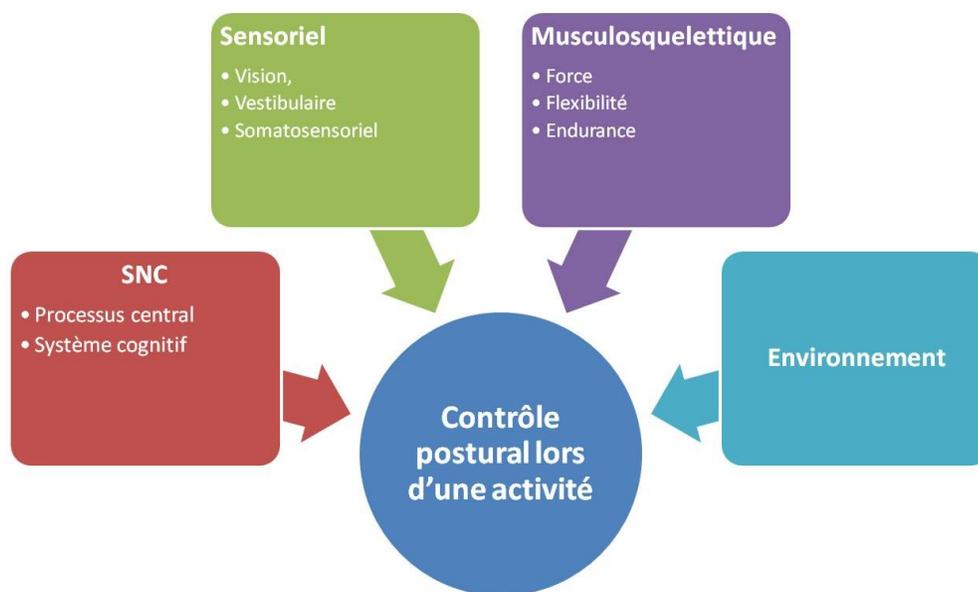


Figure 3 La théorie des systèmes contrôle postural

Dans une approche par systèmes, le contrôle postural résulte d'une interaction complexe de plusieurs systèmes travaillant en coopération. Les principaux systèmes engagés dans le contrôle postural sont: 1) le système sensoriel comprenant les systèmes vestibulaire, visuel et somesthésique; 2) le système musculosquelettique incluant la force, l'endurance et la flexibilité; et 3) le système nerveux central (SNC) impliquant le processus central et système cognitif. Le rôle de chacun se résume ainsi: le système sensoriel détecte les changements du corps dans l'espace; et le SNC génère différentes commandes motrices (réflexes ou volontaires) pour maintenir le CdeM à l'intérieur de la base de support;

finalement, les centres supérieurs permettent à l'individu de s'adapter aux différentes exigences des facteurs environnementaux à l'intérieur d'une période de temps adéquate, et selon une séquence musculaire appropriée. De plus, en tenant compte des contraintes biomécaniques, de la disponibilité des informations sensorielles, des facteurs environnementaux et personnels de l'individu, le SNC active des synergies motrices appropriées pour gérer le CdeM (Nashner et McCollum, 1985).

Les trois sous-systèmes sensoriels du corps jouent un rôle dans le contrôle postural chez les adultes en santé, mais leur contribution varie selon les exigences de l'environnement (Rigal, 2002). Le système vestibulaire se situe dans l'oreille interne et signale à tout moment la position et les mouvements de la tête dans l'espace par rapport à la gravité et le système visuel aide l'individu à connaître l'orientation de sa tête et de son corps dans l'espace en se référant aux axes verticaux des objets situés dans l'environnement (Cullen, 2012). Le système somesthésique fournit l'information sur la position et le mouvement du corps par rapport à une surface ferme horizontale (Shumway-Cook et Woollacott, 1995b). Les principaux récepteurs impliqués dans le contrôle de la stabilité posturale se répartissent en trois catégories: les extérocepteurs cutanés de la sensibilité superficielle; les propriocepteurs (les fuseaux neuromusculaires et les organes tendineux de Golgi) et les récepteurs articulaires (Latash, 2002). Ils informent le SNC pour l'élaboration de la réaction posturale. Et finalement, le système musculo-squelettique incluant l'endurance, la force et la flexibilité des chevilles, genoux, hanches, tronc et cou constituent les composantes biomécaniques du contrôle postural sur laquelle la réponse posturale est bâtie.

Le processus central est l'organisateur de la réponse posturale. En termes simples, le SNC reçoit des informations fournies par les systèmes visuel, vestibulaire et somesthésique, analyse celles-ci en fonction des apprentissages antérieurs pour organiser une réponse posturale au niveau du système sensori-moteur qui se réalise à travers les commandes motrices vers les muscles. La réponse posturale ne peut exister sans la présence du tonus musculaire qui empêche l'individu de s'effondrer au sol (Shumway-Cook et Woollacott, 1995b). Ce tonus s'exprime sous forme d'une raideur musculaire qui est sollicitée en

anticipation ou en correction posturale. Concrètement, ce mécanisme de contrôle postural fournit une réponse correctrice instantanée et réduit les opérations du SNC.

Le contrôle postural ne peut exister sans la posture qui représente la fondation sur laquelle les mouvements sont organisés et exécutés (Massion, 1998). Elle assure deux fonctions. La première de nature antigravitaire qui vise le maintien du centre de masse (CdeM) dans la base de support et la deuxième qui permet l'interaction avec le monde extérieur grâce à la perception et l'action (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). Le contrôle postural représente la capacité à prendre, maintenir ou retrouver un état d'équilibre durant la prise d'une posture ou d'une activité (Pollock et coll., 2000). Il dépend de l'interaction entre plusieurs facteurs soit l'individu et ses caractéristiques morphologiques, la nature de la tâche et les contraintes imposées par l'environnement (Shumway-Cook et Woollacott, 2001). Le développement du contrôle postural influence fortement celui du contrôle moteur volontaire, car toutes les tâches ont des exigences posturales (Woollacott et coll., 1987).

Le contrôle postural est un prérequis dans trois grandes classes d'activités humaines : 1) le maintien d'une posture spécifique comme s'asseoir ou se tenir debout, 2) l'exécution d'un mouvement volontaire et 3) la réaction à une perturbation externe (chute, glissement ou une poussée) (Pollock et coll., 2000). Se tenir debout est une étape indispensable dans l'acquisition de la marche. L'initiation de la locomotion nécessite le passage d'un état d'équilibre à un état de mouvement du corps. La locomotion est le fruit de l'expérimentation de différentes stratégies posturales utilisées à différentes étapes du développement. Le contrôle de la tête est le premier pas réalisé en prévision de l'acquisition du contrôle postural nécessaire à la locomotion. Il est initié par le désir de préhension de l'enfant.

Le contrôle de la posture évolue avec la maturation, se modifie en raison des déficiences et peut régresser si de nouvelles contraintes environnementales sont imposées. Selon Hadders-Algra (1996), le contrôle postural s'effectue selon une organisation céphalocaudale (de la tête vers les pieds) ou caudal céphalique (des pieds vers la tête) dépendamment de l'âge de la personne. Assaiante (1995) soutient que l'évolution du contrôle postural s'ordonne selon

une organisation ascendante ou descendante dépendamment de l'âge de la personne et du niveau de difficulté du défi postural (Assaiante et coll., 1997). Chez l'enfant, le contrôle postural se fait selon deux étapes dépendamment de la complexité de la tâche à exécuter, de l'âge et de l'environnement afin d'atteindre le niveau le plus évolué. La première étape serait acquise vers l'âge de 18 mois (Hadders-Algra, 2005) même si l'enfant est parfois encore instable (Sveistrup et Woollacott, 1996) et la deuxième étape vers 7 ans (Assaiante et Amblard, 1995). Cette organisation nécessite la gestion des articulations impliquées autour de deux systèmes stables de référence à savoir le bassin et la tête. Le premier système, celui du bassin, permet de contrôler le centre de gravité et le deuxième au niveau du cou, assure une vision stable par une stabilisation de la tête (Assaiante et coll., 2005). Pendant l'apprentissage d'une nouvelle tâche comme l'acquisition de la marche, l'enfant tout comme l'adulte devant une situation inconnue utilisent la stratégie en blocs qui consiste à fixer la tête sur les épaules puis, lorsque la tâche devient familière, des stratégies plus dissociées apparaissent (Assaiante et coll., 1997). Cette stratégie permet de minimiser les articulations à gérer et offre la possibilité de produire des réajustements optimaux en utilisant les informations visuelles lors de perturbations (Assaiante, 1998). L'enfant doit donc apprendre à stabiliser sa tête chaque fois qu'un nouveau problème d'équilibre est rencontré. La stratégie en bloc serait également utilisée lorsque le risque de perdre l'équilibre est élevé chez des enfants ayant des déficits neuromoteurs comme chez les enfants ayant une DMC (Van der Heide et Hadders-Algra, 2005) et permettrait de stabiliser les muscles antagonistes des muscles spastiques (Brændvik et Roeleveld, 2012).

Forssberg et Hirschfield (1994) ont parlé de l'existence de deux niveaux concernant les réactions posturales matures suite à des observations de variables cinématiques et électromyographiques chez des adultes. Le premier niveau concerne la sélection des groupes musculaires antagonistes au mouvement qui permettront l'exécution du freinage du corps pour compenser la perturbation. Le deuxième niveau consiste à solliciter les modes d'activation musculaire accessibles selon l'âge ou encore les synergies de mouvement les plus efficaces en fonction de la force de la perturbation (Forssberg et Hirschfeld, 1994). La figure 4 est une synthèse inspirée d'une adaptation libre des observations de Forssberg et Hirschfield (1994) et de Wescott (2004) et permet de résumer la pensée de ces auteurs.

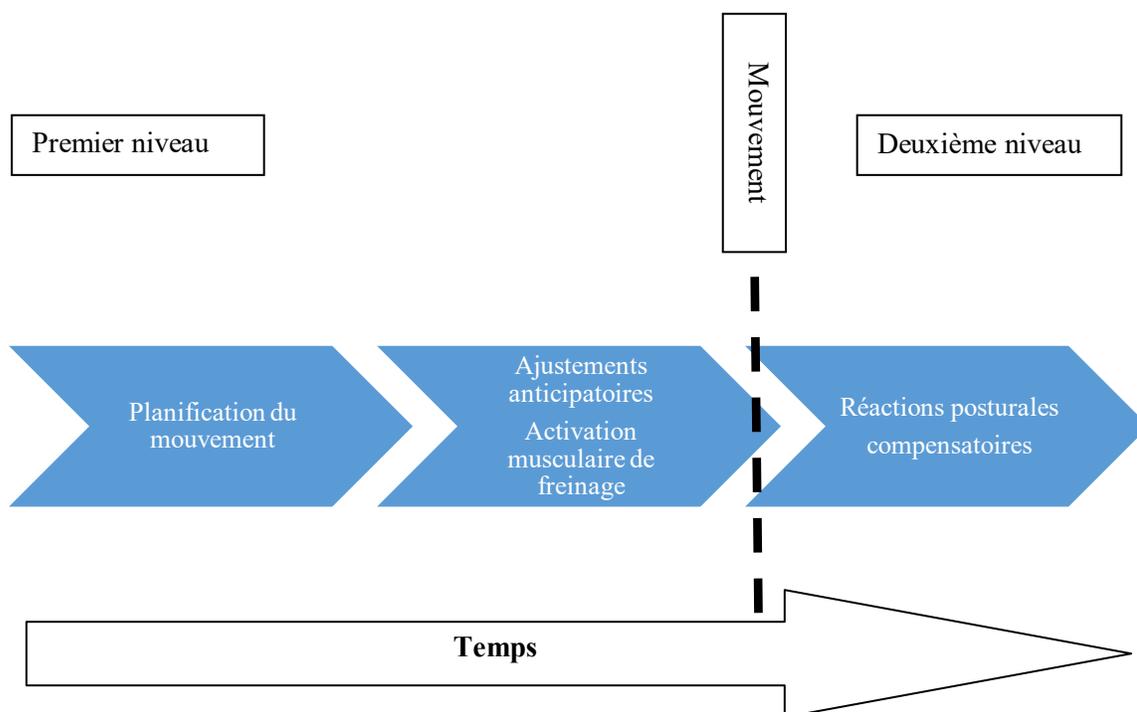


Figure 4 Séquence d'apparition de la réaction posturale

Selon Wescott (2004), il y a donc trois types de stratégies possibles dont deux, de nature anticipatoire qui peuvent être observées avant la perturbation et l'apparition de mouvements volontaires et une, de nature réactionnelle ou compensatoire, après la perturbation. La première de nature anticipatoire, implique une préparation posturale impliquant l'orientation du corps.

Le premier niveau de la stratégie posturale se situe dans la planification de l'organisation de la réaction à la perturbation. Forsberg et Hirschfeld (1994) ont émis l'hypothèse que le deuxième niveau, grâce à l'information recueillie par les systèmes sensoriels activés au premier niveau, permet un raffinement et génère une précision dans l'exécution du mouvement postural. Cette précision suppose nécessairement une planification posturale et une anticipation du geste moteur afin de répondre aux critères de sécurité (préserver la tête) et d'efficacité (réduire le coût énergétique en sollicitant une activation musculaire minimale). Le SNC évalue donc les perturbations posturales associées au mouvement volontaire et minimise les corrections posturales grâce à l'anticipation tandis que les

réactions compensatoires surviennent lorsque la limite dans la correction possible des réactions d'anticipation a été atteinte (Aruin, 2002).

Chez l'adulte en position debout, les réactions posturales générées après le début du mouvement (dites réactionnelles ou compensatoires) sont reconnues comme étant efficaces si les stratégies avant l'exécution du mouvement n'ont pas été suffisantes. Ces stratégies de récupération existent et portent les noms de stratégie de la cheville, stratégie de la hanche et stratégie du pas (Horak et Nashner, 1986). Les patrons musculaires des réactions posturales adultes sont organisés de distal à proximal (Sveistrup et Woollacott, 1996). Le choix de la stratégie utilisée dépend de l'amplitude (faible-grande) et de la vitesse (lente-rapide) de la perturbation.

Pour une perturbation de faible amplitude, mais rapide, la stratégie de la cheville sera privilégiée (Woollacott et Shumway-Cook, 1996). Dans cette stratégie, le sujet se comporte comme un pendule inversé, oscillant d'avant en arrière autour de l'axe des chevilles par l'activation des synergies musculaires appropriées (Oullier et coll., 2004). Pour une perturbation lente et d'une grande amplitude, la stratégie de la hanche sera alors préférée (Woollacott et Shumway-Cook, 1996). Dans cette option, la position du centre de masse du sujet est affectée par la rotation du tronc autour de l'axe pelvien, le mouvement des chevilles étant faible (Oullier et coll., 2004). Si la perturbation est trop forte, la stratégie du pas apparaîtra (Woollacott et Shumway-Cook, 1996). Horak (1997b) confirme le concept de synergies mixtes selon lequel les stratégies de la hanche et de la cheville peuvent survenir de façon simultanée et dosée afin de prévenir un déséquilibre (Torres-Oviedo et Ting, 2007) d'importance moyenne.

1.4.1 Le contrôle postural chez les enfants ayant une DMC

Un modèle du contrôle postural avec les enfants ayant une DMC basé sur le vocabulaire de la CIF (Schiariti et coll., 2014) est présenté à la figure 5. Dans notre modèle le contrôle postural est au cœur des facteurs personnels et environnementaux. Il s'inscrit dans une perspective globale où l'individu avec ses limitations veut participer dans son environnement pour s'intégrer dans sa famille et sa communauté. Celui-ci accomplit des

activités significatives tout en tenant compte des limites imposées par ses facteurs personnels et environnementaux.

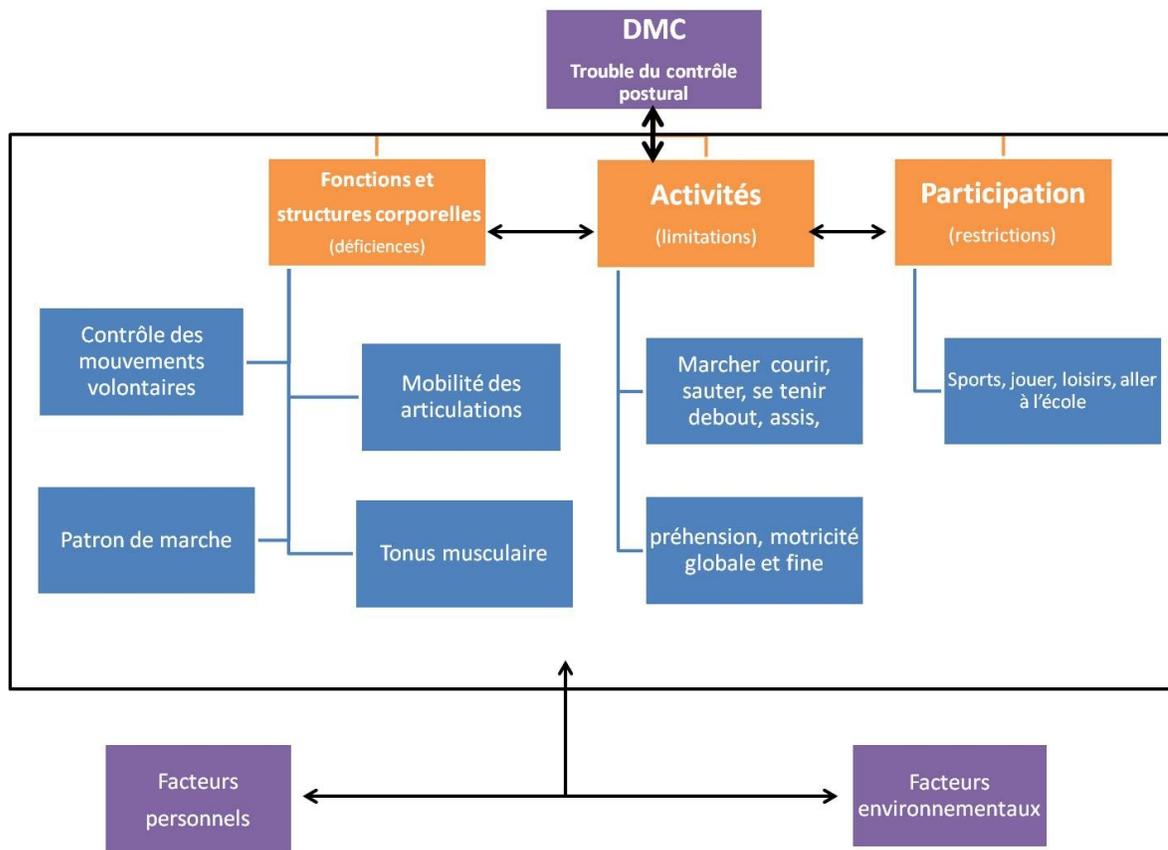


Figure 5 Modèle du contrôle postural des enfants ayant une DMC basé sur la CIF

En somme dans ce modèle, l'organisation spécifique entre les systèmes régulant les fonctions et structures corporelles se détermine en fonction des limitations liées à l'exécution d'activités, des restrictions dans la participation à une situation réelle et des facteurs environnementaux et personnels.

Les enfants ayant une DMC présentent souvent des déficits influençant directement le contrôle postural. Les déficits sont reliés aux différents systèmes importants pour le contrôle moteur, soit sensoriel, neurologique et musculo-squelettique.

Au niveau du système sensoriel, les déficiences visuelles sont présentes dans 65% des cas pour les formes légères (Schenk Rootlieb et coll., 1992) et influenceraient le contrôle postural de ces enfants (Porro et coll., 2005). Les enfants ayant une DMC utiliseraient la vision pour compenser les déficiences associées au contrôle moteur et au système musculosquelettique. En effet, une étude a montré que le déplacement du CdeP dans les directions A\P et M\L augmente beaucoup plus dans une condition debout avec les yeux fermés comparativement aux enfants avec développement typique dénotant une diminution du contrôle postural (Ferdjallah et coll., 2002). De plus, Rose et coll. (2002) ont étudié des enfants présentant une DMC légère correspondant au niveau I à l'échelle du GMFCS et ont constaté aussi que les patrons de déplacement du CdeP étaient semblables aux enfants ayant un développement typique. Cependant, chez un tiers des sujets de l'étude, ils ont observé un déplacement du CdeP plus grand que chez des enfants avec un développement typique dans les conditions avec les yeux fermés (Rose et coll., 2002), ce qui suggère l'importance de la vision chez ces enfants pour optimiser la stabilité posturale.

La proprioception est aussi affectée, car chez les enfants présentant un tonus musculaire altéré, l'information provenant de l'étirement musculaire est déformée (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). Les enfants (n=38) présentant une diplégie (âgés en moyenne de 14 ans et 10 mois) ou une hémiplégie (âgés en moyenne de 13 ans et un mois) du niveau I et II à l'échelle du GMFCS présentent des problèmes proprioceptifs et kinesthésiques de la hanche et de l'avant-bras lorsque comparés avec un groupe contrôle (n=21) apparié avec l'âge (14 ans 10 mois) (Wingert et coll., 2009).

Du point de vue du système neurologique, ces enfants doivent composer avec des programmes fonctionnant différemment autant en anticipation qu'en réaction posturale. Des stratégies de synergies de contractions musculaires existent chez les enfants ayant une DMC pour répondre à une perturbation de l'équilibre en posture debout (Brogren et coll., 2001), mais seraient plus désorganisées avec la présence d'un niveau cocontraction plus important et une séquence d'activation musculaire inversée comparativement aux enfants ayant un développement typique (Burtner et coll., 1998). Cette réaction musculaire serait toutefois induite par la posture debout asymétrique observée chez ces enfants (Woollacott

et coll., 1998). Par conséquent, le dosage de la réponse posturale en fonction de la magnitude et de la vitesse de la perturbation serait également affecté, car le muscle reste contracté plus longtemps chez les enfants ayant une DMC comparativement aux enfants ayant un développement typique (Roncesvalles et coll., 2002). Conséquemment, le recrutement musculaire et le temps de réaction sont augmentés en raison de la diminution du contrôle moteur (Westcott et Burtner, 2004).

De plus, les enfants ayant une DMC présentent des atteintes neurologiques comme la spasticité, des réflexes d'étirement hyperactifs, une coactivation musculaire excessive au niveau des articulations et une faiblesse musculaire (Woollacott et coll., 1998) qui force le système musculosquelettique à se modifier et des contractures apparaissent. Ces déformations entraînent des contraintes biomécaniques dans le choix des stratégies et des réactions posturales. Dans l'étude de Saxena (Saxena et coll., 2014), l'objectif était de comparer diverses populations d'enfants ayant au niveau du contrôle postural debout dans les conditions yeux ouverts et fermés sur une surface rigide ou sur un tapis de mousse (Saxena et coll., 2014). Les résultats laissent voir que la gestion du CdeP des enfants diplégiques spastiques et les enfants avec développement typique sont comparables au niveau de la dépendance à la vision, mais seraient plus dépendants du système somatosensoriel. Les enfants hémiplegiques seraient comparables aux enfants avec développement typique en raison du fait qu'ils peuvent utiliser leur côté sain (Saxena et coll., 2014). Conséquemment, plus l'atteinte est importante (deux membres atteints chez les diplégiques comparativement à un chez les hémiplegiques) plus l'écart est grand avec les enfants ayant un développement typique (Saxena et coll., 2014).

Au niveau du contrôle moteur, le premier niveau de stratégie posturale est intact excepté pour les enfants présentant une atteinte plus sévère avec une DMC de niveaux IV et V à l'échelle du GMFCS. Le deuxième niveau concernant la séquence de l'activation musculaire est problématique (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). Par conséquent, en position debout, une activation musculaire inversée (de proximal vers distal) des membres inférieurs a été notée chez les enfants avec un développement typique comparé à des enfants de sept à neuf ans ayant une hémiplegie en station debout (Nashner et coll., 1983).

Dans les formes plus légères d'hémiplégie, seule la coordination motrice était affectée. Plus l'atteinte était sévère plus le conflit entre la coordination motrice et le système sensorimoteur devenait évident (Nashner et coll., 1983). En effet, les chercheurs ont observé que l'enfant, ayant une DMC, présentait, lors d'un défi postural, une augmentation de l'activation des muscles antagonistes au mouvement, un nombre accru de muscles engagés dans le mouvement et aussi une prédominance du contrôle céphalocaudal (au lieu de la voie caudo-céphalique utilisée chez les enfants à développement typique) lors du recrutement de l'activation musculaire (Brogren et coll., 1996). Ainsi, en 2008, des chercheurs ont démontré que la priorité chez les enfants ayant une DMC est de stabiliser la tête alors que chez les enfants avec développement typique la priorité est à la stabilisation du tronc (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). L'activation accrue des muscles génère la stabilité nécessaire à l'action effectuée en posture assise chez les enfants ayant une DMC (Hadders-Algra et Carlberg, 2008) comme dans la stratégie en bloc décrite par Assaiante (1995). Cette stratégie peut être aussi une façon de compenser la faiblesse musculaire observée dans les agonistes au mouvement chez ces enfants (Neilson et coll., 1990) en utilisant tout le potentiel de contraction musculaire volontaire disponible. Conséquemment, certaines recherches plus récentes remettent en cause la perception négative de la coactivation qui serait un mécanisme de stabilisation de l'articulation impliquant le muscle spastique (Brændvik et Roeleveld, 2012).

Au niveau musculo-squelettique, dans les déficiences primaires, la force des enfants ayant une DMC est atteinte, mais sera discutée en détail dans la section 1.2.3. L'endurance est aussi limitée chez les enfants ayant une DMC, car, Eken et coll. (Eken et coll., 2016) confirment que 17 adolescents (âgés entre 12 et 19 ans) ayant une DMC classée niveau I ou II à l'échelle du GMFCS rapportent plus facilement la fatigue que 18 adolescents ayant un développement typique lors de l'étude des extensions résistantes du genou (15 répétitions) mesuré par questionnaire sur la fatigue.

Au niveau de la flexibilité, des déformations sont observées au niveau de la colonne (scoliose, cyphose) (Garg et coll., 2013; Singh et coll., 2008), du bassin (obliquité) (Terjesen, 2012), des hanches (subluxation) (Alshryda et Wright, 2014) des genoux, des

chevilles et des pieds (Kedem et Scher, 2015). L'ensemble des problèmes neurologiques et musculosquelettiques (Woollacott et coll., 1998) peut occasionner des déformations de nature scoliothique ou cyphotique (Sochaniwskyj et coll., 1991). Ces déformations seraient aussi causées par le niveau d'activité physique inférieur à celui des enfants de leur âge ayant un développement typique (Hadders-Algra et Carlberg, 2008).

Par ailleurs, ces modifications structurelles engendrent à elles seules des façons différentes de réagir aux perturbations et aux anticipations de mouvements. Ainsi, des enfants ayant un développement typique à qui des chercheurs ont demandé de mimer les mêmes contraintes posturales que subissent les enfants ayant une DMC c'est-à-dire avec des flexum (hanches et genoux fléchis avec chevilles en flexion dorsale) obtenaient sensiblement les mêmes patrons d'activation musculaire que les enfants ayant une DMC (Woollacott et coll., 1998). Par contre, sans contraintes imposées, des chercheurs ont observé que chez l'enfant ayant une DMC qui veut se relever, la réponse musculaire est désorganisée et qu'il y a une coactivation excessive de tous les muscles impliqués dans le corps de l'enfant (proximal vs distale et agoniste vs antagoniste) comme celles utilisées par les enfants plus jeunes avec développement typique (Woollacott et Burtner, 1996).

Par conséquent, du point de vue fonctionnel, l'accomplissement d'une tâche se réalise de façon distincte. Les outils (patrons d'activation moteurs différents) et les contraintes structurelles (déformations), dont l'enfant ayant une DMC dispose pour réagir, obéissent à des règles différentes comparativement aux enfants ayant un développement typique. Rapidement, il y a un recrutement généralisé de tous les muscles disponibles à la contraction musculaire qu'il soit réflexe ou volontaire.

De ce fait, le contrôle postural nécessaire à la réalisation des activités quotidiennes représente un défi de taille (Shumway-Cook et coll., 2003) pour les enfants ayant une DMC. Par contre, les recherches citées ci-dessus ont démontré que le contrôle postural peut s'améliorer avec l'entraînement et la pratique chez les personnes ayant des problèmes d'équilibre (Horak et coll., 1997a) comme chez les enfants ayant une DMC. Avant d'aborder l'intervention, l'évaluation du contrôle postural sera abordée.

1.4.2 Évaluation du contrôle postural

La biomécanique du mouvement humain peut être définie comme une discipline qui décrit, analyse et évalue le mouvement humain. En position debout stable, le corps oscille constamment (Singh et coll., 2012). Ainsi, traditionnellement, on utilise l'oscillation du corps pour caractériser la qualité du contrôle postural. Ce concept vient de l'observation de Romberg (1853). Ce médecin a noté que, dans la position debout avec les pieds parallèles et les yeux fermés, les patients avec une déficience sensorielle à cause d'une atteinte au niveau des cordons postérieurs du système nerveux oscillaient plus que les patients ne présentant aucune déficience.

Traditionnellement, l'approche biomécanique contemporaine de l'évaluation du contrôle postural a recours à la posturographie par l'entremise de l'observation de la cinématique et/ou la cinétique et de l'électromyographie pour évaluer les caractéristiques des oscillations posturales indicatrices de la stabilité posturale. Dans les prochains paragraphes, nous abordons successivement ces modes d'évaluation soit la cinétique, la cinématique (Benvenuti et coll., 1999).

Les fondements de la cinétique sont basés sur le fait qu'aucun corps n'est parfaitement au repos. La posture statique d'un corps est caractérisée par de minimes oscillations qui résultent d'un ensemble de forces agissant sur lui afin de maintenir un bon alignement entre son CdeM et son centre de pression (CdeP). Le CdeM d'un individu représente la concentration de la masse corporelle en un point tandis que le CdeP est l'expression de la gestion du CdeM et est utilisé pour évaluer le contrôle postural. Le CdeP est situé entre les pieds pour un sujet debout et au niveau du siège pour un sujet assis.

La stabilité posturale repose sur trois systèmes (proprioceptif, vestibulaire et visuel) qui sont directement associés au système neuromusculaire (Ferdjallah et coll., 2002). Elle est définie comme étant la capacité de contrôler le CdeM à l'intérieur de la base de sustentation afin de prévenir des chutes et permettre l'exécution de tâches fonctionnelles requises (Ferdjallah et coll., 2002). Les études cinétiques évaluant la stabilité posturale à l'aide d'une plateforme de force (PF), enregistre la force de réaction du sol afin de quantifier le

déplacement du CdeP. Ainsi, le déplacement du CdeP nous permet d'estimer l'instabilité du CdeM. Ce point culminant est décrit selon trois différents axes: médiolatéral (M/L), antéropostérieur (A/P) et vertical (vert). Les paramètres du CdeP souvent rapportés sont, entre autres, la vitesse moyenne, la surface de déplacement et la distance totale du déplacement du CdeP.

Les études du mouvement permettent d'observer le contrôle et la stabilité posturale chez l'humain pour pouvoir comprendre l'étendue des solutions neurologiques utilisées face à des problèmes posturo-cinétiques. La cinématique fait appel à l'observation du déplacement dans l'espace de la position, de la vitesse et de l'accélération d'un corps ou de segments corporels représentés dans un seul point (Benvenuti et coll., 1999). L'évaluation cinématique du contrôle postural est l'étude des valeurs descriptives du mouvement (déplacement, vitesse, accélération) tandis que la cinétique en est son prolongement avec l'ajout de la notion de masse corporelle. L'utilisation des techniques d'imagerie permet de quantifier et de qualifier en cinématique les déplacements des segments corporels. Plus spécifiquement, des systèmes de capture de mouvement utilisent des marqueurs réfléchissants la lumière infrarouge pour évaluer le déplacement tridimensionnel dans l'espace d'un ou de plusieurs segments corporels (tête, épaules, coudes, mains, hanches, genoux, chevilles) (Benvenuti et coll., 1999) dont on veut apprécier la performance motrice. Les données de déplacement sont enregistrées par des caméras vidéo à partir de marqueurs placés sur des points de repère anatomiques spécifiques.

Un autre système, les modules de positionnement inertiel utilisés en cinématique permettent également de quantifier l'oscillation du corps en enregistrant, dans le domaine temporel, les accélérations et les décélérations des segments corporels sur lesquels ils sont positionnés (Hale et coll., 2008). On dérive mathématiquement deux fois les vitesses obtenues pour obtenir la position tridimensionnelle du CdeM dans l'espace (Winter, 1990). Ces modules incluent un accéléromètre enregistrant la vitesse linéaire, un magnétomètre situant le module par rapport au nord magnétique et un gyroscope enregistrant la vitesse angulaire. Un accéléromètre mesure la compression ou l'allongement d'un ressort qui réagit en fonction du déplacement linéaire tridimensionnel de l'objet sur lequel on l'a fixé tandis

que le gyroscope est un capteur du mouvement angulaire donc de rotation de l'objet. Les modules inertiels permettent de mesurer des activités de la vie quotidienne en dehors du contexte d'un laboratoire sans toutefois faire de compromis sur la précision des données recueillies (Hale et coll., 2008). Les modules inertiels sont assez petits pour offrir une liberté de mouvement au sujet et permettent une collecte de données directement dans l'action sans autre intermédiaire (Kavanagh et Menz, 2008). L'utilisation de plus d'un module sur différents segments corporels est recommandée pour évaluer le contrôle postural (Wong et coll., 2007).

1.4.3 Évaluation de la stabilité posturale chez les personnes ayant une DMC

L'observation et la quantification de la stabilité posturale sont des éléments importants dans l'évaluation de l'enfant ayant une DMC. Ce dernier peut composer avec un certain niveau d'atteinte neuromusculaire sans présenter de difficultés fonctionnelles, mais, plus les atteintes deviennent sévères, plus les impacts fonctionnels sont observés. La relation entre la sévérité des déficiences et les limitations d'activités observées ne serait pas linéaire, mais marquée par des seuils. Les déficits et les limitations d'activités, une fois les seuils atteints, influenceraient alors drastiquement l'aspect fonctionnel (Abel et coll., 2003). Les outils pour observer les déficiences doivent donc être sensibles pour permettre de suivre l'évolution posturale des enfants ayant des déficits légers ce que la PF, les modules inertiels et les systèmes de capteur de mouvement (vidéos et marqueurs) permettent de faire.

Dans cette thèse, les instruments de mesure recensés dans la littérature sur les variables biomécaniques ont été classifiés selon le modèle de la CIF afin de dresser le portrait des variables biomécaniques et l'éventail des outils de mesure utilisés en lien avec la terminologie de la CIF (figure 6).

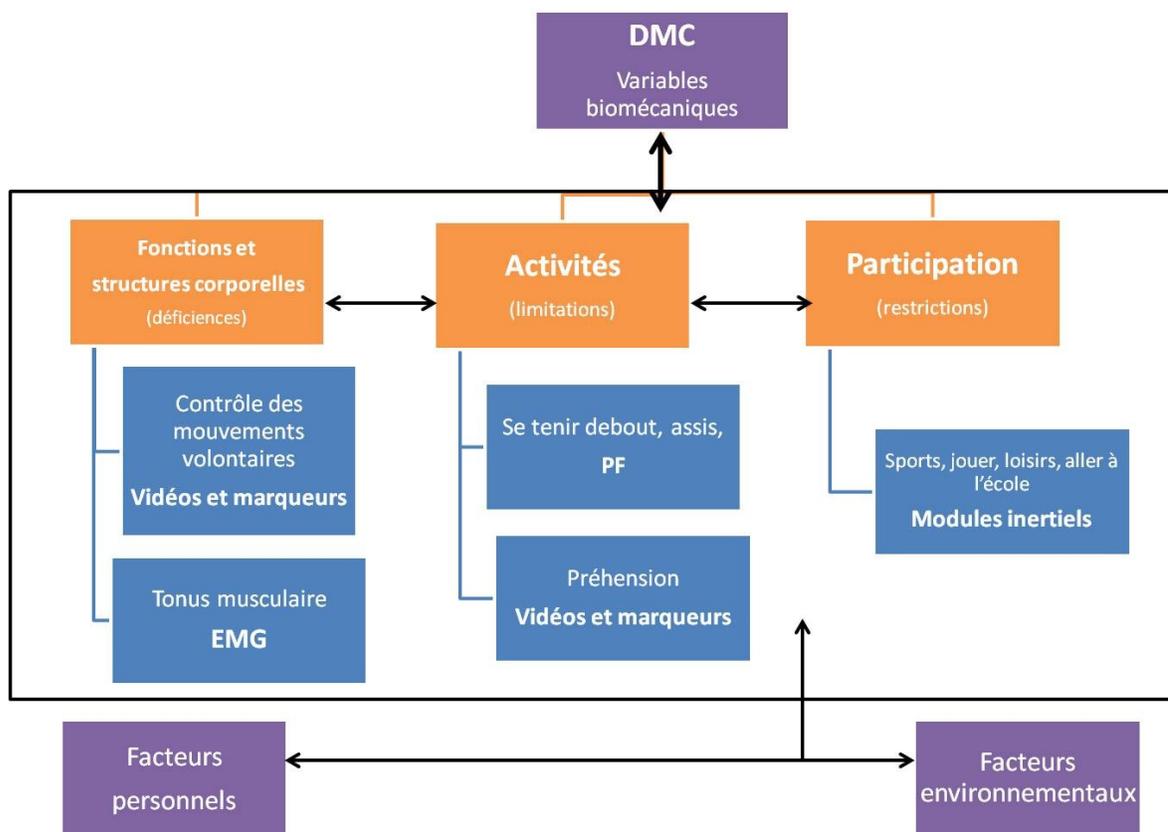


Figure 6 Instruments de mesure avec les enfants ayant une DMC.

Les prochaines sous-sections vont faire état de la recension des écrits avec l'utilisation des instruments de mesure des variables biomécaniques avec la population ayant une DMC.

1.4.3.1 La stabilité posturale en position assise chez les enfants ayant une DMC

La posture assise est le premier pas dans le développement postural de tout individu et elle permet la libération des MS pour accomplir une tâche fonctionnelle (Harbourne et coll., 2010). Cette position représente un défi postural qui demande moins de degrés de liberté à gérer et offre une base de sustentation élargie comparativement à la posture debout (Brogren et coll., 1998). En position assise, l'atteinte de la musculature du tronc chez les enfants de GMFCS de niveau I à III augmente la vitesse et la distance de déplacement de la tête dans l'axe A/P lorsqu'observé à l'aide de marqueurs (Saavedra et coll., 2009). Aussi, la stabilité du tronc dans l'axe M/L est perturbée entraînant une augmentation des oscillations

posturales traduite par une augmentation significative du déplacement de la tête recueillie à l'aide d'un marqueur magnétique (Saavedra et coll., 2009) comparativement aux adultes ou aux enfants avec un développement typique. Liao et coll. (2003) confirme que les enfants ayant une DMC performant significativement moins bien dans le contrôle de leur CdeP dans l'axe M/L en posture assise que les enfants ayant un développement typique.

La musculature du tronc est impliquée activement dans le maintien de la posture assise statique et dynamique. Mais la diversité des solutions posturales et des réponses musculaires seraient moindres chez les jeunes enfants présentant une DMC comparativement aux enfants avec développement typique (Hadders-Algra et coll., 1997). De plus, la musculature du tronc en posture assise présenterait aussi une coactivation excessive et un recrutement céphalocaudal (Brogren et coll., 1998) qui génère la stabilité nécessaire à l'action effectuée en posture assise (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). Cette coactivation peut être aussi une façon de compenser la faiblesse musculaire observée au niveau des muscles agonistes au mouvement des MS chez ces enfants (Neilson et coll., 1990). Cette faiblesse est donc un facteur contribuant à affecter le contrôle postural assis et serait aussi en lien avec la réduction du niveau d'activité motrice de ces enfants (Carlson et coll., 2013; Fowler et coll., 2007b).

Il est connu que le contrôle de la posture assise passe par une gestion efficace du tronc qui permet de bien l'orienter et de maintenir sa verticalité dans les limites de la base de sustentation circonscrites par le bassin. Une amélioration du contrôle du tronc en posture assise peut engendrer un contrôle accru des MS (Shurtleff et coll., 2009) et peut permettre de corriger d'autres problématiques du tronc en posture debout (Sæther et coll., 2015).

1.4.3.2 La stabilité posturale en position debout chez les enfants ayant une DMC

La mesure de la stabilité posturale en posture debout statique chez les enfants ayant une DMC peut s'observer entre autres, grâce à l'enregistrement du déplacement du CdeP. Plus précisément, le maintien de l'équilibre debout sur une PF mobile double se ferait principalement par la stratégie de la hanche chez les enfants diplégiques, ambulants et

relativement jeunes (entre 6 et 18 ans) selon Ferdjallah (2002). En effet, les muscles sont plus volumineux à la hanche comparativement à la cheville, donc l'effort à déployer pour bouger est donc moindre et le contrôle musculaire de la hanche est moins affecté, car le contrôle de la musculature est toujours supérieur en proximal chez ces enfants (Burtner et coll., 1998; Wiley et Damiano, 1998).

En 2014, Saether et coll. ont observé la posture debout des enfants présentant une DMC (5-18 ans; GMFCS I à III) avec des accéléromètres triaxiaux placés sur le tronc en les comparant à des enfants ayant un développement typique. Ils ont conclu que plusieurs variations existaient chez les enfants ayant une DMC (Saether et coll., 2014). En effet, les enfants ayant une DMC présentaient des accélérations supérieures du tronc dans les trois axes lors de la marche qui étaient proportionnelles au niveau d'atteinte au GMFCS (Saether et coll., 2014). L'asymétrie posturale était également notée chez ces enfants et influencée par les atteintes unilatérales (hémiplégie) et bilatérales (diplégie) (Saether et coll., 2014).

En 2001, Park et coll. (2001) ont réalisé une recherche auprès d'enfants âgés de huit à 16 mois avec une diplégie spastique présentant un dos courbé (causé par un raccourcissement des ischio-jambiers qui induirait une bascule du bassin) et une asymétrie posturale ont été sélectionnées. Des stimulations électriques fonctionnelles avec des basses fréquences ont été réalisées sur la musculature abdominale et dorsale pendant six semaines à raison de 30 minutes par jour six jours par semaine (Park et coll., 2001). Ils ont observé une amélioration de la posture debout sur les radiographies prises après l'intervention fréquente et intensive de stimulation électrique musculaire (Park et coll., 2001). Mais les enfants ayant une hémiplégie spastique présentent un meilleur contrôle en posture debout que les enfants ayant une diplégie spastique (Heyrman et coll., 2013). Il est donc possible d'améliorer la posture debout des enfants ayant une DMC si des contractions musculaires ciblées sont réalisées.

Dans l'étude de Burtner et coll. (2007), l'échantillon d'enfants sélectionnés ayant une DMC présentait des niveaux d'atteintes s'échelonnant du niveau I à III au GMFCS avec des différences significatives sur plusieurs aspects. En effet, les enfants ayant une DMC

oscillaient plus, obtenaient des pourcentages plus élevés au niveau de la perte d'équilibre, avaient un CdeP qui parcourait plus de distance avec plus de changements de direction que les enfants avec un développement typique du même âge (Burtner et coll., 2007). De plus, Roncesvalles et coll. (2002) ajoutent que chez les enfants ayant une DMC, la force des contractions musculaires est insuffisante dans les muscles agonistes au mouvement lors de tentatives de récupération de l'équilibre.

1.5 Le déplacement des MS

Le mouvement volontaire peut impliquer une déstabilisation qui nécessite l'apprentissage et l'acquisition d'expériences motrices (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). Dans la plupart des actes moteurs, la position de plusieurs segments tels la tête, le tronc l'avant-bras et la main est utilisée comme référence dans le calcul des trajectoires et des vitesses d'atteinte impliquée dans l'acte de préhension (Massion, 1997).

La préhension est le terme souvent utilisé pour décrire les activités d'atteinte et de manipulation d'objets (Magill, 2007). L'atteinte implique le transport de la main vers l'objet et la manipulation d'objets réfère à l'objectif fonctionnel de la tâche où la main doit préalablement adopter une position épousant les caractéristiques de l'objet à prendre (Magill, 2007). La phase de transport de la main inclut la préparation du positionnement adéquat des articulations de la main pour accomplir le geste de préhension (Shumway-Cook et Woollacott, 2001). L'ouverture de la main est proportionnelle à la taille de l'objet à déplacer (Shumway-Cook et Woollacott, 2001).

L'atteinte et la manipulation d'objets reposent sur un contrôle postural adéquat. Les relations entre le regard, la position de la tête et du tronc sont primordiales pour la manipulation d'objets. Afin d'y parvenir, le tronc doit être en équilibre sur sa base de support afin de stabiliser le regard qui peut alors être dirigé vers sa cible et procurer un schème de référence pour l'atteinte de l'objet et finalement, permettre la liberté de mouvement des bras et des mains (Bertenthal et Von Hofsten, 1998). La stabilisation du regard est dépendante de la position de la tête et des yeux et est cruciale pour établir le

schème de référence entre la cible et le corps (Bertenthal et Von Hofsten, 1998). Plusieurs facteurs influencent la capacité à stabiliser le regard soit l'équilibre de la tête, la stabilité du tronc et la qualité de la base de support en posture assise ou debout. Dans plusieurs tâches posturo-cinétiques, le contact avec la surface de support est intermittent (Assaiante et coll., 2005). Si l'activité se déroule sans interruption, l'anticipation de la perturbation doit donc se produire avant et durant le déroulement de l'activité.

Le développement des mouvements d'atteinte est intimement lié au développement de la stabilité posturale (Bertenthal et Von Hofsten, 1998). La préhension se développe dans la première année de vie entre six et neuf mois (Shumway-Cook et Woollacott, 1995a). Vers l'âge de quatre mois, l'enfant commence à atteindre sa cible; entre quatre à six ans, il a beaucoup moins besoin de la vision pour être efficace. Le stade mature de la coordination de la prise et de la maîtrise des forces nécessaires au déplacement de l'objet sont acquis vers huit ans (Forsberg et coll., 1991).

Pour être efficace durant le déplacement des membres, le sujet doit connaître les forces résultantes qui surviennent durant le mouvement et dans quelle amplitude le centre de masse corporelle seront déplacées (Bertenthal et Von Hofsten, 1998). Durant l'enfance, les ajustements anticipatoires sont encore incohérents (Witherington et coll., 2002). En effet, les patrons immatures d'atteinte sont caractérisés par la variabilité (Schneiberg et coll., 2002). La trajectoire de la main devient plus régulière avec l'âge ainsi que la coordination inter segmentaire pendant que le déplacement du tronc devient aussi plus régulier (Schneiberg et coll., 2002). En posture assise, les activités anticipatoires surviennent de façon régulière dans les mouvements d'atteinte vers l'âge de 15 à 18 mois (Van der Heide et coll., 2003) et après 18 mois pour les tâches effectuées debout (Assaiante et coll., 2000). Entre quatre et cinq ans, elles sont présentes lors de tâches posturales telles que lever un bras (Riach et Hayes, 1990) ou encore tirer ou pousser sur une poignée en réponse à un stimulus lumineux (Woollacott et Shumway-Cook, 1986) même si cette dernière tâche prend plus de temps que chez l'adulte.

En conclusion, une préhension efficace soutenue par un déplacement efficace des MS est favorisée par un contrôle postural adéquat ou un support postural ne limitant pas les réactions en anticipation ou en compensation du tronc, des MS et de la tête (Levitt et Sheridan, 2010).

1.5.1 Le déplacement des MS chez les enfants ayant une DMC

L'atteinte est une étape de la préhension. Elle est définie comme étant le positionnement adéquat de la main vers et sur l'objet qu'on veut manipuler. On a observé que lorsque les enfants ayant un développement typique commençaient à atteindre les objets, ils bloquaient leur coude en extension (Berthier et coll., 1999) et augmentaient la cocontraction musculaire au niveau des épaules (Spencer et Thelen, 2000). Cette adaptation permet de réduire l'erreur dans l'atteinte (Berthier et Keen, 2006).

En posture assise, la stabilisation de la tête dans l'acte de préhension est une priorité chez les enfants ayant une DMC (Hadders-Algra et Carlberg, 2008). La sélection de cette priorité implique dans l'acte d'atteinte, un travail accru de la musculature proximale (Domellof et coll., 2009), un peu comme le rappelle le recours à la stratégie en blocs lors de l'apprentissage du contrôle postural qui diminue le nombre d'articulations à gérer facilitant ainsi l'apprentissage d'une tâche considérée complexe. Ces observations sont confirmées par une étude électromyographique réalisée auprès d'un groupe de six adolescents âgés entre 15 et 18 ans incluant divers types de DMC qui a aussi montré l'activation d'un nombre élevé de muscles impliqués lors d'une tâche de manipulation d'une cuillère avec ou sans eau (Van Roon et coll., 2005). Ici encore, la cocontraction des muscles de l'épaule était supérieure aux enfants avec un développement typique. L'activation importante en proximale de la musculature du tronc est caractéristique des mouvements des MS chez l'enfant ayant une DMC. Elle permet d'augmenter la précision lors de tâches perçues comme complexes plutôt que d'être considérée comme une coactivation musculaire excessive (Domellof et coll., 2009; Steenbergen et coll., 2000).

Après le déplacement des MS, les étapes suivantes concernent l'ouverture et la fermeture de la main sur l'objet, le transport et la manipulation de l'objet et finalement le relâchement de l'objet. La présence de déformations structurelles affecte les articulations et altère la performance motrice dans le déroulement de l'acte de préhension. Les enfants ayant une DMC présentent des déformations au niveau des MS, et ce, particulièrement au niveau des poignets (Ho et coll., 2014) et des mains (Alewijjnse et coll., 2015; Carlson et Carlson, 2014) tandis qu'au niveau des coudes (Bunata et Icenogle, 2014; Dy et coll., 2013; Ozkan et coll., 2013) et des épaules, il est question de contractures articulaires et d'amplitudes articulaires passives limitées. De plus, la présence de déformations en flexion au niveau des poignets et des doigts ou une difficulté à exécuter la supination et la pronation rend l'acte moteur de préhension plus difficile à réaliser et nuit à la performance motrice (Park et coll., 2011). La réussite de l'atteinte correspond à une coordination efficace entre le système neurologique et les multiples articulations du système musculo-squelettique (Shumway-Cook et Woollacott, 2001).

Du point de vue neuromoteur, dans une tâche d'atteinte, les enfants ayant une DMC de niveau II démontrent plus de variabilité avec des temps et des intervalles de réactions plus longs même après la pratique (Liu et coll., 2007). Chez les enfants présentant une hémiplégie spastique, les études cinématiques ont permis d'observer une différence dans la performance durant une tâche d'atteinte marquée par une durée allongée du mouvement (Chang et coll., 2005), par des amplitudes maximales de vitesse plus faibles et par des trajectoires plus segmentées entre le côté affecté et le côté sain de l'enfant (Steenbergen et coll., 2000). Ces dernières observations sont corroborées par Chang et coll. (2005) qui ont comparé la vitesse de déplacement des MS lors d'une tâche de pointage entre dix enfants âgés de sept à 14 ans présentant une hémiplégie spastique et des enfants avec un développement typique. Leurs résultats indiquent que dans la tâche de pointage, la trajectoire des mouvements était plus chaotique et le temps de déplacement des MS était plus long que chez les enfants avec un développement typique (Chang et coll., 2005). De plus, la vélocité du mouvement, la taille de l'objet et l'inclinaison de la surface de travail peuvent également affecter la coordination inter segmentaire chez les enfants ayant une hémiplégie spastique (Utley et coll., 2004; Utley et coll., 2007).

1.6 Les interventions actuelles pour l'amélioration du contrôle postural avec les enfants ayant une DMC

Les interventions actuelles pour l'amélioration du contrôle postural avec les enfants ayant une DMC sont souvent encore axées sur la gestion du tonus musculaire et sont généralement de trois ordres: chirurgical, pharmacologique et de réadaptation. Selon la revue de littérature effectuée par Benini et coll. (2012), seulement l'injection de la toxine du botulisme de type A est sécuritaire et efficace pour réduire la spasticité ainsi que la restriction orthopédique du MS sain qui améliore la fonction du membre atteint chez les enfants hémiplésiques.

Par conséquent, l'état des recherches actuelles permet d'affirmer que certaines interventions sont efficaces (pharmacologiques et orthopédiques) (Patel et Soyode, 2005) dans des situations spécifiques, tandis que d'autres ne le sont pas (chambre hyperbar) (Liptak, 2005). Certaines comme l'hippothérapie nécessitent des recherches plus approfondies pour bien établir le lien causal (Tseng et coll., 2012).

Des études récentes axent le développement du contrôle postural chez les enfants ayant une DMC dans des contextes naturels (Wang et coll., 2013) ou ludiques comme avec de la musique (Tarakci et coll., 2013) de façon à stimuler une participation maximale dans l'intervention. On peut aussi stimuler la motricité globale chez les enfants ayant une DMC en favorisant l'activité physique par, entre autres, l'utilisation de tapis roulant (Chrysagis et coll., 2012), d'activités aquatiques (Dimitrijević et coll., 2012) et par la pratique de l'hippothérapie (Kwon et coll., 2011) qui sera discutée ultérieurement.

1.6.1 La réadaptation des enfants ayant une DMC

Cette section s'intéresse particulièrement aux données probantes en réadaptation en lien avec les interventions non invasives axées sur la motricité globale, le contrôle postural ou le déplacement des membres supérieurs qui sont les variables d'intérêt de cette thèse.

Actuellement, les interventions chez les enfants ayant une DMC peuvent être organisées selon le modèle multidimensionnel de Classification internationale du Fonctionnement, du Handicap et de Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF) qui vise à décrire les déficiences et les activités d'une personne afin d'optimiser sa participation tout en réduisant les limitations d'activité et les restrictions de participation en situation de vie réelle (World Health Organization, 2001). Ce modèle décrit un processus évolutif et interactif entre les problèmes de santé et les facteurs environnementaux qui sont au cœur de la notion de changement incluse dans l'intervention en réadaptation (World Health Organization, 2001). Les interventions décrites dans cette recension ont été classifiées selon le modèle de la CIF (figure 7).

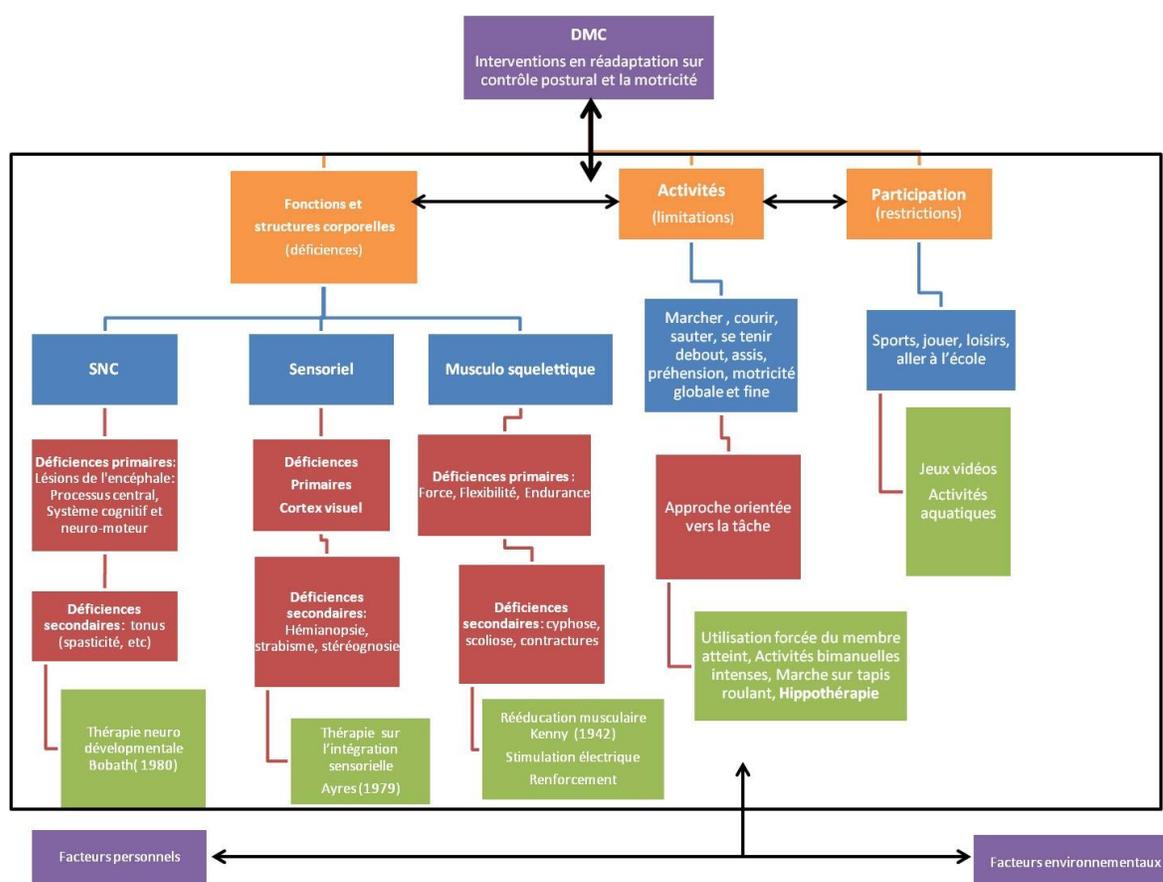


Figure 7 Interventions avec les enfants ayant une DMC selon la CIF

Historiquement, les approches de réadaptation sont guidées par les courants de pensée qui traitent de la fonction et de la nature de la dysfonction (Shumway-Cook et Woollacott,

2001). Elles ont proposé, au cours des années, différentes stratégies pour influencer le SNC et améliorer le contrôle postural d'enfants ayant une DMC (Ayres, 1979; Bobath, 1980). Selon Horak (1991), les professionnels en réadaptation (ergothérapeutes et physiothérapeutes), avec les modalités propres à leurs champs d'action, ont œuvré principalement avec trois types d'approche, soit la rééducation musculaire, la thérapie neurodéveloppementale et l'approche orientée vers la tâche. Ces différentes approches ont obtenu des succès mitigés selon une revue de littérature faite sur les publications entre 1990 et 2004 (Harris et Roxborough, 2005), car peu de ces acquis se transfèreraient dans les activités de la vie quotidienne.

Les deux premières approches (rééducation musculaire et approche neurophysiologique) mettaient l'accent sur la normalisation de la fonction. Le mouvement, pour être exécuté de façon efficace, devait être reproduit selon les normes définies par un modèle de développement moteur typique. La rééducation musculaire n'a pas été concluante, car les cliniciens arrivaient difficilement à isoler les muscles ciblés et facilitaient seulement des patrons musculaires anormaux (Horak, 1991). Puis, ils ont tenté de comprendre les causes probables des fonctions déficientes et se sont intéressés au SNC qui était à l'origine de ces patrons d'activation anormaux pour finalement développer le modèle de thérapie neurodéveloppementale (Bobath, 1963). Cette deuxième approche est axée sur la gestion par le clinicien du tonus musculaire au moyen de techniques d'inhibition ou de facilitation de patrons moteurs. Mais, avec cette thérapie neurodéveloppementale, ils ont rapidement observé que les changements induits par les manipulations des thérapeutes ne se transféraient pas dans les activités de la vie quotidienne probablement parce que l'enfant avait toujours un rôle passif (Butler et Darrach, 2001). Aujourd'hui, nous savons que la thérapie neurodéveloppementale n'a pas permis de générer assez d'évidences cliniques au niveau de l'amélioration du contrôle moteur chez des enfants ayant une DMC (Harris et Roxborough, 2005; Liptak, 2005; Patel, 2005). Les chercheurs ont alors suggéré une intervention orientée sur la réalisation et la répétition d'une tâche (Ketelaar et coll., 2001).

Cette troisième approche, plus fonctionnelle et en accord avec le modèle interactif et évolutif de la CIF, est basée sur un mode d'apprentissage actif où les personnes apprennent

à résoudre des problèmes posturaux dans un environnement particulier plutôt que de répéter des patrons normaux de mouvement épurés, qui sont difficilement exportables dans des contextes réels (Ketelaar et coll., 2001). L'hippothérapie s'inscrit dans ce courant de pensée où l'intervention se déroule en situation de vie réelle tout en favorisant la participation active de l'enfant. Ainsi les tâches et l'environnement sont toujours en interaction et offrent des niveaux de complexité variés permettant l'apprentissage. La figure 8 résume la séquence d'apparition des approches en réadaptation au cours des dernières années utilisées avec les enfants ayant des pathologies neuromotrices.

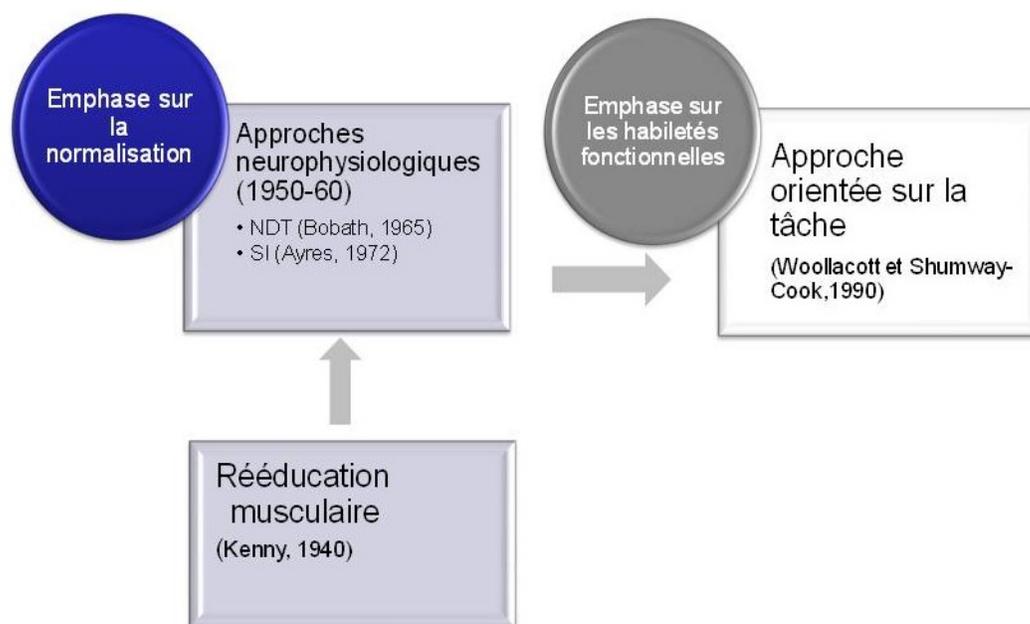


Figure 8 Évolution de la pratique en réadaptation neurologique

Pour résumer, la rééducation musculaire vise spécifiquement le muscle affaibli tandis que la thérapie neurodéveloppementale (NDT) veut modifier le fonctionnement du SNC dans un contexte épuré en ciblant des informations sensorielles et somesthésiques précises à renforcer. L'approche centrée sur la tâche veut utiliser les synergies et les contraintes musculaires existantes pour effectuer la tâche non pas de façon habituelle, mais avec les capacités fonctionnelles disponibles (Carr et coll., 1995) comme dans l'utilisation forcée du membre atteint et des activités bimanuelles intenses (Novak et coll., 2013; Sakzewski et coll., 2014). Dans sa méta-analyse ciblant particulièrement les membres inférieurs, Franki et coll. (2012) ont trouvé que l'approche centrée sur la tâche ne montrait aucune évidence

sur l'amélioration de la force des enfants ayant une DMC, mais avaient des répercussions positives sur la motricité globale et dans les tests évaluant les patrons de marche. Tandis que pour les membres supérieurs aussi mesurés dans ce protocole, cette approche a été considérée dans la méta-analyse de Sakzewki et coll. (2014) et a démontré de fortes évidences dans l'amélioration de la fonction des membres supérieurs dans l'utilisation forcée du membre atteint et d'activités bimanuelles intenses.

Selon la récente revue systématique de Dewar et coll. (2014) aucune évidence forte ne peut être liée à l'efficacité des interventions actuelles portant sur l'exercice ou les interventions visant à améliorer le contrôle postural. Les interventions en réadaptation compilées dans cette revue concernaient des exercices de motricité globale, l'hippothérapie, la marche sur tapis roulant sans support du corps, l'entraînement axé sur le tronc et les réactions d'équilibre qui présentent des évidences modérées seulement tandis que des évidences faibles existent pour stimulation électrique des muscles, la thérapie neurodéveloppementale, la marche sur tapis roulant avec support corporel, les exercices de réalités virtuelles ou utilisant les biofeedbacks et les simulateurs d'hippothérapie (Dewar et coll., 2014). Ces derniers seront discutés dans la section sur l'hippothérapie.

1.6.2 L'apprentissage moteur avec les enfants ayant une DMC

Afin de maximiser surtout l'approche orientée vers la tâche, les principes de l'apprentissage moteur développés au préalable pour le milieu sportif sont utilisés. L'apprentissage moteur est un processus interne qui permet à l'apprenant de modifier son comportement chaque fois qu'il est confronté à une tâche pour laquelle il n'a pas de réponse adaptée (Schmidt et Lee, 2005a). Donc, l'apprentissage moteur, tel que défini par Schmidt et Lee (Schmidt et Lee, 2011), est «un ensemble de processus internes liés à la pratique ou de l'expérience conduisant à des changements relativement permanents dans la capacité de produire une habileté motrice». Ainsi, l'apprentissage moteur peut permettre d'apprendre à faire un nouveau mouvement, l'acquisition d'un nouveau mouvement, ou la modification d'un mouvement (Schmidt et Lee, 2011). Plusieurs aspects peuvent influencer sur l'apprentissage d'une nouvelle habileté motrice (Lage et coll., 2015; Schmidt et Lee, 2011), tels que les

caractéristiques de la personne (par exemple, son niveau attentionnel et sa motivation), et les caractéristiques de la tâche à apprendre (la pratique, le type et la qualité des rétroactions) qui peuvent toutes être modifiées afin d'optimiser l'apprentissage moteur.

L'habileté motrice peut être définie comme la capacité d'atteindre le but fixé par la tâche, de façon stable, précise, rapide et avec un coût énergétique ou attentionnel minimal (Mesure, 2012). L'apprentissage moteur induit donc une transformation positive durable suite à la pratique d'une habileté motrice s'effectuant par répétition (Famose, 1990). Selon Schmidt et Lee (2005b), la répétition d'activités physiques variées ou spécifiques fait évoluer les programmes moteurs. Elle fait donc partie intégrante de chaque intervention.

L'apprentissage moteur repose donc sur deux prémisses : la rétroaction et la répétition lors de la pratique (Schmidt, 1991a). La rétroaction peut être intrinsèque (afférences sensorielles), extrinsèque (connaissance du résultat et de l'exécution de l'action), et revêtir une forme qualitative, quantitative, descriptive ou prescriptive (Rigal, 2003). La rétroaction, pour influencer positivement l'apprentissage moteur, doit être donnée après une série d'actions et sous forme de résumé (Schmidt, 1991b). Les mêmes règles concernant la rétroaction s'appliquent aux enfants ayant une DMC (Hemayattalab et Rostami, 2010).

La répétition consiste en la réitération d'une même action et la fréquence se définit comme étant le nombre de fois où une action se produit dans un temps donné. Les répétitions sont nécessaires, car elles créent une situation propice au développement d'habiletés motrices (Famose, 1990). Afin de résoudre un problème moteur, le sujet a besoin de plusieurs répétitions pour tester puis automatiser différentes solutions, mais il lui faut également puiser de manière intensive dans ses potentialités en d'autres termes fournir une certaine quantité d'effort (Famose, 1990). Deux types de pratique existent soit la pratique aléatoire et la pratique en bloc (Rigal, 2002). La pratique aléatoire est constituée d'activités variées avec des caractéristiques communes qui contribuent à la rétention et à la généralisation des nouvelles aptitudes motrices tandis que, la pratique en bloc consiste dans la répétition intense des mêmes activités et favorise l'amélioration de la performance à court terme, mais génère moins de rétention (Rigal, 2002). Des sujets s'initiant à l'apprentissage d'un nouvel

acte moteur et qui bénéficiaient d'une gradation dans la difficulté obtenaient, avec le même nombre d'essais, une amélioration très sensible de leur performance sur la tâche comparativement aux sujets n'ayant pas de gradation dans la tâche (Rigal, 2002). Donc, la pratique ne doit pas consister dans la répétition de solutions à un problème moteur, mais dans le processus de résolution de ce problème par des techniques qui progressent évolutivement de répétition en répétition (Schmidt et Lee, 2005a). Toujours selon Schmidt (1991b), l'intervention doit favoriser le transfert et la rétention des habiletés plutôt que d'être axée sur la performance. Elle doit donc être composée d'activités variées offrant la possibilité de faire des erreurs et ne doit pas être interrompue par de la rétroaction verbale. L'auteur ajoute que varier les activités permettrait une meilleure généralisation, car le sujet devrait porter plus attention à ce qu'il doit faire à chaque séance au lieu de construire des automatismes en répétant les mêmes gestes (Schmidt, 1991a).

1.6.3 L'entraînement musculaire et la pratique d'activités physiques chez les enfants ayant une DMC

Historiquement, les chercheurs ont cru à tort que l'entraînement de la force musculaire serait difficile chez des enfants avec de la difficulté à isoler la contraction de certains muscles et qu'il pourrait engendrer une recrudescence de la spasticité (Damiano et coll., 1995). L'entraînement de la force musculaire avec résistance a plutôt provoqué plusieurs changements positifs (Dodd et coll., 2002) tels que l'amélioration de l'amplitude passive de mouvement aux membres inférieurs (Horvat, 1987) et des améliorations de la motricité globales (Dodd et coll., 2002; Kramer et Ann MacPhail, 1994), mais sans aucune augmentation de la spasticité (Dodd et coll., 2002). Un projet pilot chez quinze enfants de niveau GMFCS du niveau I et II (d'âge moyen de $9,7 \pm 3,3$ ans) ayant une diplopie spastique a même souligné la possibilité que la spasticité puisse être réduite avec l'entraînement de la force musculaire (Engsberg et coll., 2006). Mais une revue de littérature statue qu'actuellement les évidences issues des études cliniques randomisées sont toujours insuffisantes pour confirmer que l'entraînement par la force génère des effets musculaires significatifs aux membres inférieurs d'enfants ayant une DMC (Verschuren et coll., 2011). Verschuren et coll. (2011) affirment que pour être efficace, la recherche doit

encore déterminer les paramètres optimaux des programmes d'entraînement de la force musculaire (type, intensité, durée, période de repos entre les exercices) qui ne sont pas encore définis pour les différents enfants (âge, niveau d'atteinte) ayant une DMC. Scianni et coll. (2009) dans leur revue de littérature ajoute que l'entraînement de la force musculaire n'a pas d'effet significatif actuellement sur la force, la vitesse de la marche et sur la motricité globale. Mais ils ajoutent que l'intensité des programmes d'entraînement de la force musculaire n'a pas été suffisamment élevée pour induire des changements significatifs (Scianni et coll., 2009). Fowler (2007a) appuie en ajoutant que l'intensité des programmes d'exercices avec les enfants ayant une DMC est insuffisante et le temps passé dans l'entraînement de la force musculaire serait trop court (Franki et coll., 2012), ce qui expliquerait la diversité des résultats rapportés concernant les programmes d'entraînement de la force de la force musculaire qui seraient parfois plus axés sur l'endurance. Ces programmes contribueraient toutefois à prévenir des conditions comorbides associées telles que la douleur chronique, la fatigue et l'ostéoporose (Fowler et coll., 2007a). Les programmes d'entraînement de la force musculaire présentant une faible intensité qui demeure stable c'est-à-dire sans progression (avec seulement le déplacement du poids du corps) mais incluant un haut taux de répétitions dans une séance n'ont pas été étudiés actuellement dans la littérature.

Le contexte de la pratique d'activités physiques fait partie de la réadaptation, car tous deux font appel à l'apprentissage moteur (Damiano, 2006; Maltais et coll., 2014), mais en réadaptation l'activité physique est ciblée, graduée dosée en fréquence et doit tenir compte des facteurs personnels et environnementaux. Le questionnement actuel concerne spécifiquement la fréquence des séances de la pratique d'activités physiques. Il appert que, lors des exercices, le fait d'inclure du temps de repos entre les séances engendrerait une meilleure performance et une meilleure rétention de ces habiletés (Gabriele et coll., 1987; Shea et coll., 2000). Pour les habiletés motrices continues (qui n'ont pas de début ni de fin) comme le contrôle postural, des séances espacées seraient à privilégier (Lee et Genovese, 1989), car elles favoriseraient l'intégration des habiletés motrices (Schmidt et Lee, 2005a).

De plus, Rigal (2003) affirme que la durée de la séance doit être adaptée à l'âge de l'enfant avec un développement typique et devrait toutefois s'échelonner sur plusieurs semaines. Il faut également veiller à ce que différents groupes musculaires soient soumis à l'entraînement. La pratique d'activités physiques d'intensité modérée peut être établie par des mesures indirectes à partir des demandes métaboliques comme la consommation d'oxygène et de la fréquence cardiaque (Strath et coll., 2000). Au fur et à mesure que se font sentir les effets de l'entraînement, l'intensité de l'effort doit être augmentée si l'on veut continuer à progresser, sans quoi l'organisme s'adapte au niveau atteint (Rigal, 2003).

Actuellement, les activités réalisées à l'école ou pendant les séances de physiothérapie ne sont pas suffisamment intenses pour rencontrer le niveau optimal d'activités physiques recommandées (Van den Berg-Emons et al, 1995). Chez les enfants de cinq à 17 ans, le Canadian Physical Activity Guidelines recommande de faire de l'exercice ou des activités physiques d'intensité modérée à élevée pour renforcer les muscles au moins trois fois par semaine (Canadian Physical Activity Guidelines, 2016).

En conclusion, pour influencer la fonction neuronale et la connectivité, il appert que l'activité physique axée sur l'entraînement de la force musculaire doit être graduée, variée, intense (Damiano, 2006).

1.6.4 Les simulateurs du mouvement du cheval avec les enfants ayant une DMC

Même si chaque humain et cheval ont un patron de marche qui leur sont propre, les chevaux d'une même race offrent quand même une stimulation semblable lorsque comparé, entre chevaux d'une même race et, lorsque comparé soit de façon quantitative ou qualitative à la marche humaine (Uchiyama et coll., 2011). Contrairement aux chevaux, tous les systèmes artificiels utilisés pour imiter le mouvement du cheval sont distincts les uns des autres, car ils offrent une fréquence de stimulations et d'interventions différentes ce qui rend difficile la comparaison des systèmes et des effets de ces systèmes entre eux. Certains utilisent une selle mécanique automatisée (Han et coll., 2012; Kuczynski et Slonka, 1999), d'autres utilisent un cheval automatisé (Fernandes et coll., 2008) et certains utilisent un

baril (Shurtleff et coll., 2009). Il y a actuellement une recrudescence des études qui utilisent des simulateurs du mouvement du cheval pour minimiser les contraintes économiques et d'accessibilité liées à l'intervention en hippothérapie (Herrero et coll., 2010). Dewar et coll. (2014) dans une revue de littérature ont conclu que les simulateurs équinés ont une capacité limitée pour améliorer le contrôle postural suite à l'étude de 6 différentes recherches sur le sujet. Tandis que dans sa méta-analyse, Zadnikar et coll. (2011) ont inclus deux études (Kuczynski et Slonka, 1999; Quint et Toomey, 1998) utilisant une selle ou un baril mécanisés sans distinction avec un cheval réel. Ils ont jugé que les résultats de toutes ces études ont le même impact positif sur le contrôle postural et l'équilibre des enfants ayant une DMC (Zadnikar et Kastrin, 2011).

L'équilibre est un paramètre qui peut être amélioré avec un modèle automatisé. Han et coll. (2012) ont étudié 37 sujets ayant une DMC et qui ont été distribués de façon non aléatoire dans deux groupes (physio seulement; sujets âgés de $62,2 \pm 6,9$ ans) et (physio et cheval mécanique; sujets âgés de $61,1 \pm 6,3$ ans) pour évaluer la marche et l'équilibre. Des tests standardisés utilisant des tâches fonctionnelles, avant et après 12 semaines d'utilisation d'une selle mécanisée ont été faits à raison de 2 fois par semaine pour une durée de 20 minutes (Han et coll., 2012). Ils ont observé que seulement les paramètres liés à l'équilibre au test de Berg ce sont améliorés significativement ($39,9 \pm 5,7 \rightarrow 45,7 \pm 4,8$; $p=0,001$) ainsi que dans la sous-section sur l'équilibre du test du Performance Oriented Mobility Assessment ($10,4 \pm 2,6 \rightarrow 12,6 \pm 2,1$; $p=0,001$) (Han et coll., 2012). Ces résultats sont en accord avec les théories de l'apprentissage moteur qui stipule que souvent les éléments de la tâche entraînée ne se transfèrent pas toujours dans une autre tâche (Ranganathan et Newell, 2010). Par conséquent, pour améliorer la marche des enfants, plus d'un type d'entraînement devrait être fait.

L'observation de la stabilité posturale à l'aide du déplacement du CdeP, en posture assise ou debout statique a également été faite suite à un entraînement à l'aide de simulateurs de mouvement du cheval. Borges et coll. (2011) ont étudié la posture assise statique de 40 enfants ayant une diplégie spastique de niveau II à V au GMFCS, âgés entre 3 et 12 ans. Les enfants étaient assignés aléatoirement dans deux groupes dont un sur le simulateur et

l'autre recevant de la physiothérapie traditionnelle à raison de 40 minutes deux fois par semaine pendant 12 semaines. Les résultats montrent des changements significatifs du déplacement du CdeP au niveau des axes A/P ($p < 0,0001$) et M/L ($p < 0,0069$) du groupe utilisant le simulateur comparativement au groupe recevant de la physiothérapie. Tandis que Lee et coll. (2014) ont évalué la posture debout statique par l'observation du déplacement du CdeP et l'évaluation de l'équilibre dynamique par une évaluation clinique soit le Pediatric Balance Scale (PBS) chez 26 enfants âgés entre trois et 10 ans ayant une DMC et assignés aléatoirement dans deux groupes d'intervention (13 en hippothérapie et 13 sur le simulateur) (Lee et coll., 2014). Les deux groupes recevaient 20 minutes de physiothérapie traditionnelle et 10 minutes d'étirement en plus des 30 minutes d'hippothérapie ou de simulateur trois fois par semaine pendant 12 semaines (Lee et coll., 2014). Les résultats montrent une amélioration significative dans les deux groupes, mais sans différence significative entre les deux groupes. Ainsi, il ne semble pas y avoir de différence entre un entraînement sur un simulateur et en hippothérapie. Toutefois, l'intervention ici aussi est insuffisamment décrite en hippothérapie (10 minutes dans trois positions) et pas du tout sur le simulateur et en physiothérapie traditionnelle.

Le problème du dosage de l'intervention est aussi présent avec les modèles mécaniques de simulation du mouvement équin. À petites doses (15 minutes X 10 semaines) l'effet sur la posture assise n'a pu être observé dans un groupe hétérogène d'enfants ayant une DMC (GMFCS I-IV) (Herrero et coll., 2010), mais à plus haute dose (40 minutes pour six semaines) un effet est noté chez des enfants ayant une DMC (GMFCS II-IV) (Borges et coll., 2011).

Sans surprise, l'usage de systèmes conformés comme une selle démontre que lorsque mobilisés régulièrement les enfants ayant une DMC peuvent améliorer leurs amplitudes passives au niveau du bassin. Quint et coll. (1998) ont utilisé un devis où 26 sujets ont été appariés en 13 paires en raison de leur habileté à maintenir la position assise (Chailey Heritage levels of sitting ability), à marcher, leur capacité à la marche et leur niveau d'atteinte de DMC. Des enfants âgés entre 9 et 16 ans sont demeurés assis sur une selle mécanique ou une selle standard 10 fois par jour 10 minutes pendant 4 semaines (Quint et

Toomey, 1998). Une photo a été prise des marqueurs placés sur les enfants ce qui a permis de mesurer la bascule antérieure et postérieure du bassin (Quint et Toomey, 1998). Une amélioration est notée au niveau de l'amplitude de la bascule antérieure (Quint et Toomey, 1998) comparativement aux enfants assis sur une selle standard. L'amélioration de l'amplitude de mouvement de la bascule antérieure est importante pour favoriser un patron de marche plus fonctionnelle chez les enfants ayant une DMC (Davids et Bagley, 2014).

Dans des niveaux d'atteintes moins importants, les effets au niveau de la motricité globale sont également observables. Fernandes et coll. (2008) dans son étude clinique randomisée a recruté 30 enfants ayant une diploégie spastique GMFCS (I-III) âgés entre cinq et 12 ans qui ont été assignés de façon aléatoire dans deux groupes. Le premier (n=15) recevant 30 minutes de physiothérapie traditionnelle suivies de 15 minutes de repos puis de 30 minutes assis sur un cheval artificiel (Fernandes et coll., 2008). Le deuxième groupe (n=15) recevait seulement de la physiothérapie traditionnelle pendant une heure (Fernandes et coll., 2008). L'intervention a duré six semaines à raison de trois fois par semaine. Pendant l'intervention avec le cheval artificiel, différentes positions ont été utilisées pendant 5 minutes chacune comme en hippothérapie traditionnelle (Fernandes et coll., 2008). Des changements significatifs au niveau de la motricité globale ont été notés au niveau de la performance motrice tels que mesurés avec le GMFM total ($p = 0,0494$), mais aucune différence n'a été trouvée sur l'équilibre tel que mesuré avec le Pediatric Balance Scale (PBS) ($p = 0,4516$) (Fernandes et coll., 2008). Les résultats présentés dans cette étude sont seulement au niveau du GMFM total donc nous ignorons l'évolution de chaque dimension.

Par ailleurs, le mouvement du cheval même imité permettrait de diminuer le tonus musculaire au niveau des membres inférieurs. En effet, Kuczynski et coll. (1999) ont étudié 25 enfants ayant une DMC (tétraplégiques, hémiplégiques et diplégiques) âgés entre trois et 10 ans. Ils ont utilisé pendant 20 minutes une selle mécanique deux fois par semaine pendant trois mois puis ont comparé ces enfants à un groupe contrôle de 33 enfants avec développement typique (Kuczynski et Slonka, 1999). L'analyse du contrôle postural sur une plateforme de force a été faite en utilisant un modèle autorégressif pour comprendre les fréquences issues du déplacement du CdeP en lien avec les réactions de la cheville

(Kuczynski et Slonka, 1999). Lorsque comparé aux enfants sains appariés pour leur âge, des améliorations significatives sont notées exprimées par une diminution ($p < 0,05$) des fréquences dans le plan frontal et sagittal indiquant une diminution de la raideur des chevilles des sujets (Kuczynski et Slonka, 1999).

En résumé, les études utilisant des systèmes automatisés imitant le mouvement du cheval rencontrent les mêmes problèmes méthodologiques que les recherches traditionnelles en hippothérapie. Par exemple, l'hétérogénéité de la clientèle ayant une DMC, le contenu, la fréquence, l'intensité d'intervention et finalement, les différents modèles de simulateurs rendent les études difficilement comparables entre elles et augmentent la difficulté de tirer des conclusions pour chaque groupe d'enfants ayant une DMC. Dans le même ordre d'idée, une revue systématique récente établit le niveau d'évidences comme étant faible avec les simulateurs en lien avec la trop grande variabilité des variables mesurées, les différentes durées d'utilisation du simulateur, l'hétérogénéité de la population DMC étudiée et le manque de personnalisation de l'intervention (Dewar et coll., 2014). On doit toutefois ajouter à ces problématiques, la position (assis sur un baril ou une selle mécanique) qui n'offre pas le même support au bassin, la stabilité (moins d'immersion du bassin sur une surface rigide) différentes qu'elle impose au cavalier au niveau du bassin et des hanches qui modifie la base de support et finalement, la fréquence et l'amplitude des impulsions de mouvements produits par les différents systèmes dans les trois axes. Par contre l'usage des simulateurs réduit les coûts liés au cheval (entretien, dressage, installation), le nombre de personnes mobilisées pendant l'intervention (pas de manieurs, moins d'accompagnateurs) et permet une plus grande standardisation de la perturbation (contrôle de l'intensité) imposée facilitant ainsi la détermination du dosage pour obtenir une réponse optimale pour la clientèle ayant une DMC. Toutefois, il est possible que pour certains enfants, l'attrait du simulateur diminue ou augmente l'adhérence à l'intervention comparativement à l'hippothérapie effectuée avec un cheval réel.

1.7 L'hippothérapie

L'hippothérapie est une spécialité complémentaire pratiquée seulement par les ergothérapeutes, physiothérapeutes et orthophonistes qui ont tous une formation de base en réadaptation neurologique (AHA, 2006). Chaque thérapeute teinte l'hippothérapie avec sa couleur professionnelle pour atteindre ses objectifs thérapeutiques. Plus particulièrement, l'hippothérapie permet une intégration des trois approches de réadaptation tout en incluant la pratique d'habiletés fonctionnelles (Strauss, 1995). Elle utilise les principes et les techniques de thérapie neurodéveloppementale (Bobath, 1980) et d'intégration sensorielle (Ayes, 1979) sur le cheval. L'essai et l'expérimentation de stratégies motrices dans ce contexte réel avec les patrons moteurs disponibles sont donc au cœur de la réadaptation et de l'apprentissage moteur des enfants ayant une DMC.

L'hippothérapie est par définition une stratégie d'intervention qui utilise le mouvement du cheval comme modalité ou instrument thérapeutique (Strauss, 1995). Le cheval prend trois allures soit le pas, le trot et le galop. Le pas est l'allure la plus lente du cheval. C'est une allure dite symétrique à quatre temps qui se décompose ainsi postérieur droit, antérieur droit, postérieur gauche et antérieur gauche telle qu'illustrée à la figure 9.

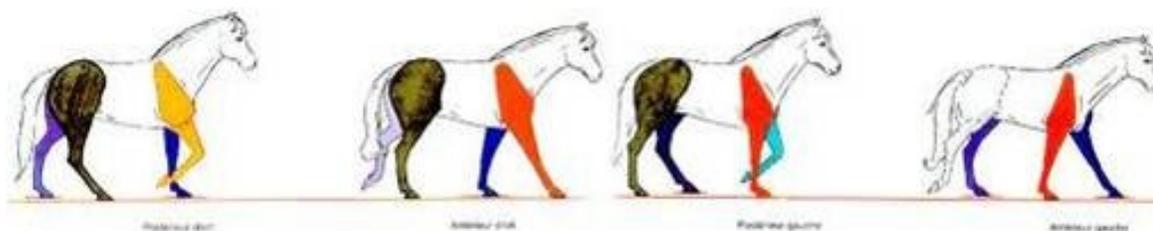


Figure 9 Allure au pas du cheval,

Tirée de <http://cheval.mon.ami.free.fr> le 2015-02-02

Le pas est l'allure la plus utilisée en hippothérapie. En posture assise sur le cheval, les perturbations induites par le déplacement du cheval vers l'avant sollicitent principalement des réactions au niveau des hanches, de la colonne et du cou. L'enfant doit modifier la position de sa tête et de son tronc pour compenser le déplacement du bassin du cheval et amortir les impacts des sabots avec le sol. De ce fait, les réactions posturales peuvent être de faibles ou de grandes amplitudes dépendamment de la capacité de l'enfant à anticiper le

mouvement du cheval et à limiter l'utilisation de stratégies compensatoires. Il doit s'adapter au mouvement pour maintenir la verticalité de son tronc et la stabilité de sa vision en activant/relâchant les muscles de son tronc pour amortir les chocs et en ajustant constamment la position de sa tête et son tronc plus ou moins rapidement en réponse à l'impact produit par le cheval. De plus, cette verticalité du tronc et de la tête, lorsque l'enfant est assis sur le cheval, engendre une faible fréquence d'oscillation du tronc en lien avec la vitesse lente du cheval au pas (Champagne et Dugas, 2010). Ainsi, l'enfant a assez de temps pour générer des réponses posturales adaptées, mais avec moins d'articulations à gérer, car les chevilles et les genoux ne sont pas sollicités régulièrement en hippothérapie. Cette simplification de la tâche de locomotion est au cœur de l'intervention en hippothérapie. La stratégie de la hanche et de la cheville existent et sont sollicitées principalement dans la position debout dans les étriers, mais cette position est prise qu'avec les enfants ayant déjà de bonnes habiletés motrices.

La planification et l'exécution des interventions en hippothérapie se déroulent sous la responsabilité du thérapeute responsable de la session. L'enfant est encadré par une équipe qualifiée composée d'un thérapeute, d'un instructeur en équitation thérapeutique, d'un bénévole accompagnateur et d'un bénévole manieur préalablement formé et d'un cheval ayant reçu un dressage particulier pour l'exécution du plan d'intervention mis au point par le thérapeute. Les chevaux utilisés sont sélectionnés pour leur comportement exemplaire et la fluidité de mouvement qu'ils offrent au cavalier qui les monte.

Les différentes positions prises par l'enfant sur le cheval (figure 10), le patron de déplacement du cheval et les activités exécutées à cheval sont sélectionnées par le thérapeute en fonction de l'observation continue des réactions musculaires et posturales du cavalier.

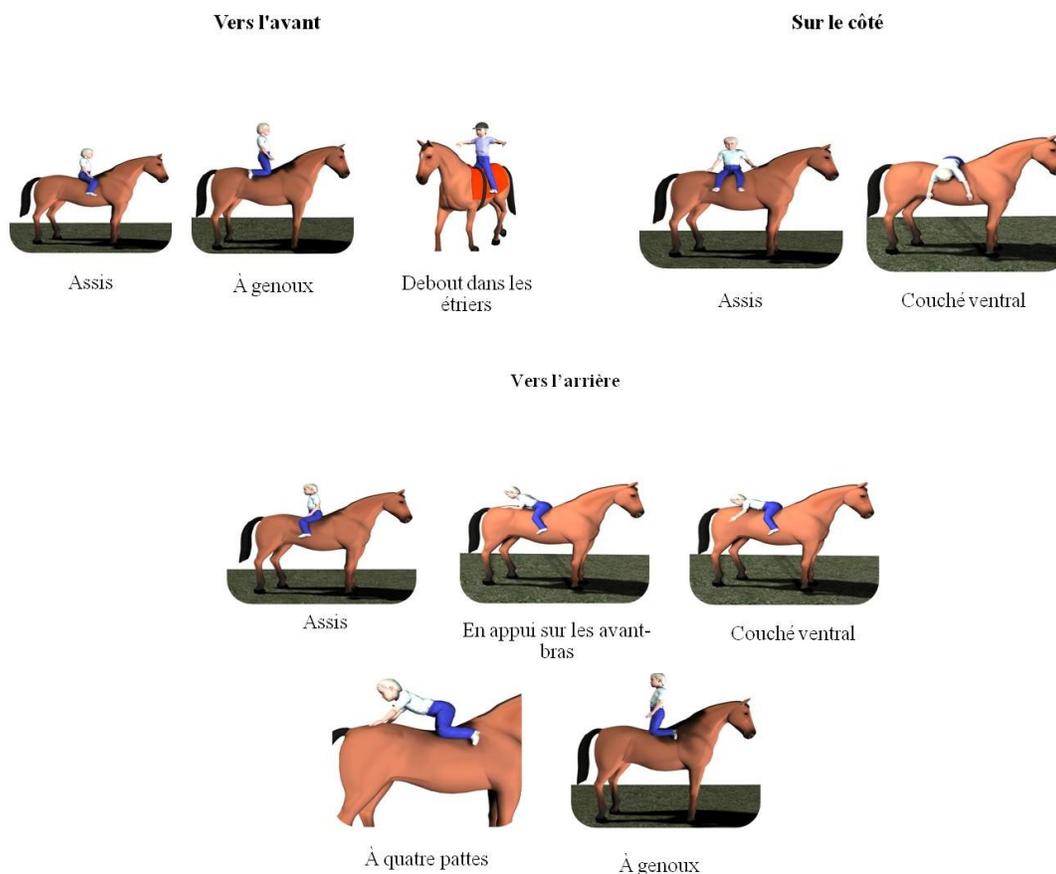


Figure 10 Positions prises par l'enfant sur le cheval.

Dans cette thèse, les caractéristiques de la tâche ont été manipulées afin d'optimiser le contrôle postural. Sur le cheval, le contrôle postural de l'enfant a été observé dans plusieurs positions. Une gradation théorique des positions a été établie en fonction des réactions posturales observées lors d'une tâche de saut chez deux groupes d'enfants avec développement typique (âgés entre 5,5 à 6 ans et entre 7 à 7,5ans) et d'adultes avec développement typique qui démontraient que les perturbations dans l'axe médiolatéral étaient les plus difficiles à compenser (Assaiante et coll., 1997). Conséquemment, la progression été personnalisée au niveau de la durée pour chaque enfant en fonction de sa facilité à maintenir la verticalité. Du plus facile au plus difficile, les positions utilisées principalement sont : assise face vers l'avant, vers l'arrière, sur le côté et debout dans les étriers. Chaque position stimule différemment le système sensorimoteur et la réaction de l'enfant donne des informations sur sa capacité à maintenir la verticalité dans chaque situation.

Ces différentes positions vont stimuler même en posture assise une activation musculaire caudo-céphalique en réponse à une perturbation du bassin. La position debout dans les étriers va permettre l'utilisation de la stratégie de la hanche et de la cheville tel que discuté précédemment, mais tout en rendant la stratégie du pas impossible à utiliser pour des raisons évidentes.

Lors des séances d'hippothérapie, le thérapeute analyse les réponses musculaires et posturales du cavalier et ajuste l'intervention afin de répondre aux objectifs thérapeutiques. Le choix des activités faites sur le cheval en mouvement repose sur l'observation des mouvements qu'elles imposent à l'enfant. Au niveau du tronc, le thérapeute pouvait demander des flexions antérieures ou latérales, des extensions ou encore des rotations qui pouvaient être faites en mouvement pur ou en combinaison avec l'usage seulement d'un ballon. Avec les membres supérieurs, les activités pouvaient être unilatérales ou bilatérales requérant de la coordination (attraper ou lancer) ou de la préhension dans le déplacement d'objets de différentes formes, grandeurs et poids à des hauteurs variables impliquant plus ou moins de répétitions. Des combinaisons des mouvements décrits au tronc et aux MS étaient donc soigneusement sélectionnées pour maintenir l'intérêt de l'enfant et assurer le maintien d'un défi postural accessible. Dans ce contexte, l'objet devient donc un prétexte seulement pour bouger dans des contraintes particulières, car parfois seulement l'objet utilisé changeait, mais les mêmes difficultés posturales persistaient. Les activités venaient seulement faire diversion pour obliger l'enfant à maintenir la position dans l'axe le plus pur possible pour favoriser une transmission optimale de l'impulsion sur le groupe musculaire. Les réactions observables qui engendraient une modification de l'intervention étaient souvent en lien avec l'apparition de signes de fatigue tels l'augmentation des réactions associées du côté hémiplégique ou une difficulté à maintenir la verticalité de la position prise visible par une augmentation des oscillations ou de l'inclinaison latérale du tronc qui nécessitait par exemple un soutien accru des accompagnateurs dont le type est choisi par le thérapeute. Par ailleurs, au cours d'une même position, plus l'activité était facile pour l'enfant moins le soutien des accompagnateurs était utilisé et plus on stabilisait l'enfant par l'intermédiaire de l'activité, c'est le principal même de l'hippothérapie.

La présence de deux accompagnateurs de chaque côté permet d'offrir le support nécessaire minimal et sécuritaire. Le support des accompagnateurs s'actualise dans trois niveaux de soutien : 1) à la hanche qui est la manœuvre qui stabilise le plus 2) à la cuisse et finalement 3) à la cheville. Il peut y avoir aussi une combinaison des types de soutien comme un soutien hanche et cuisse, hanche et cheville, ou cuisse et cheville offrant une expérience sécurisée d'essais de nouvelles façons de réagir à des perturbations lentes et régulières occasionnées par le cheval. La prémisse est que l'expérimentation, en contexte protégé où il n'y a aucune conséquence négative à l'échec, peut déboucher sur l'adoption de nouvelles réactions posturales généralisables à d'autres activités comme la marche par exemple (Holden et Todorov, 2002).

La direction dans le déplacement du cheval (figure 11) peut aussi être modulée selon les groupes musculaires que l'on veut solliciter. En effet, un parcours en ligne droite va plutôt stimuler la musculature responsable de la flexion et de l'extension du tronc tandis que les courbes vont solliciter la musculature impliquée dans la flexion latérale du tronc. Les rotations du tronc seront requises lors des activités faites sur le dos du cheval impliquant le déplacement d'objets des deux côtés du cheval.

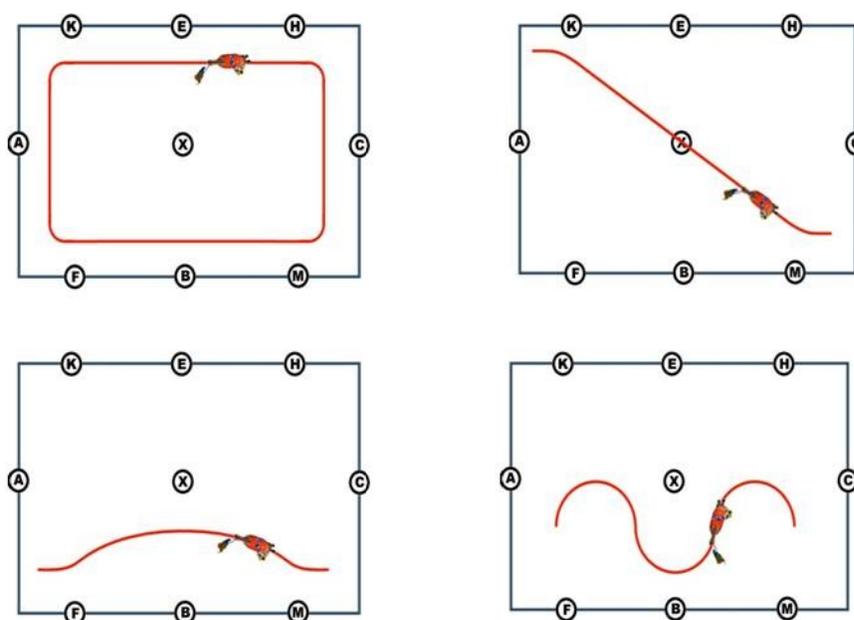


Figure 11 Figures de manège utilisées durant l'intervention en hippothérapie

En lien avec le déplacement du cheval, la surface de déplacement sur laquelle le cheval se déplace peut modifier son patron de marche en rendant son pas plus fluide ou plus saccadé sollicitant ainsi différemment la réponse musculaire et posturale du cavalier. Les manèges intérieurs sont, en général, plus lisses, car souvent nivelés par de la machinerie et composés exclusivement de sable qui se compacte facilement tandis que les manèges extérieurs contiennent, en général, plus d'aspérité en lien avec la présence de roches, de gazon et sont souvent balayés par du vent qui déplace le sable. Les sentiers extérieurs sont également utilisés en hippothérapie, car il augmente le défi postural par l'ajout de pentes plus ou moins abruptes.

Durant une séance, il est possible de faire varier la vitesse de déplacement du cheval dans une même allure, plus vite ou plus lentement au pas si la commande lui est donnée. Des variations de vitesse dans un parcours nécessitent un contrôle accru et un raffinement dans le dosage de la réponse postural du tronc.

À vitesse constante, le cheval adulte au pas peut offrir 110 perturbations multidimensionnelles par minute à son cavalier (Schulz, 1997; Straub, 1998; Strauss, 1995). Les mouvements s'apparentent à la marche humaine qui comprend approximativement le même nombre de pas. La marche de l'adulte moyen est de 110-120 pas/min et le patron de marche d'un cheval adulte est de 100-120 pas/min (Encheff, 2006; Wheeler, 1997).

De plus, les patrons de marche humaine et équine sont fortement similaires même s'il existe de légères différences au niveau du déplacement du bassin entre les deux types. Dans le plan sagittal soit dans l'axe antéropostérieur (A/P), le déplacement du bassin sur le cheval présente une trajectoire plus oblique que circulaire comparativement à la locomotion humaine (Garner et Rigby, 2015). De plus, la marche du cheval, même si quadrupède au lieu de bipède, est similaire à la marche humaine (Garner et Rigby, 2015).

La plupart des sessions d'hippothérapie durent 30 minutes, le cheval fera donc environ 3000 pas durant une séance s'il marche à 100 pas/min (Wheeler, 1997) et s'il ne fait pas

d'arrêt durant la séance. L'enfant devra réagir à ces 3000 perturbations survenant à des intervalles réguliers pour maintenir sa plateforme visuelle stable et s'assurer d'avoir une vision claire pour interagir adéquatement avec son environnement (Bertenthal et Von Hofsten, 1998). Cette intervention est donc très intense, mais d'une façon tout à fait subtile pour l'enfant, car pour lui, la séance d'hippothérapie représente seulement une occasion de faire des jeux sur le dos d'un cheval en mouvement. Ce niveau intensité peut être difficilement atteint en thérapie traditionnelle. Les séances d'hippothérapie sont toutefois ponctuées d'arrêts pour permettre les changements de position et il devient très important de minimiser le nombre et la durée des périodes d'arrêt pour maintenir l'intensité de l'intervention. L'intensité est donc maximisée par la réduction des arrêts du cheval et l'exécution d'activités continues faite sur le cheval avec l'enfant.

D'une façon générale, le mouvement rythmique du cheval stimule le SNC par le biais des systèmes sensoriels (visuel, vestibulaire, proprioceptif) et moteurs (Strauss, 1995). L'hippothérapie, en affectant plusieurs systèmes simultanément, entraîne des bénéfices psychologiques et sociaux (Granados et Agís, 2011) mis en évidence par l'observation de nouveaux comportements transposés dans d'autres environnements comme être capable sans fatigue de marcher en famille ou de participer à un cours de danse (Frank et coll., 2011). L'estime de soi et la confiance seraient aussi bonifiées par la participation à des interventions en hippothérapie, selon les enfants ayant une DMC et leurs parents (Debusse et coll., 2009).

La vision holistique de cette stratégie thérapeutique implique l'acquisition et la maîtrise de plusieurs domaines d'expertise touchant l'humain et le monde équestre. L'hippothérapie est une intervention pratiquée exclusivement par des thérapeutes habiletés à travailler en réadaptation neurologique soit les ergothérapeutes, physiothérapeutes ou orthophonistes. L'intervention en hippothérapie affecte plusieurs sphères nécessitant des connaissances de base très diversifiées telles que décrites dans le cadre conceptuel de Debusse (2009) exposé à la figure 12.

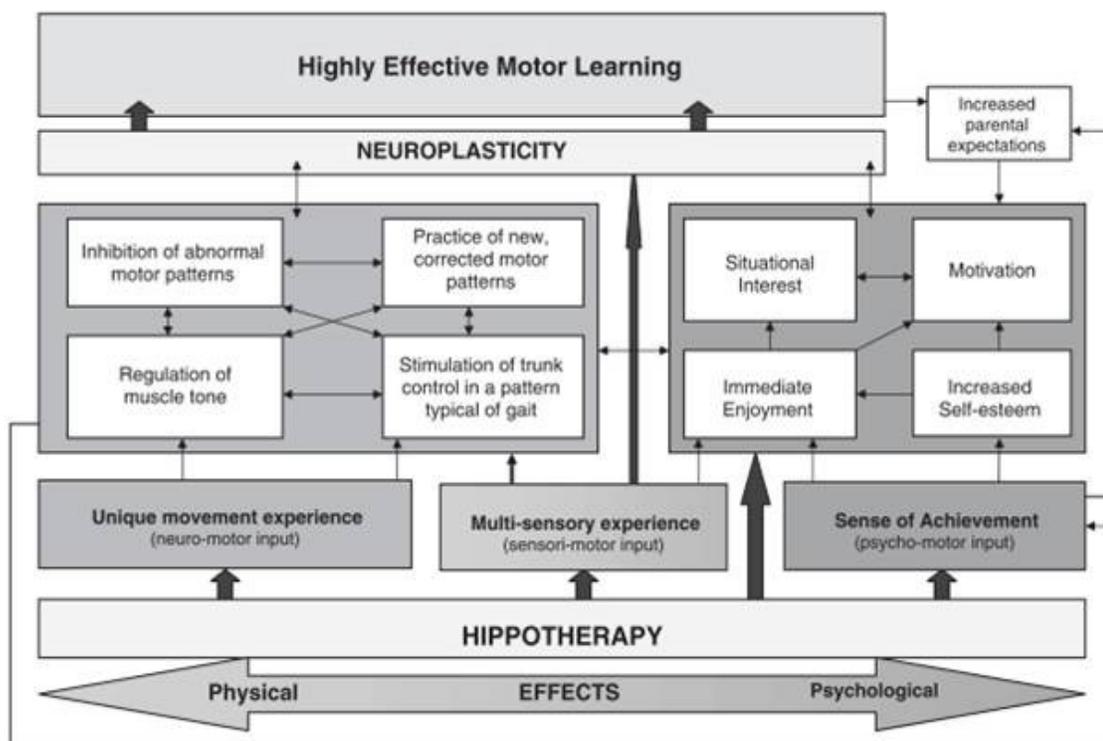


Figure 12 Cadre conceptuel en hippothérapie reproduit et autorisé par Debuse 2009

Ce cadre conceptuel combine à la base les effets physiques et psychologiques de l'hippothérapie pour rendre l'apprentissage moteur plus efficace (Debuse et coll., 2009). Cet auteur fait ressortir dans son cadre conceptuel l'impact sur le tronc et le tonus musculaire ainsi que les effets sur la motivation et la stimulation sensorielle provoquées par l'animal (Debuse et coll., 2009). Elle ajoute que l'hippothérapie devient ainsi une expérience d'apprentissage moteur hautement efficace, car elle permet d'influencer la neuroplasticité du SNC (Debuse et coll., 2009).

L'hippothérapie est aussi une expérience unique multisensorielle avec des répercussions physiques et psychologiques (Debuse et coll., 2009). Cette thèse s'intéresse particulièrement aux impacts physiques de l'hippothérapie. Plusieurs aspects rendent cette intervention unique : d'abord, la stimulation graduée du tronc et l'inhibition des patrons anormaux de mouvements induite par le choc du pas du cheval au sol. Il y a aussi la dissociation des ceintures scapulaires et pelviennes chez l'enfant obligée par les

mouvements du bassin du cheval. Ce contexte crée une situation riche d'expériences multisensorielles et motrices favorisant l'apprentissage moteur (Debusse et coll., 2009) en permettant l'essai sécurisé de nouvelles stratégies motrices.

Au niveau sensoriel, l'hippothérapie se déroule toujours dans un environnement équestre très stimulant et représente un contexte naturel (Engel et MacKinnon, 2007). En effet, cette stimulation implique toutes les facettes des systèmes sensoriel, vestibulaire et somatosensoriel qui sont résumées dans la figure 13 et librement inspirées de la formation donnée par AHA (2006).

Tactile	Visuel	Olfactif	Vestibulaire	Proprioceptif
<ul style="list-style-type: none"> • Activités faites sur le dos du cheval; • Chaleur induite par le corps du cheval qui est transmise au cavalier lors de contact avec les mains ou le corps de l'enfant (Bertoti (1986); • Pelage et crinière du cheval. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement linéaire ou incurvé du cheval qui fait varier constamment le champs visuel (Benda,2003). 	<ul style="list-style-type: none"> • Odeur dégagée par le cheval et par l'environnement équestre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement linéaire ou incurvé tridimensionnel (Champagne,2010); • Scènes déroulantes ou défilantes dépendamment de la position de l'enfant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsion générée par le déplacement du cheval qui informe l'enfant sur la position de ses segments dans l'espace dans toutes les positions qu'il prend (Strauss,1995).

Figure 13 Systèmes sensoriel, vestibulaire et somatosensoriel stimulés en hippothérapie

Dans le domaine de la recherche, des études évaluant l'effet de l'hippothérapie ont été réalisées auprès des adultes et enfants présentant les pathologies suivantes; l'autisme (Taylor et coll., 2009), la trisomie 21 (Champagne et Dugas, 2010; Winchester et coll., 2002), les maux de dos (Hakanson et coll., 2009), le Parkinson (Ma'ayan et Aisenbrey, 1997), la déficience intellectuelle (Biery et Kauffman, 1989), les blessures médullaires (Lechner et coll., 2003), la sclérose en plaques (Bronson et coll.; Silkwood-Sherer et Warmbier, 2007; Warrick et coll., 1997), les traumatismes cranio-encéphaliques (Keren et coll., 2001), la spina bifida (Baker, 1997), la déficience visuelle (Lehrman et Ross, 2001)

et intellectuelle (Giagazoglou et coll., 2012), et même avec les personnes âgées (de Araújo et coll., 2013).

Une analyse qualitative a permis d'explorer la perception des parents et des enfants ayant une DMC engagés dans des sessions d'hippothérapie et a dégagé un modèle où les aspects physiques et psychologiques seraient mutuellement mis en valeur (Debusse et coll., 2009). Par exemple, les parents d'enfants atteints d'autisme choisiraient de plus en plus cette approche pour leur enfant (Thomas et coll., 2007). En effet, l'hippothérapie démontre présentement des effets positifs sur les habiletés sociales (Bass et coll., 2009) et la motivation (Taylor et coll., 2009).

L'hippothérapie est donc une avenue de la réadaptation qui permet de jouer avec plusieurs paramètres pour créer une gradation personnalisée respectant les principes de l'apprentissage moteur et dosée selon la réponse posturale et musculaire du cavalier. Le soutien des accompagnateurs (hanche, genou, cheville), l'orientation du corps de l'enfant (avant, arrière ou sur le côté), la position du corps (assis, couché ventral ou dorsal, genoux, quatre pattes et debout), la vitesse de déplacement du cheval (constante, accélérée ou décélérée), le patron de déplacement du cheval (ligne droite, courbe, oblique ou serpentif) et la surface de déplacement (rigide, molle, avec aspérité ou pente) sont des options que le thérapeute peut choisir et combiner pour accomplir ses objectifs thérapeutiques. Cet aspect de la personnalisation du programme d'intervention est également pratiqué avec d'autres clientèles en réadaptation neurologique comme chez les personnes ayant le parkinson (King et Horak, 2009).

En résumé, l'hippothérapie représente une approche découlant des principes de réadaptation qui est non invasive, obligeant une contraction musculaire intense et régulière et offrant une expérience multisensorielle dans un contexte naturel. L'hippothérapie inclut plusieurs aspects en réadaptation neurologique comme l'entraînement de la force musculaire, l'utilisation des synergies et des contraintes musculaires existantes pour effectuer la tâche et l'utilisation d'activités bimanuelles. De plus, l'hippothérapie est une approche complémentaire ayant démontré des effets probants auxquels peuvent s'adjoindre des

interventions traditionnelles actuellement utilisées en réadaptation. Ces conclusions sont appuyées par la revue systématique faite par Franki et coll. (2012) qui avait trouvé qu'il existait des évidences élevées (niveau II) pour l'utilisation du cheval et de la motricité globale dans les activités fonctionnelles. Elle constitue une avenue complémentaire valable et comparable aux autres approches actuellement utilisées en réadaptation.

1.7.1 L'hippothérapie chez les enfants ayant une DMC

Les enfants ayant une DMC demeurent à ce jour, la population la plus étudiée en hippothérapie. Plusieurs méta-analyses (Molenaers et coll., 2012; Tseng et coll., 2012; Wang et coll., 2014; Zadnikar et Kastrin, 2011) et revues systématiques (Dewar et coll., 2014; Novak et coll., 2013; Whalen et Case-Smith, 2011) ont étudié l'hippothérapie. Actuellement, des méta-analyses montrent des niveaux d'évidences élevés à l'effet que l'hippothérapie améliore le contrôle postural, l'équilibre (Zadnikar et Kastrin, 2011) et la symétrie musculaire des adducteurs des hanches après 8-10 min d'intervention (Tseng et coll., 2012) tandis qu'une revue systématique montre des niveaux d'évidences qualifiées de limités sur la posologie de la durée et d'une fréquence idéales d'une séance d'hippothérapie (Whalen et Case-Smith, 2011). La revue systématique de Whalen et coll. (2011) statue tout de même que l'enfant a besoin de 45 minutes d'intervention à raison d'une fois par semaine pendant 8-10 semaines et que malgré tout le niveau d'évidences demeure faible au niveau de l'impact sur l'activité fonctionnelle.

De plus, selon une méta-analyse, les niveaux d'évidences sur la persistance des changements induits (Tseng et coll., 2012) et de la motricité globale sont encore à démontrer. Ainsi, la méta-analyse de Zadnikar (2011) met en contradiction l'interprétation des résultats des revues de Whalen (2011) et de Novak (2013) et qualifie plutôt de niveau d'évidence faible et limitée sur l'effet de l'hippothérapie sur la motricité globale.

Toutefois, une tendance vers la significativité semble s'observer en faveur de la motricité globale suite à la récente étude de Park (2014) qui a observé l'effet de l'hippothérapie sur 34 enfants ayant une DMC comparativement à 21 enfants d'un groupe contrôle. Des

changements significatifs au niveau des instruments de mesure de la fonction motrice globale (GMFM-66, GMFM-88 et PEDI) ont donc été notés après 8 semaines d'hippothérapie faites 2 fois par semaine à raison de 45 minutes pour chaque séance (Park et coll., 2014). Les difficultés de cette population peuvent être plus subtiles dans les niveaux plus bas au GMFCS et doivent être mesurées par des instruments de mesure très sensibles, car nous savons que littérature actuelle ne s'entend pas sur les effets de l'hippothérapie sur la motricité globale.

D'une façon plus spécifique, les chercheurs étudiant l'hippothérapie ont utilisé la cinématique, la cinétique et l'électromyographie pour procéder à l'évaluation du contrôle postural avec les enfants ayant une DMC. MacPhail et al, (1998) ont été les premiers à comparer six enfants d'âge moyen de 6,7 ans ayant une diplégie et une tétraplégie spastique à sept enfants à développement typique. L'analyse de la vitesse de déplacement du tronc des enfants en relation avec le mouvement de la croupe du cheval a permis de démontrer que les enfants diplégiques présentaient un pourcentage de réactions d'équilibre adéquat dans 65-75% des situations, mais qu'ils avaient une oscillation du tronc près de deux fois supérieures dans le plan médiolatéral (M/L) tandis que les enfants quadriplégiques avaient un taux adéquat de réactions d'équilibre de seulement 10-35% (MacPhail et coll., 1998). Plus récemment, Kwon (2011) a aussi utilisé la cinématique pour quantifier le patron de marche avec des vidéos et des marqueurs placés au niveau du bassin, des hanches et des membres inférieurs, d'enfants âgés de quatre à 10 ans ayant une diplégie spastique après 8 semaines d'intervention en hippothérapie à raison de deux fois par semaine. Après l'intervention, il a noté une diminution significative de l'angle de bascule du bassin (>15 degrés) à des moments clés de la marche comme lors de la phase de contact initial et de réception au sol et ainsi qu'une augmentation significative de la vitesse de marche et de la longueur des pas (Kwon et coll., 2011). En 2012, Encheff et coll. ont réalisé une étude sur la marche auprès de 11 enfants ayant une DMC (âgés de 7,9 ans \pm 2,7) bénéficiant d'une intervention en hippothérapie à raison de 45 minutes une fois par semaine. Ils ont noté, grâce à l'analyse vidéo de marqueurs réfléchissants, une tendance au tronc à être moins courbé lors de l'attaque du talon et de la phase d'envol traduite par un bassin mieux orienté dans le plan sagittal (Encheff et coll., 2012). Toutefois, l'échantillon était petit et trop

diversifié (DMC, Syndrome de Guillain Barré, traumatisme cranio-encéphalique, accident vasculo-cérébral) ce qui a possiblement nui à l'obtention de résultats statistiquement significatifs. El-Meniawy et coll. (2012) ont observé une diminution de l'asymétrie posturale chez 30 enfants âgés de six à huit ans suite à 12 semaines d'hippothérapie. Cette expérience a été réalisée avec photos et marqueurs placés au tronc et au bassin des enfants en posture debout statique (El-Meniawy et Thabet, 2012).

La posture debout mise en relation avec l'hippothérapie a surtout été étudiée en mode dynamique en lien la marche (Encheff et coll., 2012; Kwon et coll., 2011), mais seulement El-Meniawy et coll. (2012) l'a fait en debout statique avec vidéos et marqueurs. Aucune étude sur l'effet de l'hippothérapie avec les enfants ayant une DMC de niveau I et II au GMFCS sur la posture debout statique avec une PF mais cela été fait sur un simulateur (Lee et coll., 2014). Lee et coll. (2014) ont étudié l'équilibre debout statique par le déplacement du CdeP sur une PF et l'équilibre debout dynamique mesuré par le Pediatric Balance Scale. Dans ce projet, 26 enfants divisés également et aléatoirement en deux groupes recevaient de l'hippothérapie (10,8 ans \pm 1,6) et une intervention (10,0 ans \pm 2,2) provenant d'un simulateur du mouvement du cheval à raison d'une heure, trois fois par semaine pendant 12 semaines avec des enfants pouvant marcher au moins 10 mètres (Lee et coll., 2014). Les résultats montrent une amélioration statistiquement significative chez les 26 enfants répartis aléatoirement dans deux groupes de 13 enfants ayant une DMC (Lee et coll., 2014).

Seulement, l'étude de Kang et coll. (2012) a permis de comparer l'équilibre en posture assise d'enfants (âgés de 8,2 ans) ayant une DMC sévère avec une assignation aléatoire à un groupe recevant de l'hippothérapie (14 sujets) 30 minutes par semaine pendant huit semaines à un groupe ayant reçu une séance de physiothérapie traditionnelle (15 sujets) incluant l'entraînement de la force musculaire et étirement et un autre groupe contrôle (14 sujets) sans intervention. Le contrôle de l'équilibre du groupe ayant reçu une intervention en hippothérapie s'est amélioré se traduisant par une diminution significative ($p < 0,05$) de la vitesse et de la distance de déplacement du CdeP comparativement aux autres groupes (Kang et coll., 2012). Malheureusement, l'évaluation de la fonction des MS n'a pas été faite dans cette étude. Aucune étude mesurant les effets de l'hippothérapie n'a observé en

posture assise sur une PF, les enfants ayant une DMC du niveau I et II au GMFCS. Seulement, l'étude de Kang et coll. (2012) a permis de comparer l'équilibre en posture assise d'enfants (âgés de 8,2 ans) ayant une DMC sévère avec une assignation aléatoire à un groupe recevant de l'hippothérapie (14 sujets) 30 minutes par semaine pendant huit semaines à un groupe ayant reçu une séance de physiothérapie traditionnelle (15 sujets) incluant l'entraînement de la force musculaire et étirement et un autre groupe contrôle (14 sujets) sans intervention. Le contrôle de l'équilibre du groupe ayant reçu une intervention en hippothérapie s'est amélioré se traduisant par une diminution significative ($p < 0,05$) de la vitesse et de la distance de déplacement du CdeP comparativement aux autres groupes (Kang et coll., 2012). Malheureusement, l'évaluation de la fonction des MS n'a pas été faite dans cette étude. Aucune étude mesurant les effets de l'hippothérapie n'a observé en posture assise sur une PF, les enfants ayant une DMC du niveau I et II au GMFCS.

Par rapport à l'étude de la stabilité posturale avec des modules inertiels, aucune étude avec un groupe expérimental n'a été faite avec les enfants ayant une DMC de niveau I et II et des accéléromètres placés sur le cheval et l'enfant. Une étude pilote récente a utilisé des accéléromètres pour observer la marche sur 16 enfants ayant une DMC du niveau I à III au GMFCS, mais avant et après une seule séance d'hippothérapie et a observé une amélioration de la vitesse de marche (Manikowska et coll., 2013).

Finalement, l'électromyographie (EMG) a été initialement étudiée en lien avec l'hippothérapie grâce aux travaux réalisés par McGibbon et coll. (2003; 2009). Ils ont débuté en 2003 en comparant l'activité musculaire de huit minutes d'hippothérapie à huit minutes d'équilibre assis statique sur un baril avec 15 enfants âgés de quatre à 12 ans ayant une DMC spastique et trouvèrent que seule l'hippothérapie est efficace pour obtenir une activité musculaire plus symétrique (Benda et coll., 2003). Puis en 2009, dans un protocole en deux parties, ils ont, dans un premier temps, augmenté l'échantillon de la recherche de 2003 de 15 à 47 enfants ayant une DMC, le temps sur le cheval à 10 minutes au lieu de huit et ciblé d'autres muscles en sélectionnant les adducteurs des hanches au lieu des paraspinaux L3-L4. Dans un deuxième temps, elle a aussi mesuré l'effet de l'hippothérapie pendant 12 semaines sur la symétrie des adducteurs des hanches pendant la marche et la

motricité globale chez six sujets grâce à l'EMG (McGibbon et coll., 2009). Comme en 2003, mais pour différents muscles, elle a observé également une diminution de l'asymétrie musculaire après 10 minutes d'hippothérapie pour les six sujets et cette amélioration de la symétrie musculaire est observable durant la marche et au niveau de la motricité globale mesurée avec le GMFM-66 (McGibbon et coll., 2009). Plus récemment, l'EMG a été utilisé pour comparer l'efficacité du kinésiotaping à l'hippothérapie sur la stabilisation du tronc (Lakomy et coll., 2015). Avec un échantillon composé de 26 enfants ayant une DMC spastique âgés de deux à 18 ans répartis aléatoirement en deux groupes égaux (hippothérapie et hippothérapie et kinésiotaping), ces auteurs ont observé que 24 sessions d'hippothérapie à raison de deux fois par semaine pendant 30 à 60 minutes permettaient d'observer une diminution de la tension musculaire des muscles du tronc dans tous les groupes, mais particulièrement dans le groupe impliquant les deux approches (hippothérapie et kinésiotaping). La grande variabilité de l'échantillon, l'absence de description de l'intervention et surtout la grande étendue du temps d'intervention de cette étude en affaiblissent les conclusions.

Par conséquent, les lacunes méthodologiques des recherches actuelles engendrent des limites dans l'analyse des résultats. Encore aujourd'hui, on relève l'absence fréquente de groupe contrôle et d'assignation aléatoire des sujets (Rolandelli et Dunst, 2003), la variabilité du fonctionnement moteur d'enfants recrutés (Tseng et coll., 2012), les petits échantillons recrutés (Davis et coll., 2009), des études cliniques randomisées imparfaites (Novak et coll., 2013) et des interventions insuffisamment décrites qui nuisent à la reproductibilité des études. Par ailleurs, les habiletés fonctionnelles ne sont pas souvent mesurées dans les différentes études et sont très peu évaluées en milieu naturel c'est-à-dire où se déroulent vraiment les tâches à accomplir. Si on veut vraiment comprendre l'effet de l'hippothérapie avec les enfants, il est important pour la validité des résultats et des conclusions que des données sur le cheval soient extraites et mise en lien avec des données cliniques et biomécaniques. Il faut de plus, tisser des liens entre les observations biomécaniques sur le contrôle postural et l'impact fonctionnel observé au niveau de la motricité globale et sur la performance des MS par exemple afin de mieux comprendre les différents impacts créés par cette nouvelle modalité d'intervention.

L'hippothérapie mérite donc d'être étudiée avec une méthodologie de recherche rigoureuse et mieux ciblée au niveau de l'échantillonnage des sujets, car cette intervention offre une stimulation posturale et musculaire de grande intensité par session dans un contexte écologique et ainsi aurait le pouvoir d'améliorer le contrôle postural dans les activités fonctionnelles.

1.7.2 Le temps en mouvements avec les enfants ayant une DMC

À l'origine, les études de temps et mouvements sont basées sur les travaux de Taylor qui veulent optimiser l'organisation du travail et de la productivité (Taylor, 1957). Les éléments de travail sont chronométrés et peuvent être « standardisés » de manière à créer une norme de rendement. En recherche sur l'activité physique, le temps pris pour effectuer une activité est étudié pour quantifier les différentes techniques associées au sport observé et mis en relation avec d'autres éléments physiologiques comme la dépense énergétique (Bloxham et coll., 2001). De cette façon, on peut isoler les stratégies les plus efficaces pour optimiser les entraînements.

En ce qui a trait aux programmes de réadaptation, l'indicateur le plus facilement accessible est le temps passé en thérapie (Lohse et coll., 2014). Le temps passé en réadaptation n'est toutefois pas un indicateur précis puisqu'il n'indique pas qui s'y fait, comment cela est fait et pendant combien de temps. Toutefois, une méta-analyse suggère que plus le temps passé en réadaptation est élevé plus les améliorations sont significatives suggérant une relation positive au niveau du dosage-réponse chez les personnes cérébrolésées (Lohse et coll., 2014). La recherche axée sur les programmes de réadaptation s'intéresse maintenant à l'identification du contenu de ses interventions c'est-à-dire définir le temps actif véritable par rapport au total, le nombre de répétitions et les types d'activités qui y sont faites. Connell et coll. (2014) ont observé le nombre de répétitions, le temps de mouvement et l'activité effectuée lors d'un programme de réadaptation pour le membre supérieur chez des adultes (âgés entre 56 et 84 ans) ayant déjà (entre 2 et 15 ans) subi un accident cérébrovasculaire. Les sujets étaient actifs pendant 60% du temps de la thérapie, le nombre

de répétitions augmentait drastiquement si l'exercice était orienté sur la tâche (attraper une balle, ouvrir un pot) comparativement à une répétition sans buts (avec ou sans résistance).

Chez les enfants ayant une DMC, la recherche actuelle travaille à établir l'intervention idéale ou encore la meilleure dose-réponse pour les enfants ayant une DMC, mais utilise encore seulement le temps global passé en thérapie (Sakzewski et coll., 2015). Une méta-analyse a essayé de dégager dans différentes problématiques affectant les enfants ayant une DMC les paramètres d'intensité pouvant influencer la fonction de la main, la motricité globale et les habiletés fonctionnelles, mais le critère d'intensité dans cette compilation est basé sur la fréquence d'intervention (Myrhaug et coll., 2014) et non sur l'intensité au sein d'une intervention.

Le contenu de l'intervention devient une préoccupation incontournable. On s'interroge alors sur les meilleures pratiques à adopter en fonction d'une problématique particulière en testant sur une même clientèle, différentes façons de traiter une problématique afin de dégager des données probantes. On peut comparer deux thérapies différentes ou alors dans une même intervention jouer avec les paramètres d'intensité qui peuvent être observés par la vitesse. Par exemple, une étude a observé l'effet de différentes vitesses (régulières et élevées) de contraction musculaire des extenseurs du genou lors d'un programme de renforcement chez seize enfants distribués en deux groupes (13.9 ± 2.6 et 13.7 ± 4.3 ans) ayant une DMC de niveau I à III au GMFCS (Moreau et coll., 2013). Des répercussions positives supérieures sur la vitesse élevée des contractions musculaires, la performance lors de la marche et la puissance musculaire ont été notées comparativement au programme s'effectuant à vitesse régulière (Moreau et coll., 2013). L'intensité est donc un facteur qui doit être défini précisément, car peut être mesuré par différents paramètres selon l'activité étudiée.

Par ailleurs, la recherche en réadaptation s'intéresse à tous les médiums qui ont pour but de faire plus bouger les enfants tout en respectant des critères ciblés pour stimuler l'intensité de l'intervention, le renforcement ou l'équilibre. L'exploration des effets des jeux vidéo est au cœur de plusieurs recherches récentes pour essayer d'accroître le nombre d'exercices

stimulant l'équilibre. Bonnechère et coll. (2015) a amélioré significativement ($p=0,04$) le contrôle du tronc chez 10 enfants (âgés entre cinq et 15 ans) ayant une DMC (niveau I à III au GMFCS) en posture assise statique grâce à l'utilisation de jeux vidéo. Ces jeux étaient spécifiquement développés pour la réadaptation stimulant le contrôle A/P et M/L du tronc (Bonnechère et coll., 2015). Les enfants ont joué 30 minutes durant 4 semaines pendant les sessions de physiothérapie traditionnelle (Bonnechère et coll., 2015). Une étude clinique randomisée réalisée par Zocolillo (2015) qui a utilisé également des jeux vidéo avec 22 enfants ayant une DMC (âgés entre 4 et 14 ans) ont montré des changements significatifs dans la quantité de mouvements exécutés par le tronc ($p=0,007$) et les membres supérieurs ($p=0,027$) mesurés par accélérométrie lorsque comparé à la réadaptation conventionnelle. Les enfants bougeaient lors de ces jeux trois fois plus les bras et cinq fois plus le tronc qu'en réadaptation traditionnelle. Robert (2013) a voulu aussi utiliser les jeux vidéo pour atteindre un haut niveau d'intensité d'activités physiques chez 10 enfants ayant une diplégie spastique de niveau I et II au GMFCS âgés entre 7 et 12 ans et a vérifié s'il pouvait atteindre le même niveau d'intensité que des enfants avec développement typique. Il a enregistré l'activité cardiaque des participants pendant 40 minutes de jeux vidéo et a conclu que les enfants diplégiques étaient capables de déployer des niveaux similaires de réserve de fréquence cardiaque aux enfants ayant un développement typique (Robert et coll., 2013). Ces études mettent en relief l'importance de stimuler la motricité par l'intégration d'activités significatives qui augmentent la participation et l'intensité dans l'intervention. En résumé, l'intensité dans l'intervention, lorsqu'il s'agit de réadaptation de l'équilibre, est importante pour obtenir des résultats significatifs (Sveistrup et Woollacott, 1997).

À ce jour, aucune analyse du temps en mouvement pour caractériser l'intervention n'a été faite en hippothérapie avec les enfants ayant une DMC. La mesure du temps global sur le cheval incluant le temps en mouvement et à l'arrêt est toujours incluse dans les protocoles, mais jamais la mesure du temps passé en mouvement ou dans chaque position utilisée. La mesure du temps en mouvement sur le temps global a été faite seulement dans un protocole avec des enfants trisomiques et s'exprimait à l'aide de pourcentage (Champagne et Dugas, 2010). Le temps en mouvement sur le cheval durant l'intervention en hippothérapie

correspond à travail musculaire imposé à l'enfant pour maintenir une position et traduit d'une certaine façon l'intensité de l'intervention. Ce niveau d'intensité est aussi lié au niveau de difficulté des positions prises sur le cheval et en fonction de l'exécution d'activités plus complexes et de trajets moins réguliers suivis par le cheval. Ce niveau d'intensité peut être également diminué par la modulation de tous ces paramètres pour s'adapter aux besoins de l'enfant. Actuellement, AHA (2006) valorise le temps passé en mouvement sur le cheval, mais les activités thérapeutiques sont régulièrement exécutées avec des arrêts intégrés ou se font même parfois en arrêt total ce qui diminue beaucoup l'intensité de l'intervention. La stratégie pour garder maintenir un niveau d'intensité dans le présent protocole est décrit dans la section de la méthodologie.

1.8 Résumé de la problématique et justification de l'étude

À la lumière de la présente recension des écrits, on constate que les niveaux de preuve pour démontrer l'efficacité d'une intervention en hippothérapie chez les enfants ayant une DMC sont encore inadéquats. La principale problématique recensée concerne l'hétérogénéité des populations d'enfants ayant une DMC qui sont recrutées et qui limitent les possibilités de trouver des résultats statistiquement significatifs et cliniquement intéressants (Sanger, 2003). En ce sens, Novak et coll. (2013) et Pavao et coll. (2013) mentionnent qu'il faudrait planifier des études avec une population plus homogène. Par conséquent, nous avons décidé de vérifier l'effet de l'hippothérapie avec les enfants ayant une DMC de niveau I et II au GMFCS ce qui n'avait pas été fait. Même si deux niveaux sont de catégories différentes les enfants ont un fonctionnellement similaire, car les enfants de ces deux groupes marchent et n'utilisent aucun auxiliaire de déplacement.

Deuxièmement, l'effet de l'hippothérapie sur le contrôle moteur a été décrit (sur une population hétérogène), mais son effet sur la motricité fine n'a pas été étudié. De plus, aucune étude en hippothérapie n'a observé la préhension et le déplacement d'objets des membres supérieurs.

Troisièmement, la stabilité posturale de l'enfant sur le cheval a été évaluée à l'aide de modules inertiels multiaxiaux fixés sur le cheval et sur l'enfant (tête, tronc) lors de deux temps de mesure (pré/post intervention). Ceci constitue un élément novateur qui permet d'une part de quantifier les réactions posturales des enfants aux perturbations offertes par le cheval et d'autre part de mieux délimiter l'impact de l'hippothérapie sur l'amélioration de la stabilité posturale de l'enfant.

Finalement, la littérature supporte l'idée d'augmenter l'intensité dans une intervention en réadaptation (Robert et coll., 2013). Toutefois, l'intensité n'est décrite que par la fréquence comme dans la revue de littérature et la méta-analyse de Myrhaug et coll. (2014). En hippothérapie, le temps passé sur le cheval en mouvement et le niveau de difficulté des activités permettent de quantifier l'intensité de travail fait par l'enfant et sont rarement décrits.

CHAPITRE 2: OBJECTIFS ET HYPOTHÈSE

2.1 Objectif général

L'objectif général de cette recherche vise à décrire et quantifier les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie sur le contrôle postural d'enfants ayant une DMC légère (diploégie et hémiploégie spastiques de niveaux I et II au GMFCS) ainsi que les gains sur la motricité globale et fine, le déplacement des MS et finalement, de vérifier le maintien des acquis après 10 semaines.

2.2 Objectifs spécifiques primaires et secondaires

L'objectif spécifique primaire est d'évaluer les effets de l'hippothérapie sur :

1. Les motricités globale et fine;
2. Le contrôle postural en terme de:
 - stabilité posturale dynamique en posture assise:
 - a) lorsque l'enfant est sur le cheval;
 - b) lors d'une tâche de préhension unilatérale;
 - stabilité posturale statique en posture assise et debout;
3. Le déplacement des MS en position assise lors d'une tâche de préhension unilatérale.

De plus, des objectifs spécifiques secondaires de nature exploratoire visant à mieux expliquer l'intervention ont été réalisés pour :

1. Quantifier le temps en mouvement dans différentes positions pendant une séance d'hippothérapie.

2. Décrire les différentes positions prises à cheval et suggérer des critères pour mieux définir l'intensité de l'intervention et une gradation.

2.3 Hypothèse de recherche

Notre hypothèse est que l'intervention en hippothérapie réalisée auprès d'une population ayant une DMC et homogène au niveau du fonctionnement global, améliore la stabilité posturale, la motricité globale et fine, et le déplacement des MS et, que ces acquis se maintiendront au moins 10 semaines après la fin de l'intervention.

CHAPITRE 3: MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre décrit d'abord le dispositif choisi, la population à l'étude, la stratégie d'échantillonnage et de recrutement et les critères d'inclusion et d'exclusion pour le recrutement des sujets. Par la suite, l'intervention et les variables mesurées ainsi que les outils de collecte de données utilisés sont décrits. Puis, le traitement et l'analyse des données sont présentés. Enfin, les considérations éthiques sont exposées.

3.1 Dispositif de recherche

Afin d'atteindre les objectifs de l'étude, un devis pré-experimental à mesures répétées, pour lequel chaque sujet est son propre contrôle, a été sélectionné afin de quantifier l'effet de l'intervention. Les motifs qui soutiennent le choix de ce type de devis sont liés à la difficulté observée dans le recrutement des sujets enfants ayant une DMC avec des caractéristiques spécifiques. Cette difficulté nous empêche d'obtenir un nombre suffisant d'individus permettant la création d'un groupe de contrôle et le recours à une répartition aléatoire des sujets entre différents groupes. Les problèmes de recrutement avec les enfants ayant une DMC ne sont pas exclusifs à ce protocole de recherche. Cette réalité est présente pour tous les chercheurs travaillant avec les enfants ayant une DMC qui recherchent un échantillon homogène pour mieux cibler les conclusions. Elle est décrite dans la revue de littérature de Pavao (2013) qui en fait une mention particulière.

Ce projet a été approuvé par plusieurs comités d'éthique à la recherche dont celui du CDRV du CSSS-IUGS de l'Université de Sherbrooke (Annexe A), du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Ste-Justine (Annexe B), du Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke (CHUS) (Annexe C) et du Centre de Recherche Interdisciplinaire en Réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR) (Annexe D). Ce dernier comité d'éthique évalue les projets de recherche pour les centres de réadaptation qui étaient situés dans les régions sélectionnées soit, le Centre de Réadaptation Montérégien et le Centre de Réadaptation Le Bouclier qui ont tous participé au recrutement des sujets de l'étude. La durée totale de l'engagement du sujet était de 23 semaines incluant 10 semaines

d'intervention en hippothérapie dans un centre équestre de Sorel et quatre visites au laboratoire du CDRV du CSSS-IUGS.

3.2 Population

La population cible était composée d'enfants ambulants sans auxiliaire de déplacement présentant une diplégie ou une hémiplegie spastique légère et résidant au Québec. La population accessible était constituée d'enfants ayant une diplégie ou une hémiplegie spastique légère issus de trois régions limitrophes au centre équestre de Sorel où se déroulait le protocole d'intervention, soit Montréal, la Montérégie et la Mauricie. Ces enfants avaient tous reçu le diagnostic de DMC qui avait été posé par le médecin traitant ou un médecin spécialiste.

Le niveau d'atteinte de la DMC a été confirmé par l'ergothérapeute du projet à l'aide de l'échelle GMFCS (Palisano et coll., 1997) suite à l'observation des vidéos prises lors des évaluations cliniques initiales (GMFM-88 et BOT2-SF) où seuls les enfants ayant les niveaux I ou II pouvaient participer à l'étude. Ces deux niveaux correspondaient aux prérequis moteurs nécessaires à l'accomplissement des tâches motrices et posturales sélectionnées dans ce protocole de recherche. De plus, cette procédure permettait de minimiser l'hétérogénéité de l'échantillon qui peut nuire à la production de résultats valides quand différentes catégories d'enfants ayant une DMC sont recrutées (Tseng et coll., 2012).

3.3 Stratégie de recrutement et d'échantillonnage

La sélection de la stratégie d'échantillonnage sélectionnée était de type non probabiliste et volontaire pour des raisons d'accessibilité et de faisabilité. Elle s'est aussi effectuée par la méthode de boules de neige. En effet, lorsque les parents ou tuteurs des sujets acceptaient de participer à l'étude, l'équipe de recherche leur demandait s'ils connaissaient d'autres parents d'enfants dans la même condition qui seraient intéressés à participer à notre étude.

Pour accéder à la population DMC, le recrutement s'est effectué à partir d'annonces publiées dans les journaux locaux des régions ciblées (Le Nouvelliste et le Journal de Montréal) et d'articles parus dans le Nouvelliste au printemps 2010 et 2011 ainsi que par l'intermédiaire des centres de réadaptation des régions sélectionnées. Les centres de réadaptation participants ont extrait de leur banque de patients les enfants correspondant aux critères de sélection. Les parents de ces enfants ont, par la suite, été contactés par un membre du personnel du centre de réadaptation pour vérifier leur intérêt à participer à l'étude. Un document synthèse explicatif du projet de recherche a été envoyé aux centres de réadaptation afin que les parents puissent recevoir de l'information écrite sur le projet au besoin (Annexe E). Le nom et le numéro de téléphone des personnes intéressées ont été transmis à l'assistante de recherche de l'Université qui a procédé à une première entrevue téléphonique permettant de vérifier les critères d'éligibilité. Si l'enfant rencontrait les critères d'inclusion énoncés précédemment, le formulaire de consentement du centre de réadaptation de l'enfant (CRIR; Annexe F, CHU Ste-Justine ;Annexe G, CHUS; Annexe H) et un formulaire d'autorisation médicale à la pratique de l'équitation (Annexe I) était envoyé aux parents ou tuteurs par voie postale, par télécopie ou par courriel selon leur choix. L'objectif du formulaire médical était de confirmer les diagnostics. Ce formulaire contenait aussi tous les diagnostics susceptibles d'être une contre-indication ou demandant des précautions lors de la pratique de l'équitation.

Les intéressés recrutés par les journaux contactaient directement l'assistante de recherche pour obtenir de l'information sur le protocole de recherche. Les sujets qui acceptaient de participer à l'étude, signaient le formulaire de consentement du CRDV du CSSS-IUGS (Annexe J) et devaient faire remplir le formulaire d'autorisation médicale par leur médecin traitant ou spécialiste (Annexe I).

Le formulaire de consentement était signé à la première visite (T1) au laboratoire du CRDV-IUGS de Sherbrooke avant que les évaluations débutent. De plus, tous les sujets ont été identifiés par un numéro de code. La clé du code, reliant le numéro du dossier de recherche au nom de l'enfant, est conservée par la chercheuse dans un ordinateur différent de celui qui contient les données. Le nom de l'enfant et des parents, leurs coordonnées, les

dates de début et de fin de participation au projet ainsi que toutes les données recueillies incluant les enregistrements vidéo et photos sont conservés pendant cinq ans après la fin du projet dans un répertoire maintenu par le chercheur responsable ou par l'établissement.

3.4 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion étaient: 1) être âgé entre quatre et 16 ans, 2) être atteint d'une diplégie ou une hémiplégie spastique de niveau I et II au GMFCS, 3) être diagnostiqué par le médecin traitant, 4) être capable de maintenir activement la tête droite contre la gravité en position assise et debout statique et finalement 5) être capable de maintenir la station assise et debout statique cinq secondes sans appui (condition minimale établie pour faire de l'équitation selon l'AHA). Tous ces critères étaient vérifiés par l'assistante de recherche, lors de la première présence de l'enfant (T1) au laboratoire du CRDV du CSSS-IUGS de Sherbrooke. De plus, l'enfant devait être en mesure de comprendre et d'exécuter des consignes verbales simples.

Les critères d'exclusion étaient les suivants: avoir une expérience antérieure en équitation équivalente à plus de deux fois par année, avoir déjà participé à des séances en hippothérapie, présenter une allergie aux chevaux, de l'épilepsie mal contrôlée par médication ou encore une scoliose de plus de 30 degrés. L'enfant qui souffrait de toute autre condition médicale pour participer à l'étude et qui était jugé inapte à l'équitation par le médecin traitant était alors exclu. Aucune chirurgie orthopédique, traitement par injection (toxine du botulisme) ou de la réadaptation incluant l'ergothérapie ou de la physiothérapie ne devait être reçue durant toute la durée du protocole de recherche soit 23 semaines. De plus, il était demandé aux parents de ne pas commencer de nouvelles interventions autant physiques que pharmaceutiques. En effet, certains médicaments (benzodiazépine, antidépresseur, etc.) prescrits peuvent par leurs effets principaux ou secondaires influencer directement le contrôle postural.

3.5 Standardisation du protocole d'évaluation : projet pilote

Afin de standardiser la procédure d'évaluation et d'intervention de ce projet de recherche, un projet pilote a été réalisé à l'été 2009. Un sujet, âgé de quatre ans ayant une diplégie spastique de niveau II au GMFCS, a été recruté via le Journal Le Nouvelliste. Cet enfant a participé à six séances d'hippothérapie en six semaines à raison d'une par semaine. Des mesures cinématiques de l'oscillation posturale de l'enfant prises directement sur le cheval à Sorel et au laboratoire du CDRV du CSSS-IUGS aux semaines #1 et #6 d'intervention ont été colligées afin d'observer l'évolution du contrôle postural en posture assise. Des tâches de déplacement d'objets ont été réalisées en posture assise sur la PF.

Ce projet pilote a permis de tester, d'une façon générale, la procédure du protocole de recherche en laboratoire. Par conséquent, la faisabilité de la cueillette des données en laboratoire chez des sujets-enfants avec le matériel choisit et le niveau de complexité des tâches sélectionnées pour les sujets a pu être validé.

Dans un premier temps, ce projet pilote a permis d'adapter le modèle informatique de VICON existant pour l'analyse des données cinétiques du haut corps uniquement. L'équipe de recherche a décidé d'utiliser un modèle « simplifié », car le « upper limb model » qui est déjà utilisé dans Nexus (logiciel Vicon) comprend 25 marqueurs et fournit des angles tandis que dans notre protocole, nous avons besoin de mesurer les trajectoires/distances pour les tâches de pointage. Quatorze marqueurs étaient donc le nombre suffisant pour obtenir la distance, la vitesse moyenne et le temps de déplacement de la main.

Dans un deuxième temps, la faisabilité de recueillir des données cinématiques sur le cheval en utilisant des modules inertiels placés sur l'enfant et sur le cheval lors de la cueillette dans le manège a été testée. Puis la validation de la cueillette des données cinématiques en laboratoire et a été réalisée.

Par ailleurs, les résultats générés par ce projet pilote ont permis de constater que le comportement de l'enfant, pendant l'évaluation, peut influencer la qualité des données cinétiques et cinématiques recueillies en laboratoire. Afin de diminuer les mouvements

spontanés de l'enfant pendant les postures statiques, la consigne de regarder une image fixée au mur lui a été donnée et répétée pendant l'enregistrement en laboratoire. Au manège, il devait regarder en avant entre les oreilles du cheval pendant la cueillette des données. L'utilisation d'adhésif pour la fixation des modules inertiels directement sur la peau du sujet était à proscrire, car l'enfant essayait toujours de l'enlever. L'utilisation d'une pochette dans une ceinture élastique pour l'accéléromètre du tronc évitait que des adhésifs soient utilisés sur l'enfant. De plus, il a été constaté que plus de trois essais s'avéraient souvent nécessaires pour obtenir trois bons essais pour l'analyse des données. La qualité des essais était jugée par l'ingénieur du laboratoire responsable de la calibration du matériel et de l'acquisition des données.

Finalement, afin de standardiser la tâche du déplacement des MS, un cube de 5 cm d'arrête a été sélectionné parmi différents objets essayés comme la balle qui n'a pas été retenue, car elle roulait parfois sur la table et l'enfant essayait de l'attraper avant qu'elle ne tombe.

Les paragraphes suivants décrivent la procédure utilisée dans la présente étude suite à l'expérience acquise avec le projet pilote.

3.6 Procédures

La participation à la recherche s'étendait sur une période de 23 semaines. La figure 14 résume la procédure. Les sessions d'évaluation se déroulaient sur deux sites soit dans les laboratoires de l'Université de Sherbrooke du CDRV du CSSS-IUGS et dans un centre équestre de Sorel. Les parents étaient responsables du transport de leur enfant au Centre équestre de Sorel et au laboratoire de l'Université de Sherbrooke, les coûts de déplacements étaient assumés par la subvention obtenue de la Horses and Humans Research Foundation (HHRF) (Annexe K) et toutes les interventions en hippothérapie étaient gratuites.

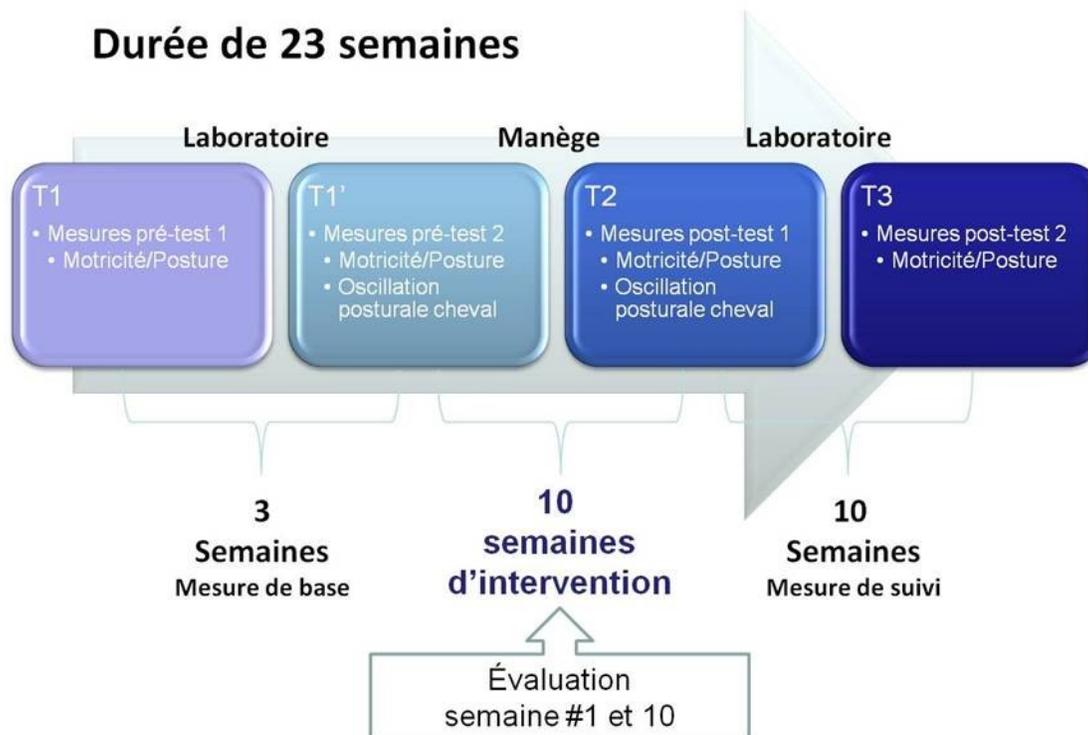


Figure 14 Déroulement de l'étude

Les sujets étaient évalués à quatre reprises au laboratoire du CDRV de Sherbrooke et deux fois durant l'intervention en manège intérieur à Sorel. Des mesures cliniques, cinématiques et cinétiques étaient récoltées en laboratoire deux fois avant l'intervention (T1, T1') après l'intervention de 10 semaines (T2) et 10 semaines suivant l'intervention (T3). Les deux premières d'évaluation (T1 et T1') étaient colligées à trois semaines d'intervalles au laboratoire. Le maintien des acquis a été évalué au temps T3 soit 10 semaines après la fin de l'intervention.

3.6.1 Mesures de base

Trop peu de recherches en hippothérapie ont pris la peine de prendre des mesures de base avant le début de l'intervention (Casady et Nichols-Larsen, 2004; Shurtleff et coll., 2009) afin de s'assurer que les enfants qui sont impliqués dans un processus de maturation physique sont dans une période de stabilité et non dans une période de croissance ou de changement par rapport à leur développement moteur. Nous avons donc utilisé trois

semaines d'observation pour notre mesure de base soit entre le temps T1 et T1', idéalement une période de 10 semaines aurait été préférable, mais des contraintes de disponibilité du laboratoire de recherche et des intervenants (ingénieurs, évaluateurs des variables cliniques) en lien avec les deux périodes estivales pendant lesquelles ce sont déroulées le protocole ont imposé ce choix méthodologique. Toutefois, l'ajout d'une troisième mesure aurait pu confirmer cette instabilité.

3.6.2 Mesures cliniques et biomécaniques

Des mesures cinématiques de l'oscillation posturale de l'enfant prises directement sur le cheval ont été colligées à la semaine #1 et #10 d'intervention afin d'observer l'évolution du contrôle postural de l'enfant directement assis sur le cheval. Les mêmes évaluations cliniques et en laboratoire étaient réalisées à T1, T1', T2 et 10 semaines plus tard à T3 en laboratoire toujours par le même évaluateur. Toutes les mesures colligées l'ont été sous la supervision d'un ingénieur présent à Sorel et Sherbrooke qui s'était préalablement assuré de la bonne marche des appareils et de leur calibration pour la tâche à accomplir.

3.6.3 Déroulement de l'évaluation en laboratoire

À chaque visite au laboratoire du contrôle postural du CDRV du CSSS-IUGS à Sherbrooke, plusieurs mesures étaient prises simultanément pour ne pas allonger la durée de l'évaluation et limiter la fatigue chez les jeunes sujets. Dès son arrivée, l'enfant mettait le casque et la ceinture sur lequel étaient fixés avec velcro les modules inertiels. Puis, l'assistante de recherche stabilisait avec des adhésifs sur la peau ou sur les vêtements, les 14 marqueurs réfléchissants utilisés avec le système VICON sur le haut corps uniquement des sujets.

Pour les tâches liées aux variables biomécaniques exécutées en posture assise statique et dynamique, un appui-pied ajustable en hauteur et numéroté permettait d'avoir à peu près la même position pour tous les enfants soit la triple flexion hanche/genoux/cheville à 90°. La

mesure de l'appui-pied était consignée dans chaque dossier de chaque sujet et reproduite à chaque évaluation. Le banc utilisé n'avait pas de dossier.

Les consignes émises verbalement à l'enfant par l'assistante de recherche pour les postures assises et debout statiques étaient les suivantes:« Regarde l'image du cheval fixée au mur et ne bouge pas». Pour le déplacement du cube, l'enfant avait une position de départ assise sans appui du dos avec sa main déposée sur sa cuisse puis l'assistante de recherche demandait : «Prends le cube avec la main (droite ou gauche) et dépose-le sur l'autre croix dessinée sur la table». Ces consignes étaient répétées pendant l'enregistrement. La position initiale et finale du cube devait être identique. Si ces consignes étaient respectées, la prise de mesure était considérée bonne. Une double vérification était faite, car l'ingénieur avait le déplacement les marqueurs réfléchissant VICON sur son écran et l'assistante de recherche observait l'enfant pendant la prise de données.

Pour chaque condition évaluée en laboratoire, si plus de trois essais s'avéraient nécessaires pour des raisons de compréhension ou d'attention en raison de l'âge ou des difficultés motrices du sujet, les trois meilleurs essais estimés par l'ingénieur du projet étaient retenus pour l'analyse des données, mais sans dépasser cinq essais. Sur la plateforme de force, les effets de l'apprentissage sont possiblement présents si plusieurs essais sont faits (Duarte et Freitas, 2010). De plus, la variation interindividuelle test–retest des tests est diminuée par le nombre d'essais minimaux (trois) et maximaux (cinq) faits à chaque temps de mesure ce qui diminue l'erreur de mesure. Ainsi on peut tenter de contrôler pour la variabilité inter individuelle avec un minimum d'essai et la fatigue avec un maximum d'essai. En effet, l'oscillation posturale peut soit diminuer progressivement ou augmenter dans le cas d'apparition de la fatigue (Duarte et Freitas, 2010). Avec les personnes âgées, le nombre adéquat d'essais sur la plateforme de force se situe entre deux (Lafond et coll., 2004) et quatre essais (Corriveau et coll., 2000)

Pour le déplacement du cube, les critères de sélection préétablis étaient basés sur la fluidité du mouvement (avec le moins d'arrêts) et les essais qui ont atteint la cible. Tandis que pour les tâches statiques, le choix des bons essais se faisait par l'absence de déviation aux

consignes c'est-à-dire ceux qui ne comportaient aucune distraction et on devait voir tous les marqueurs à l'écran afin de ne pas avoir de données manquantes. Pour les modules inertiels, on s'assurait d'enregistrer toute la séquence de mouvement.

Ensuite, l'enfant se dirigeait dans la salle de psychomotricité où l'évaluation des différentes variables cliniques (GMFM-88 et BOT2-SF) était réalisée. La classification de l'enfant avec l'échelle du GMFCS a été faite par l'assistante de recherche à la première présence de l'enfant au laboratoire du CRDV du CSSS-IUGS lors de la première séance d'évaluation d'une durée de deux heures.

3.6.4 Déroulement de l'évaluation au manège équestre

Au centre équestre, l'acquisition des données enregistrées à partir des modules inertiels a été effectuée à deux reprises durant les 10 semaines d'intervention soit au début et à la fin de l'intervention. L'évaluation s'est toujours déroulée au même endroit soit dans un manège intérieur de la région de Sorel. L'utilisation du même milieu fermé pour l'enregistrement des données assurait une similitude dans les conditions environnementales donc à l'abri du vent, de la pluie et des stimulations extérieures comme les bruits générés par la proximité de la route. De plus, pour offrir les mêmes conditions pour le déplacement du cheval, la surface sablonneuse du manège intérieur était nivelée mécaniquement avant chaque prise de mesure.

Dans notre protocole, les modules inertiels étaient positionnés à deux endroits sur le corps de l'enfant et un endroit sur le cheval: premièrement sur la tête du sujet au sommet du casque protecteur (bombe) fixé avec des velcros; deuxièmement au tronc près de la cinquième vertèbre lombaire (L5) dans une pochette fixée à une bande élastique, et troisièmement, sur la croupe du cheval au niveau de la première vertèbre sacrée (S1) collé avec des bandes adhésives (figure 15). L5 est un repère anatomique localisé près du CdeM (situé dans le bassin) qui est reconnu comme étant un positionnement valide pour observer l'oscillation du tronc à l'aide de modules inertiels (Mancini et coll., 2011; Mathie et coll., 2004). Mais en fait l'accéléromètre était fixé dans une bande élastique qui était portée à la

taille des enfants donc possiblement un peu plus haut que L5 soit vers L4-L3 où la mobilité du tronc est possible. L'utilisation de la taille est un vocabulaire utilisé dans ces articles (Hanakova et coll., 2015; Uchiyama et coll., 2011) utilisant des accéléromètres en hippothérapie.

La position S1 sur le cheval a été choisie en fonction de la stabilité qu'elle offrait au module inertiel, car cette partie de la croupe est plate et moins courbée que le reste du dos (figure 15) et située assez près du sujet pour enregistrer l'impact reçu. La croupe du cheval avait été préalablement rasée afin d'assurer une adhérence maximale des bandes adhésives.

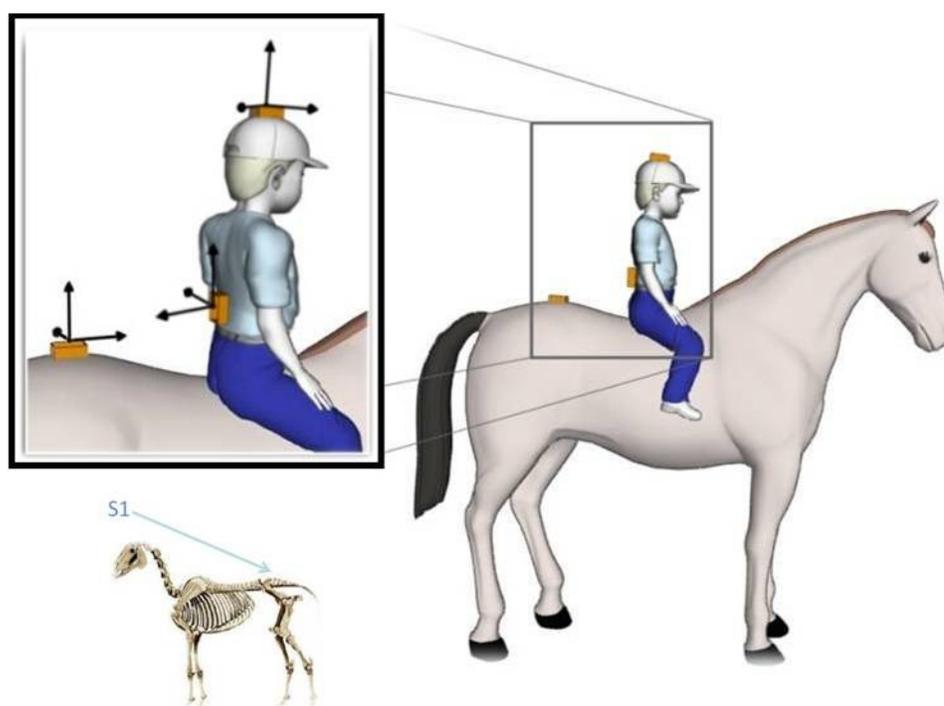


Figure 15 Positionnement des modules inertiels lors de l'évaluation en manège

La collecte de données s'est déroulée dans un espace prédéfini soit entre les lettres F et M du manège (figure 16) qui équivaut à 25 mètres pour chaque passage.

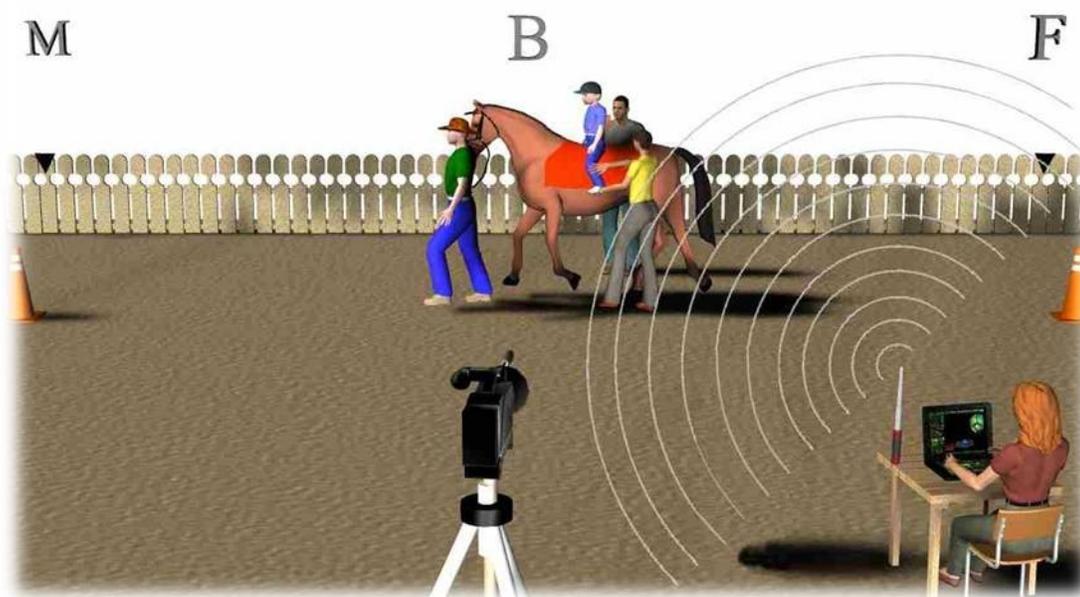


Figure 16 Disposition en manège équestre lors de la collecte de données.

Avant l'enregistrement, une période de réchauffement de deux tours de manège était effectuée. Les données étaient colligées entre les lettres F et M dans le manège sur une ligne droite de 25 mètres dans un mouvement continu. L'enregistrement des données était fait pendant que l'enfant et le cheval étaient déjà en mouvement à une vitesse estimée constante par le manieur donc cela excluait les accélérations/décélérations liées au départ/arrêt du cheval.

Cinq essais enregistrés par télémétrie étaient compilés, ceci correspondant à trois tours de manège et s'échelonnant sur approximativement 20 minutes. La moyenne des trois meilleurs essais estimés par l'ingénieur présent en manège était utilisée pour les analyses. Les consignes émises verbalement à l'enfant par l'assistante de recherche étaient les suivantes: «Bouger le moins possible; maintenir la tête droite et le regard vers l'avant (entre les oreilles du cheval) pendant l'enregistrement». Encore ici, une double vérification était faite, car l'ingénieur suivait l'enregistrement des données générées par les modules inertiels sur son écran et l'assistante de recherche observait l'enfant pendant la prise de données. Le

choix des bons essais se faisait en fonction de critères préétablis basés sur l'absence de déviation aux consignes c'est-à-dire ceux qui ne comportaient aucune distraction.

Pendant l'enregistrement des données, les accompagnateurs offraient toujours un support minimal à la cheville seulement, ce qui est suffisant avec l'atteinte légère GMFCS I et II des enfants de notre étude. Spécifiquement pour les séances d'évaluation, un enseignement individualisé pour chaque bénévole a été fait par la thérapeute à l'aide d'une démonstration et d'une mise en situation sur la façon d'offrir un support minimal à la cheville.

Le manieur guidait le cheval pour qu'il se déplace à une vitesse de marche normale au pas estimée régulière par celui-ci. Ce fut toujours le même manieur pour l'acquisition des données et pendant toutes les séances d'intervention en hippothérapie. Seuls les bénévoles variaient parfois durant l'intervention, mais jamais durant l'enregistrement des données. Après chaque séance d'évaluation, l'enfant complétait le temps par l'intervention en hippothérapie pour atteindre les 30 minutes sur le cheval.

La période de cueillette des données s'est échelonnée sur deux années soit entre 2010 et 2011 en raison des difficultés à recruter spécifiquement des enfants du niveau du GMFCS I et II. L'analyse des données a débuté en 2010 pour les 5 premiers sujets et s'est terminée en 2011. Une deuxième cohorte de 8 sujets a été évaluée durant l'été 2011. L'analyse des données a débuté durant l'année 2012 et s'est achevée en 2014.

3.7 Variables et instruments de mesure

Cette thèse présente une variable indépendante soit l'hippothérapie qui est le phénomène étudié et plusieurs variables dépendantes cliniques et biomécaniques pour mesurer le phénomène à l'étude. Voici les instruments de mesure utilisés dans ce protocole basés sur le vocabulaire de la CIF (Schiariti et coll., 2014) (figure 17). Ils seront présentés en liens avec les variables dépendantes cliniques et biomécaniques.

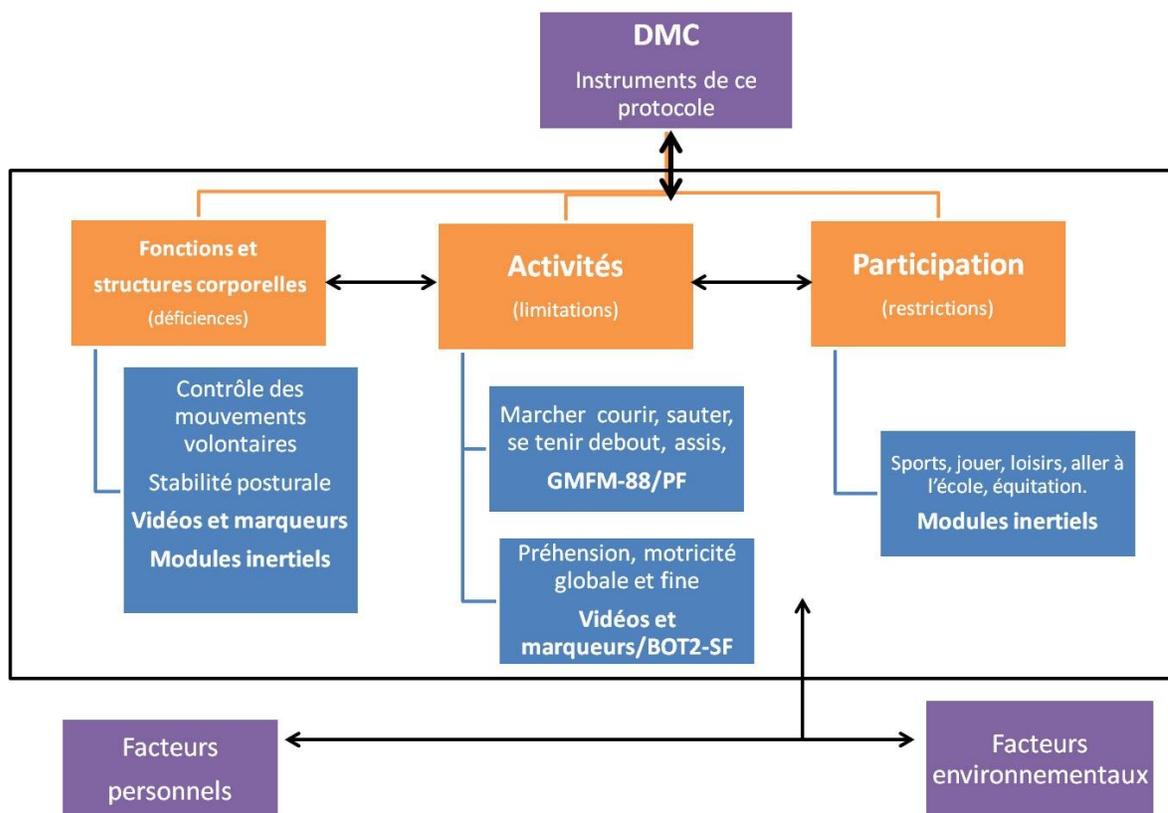


Figure 17 Instruments du protocole pour les enfants ayant une DMC

3.7.1 Variable indépendante : l'hippothérapie

L'évaluation en hippothérapie s'est toujours déroulée dans un manège intérieur situé dans la région de Sorel. Ce manège répond aux standards de qualité et de sécurité concernant la gestion du cheptel équin et de la sécurité des lieux selon les critères établis par l'Association canadienne d'équitation thérapeutique (ACET). Durant les sessions d'hippothérapie, l'enfant portait un casque certifié par l'American Society for Testing and Material ou par le Canadian Standard Approved et une ceinture de maintien pour permettre une correction de la posture de l'enfant sur le cheval et faciliter une descente d'urgence en cas d'évènements imprévus. L'équipement utilisé sur le cheval comprenait un licol, une laisse, un surfaix de voltige et un mince tapis.

Les séances se sont déroulées toutes les semaines à raison d'une fois par semaine. Cette fréquence hebdomadaire s'avère suffisante pour permettre l'intégration et favoriser l'acquisition d'habiletés motrices. Cette fréquence est la plus utilisée en hippothérapie et c'est celle qui génère actuellement le plus de données probantes.

Toutes les interventions en hippothérapie étaient filmées avec une caméra numérique (Canon PC 1431) afin de conserver un journal visuel des données. L'intervention durait une heure dont 30 minutes passées sur le cheval. Les arrêts durant l'intervention ont été réduits au minimum de façon à maintenir une intensité de travail dans les 30 minutes passées à cheval. La fréquence et la durée des arrêts durant l'intervention ont été réduites au minimum de façon à maintenir une intensité de travail pendant les 30 minutes passées à cheval. Les 30 autres minutes étaient divisées comme suit : 15 minutes consacrées à l'accueil pendant lesquelles l'enfant procédait au brossage du cheval et à sa préparation personnelle (mettre le casque protecteur, la ceinture de sécurité et se diriger au bloc montoir) et les dernières 15 minutes permettaient à l'enfant de descendre, remercier et reconduire le cheval à sa stalle ou enclos, tout en étant accompagné des bénévoles. Durant l'intervention, chaque enfant conservait le même cheval qui se déplaçait seulement au pas. Le trot et la marche rapide étaient évités pour ne pas augmenter un tonus trop élevé chez ces enfants.

L'enfant était toujours encadré par une équipe qualifiée composée d'un ergothérapeute, d'un instructeur certifié en équitation thérapeutique par l'ACET qui agissait à titre de manieur, de deux bénévoles accompagnateurs et d'un cheval ayant reçu un dressage particulier pour l'exécution du plan d'intervention mis au point par l'ergothérapeute. La stabilité des équipes entourant l'enfant durant les séances a été rendue possible par la grande implication des bénévoles dans ce projet de recherche.

La planification et l'exécution du plan d'interventions en hippothérapie étaient sous la responsabilité d'un ergothérapeute, membre de son ordre professionnel depuis 24 ans, reconnu par l'Association Américaine d'Hippothérapie (AHA) et la North American Riding Association for the Handicapped Association (NARHA). Ce professionnel est

également diplômé par l'ACET à titre d'instructeur adjoint en équitation thérapeutique. L'instructeur adjoint en équitation thérapeutique faisant partie de l'équipe d'intervention était un instructeur équestre certifié par la Fédération équestre du Québec (FEQ). Toute la formation équestre des membres de l'équipe (manieur et accompagnateur) et de l'entraînement des chevaux était assurée par lui.

Deux chevaux étaient disponibles pour notre protocole de recherche. Ces chevaux faisaient déjà de l'équitation thérapeutique depuis plusieurs années et étaient habitués à travailler dans un contexte durant lequel des enfants faisaient des activités sur leur dos avec différents objets. Les enfants de notre étude gardaient toujours le même cheval afin de conserver une uniformité dans la forme et la qualité de la stimulation reçue. Les chevaux qui ont été utilisés étaient sélectionnés pour leur comportement exemplaire et la qualité de mouvement qu'ils offrent au cavalier qui les monte. La fluidité de leur déplacement devait être remarquable pour se rapprocher de la marche humaine.

Le trajet du cheval et les activités thérapeutiques graduées exécutées à cheval étaient sélectionnés par l'ergothérapeute en lien avec les problématiques des sujets. Des activités étaient faites avec l'enfant et le cheval en mouvement pour stimuler le travail du haut-corps (tête/tronc/bras), l'équilibre et la coordination oculomotrice. La thérapeute analysait les réponses musculaires et posturales du cavalier pendant la séance d'hippothérapie afin de procéder à un réajustement personnalisé des activités et du support offert par les accompagnateurs en fonction des réponses posturales observées comme recommandé par l'American Hippotherapy Association (AHA, 2006). Le support des accompagnateurs devait être toujours minimal tout en demeurant sécuritaire afin de favoriser la motricité et le travail musculaire de l'enfant. Ainsi, la notion de toujours mettre l'enfant en présence d'un défi accessible était une priorité d'intervention tel que décrit par Brunelle et Toussignant avec sa notion de délicieuse incertitude (1988).

3.7.1.1 Le temps passé dans chaque position sur le cheval

L'intensité de l'intervention peut être exprimée en pourcentage et définie comme étant le calcul du rapport entre le temps du sujet en mouvement et le temps total de l'enfant sur le cheval. Pour obtenir une intensité d'intervention la plus élevée possible, un minimum d'arrêts a été effectué pendant la thérapie. Les activités sélectionnées pouvaient toutes se faire en mouvement et avaient été préparées dans le manège. Les arrêts servaient exclusivement aux changements de position ou à expliquer l'activité à l'enfant et préciser les tâches des bénévoles ou du manieur pendant l'activité.

Dans notre protocole, les mesures se compilent en temps réel avec l'usage du chronomètre et des modules inertiels, ce qui permettra d'offrir un portrait de cette clientèle en action pendant l'hippothérapie. L'intérêt de chronométrer le temps passé en mouvement dans chaque position en hippothérapie permet de commencer à réfléchir sur la façon de graduer l'intervention en hippothérapie afin d'offrir une stimulation qui se veut toujours optimale dans le défi qu'elle offre à l'enfant selon son niveau d'atteinte. Dans notre contexte, c'est l'animal qui génère un mouvement qui affecte différents groupes musculaires selon la position prise par l'enfant.

Il est important de bien documenter le contenu de l'intervention effectuée afin de rendre reproductible le protocole d'intervention fait à cheval. Les positions prises sur le cheval ont donc été identifiées et chronométrées de façon à pouvoir mieux définir l'intensité de l'intervention et le niveau de difficulté lié à prise des différentes positions qui sont utilisées durant ce protocole. L'usage d'un chronomètre est largement répandu dans les sports et en recherche (Alricsson et coll., 2001) en raison de son coût peu élevé, sa disponibilité et sa facilité d'utilisation. Un seul bénévole a compilé les données de temps avec le chronomètre pendant les 30 minutes que durait l'intervention. Un seul bénévole de notre projet a été formé pour offrir une utilisation standardisée du chronomètre et une grille d'observation par images a été conçue pour faciliter la collecte des temps mesurés dans chaque position observée et réduire le risque d'erreurs (Annexe L). Il actionnait le chronomètre dès le premier soulèvement de l'anérieur (patte avant) et l'arrêtait seulement quand les quatre

pattes étaient toutes immobiles. Le processus de validation consistait dans la vérification du chronomètre et des mesures prises au début et à la fin de chaque séance par le thérapeute.

La position face vers l'avant est celle qui a été la plus utilisée parce que cette position a servi pour l'échauffement avant chaque début d'intervention et consistait à faire à cheval deux tours de manège sans activité. Le premier en partant vers la droite puis le deuxième en partant vers la gauche. Ce temps d'échauffement chronométré permettait à l'enfant d'appivoiser le mouvement du cheval avant d'intégrer des positions plus difficiles, mais a été inclus dans les calculs du temps, car l'enfant faisait des contractions musculaires même si aucune activité ne se déroulait sur son dos. Le temps était confirmé au besoin grâce à l'enregistrement vidéo de chaque séance. Le choix des positions et la durée du maintien des positions étaient décidés par l'ergothérapeute responsable de la séance qui s'assurait de respecter le niveau de fatigue de l'enfant tout en lui offrant à chaque séance un défi postural constant et varié. La position utilisée est aussi importante que l'activité exécutée sur le dos du cheval, car elle permet une sélection des groupes musculaires à stimuler en fonction des objectifs d'intervention.

3.7.2 Variables dépendantes cliniques : motricités globale et fine

Voici le cadre théorique basé sur le langage de la CIF qui vient introduire les instruments de mesure de nos variables dépendantes cliniques (figure 18). Ces instruments de mesure permettent de quantifier chez les enfants ayant une DMC, les limitations dans les activités de tous les jours dans des tâches impliquant la motricité globale et fine.

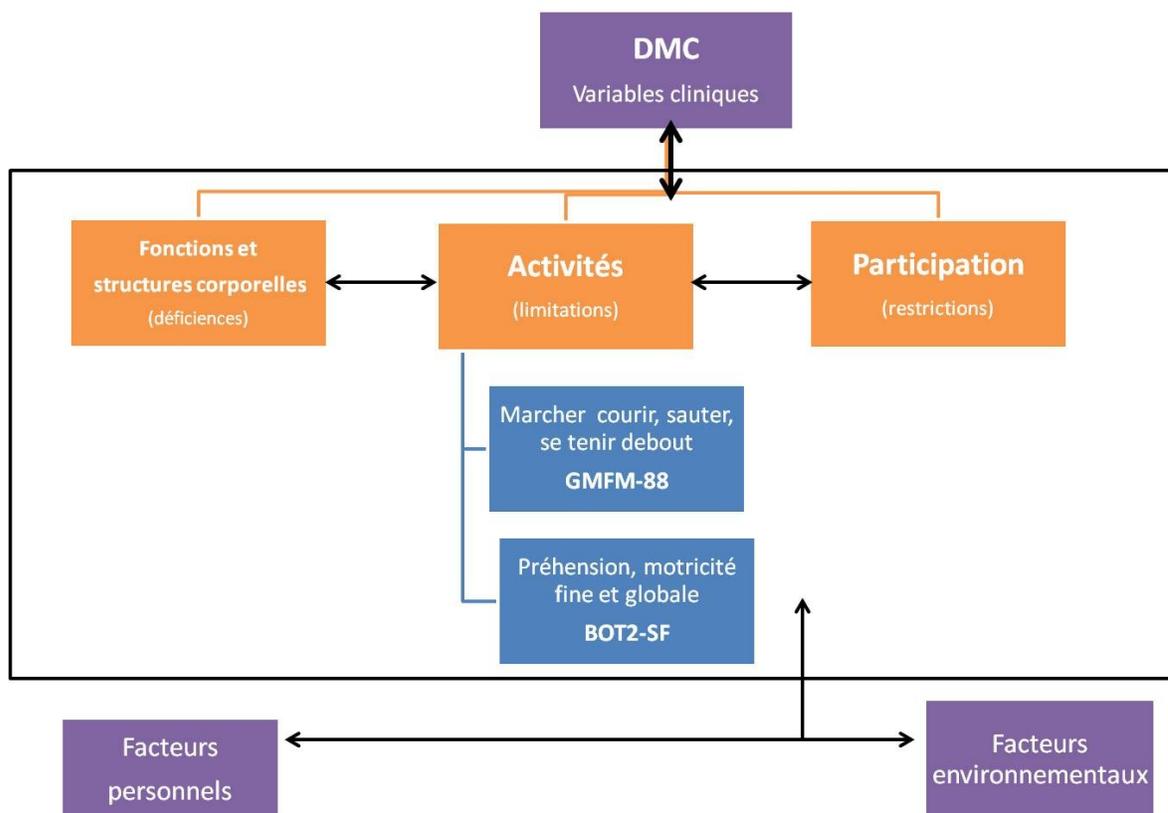


Figure 18 Variables cliniques de l'étude organisées selon le modèle de la CIF

Les motricités globale et fine étaient évaluées dans la salle clinique du CDRV du CSSS-IUGS par un physiothérapeute ne connaissant pas préalablement les sujets et l'hypothérapie, mais qui avait déjà utilisé les outils d'évaluation des variables cliniques de ce protocole en raison de sa formation en pédiatrie. Toutes les séances d'évaluations cliniques étaient également filmées avec une caméra numérique (Canon PC 1431) afin de garder un journal visuel des données et permettre à un deuxième expert de confirmer les cotations obtenues au besoin. Dans un souci de ne pas allonger indûment la durée de l'évaluation, les parties les plus significatives des outils ont été ciblées.

La motricité globale était premièrement cotée à l'aide du Gross Motor Function Measure (GMFM-88) qui est une grille d'observation validée pour les enfants ayant une DMC (Russell et coll., 2000). Cette grille d'observation permet de qualifier les observations sur une échelle ordinale de 0 à 3. Seuls les dimensions D (se tenir debout) et E (marcher, courir

et sauter) étaient colligées, car ces éléments incluaient les tâches les plus difficiles à réaliser au niveau postural. De plus, en raison de la catégorie d'enfants recrutés par les GMFCS niveaux I et II, ces derniers auraient nécessairement obtenu le maximum de points dans les trois premières dimensions de l'outil. Cette méthodologie a déjà été choisie dans d'autres études (Boonyong et coll., 2012; Misdalia et coll., 2013) et même dans un protocole de recherche étudiant l'hippothérapie (Erdman et Pierce, 2016).

Le GMFM-88, avec les enfants ayant une DMC de niveau I à V évalués deux fois à trois mois d'intervalle, présente avec 95% d'intervalle de confiance, une fidélité interjuges avec un coefficient de corrélation intraclass (CCI: de 0,98 à 0,97) et intrajuges (CCI: de 0,99 et 1,0) pour les dimensions (D et E) évaluées (Ko et Kim, 2013). C'est un instrument qui présente une bonne validité de construit pour mesurer les changements de motricité globale avec un coefficient de Spearman de 0,66 et 0,79 après 12 et 24 mois d'observation respectivement (Bjornson et coll., 1998). Le GMFM-88 et sa version plus courte le GMFM-66 constituent les tests cliniques les plus utilisés en hippothérapie avec les enfants ayant une DMC et sont capables de mesurer des changements au niveau de la motricité globale (Alotaibi et coll., 2014).

L'évaluation de la motricité globale était complétée en utilisant la deuxième version courte du Bruninks-Ozeretski Motor Proficiency-Short Form (BOT2-SF). Les éléments inclus dans cette version sont : la motricité fine et la dextérité manuelle, la coordination globale et des MS, l'équilibre, la force et l'agilité. Le BOT2-SF évalue la motricité fine sur deux aspects du geste moteur soit la précision et l'intégration. La précision est observée dans une tâche de traçage d'une ligne dans un chemin et de pliage de papier sur une ligne et l'intégration est évaluée dans la copie d'un carré et d'une étoile.

Le traçage d'une ligne dans un chemin sinueux, une tâche unilatérale, requiert des mouvements plus grossiers du poignet et des doigts avec le crayon que ceux requis dans l'écriture traditionnelle qui nécessite des mouvements beaucoup plus fins du poignet et dissociés des doigts. L'épreuve de pliage est une épreuve bilatérale impliquant l'usage des deux mains pour permettre le pliage en deux d'une feuille de papier sur une ligne assez fine.

Une dissociation des doigts efficace est également nécessaire dans cette tâche et permet d'augmenter la précision du mouvement afin d'améliorer l'exactitude dans le pliage de la feuille.

L'épreuve de copie de forme nécessite aussi l'utilisation du crayon et fait appel aux capacités perceptuelles de l'enfant dans l'observation du nombre et des degrés des angles inclus dans les formes carrées et l'étoile (à 5 branches) qui demandent un geste plus contrôlé que dans le tracé de la ligne, car la copie des angles de ces formes nécessite un freinage du crayon dans l'écriture et une plus grande coordination des doigts avec les mouvements du poignet pour la production des angles.

L'épreuve de dextérité manuelle évaluait le temps nécessaire au transfert du plus grand nombre de pièces de monnaie en 15 secondes. Cette dernière épreuve impliquait une prise tridigitale et contenait un aspect lié à la performance étant donné que la vitesse d'exécution était mesurée.

Le score global maximal au BOT2-SF est de 88 points. Cet outil est validé avec les enfants, les adolescents et les jeunes adultes de quatre à 21 ans présentant des retards de développement moteur (Deitz et coll., 2007) comme les enfants ayant une DMC. Quatre types de validité ont été observés pour ce test soit la validité de contenu, interne, discriminante et prédictive (Deitz et coll., 2007). La fidélité de l'instrument est bonne, car cet outil présente une fidélité interjuges: 95% d'intervalle de confiance avec un CCI de 0,92 (Bruininks et Bruininks, 2005) et une fidélité test-retest (deux semaines avant l'intervention et 4 mois après la fin de l'intervention) avec un CCI de 0,99 avec 95% d'intervalle de confiance (Wuang et Su, 2009). La version courte a aussi été validée et présente avec un intervalle de confiance (IC) de 95% une excellente fidélité interjuge (0,88 à 0,92) et une bonne fidélité test-retest (0,62 à 0,73) (Bruininks et Bruininks, 2005).

Le BOT2-SF n'a pas été utilisé pour mesurer les effets de l'hippothérapie avec une clientèle ayant une DMC jusqu'à présent. Seulement une étude évaluant l'effet de l'équitation thérapeutique avec des enfants ayant une DMC (MacKinnon et coll., 1995) a utilisé deux

sous-tests du BOTMP si un effet plafond était observé au Peabody Developmental Motor Scale.

3.7.3 Variables dépendantes biomécaniques : stabilité posturale

Voici le cadre théorique inspiré du langage de la CIF qui vient introduire les instruments de mesure de nos variables dépendantes biomécaniques (figure 19). Ces instruments de mesure permettent de quantifier les habiletés motrices des enfants ayant une DMC dans toutes les dimensions de leur fonctionnement (figure 19).

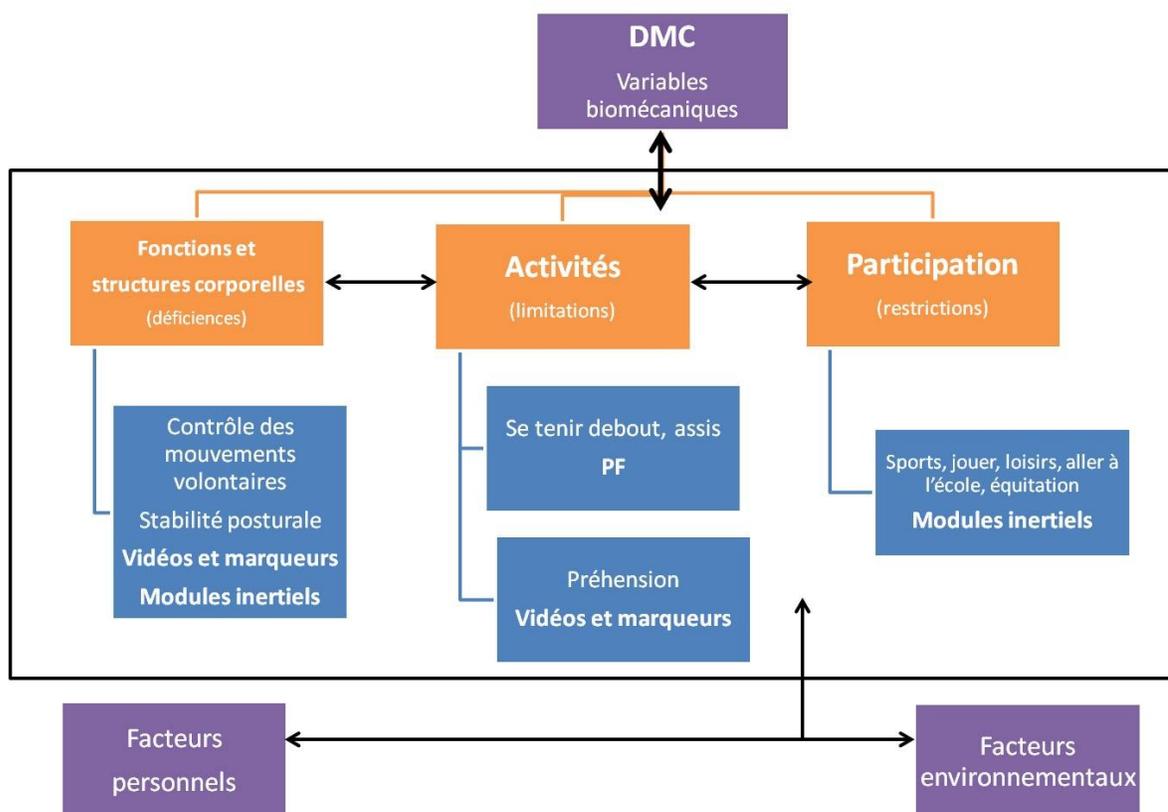


Figure 19 Variables biomécaniques de l'étude organisées selon le modèle de la CIF

L'observation de la posture permet de dresser un portrait de la stabilité posturale de l'enfant ayant une DMC pour comprendre les différents ajustements posturaux possibles dans les défis de la vie quotidienne (Pavão et coll., 2013). Le choix des instruments de mesure

utilisés dans ce protocole visait l'observation du contrôle moteur du haut corps ciblant particulièrement la tête, le tronc et les bras dans différentes positions.

3.7.3.1 Posture assise et debout en laboratoire

La stabilité posturale en posture statique assise et debout était observée à l'aide du déplacement du CdeP qui mesure le contrôle de l'équilibre exercé par le SNC (Mancini et coll., 2011). Une plateforme de force multiaxiale (AMTI, Advanced Medical Technology Inc., Newton, Massachusetts) enregistrait les forces verticales et les moments issus de la réaction du sol (figure 20) permettant de calculer la position du CdeP.

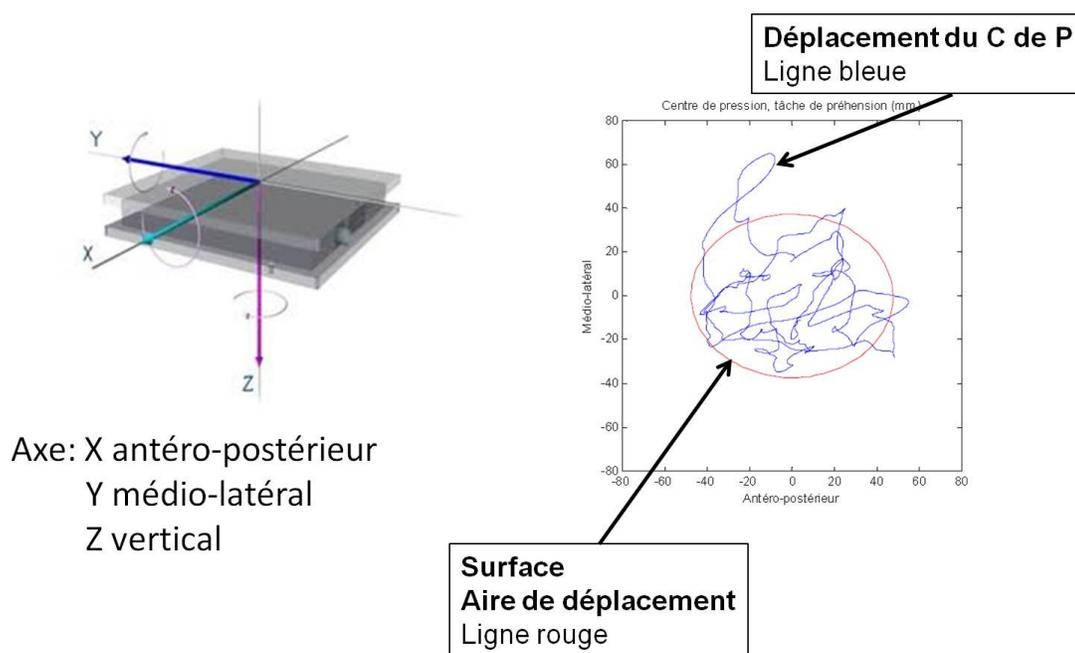


Figure 20 Déplacement du CdeP

La plateforme de force (PF) utilisée dans la thèse présente une précision de 0,2mm et une résolution de 0,08 μ v. V-1. N-1 (AMTI, Advanced Medical Technology Inc., Newton, Massachusetts). La fidélité test-retest (une semaine d'intervalle avec trois essais) et interjuges pour différents paramètres du CdeP, laisse voir une bonne fidélité test-retest (CCI: de 0,89 à 0,93) en A/P et (CCI: de 0,74 à 0,79) en M/L chez des personnes ayant eu un accident cérébral ou présentant une neuropathie diabétique (Corriveau et coll., 2001).

Par ailleurs, Zaino et McCoy (2008) dans une étude avec les enfants ayant une DMC (GMFCS niveau I, II et III), ont observé que les mesures cinématiques (longueur, vitesse, et aire de la trajectoire du CdeP) présentaient une bonne fidélité test-retest avec un bon CCI (0,69 à 0,87) en posture debout. Mais Liao et coll. (2001) ont spécifiquement étudié la fidélité test-retest inter et intrasession d'enfants ayant une DMC debout sur une plateforme de force dans différentes conditions (yeux ouverts, fermés, fixant une cible, surface ferme ou mobile) (Liao et coll., 2001). Toutefois, dans cette étude le niveau fonctionnel d'enfants ayant une DMC au GMFCS n'est pas clairement précisé. Dans les critères d'inclusion, on peut lire que les enfants devaient être capables de maintenir la station debout pour une minute seulement (Liao et coll., 2001) ce qui est possible pour les enfants du niveau I à III. À part dans la condition yeux ouverts fixant une cible, ils ont trouvé que les résultats du CCI intrasession diminuent drastiquement (inférieur à 0,5) dans toutes les autres conditions étudiées (ex: yeux fermés, surface mobile). Ainsi, dans l'épreuve debout, yeux ouverts avec cible qui utilise la même condition que celle effectuée dans notre étude, une fidélité intrasession du déplacement du CdeP a été trouvée avec un CCI de l'ordre de 1 (Liao et coll., 2001). Une fidélité modérée à bonne (CCI: 0,56 à 0,99) pour les intersessions a aussi été trouvée chez les enfants ayant une DMC dans la condition debout sur une jambe, yeux ouverts d'où l'importance de la vision pour assurer une bonne fidélité des mesures dans les études avec cette population et si la cible est fixée par les yeux la fidélité s'améliore encore plus (Liao et coll., 2001).

Dans notre étude, la moyenne des trois meilleurs essais estimés était utilisée afin de dresser un portrait du déplacement du CdeP dans les directions A/P et M/L respectivement. Les données issues de la PF étaient analysées à l'aide du logiciel MATLAB (Matworks Inc. Massachusetts, USA). De cette façon, différents paramètres du déplacement du CdeP étaient calculés. La distance parcourue quantifiée par le déplacement total (mm), la vitesse moyenne du CdeP en X ou Y (mm/sec) et l'aire de l'ellipse (surface) (mm²) sont ceux qui étaient sélectionnés dans le protocole pour leur représentativité de la stabilité posturale.

Les formules utilisées dans ce protocole sont celles que Duarte et coll. (2010) ont établi pour calculer les paramètres de déplacement du CdeP dans l'environnement MATLAB.

Déplacement total :

$$\text{DOT} = \text{sum}(\text{sqrt}(\text{CPap.}^2 + \text{CPml.}^2))$$

Vitesse moyenne:

$$\text{MVap} = \text{sum}(\text{abs}(\text{diff}(\text{CPap}))) * \text{freq}/\text{length}(\text{CPap})$$

$$\text{MVml} = \text{sum}(\text{abs}(\text{diff}(\text{CPml}))) * \text{freq}/\text{length}(\text{CPml})$$

Surface:

$$\text{Area} = \text{pi} * \text{prod}(2.4478 * \text{sqrt}(\text{svd}(\text{val})))$$

La stabilité posturale statique assise et debout était évaluée (figure 21). Le sujet se tenait soit debout sur la PF ou assis sur un banc sans dossier déposé sur la plateforme. L'enfant avait les yeux ouverts pendant 30 secondes en fixant une image placée devant lui. Le banc sur lequel était assis l'enfant a été considéré dans les calculs du moment de force comme s'il faisait partie du corps du sujet signifiant que le CdeP est simplement calculé par la pression du corps de l'enfant sur la pression que le banc exerce au sol et non sur le sommet du banc. Cet arrangement peut toutefois entraîner des limites, car ce type d'analyse ne nous permet pas de nous comparer avec d'autres études. Toutefois, il permet de voir la progression de l'enfant à travers le temps, ce qui était notre objectif premier. De plus, un ingénieur vérifiait si les données brutes étaient valides à chaque essai en fonction de critères préétablis (respect des consignes et absence de distraction).

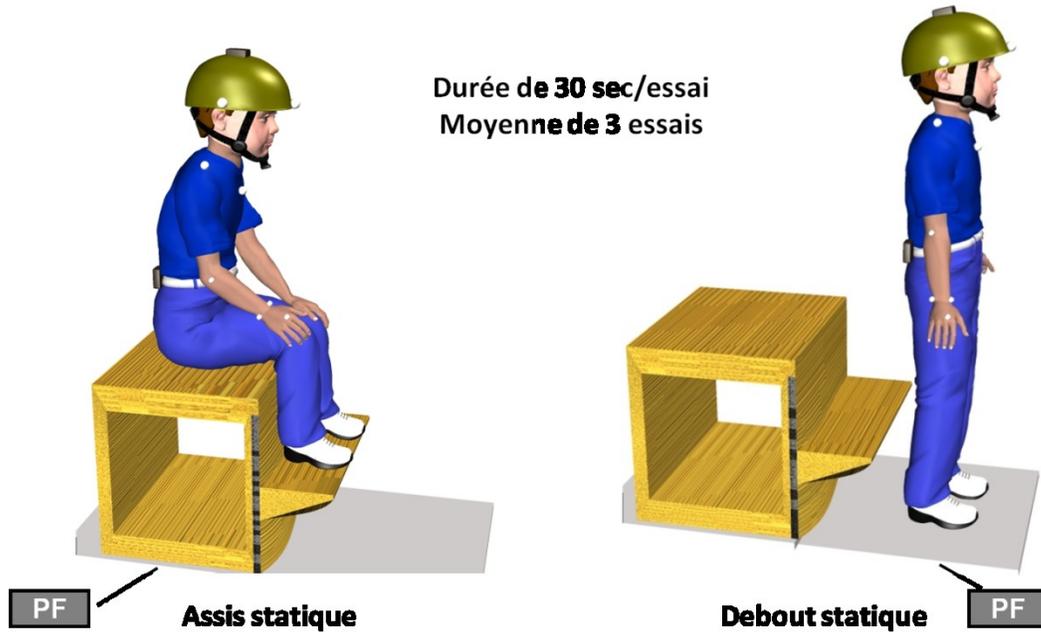


Figure 21 Stabilité posturale statique

3.7.3.2 Posture assise sur le cheval

Les variables biomécaniques de stabilité posturale sont représentées par les oscillations posturales qui s'expriment, dans un premier temps, dans le domaine temporel par l'observation des accélérations et des décélérations qui vont générer des courbes sinusoïdales d'accélération et de décélérations. Si par exemple, une balle roule sur une surface irrégulière incluant des pentes, elle va par conséquent se déplacer à une vitesse irrégulière. L'enregistrement des accélérations et des décélérations de la balle va générer des courbes sinusoïdales (figure 22). Les courbes sinusoïdales extraites du domaine temporel sont difficilement comparables entre elles, il faut donc les synthétiser pour être en mesure de les analyser et de les comparer.

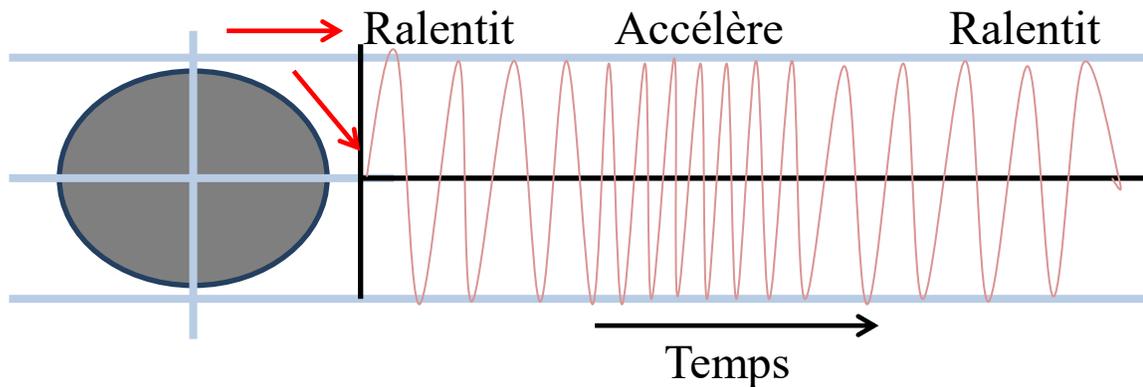


Figure 22 Domaine temporel: schéma des accélérations et décélérations linéaires

La transformation des signaux d'accélération se fait à l'aide d'une transformation mathématique appelée "Transformé de Fourier" (FT) qui permet de représenter de longs enregistrements d'accélération et de décélération du domaine temporel en quelques bandes de fréquences plus facilement analysables et comparables dans le domaine fréquentiel (figure 23).

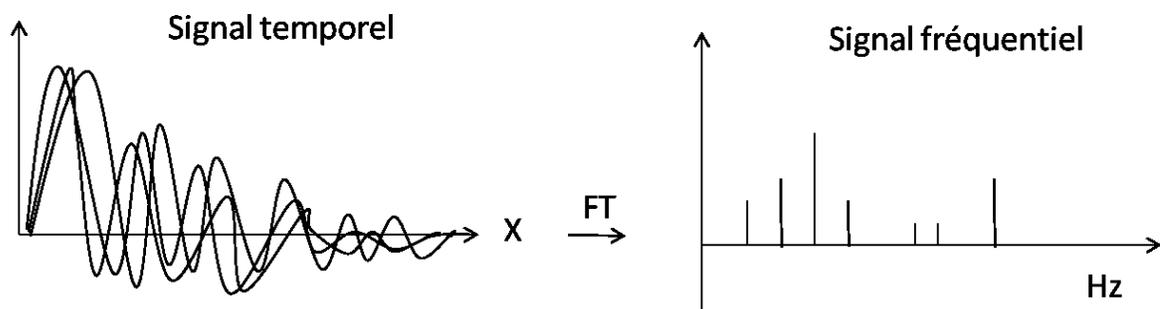


Figure 23 Schéma de la transformation des signaux.

Pour analyser une somme importante de données d'accélération, le choix de faire une analyse fréquentielle était tout indiqué (Kavanagh et coll., 2005a). L'observation de la figure 23 montre que les bandes du signal fréquentiel ont une position sur l'échelle en abscisse et une amplitude en ordonnée. La position en abscisse est considérée comme étant la fréquence contenue dans le signal d'accélération et la hauteur du signal en ordonnée

comme étant l'amplitude de la puissance du signal d'accélération. Ce graphique représente donc la distribution de la puissance du signal d'accélération en fonction de la fréquence. La première bande est considérée comme étant la fréquence fondamentale (f_1) et les autres bandes du signal sont appelées harmoniques (Kavanagh et Menz, 2008). L'intégrale cumulative de la puissance des harmoniques incluant la f_1 et calculée à partir du spectre de la puissance a été utilisée pour quantifier la stabilité de la tête et du tronc. Pour les calculs, les cinq premières harmoniques du signal dont la (f_1) combinée aux quatre premières harmoniques a été utilisée. La majorité du contenu fréquentiel se trouve dans la bande de 0-10 Hertz (Hz); avec une f_1 à 2Hz, les 10 Hz ont été obtenus à la cinquième harmonique. Le mouvement humain dans les activités de la vie quotidienne est compris entre 0,3 et 3,5 Hz donc avec 10 Hz, tout le contenu fréquentiel est couvert (Sun et Hill, 1993). Les signaux des modules inertiels ont été recueillis à une fréquence d'échantillonnage de 120Hz sur un ordinateur portable avec le logiciel développé pour les modules inertiels Xsens (MT Software Development kit v5.9). Ce logiciel filtre déjà les données. Les composantes hautes fréquences qui composent les « impacts » à chaque pas du cheval ont été enregistrées puis retirées du signal avant l'analyse. Il existe malgré tout, un facteur de contamination du cheval sur nos données, mais il est considéré minime.

Pour recueillir nos données d'accélération, des modules inertiels, capables d'enregistrer les accélérations et les décélérations des objets ou des personnes sur lesquelles ils sont fixés, ont été utilisés. Ils quantifient la somme et la magnitude des impacts reçus (Mathie et coll., 2004). En fixant ces modules sur l'enfant et le cheval, il est possible de quantifier les réactions et mesurer les accélérations et décélérations engendrées par chaque pas du cheval. Ces accélérations sont composées d'une multitude de sinusoïdes à différentes fréquences et amplitudes qu'il est possible de quantifier avec l'analyse fréquentielle (FT). Les accéléromètres ont déjà été utilisés avec les enfants ayant une DMC pour observer entre autres, la marche (Saether et coll., 2014), les différentes activités de la vie quotidienne (Van Der Slot, 2007) et même l'intensité de l'activité physique (Clanchy et coll., 2011) , car ils sont petits et peuvent facilement être fixés sur une personne lors de la réalisation d'une tâche

Les modules inertiels sont reconnus pour être un outil de mesure valide pour évaluer l'équilibre debout dynamique. Moe-Nilssen (1998) ont établi la fidélité en fixant un accéléromètre au niveau du tronc lorsque des adultes en santé marchait sur un tapis mousse. Ils ont obtenu au test-retest des CCI s'échelonnant de 0,62 à 0,87 pour les trois axes observés. Et, Clanchy et coll. (2011) dans une revue systématique, ont statué que pour mesurer la performance de l'activité physique (fréquence, durée, type et intensité) des enfants ayant une DMC que les modules inertiels constituent un bon outil de mesure, mais présentent des données limitées sur la fidélité. Les mesures de fidélité test-retest avec les modules inertiels positionnés au tronc du côté non atteint des (n=30) enfants (âge moyen de 11 ans et trois mois) hémiplésiques de niveau I et II au GMFCS ont été établies par Mitchell et coll. (2015). Les enfants exécutaient différentes tâches fonctionnelles comme marcher et monter des escaliers à différentes vitesses dont les niveaux d'activités ont été qualifiés (sédentaire, léger, modéré, vigoureux). Ils ont obtenu au test-retest des CCI de 0,77 à 0,83 pour les activités qualifiées d'intensité modérée à vigoureuse qui étaient calculées par le nombre d'impacts enregistrés par minute. Les modules inertiels utilisés dans ce protocole de recherche étaient les MTx 3 DOF (Xsens Technologies, Netherlands). Ils incluent un accéléromètre qui enregistre la vitesse linéaire, un gyroscope pour la vitesse angulaire et un magnétomètre qui situe l'accéléromètre par rapport au nord magnétique. Selon le fabricant Xsens voici les mesures de précision des modules inertiaux MTx utilisés : résolution angulaire 0,05 deg; exactitude statique (Roulis/tangage) <0,5 deg; exactitude dynamique 2 deg RMS ("MTx Human motion tracker," 2016). Ils démontrent une bonne fidélité intra modules inertiels, mais plus de variances est observée dans la fidélité inter modules inertiels (Hale et coll., 2007). Pour diminuer cette erreur, les modules inertiels utilisés ont été identifiés de façon à ce qu'ils soient toujours positionnés sur le même segment corporel à chaque temps d'évaluation.

L'évaluation de l'oscillation posturale tridimensionnelle des enfants assis sur le cheval a donc été quantifiée à l'aide de modules inertiels placés sur le corps de l'enfant et sur le cheval lors du déplacement du cheval tel qu'illustré à la figure 15. Les modules inertiels ont été alignés dans le même référentiel (figure 24) et la composante verticale résultant du mouvement du cheval a été retirée avant que toutes les analyses débutent de façon à

conserver chez l'enfant que les réactions posturales du tronc et de la tête exprimées par le tracé sinusoïdal du contenu fréquentiel. Il persiste toutefois un certain degré de contamination entre le mouvement du cheval et la réaction posturale de l'enfant même si celle-ci a été réduite au minimum.

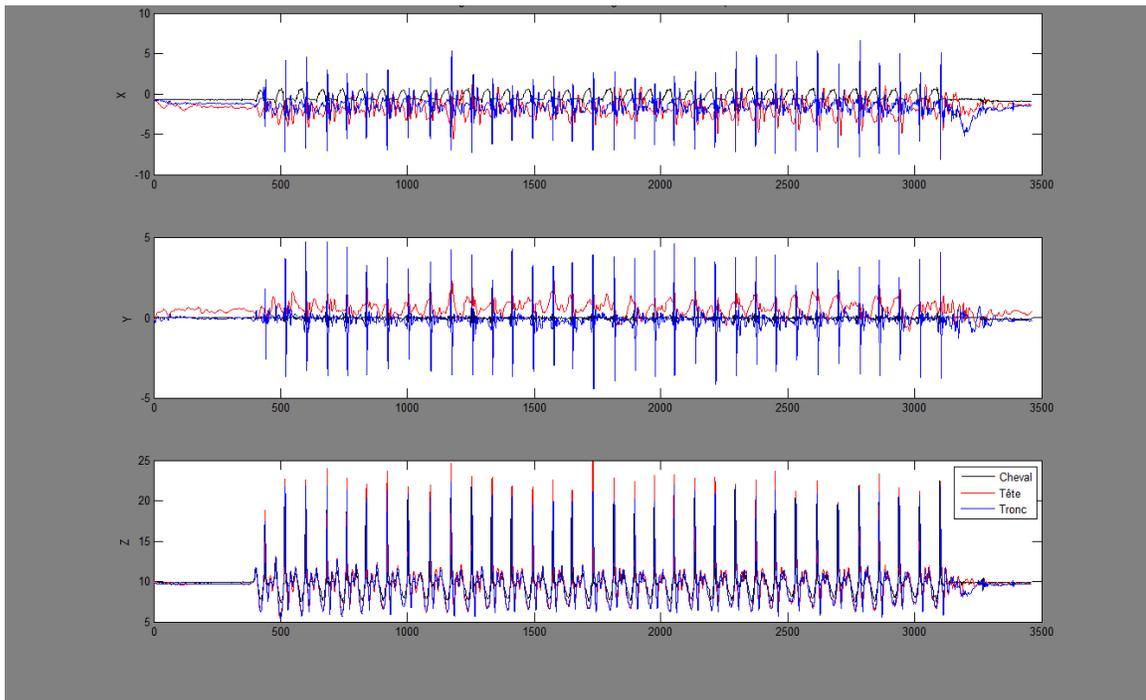


Figure 24 Signaux des modules inertiels alignés selon le même repère

Les déplacements et accélérations tridimensionnels de la tête et du tronc ont été directement transmis à l'ordinateur. Les impacts de basses fréquences (sabots du cheval au pas en contact avec le sol) ont été enregistrés ainsi que les réactions posturales de l'enfant à ces perturbations lentes. Avant l'analyse, le mouvement induit par les basses fréquences par le cheval au pas a été retiré du calcul de façon à ne conserver que la réaction posturale de l'enfant. Les données ont été enregistrées par télémétrie à une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz qui a été établie selon le théorème d'échantillonnage de Nyquist qui exige une fréquence d'échantillonnage supérieure au double de l'écart entre les fréquences minimale et maximale qu'il contient (Han, 2010).

Lors de l'évaluation, le cheval se déplaçait dans un mouvement avant rectiligne. Les mouvements du tronc de l'enfant sont générés en réaction des mouvements induits par le cheval (Goldmann et Vilimek, 2012). L'enfant pouvait présenter deux façons de réagir à la perturbation multiaxiale induite par le cheval soit en s'adaptant au mouvement ou en l'amortissant. L'adaptation, représentant l'oscillation, consiste dans la gestion du CdeM dans l'axe A/P et M/L et l'amortissement dans l'axe vertical est possible grâce à la flexibilité de la colonne vertébrale qui permet d'absorber les chocs transmis par les sabots du cheval avec le sol (figure 25).

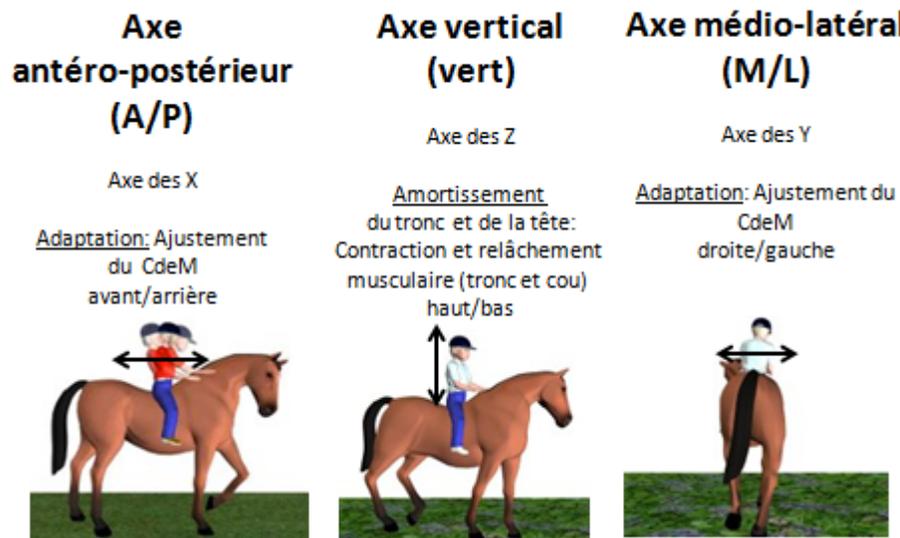


Figure 25 Description des axes en fonction de l'adaptation et de l'amortissement

Sur un graphique fréquentiel issu de la transformation des données temporelles, deux observations peuvent être faites à savoir la position en abscisse et la hauteur des bandes en ordonnée. Plus les bandes communément appelées harmoniques du signal sont près de zéro en abscisse (X), plus les oscillations sont lentes et plus elles sont près de zéro en ordonnée (Y) moins elles sont nombreuses. De même que plus les bandes sont élevées en Y, plus le nombre d'oscillations est élevé et, en X, plus on s'éloigne de zéro plus elles sont rapides (figure 26).

En résumé, la fréquence cumulée en abscisse et l'amplitude cumulée de la fréquence en ordonnée correspondent à la quantité et à la rapidité d'oscillations posturales qui traduisent

respectivement l'adaptation et l'amortissement au mouvement du cheval par l'enfant. Il faut toutefois bien faire la distinction entre amplitude du signal et amplitude du mouvement qui sont deux éléments distincts.

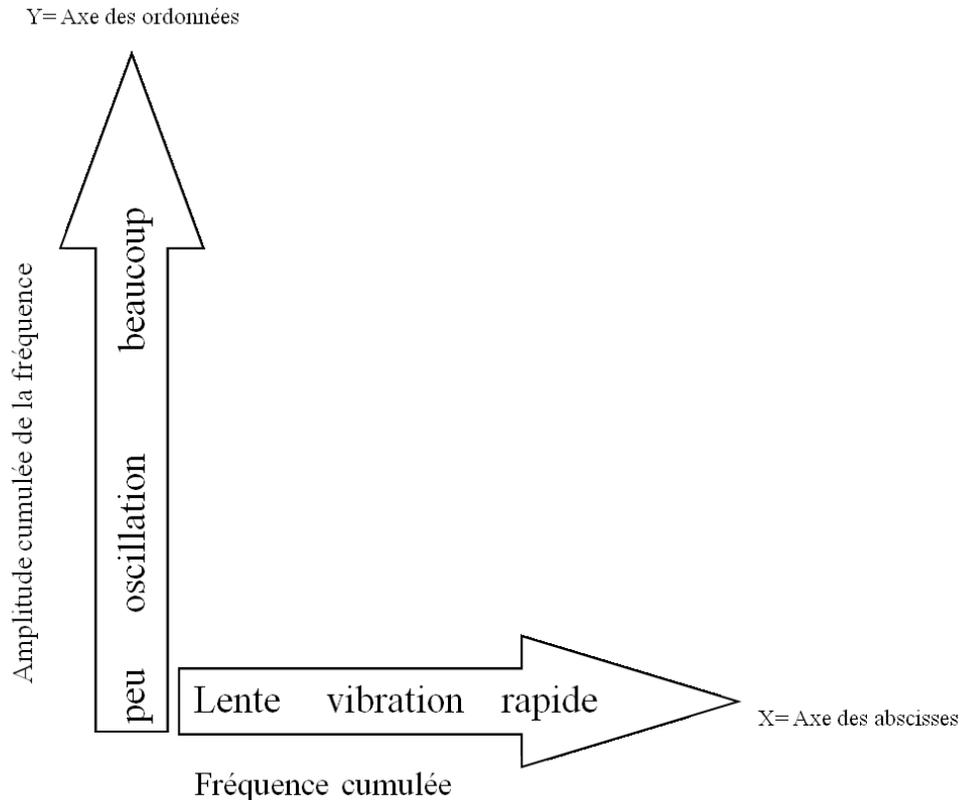


Figure 26 Résumé du graphique de fréquence pour l'analyse fréquentielle

Pour bien comprendre, deux aspects seront présentés soit les réactions posturales de l'enfant et les déplacements tridimensionnels des modules traduits dans le domaine fréquentiel.

Du point de vue postural, l'adaptation (oscillation) se produit principalement dans deux axes de mouvement soit A/P et M/L et l'amortissement de la colonne dans un axe seulement soit vertical. Quatre combinaisons de réactions du sujet sont alors possibles. La première, osciller plus et moins amortir, la deuxième; osciller plus et plus amortir, la troisième: osciller moins et plus amortir et la dernière; osciller moins et moins amortir.

D'un côté, une oscillation posturale lente présentant de grandes amplitudes de mouvement dans les directions A/P et M/L n'assure pas au sujet la stabilité de la vision et se traduit en contenu fréquentiel par des oscillations peu nombreuses additionnées de vibrations lentes. Tandis que des oscillations de faibles amplitudes de mouvement permettent au sujet de mieux voir et de mieux intervenir avec l'environnement, mais implique une réaction plus rapide à la perturbation.

D'un autre côté, si l'amortissement diminue, la colonne vertébrale absorbe moins les chocs et le nombre de vibrations enregistrées est plus élevé et inversement, si la colonne absorbe plus les chocs le nombre de vibrations enregistrées diminue. Par conséquent, le résultat de cette absorption des chocs se traduit par un déplacement vertical plus ou moins important de la tête.

Du point de vue fréquentiel, plus les modules enregistrent des accélérations et des décélérations multiaxiales plus le signal aura de la puissance. Cette augmentation de la puissance s'exprime en par rapport à la hauteur et les positions des bandes de fréquences et cela se traduira par une augmentation de l'amplitude cumulée de la fréquence et de la fréquence cumulée.

En résumé, afin de permettre des analyses comparatives des harmoniques du signal entre les différents temps de mesure, la fréquence cumulée en abscisse et l'amplitude cumulée en ordonnée des cinq premières harmoniques ont été utilisées. La fréquence cumulée (en abscisse sur un graphique de fréquence) du signal est une façon de montrer si le module inertiel mesure un contenu avec des mouvements « rapides » ou « lents » et l'amplitude cumulée de la fréquence du signal (en ordonnée sur un graphique de fréquence) est une façon de montrer si l'accélération mesurée a varié en nombre (peu importe la fréquence) et réfère à l'amortissement du tronc et de la tête en réponse à une perturbation.

3.7.4 Variables dépendantes biomécaniques : déplacement des MS

Dans notre protocole, les activités faites avec les MS sur le cheval pendant l'intervention ne visaient pas spécifiquement l'amélioration du contrôle des MS, mais plutôt de stimuler la stabilité posturale assise dynamique.

Pour observer objectivement la stabilité posturale assise dynamique, le déplacement des membres supérieurs, une tâche unilatérale de déplacement du cube a été réalisée par l'enfant en position assise. Le déplacement des MS était évalué en posture assise grâce à l'acquisition des données cinématiques par l'intermédiaire du système tridimensionnel de mesure optoélectronique VICON (Vicon motion system, Oxford), système qui donne la position des points en surface du corps grâce à huit caméras émettant une lumière infrarouge (figure 27). Ce système de capture du mouvement avec marqueurs sans fil présente une exactitude de $63 \pm 5 \mu\text{m}$ et une précision de $15 \mu\text{m}$ (Windolf et coll., 2008) a été choisie pour faire l'analyse des mouvements lors des tâches unilatérales du protocole. La vitesse de déplacement linéaire ou angulaire des segments des MS (mains, avant-bras, bras) et leurs trajectoires multiaxiales étaient ainsi récoltées.



Figure 27 Système de mesure tridimensionnelle optoélectronique VICON

Les fidélités test-retest et interjuges de cet instrument fait à deux jours d'intervalles avec des adultes avec développement typique qui marchaient étaient élevées au niveau du coefficient de corrélation multiple (R_a) dans le plan sagittal ($R_a = 0,971$ à $0,994$), dans le plan frontal plane ($R_a = 0,759$ à $0,977$) et dans le plan transverse ($R_a = 0,729$ à $0,899$) (Tsushima et coll., 2003). Avec les enfants ayant une DMC de niveaux I, II et III au GMFCS, la fidélité a aussi été évaluée avec ce système en observant les paramètres de la marche (Klejman et coll., 2010). La fidélité des paramètres extraits par l'observation du déplacement de la hanche, genou, cheville présentait des CCI élevés pour tous les niveaux au GMFCS dans le plan sagittal ($0,84$ – $0,97$) tandis que dans le plan frontal et transverse les résultats variaient de pauvre à excellent (CCI de $0,46$ – $0,91$) (Tsushima et coll., 2003).

La tâche de déplacement des MS consistait à prendre avec une main un cube mis sur une croix qu'il devait déplacer sur une distance de 22 cm le plus rapidement possible et puis la déposer sur une autre croix identifiée sur la table (figure 28). La position initiale et finale

du cube était identique. Tous les sujets devaient réaliser l'essai avec les deux mains. Le résultat était la moyenne des trois meilleurs essais.



Figure 28 Stabilité posturale assise lors du déplacement des MS

Pendant l'exécution de la tâche, le déplacement des segments corporels était enregistré à l'aide de marqueurs réfléchissant la lumière infrarouge émise par les caméras de VICON. Les 14 marqueurs étaient disposés sur la tête, le tronc et les MS de l'enfant tel qu'illustré à la figure 29.

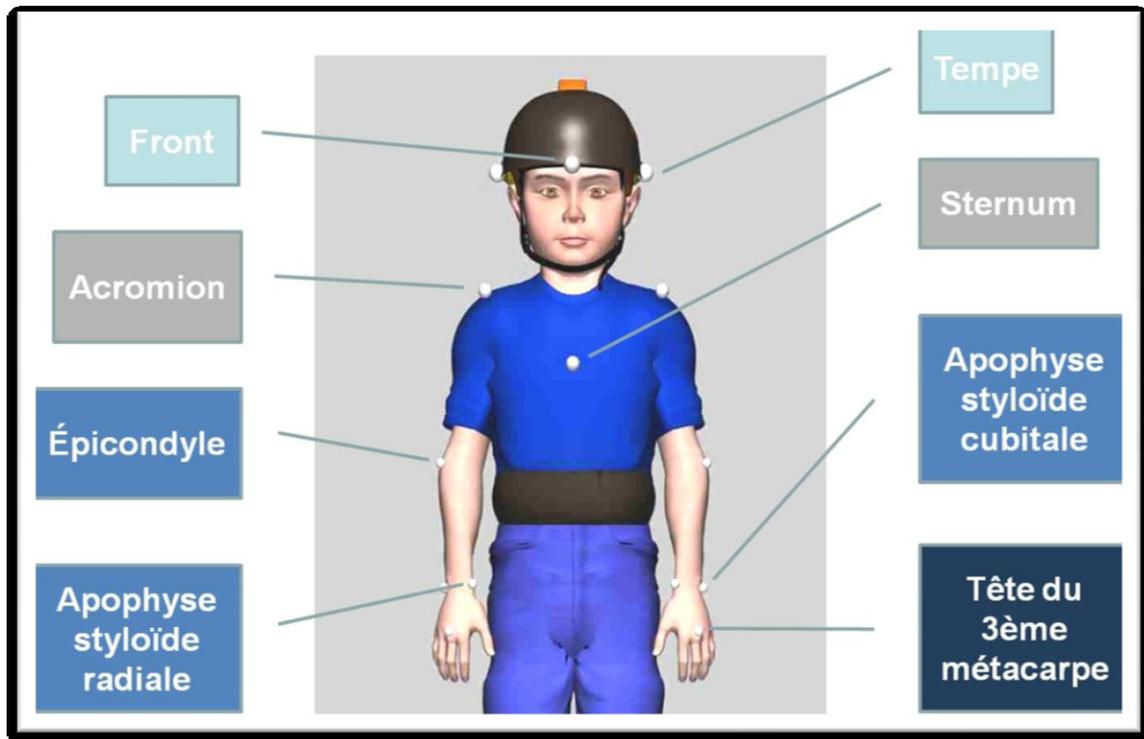


Figure 29 Localisation des marqueurs

Pour évaluer le déplacement des MS pendant cette tâche unilatérale, la hauteur de la table était ajustée en fonction d'une flexion du coude du sujet à 90° et la hauteur des repose-pieds pour une triple flexion hanche/genoux/chevilles à 90°. La distance entre la table et la main était ajustée en fonction de la position de la main sur la cuisse afin de permettre un mouvement libre et sans contrainte imposée par la présence de la table. Le repère choisi était le majeur qui constitue le doigt le plus long de la main. Chaque ajustement fait pour la table et les pieds était reproduit à chaque séance d'évaluation au laboratoire.

3.8 Taille de l'échantillon et analyse statistique

La taille de l'échantillon calculée pour l'étude était basée sur une estimation à partir de données empiriques tirées d'un protocole de recherche utilisant un dispositif à mesures répétées évaluant l'effet de l'hippothérapie sur la dimension E (marcher, courir et sauter) du GMFM-88 (Casady et Nichols-Larsen, 2004). Une taille d'échantillon de 20 sujets nous permettait d'atteindre une puissance de 0,80 avec un seuil de significativité établi à 0,05

avec une grandeur de l'effet de 0,582. À titre indicatif, nous avons recalculé de façon rétrospective la puissance de l'étude avec seulement 13 sujets sur la variable utilisée au départ soit le GMFM-88 dimension E et nous avons obtenu une taille de l'effet de 1,74 (effect size) puisque tous nos sujets ont gagné entre 1 et 15 points.

Les caractéristiques de l'échantillon ont été décrites en termes de moyennes et d'écart types pour les variables continues et exprimées en pourcentages pour les variables catégoriques ordinales. Pour analyser les données dans un groupe avec mesures intrasujets, un test non-paramétrique a été utilisé en raison du petit échantillon et de l'absence de la distribution gaussienne des données. Les résultats obtenus en pré et post-test ont donc été comparés à l'aide du Test de la plus petite somme des rangs de Wilcoxon « signed rank test » afin d'évaluer les changements. Dans ce test, on assigne des rangs selon les différences recueillies. Le seuil de significativité bidirectionnel a été établi à $p < 0,05$. La correction de Bonferroni était appliquée lorsque plusieurs temps de mesure étaient considérés dans l'analyse des résultats abaissant ainsi le seuil de significativité en fonction du nombre de temps de mesure. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 11.0.

3.9 Considérations éthiques

Les risques inhérents à cette étude étaient en lien avec une chute de cheval. Le dressage et l'entraînement de l'équipe responsable de l'intervention et des chevaux ont permis de réduire au minimum cette éventualité. Le port des équipements de sécurité (ceinture et casque approuvé pour faire de l'équitation) a assuré aux enfants d'être protégé si un événement imprévu survenait. Les parents ou les tuteurs des enfants étaient conscients des risques liés à la pratique de l'équitation.

Un autre risque présent au sol, avant et après l'intervention à cheval, était de se faire écraser les pieds lors du déplacement du cheval ou lors du brossage lorsque le cheval était à l'arrêt, mais ce risque était atténué par le fait que l'enfant n'était jamais seul lors de ses déplacements avec le cheval. Les risques de ruades étaient minimes, car l'enfant ne

circulait jamais seul derrière le cheval peu importe la situation. Une morsure par le cheval était possible, mais peu probable, car les chevaux n'auraient pas été sélectionnés s'ils avaient présenté ce type de comportement. Un protocole d'urgence conçu par l'ACET était toujours en vigueur au Centre équestre de Sorel et prévoyait différents scénarii à suivre en cas d'évènements imprévus. Pour être accrédité par l'ACET, le Centre équestre se doit d'avoir entre autres, un téléphone pour appeler des secours et un protocole de suivi post-accident.

En ce qui a trait aux évaluations au laboratoire à Sherbrooke, les seuls désavantages observés consistaient au temps à consacrer pour les séances d'évaluation et à la possible réaction allergique à l'adhésif qui maintenait les marqueurs réfléchissants en place. Un adhésif anti-allergène était utilisé pour réduire cet inconvénient. La durée totale de l'évaluation était d'une heure trente minutes et des périodes de repos étaient prévues si nécessaire. Il n'y avait aucun risque connu lié à l'utilisation de la PF, de modules inertiels et du système tridimensionnel VICON.

CHAPITRE 4: RÉSULTATS

Le présent chapitre débute en décrivant les caractéristiques cliniques de l'échantillon. Les résultats sur l'effet de l'intervention sur les variables cliniques de la fonction motrice globale et fine sont présentés sous la forme d'un article actuellement en attente d'approbation pour une publication après les révisions demandées. Cet article est rédigé en langue anglaise et selon les normes de publication exigées. Enfin, puisque cette thèse est présentée sous forme combinée, les résultats des analyses biomécaniques, de variables cinétiques et cinématiques, sont rapportés en détail à l'intérieur de ce chapitre.

4.1 Caractéristiques de l'échantillon

Tous les sujets ont été recrutés via les journaux et les différents centres de réadaptation participants au projet. Aucun sujet n'a été recruté par la méthode boules de neige. Les sujets qui ont débuté l'intervention étaient très motivés et ont tous terminé le protocole. L'échantillon était composé de 13 sujets classifiés au GMFCS des niveaux I et II (âgés en moyenne de 7,31 ans \pm 2,72), incluant huit garçons et cinq filles dont six avaient une hémiplégié et sept une diplégie (tableau 1)

Tableau 1 Caractéristiques de l'échantillon

Participants	Type de DMC	Sexe	Années	GMFCS
1	diplégique	M	6	1
2	diplégique	M	12	2
3	diplégique	M	10	1
4	hémiplégié	F	7	1
5	diplégique	M	4	1
6	hémiplégié	M	5	2
7	diplégique	F	8	1
8	hémiplégié	F	12	1
9	hémiplégié	M	5	1
10	hémiplégié	M	7	1
11	diplégique	M	5	1
12	hémiplégié	F	5	1
13	diplégique	F	9	2
Total	6 hémiplégiés 7 diplégiques Total 13 enfants	3 garçons, 3 filles 5 garçons, 2 filles 8 garçons, 5 filles	7,71 (2,87) ^a 6,83 (2,71) ^a 7,31 (2,72) ^a	5 niveau I, 1 niveau II 5 niveau I, 2 niveau II 10 niveau I, 3 niveau II
<small>a=Écart-type</small>				

4.2 Résultats cliniques : Article

Cet article présente les résultats obtenus en lien avec les variables cliniques de ce protocole de recherche étudiant les effets de l'hippothérapie sur le contrôle postural et la motricité d'enfants ayant une DMC légère.

4.2.1 Avant-propos

Titre: Effect of hippotherapy on functional motor activities and strength in children with mild cerebral palsy.

Auteurs : Danielle Champagne, erg, M.Sc., Hélène Corriveau pht, Ph.D, Claude Dugas Ph.D.

Statut de l'article : Publié dans Physical and occupational Therapy in Pediatrics,

Champagne, D., Corriveau, H., Dugas, C. (2016). Effect of hippotherapy on motor proficiency and Function in Children with Cerebral Palsy Who Walk. Physical and occupational Therapy in Pediatrics, 1, 1-13. doi : 10.3109/01942638.2015.1129386.

Contribution : Cet article a été entièrement rédigé en anglais par l'étudiante et a ensuite été soumis aux co-auteurs. L'étudiante a participé au recrutement, élaboré et réalisé toutes les interventions en hippothérapie et supervisé toutes les collectes de données auprès des 13 participants et finalement, a effectué toutes les différentes analyses incluant le traitement statistique des données.

4.2.2 Résumé

Introduction

L'enfant ayant une déficience motrice cérébrale (DMC) légère présente des déficits posturaux qui limitent ses activités et son intégration sociale. L'hippothérapie, une forme d'intervention dans laquelle le cheval devient une plateforme mobile offrant des

perturbations rythmiques tridimensionnelles, est de plus en plus utilisée auprès des enfants ayant une DMC.

Objectifs

Cette recherche vise à quantifier les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention intense en hippothérapie sur la motricité globale et fine, et de vérifier le maintien des acquis après 10 semaines.

Dispositif

Un devis pré-expérimental à mesures répétées où chaque enfant (n=13) est son propre contrôle.

Population

La population cible était des enfants ayant une diplégie ou une hémiplégie spastique légère à l'échelle du GMFCS (niveau I et II). Les critères d'inclusion étaient: être âgés entre 4 et 16 ans et avoir une DMC légère. Les enfants possédant une expérience en équitation étaient exclus.

Méthodologie

Procédure

Protocole d'une durée de 23 semaines où les sujets ont été évalués trois semaines avant l'intervention (T1), avant l'intervention (T1'), à la fin de l'intervention (T2) et 10 semaines après l'intervention (T3). Durant l'intervention en hippothérapie d'une durée de 30 minutes, l'enfant était placé dans différentes positions sur le cheval et soutenu par une équipe dirigée par le thérapeute. Le temps passé en mouvement dans chaque position sur le cheval a été enregistré.

Évaluation variables cliniques: Motricité globale et fine

Différents éléments de la motricité globale, dont la capacité à se tenir debout à marcher, courir et sauter ont été mesurés par le Gross Motor Function Measure (GMFM-88) et la coordination, la vitesse, la force et l'équilibre par le Bruininks-Oseretski Test of Motor

Proficiency-SF (BOT2-SF). La motricité fine a été évaluée par différentes tâches de précision (pliage de papier et de traçage avec crayon), d'intégration (copie de forme) et de dextérité manuelle (transfert de pièces de monnaie) incluses dans le BOT2-SF.

Résultats

13 sujets (8 garçons; 5 filles) ayant une DMC légère (6 hémiplésiques, 7 diplésiques) âgés de $7,3 \pm 2,7$ ans ont participé à l'étude. Les enfants ont passé 77 % du temps en mouvement sur le cheval et 23 % à l'arrêt pour les changements de position. Globalement, les enfants ont fait des progrès significatifs au niveau de la motricité au GMFM-88 (total: $p= 0,001$; dimension D et E: $p=0,005$) et au BOT2-SF (total: $p=0,006$). Les enfants s'améliorent au niveau de se tenir debout, marcher, courir et sauter ($p=0,005$), de l'équilibre ($p=0,025$), de la force ($0,012$) et de la précision manuelle ($p=0,013$).

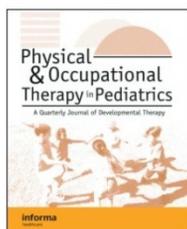
Discussion

Les sujets de notre étude ont démontré des améliorations significatives au niveau de la motricité globale et fine. Les gains dans la motricité globale sont observables au niveau de l'équilibre, marcher, courir, sauter et dans la motricité fine au niveau du traçage et du pliage de papier. L'amélioration de la force des MS (pompes) et des abdominaux (redressement assis) permet de soutenir l'utilisation de l'hippothérapie comme une forme d'intervention impliquant un entraînement de la force musculaire. Lors d'une session d'hippothérapie, les enfants étaient presque toujours en mouvement (77%), soulignant l'importance d'offrir une intensité élevée dans un programme malgré une faible fréquence (une fois par semaine). Ce type de programme intense, mais gradué peut induire des changements significatifs et durables, car tous nos résultats se sont maintenus dans le temps. Ces gains favoriseront la participation sociale et l'intégration dans la communauté chez des enfants ayant une DMC légère.

Conclusion

Les résultats de cette étude suggèrent l'utilisation de l'hippothérapie comme un programme d'entraînement de la force musculaire et un complément à l'intervention traditionnelle afin d'atteindre un niveau d'intensité plus élevé.

4.2.3 Manuscrit sur les variables cliniques



Physical & Occupational Therapy In Pediatrics



ISSN: 0194-2638 (Print) 1541-3144 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/ipop20>

Effect of Hippotherapy on Motor Proficiency and Function in Children with Cerebral Palsy Who Walk

Danielle Champagne, Hélène Corriveau & Claude Dugas

To cite this article: Danielle Champagne, Hélène Corriveau & Claude Dugas (2016): Effect of Hippotherapy on Motor Proficiency and Function in Children with Cerebral Palsy Who Walk, Physical & Occupational Therapy In Pediatrics, DOI: [10.3109/01942638.2015.1129386](https://doi.org/10.3109/01942638.2015.1129386)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.3109/01942638.2015.1129386>

 Published online: 01 Mar 2016.

 Submit your article to this journal [↗](#)

 View related articles [↗](#)

 View Crossmark data [↗](#)

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ipop20>

Download by: [Universite du Quebec a Trois - Rivieres]

Date: 03 March 2016, At: 05:50

ORIGINAL RESEARCH

Effect of Hippotherapy on Motor Proficiency and Function in Children with Cerebral Palsy Who Walk

Danielle Champagne¹, Hélène Corriveau^{1,2}, & Claude Dugas³

¹*Faculty of Medicine and Health Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada,* ²*Research Centre on Aging, University Institute of Geriatrics of Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada,* ³*Department of Physical Activity Sciences, Université du Québec   Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada*

ABSTRACT. *Aims:* To evaluate the effects of hippotherapy on physical capacities of children with cerebral palsy. *Methods:* Thirteen children (4–12 years old) with cerebral palsy classified in Gross Motor Function Classification System Level I or II were included in this prospective quasi-experimental ABA design study. Participants received 10 weeks of hippotherapy (30 min per week). Gross motor function and proficiency were measured with the Bruininks–Oseretski Motor Proficiency short form [BOT2-SF]) and the Gross Motor Function Measure-88 [GMFM-88] (Dimension D and E) twice before the program (T1 and T1'), immediately after (T2), and 10 weeks following the end of the program (T3). *Results:* Mean scores for dimensions D and E of the GMFM-88 Dimension scores ($p = .005$) and three out of the eight items of the BOT2-SF (fine motor precision ($p = .013$), balance ($p = .025$), and strength ($p = .012$) improved between baseline and immediately after intervention; mean scores immediately following and 10 weeks following intervention did not differ. *Conclusions:* Hippotherapy provided by a trained therapist who applies an intense and graded session for 10 weeks can improve body functions and performance of gross motor and fine motor activities in children with cerebral palsy.

KEYWORDS. Balance, cerebral palsy, gross motor function, hippotherapy, muscle strength, posture

Children with cerebral palsy (CP) have impairments in posture and motor control that contribute to limitations in functional abilities and participation in physical activities and sports.¹⁰ Children with CP are considerably less active than their peers, and the type of the physical activity in which they usually engage may not be sufficiently intense to improve and maintain their level of physical fitness.³⁴ Hip-

Address correspondence to: Hélène Corriveau, PT, PhD, Research Centre on Aging, University Institute of Geriatrics of Sherbrooke, 1036 Belvédère Sud, Sherbrooke, Québec J1H 4C4, Canada (E-mail: helene.corriveau@usherbrooke.ca)

(Received 6 February 2015; accepted 1 December 2015)

pothotherapy is a rehabilitation strategy performed with a moving horse which has demonstrated its potential to improve the mobility of children with CP.⁶ This therapy, designed to improve motor functioning and quality of movement in children with CP, is one of the few noninvasive interventions supported by research evidence.^{14,23}

Hippotherapy can be described as a low frequency, high repetition treatment strategy. Muscle contractions and postural adjustments are required to react to the horse's movements. A full-sized horse transfers about 110 multidimensional swinging motions to the rider each minute while walking.³² More specifically, in a 30-min therapy session, a horse walking at 100 steps/minute will induce over 3,000 steps.³⁷ In order to maintain vertical alignment and react to these postural challenges, the child must engage their trunk muscles intensively.

In most hippotherapy sessions, the time spent on the horse usually varies between 20 and 45 min, during which the child takes various positions (e.g., forward sitting, side sitting, and backward sitting). During the sessions, a therapist and a trained side walker provide support and movement possibilities for the child sitting on the horse. In addition, equine movement induces a scapular and pelvic dissociation in the rider, similar to what is observed in a normal gait pattern with asymmetric arm and pelvis movements.³² It is a walk practice for the upper body without the use of the legs. In traditional rehabilitation therapy, it is impossible to create this kind of intense practice experience in one session.

Previous research on hippotherapy included participants with various levels of gross motor function, and provided limited information about the intervention, such as a description of the level of intensity and time on the horse in different positions.¹⁶ Consequently, therapists have difficulty identifying which children could benefit from hippotherapy to improve gross motor function.^{6,18} Moreover, the optimal level of intensity and indicators of effectiveness are not known. Damiano suggested that, in rethinking physical therapy for children with CP, many variables (e.g., intensity, duration, rest periods between bouts, age, and level of impairment) should be evaluated to identify the determinants of an effective treatment.⁹

One systematic review and two meta-analyses provide evidence that hippotherapy positively affects postural control, balance, and muscle symmetry.^{33,36,39} Tseng et al. identified mainly short-term effects and found insufficient evidence to support the claim that long-term therapeutic horseback riding or hippotherapy provide a significant improvement of the motor function in children with spastic CP.³³ Recently, Park et al. examined the effect of a hippotherapy intervention for children with CP ($n = 34$) compared to a control group ($n = 21$).²⁵ Hippotherapy was provided for 45 min, twice a week for 8 weeks. After the 8-week intervention, the mean Gross Motor Function Measure-66 (GMFM-66) and Gross Motor Function Measure-88 (GMFM-88) scores were significantly improved in both groups.^{27,28} However, the hippotherapy group showed significantly greater improvement in dimension E and GMFM-66 total score than the control group. The total Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI) score and the sub-scores of its three domains were significantly improved in the hippotherapy group, but not in the control group.¹³ Overall, evidence concerning hippotherapy and body function is still inconclusive.³³



FIGURE 1. 23-week research protocol.

The effect of hippotherapy on the fine motor function has not been determined. However, if a child has more trunk muscle control in a sitting position, it is possible that hand performance will improve.³⁵ Shurtleff reported that children with CP improved significantly in targeting and reaching tasks after 12 weeks of hippotherapy (45 min on the horse once a week) and changes were maintained after 12 weeks.³⁰ MacKinnon et al. observed an improvement in grasping in 19 children with CP (ages 4–12 years) who received one session of therapeutic riding per week for 6 months.¹⁵

Well-described protocols are needed in order to determine whether outcomes for children with CP differ based on how hippotherapy is provided. The primary aim of this study was to quantify the immediate effect of 10 weeks of hippotherapy on motor performance and functional motor activities and assess whether changes were sustained 10 weeks following hippotherapy. A second aim was to quantify the time the children spent on the horse during the graded difficulties used in each position.

METHOD

Design

A quasi-experimental design was used with a convenience sample of children who acted as their own controls. Once included in the study, the participants were followed for 23 weeks (Figure 1). Children were assessed twice at the beginning of the study to establish the baseline measures (T1–T1'), at the end of the 10-week program (T2), and 10 weeks after the program ended (T3). All four evaluation sessions were the same throughout the sessions and were administered in a standardized manner by the same trained evaluators, a physiotherapist, and a research assistant.

Participants

The participants were 13 children with cerebral palsy, including hemiplegia and diplegia, who are able to walk. Children were recruited through rehabilitation centers in the province of Quebec using ads in institutional and local newspapers. The inclusion criteria were as follows: (1) 4–16 years old; (2) diagnosis of diplegia or spastic hemiplegia; (3) Gross Motor Function Classification System levels I and II.²⁴ (Children and youth in Level I walk independently in all environmental settings but may have limitations in gross motor skills. Children and youth in level II walk independently but have limitations in walking outdoors and in the community); (4) able to follow simple verbal instructions; and (5) parents agreed to withdraw them from

TABLE 1. Participants' Characteristics

		Mean \pm SD	<i>n</i>
Age (years)		7.3 \pm 2.7	13
Gender	Boy	—	8
	Girl	—	5
Type of cerebral palsy	Hemiplegia	—	6
	Diplegia	—	7
Level on Gross Motor Function Classification System*	Level I	—	10
	Level II	—	3

all other types of therapies (Botox, occupational therapy, and physiotherapy) during the study. Exclusion criteria included: (1) previous experience with horseback riding (more than twice in one year) or hippotherapy; (2) severe horse allergies; (3) uncontrolled seizures; (4) scoliosis of more than 30 degrees; (5) affective or cognitive disorders; and (6) other movement disorders (e.g., athetosis). Furthermore, parents were asked to inform the research team of any medical changes during the research protocol. The children's physicians provided medical approval for riding. The Ethics Committees of the relevant research and rehabilitation institutions in the province of Quebec approved this study and parents of each child included in the study signed the approved consent form.

The families of 98 children who met the inclusion and exclusion criteria were contacted. Eighty-three (83) refused to participate in the study because it involved an excessive investment of time and traveling. Of the 15 participants who were included, two were withdrawn after T1 because they did not present gross motor activity limitation. All of the participants were walking independently without any walking aid. Participants' characteristics are described in Table 1.

Clinical Outcome Measures

*Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency – Short Form (BOT2-SF)*⁵

The BOT2-SF quantifies motor development*** of children and adolescents from 4 to 21 years old.¹¹ It produces a discriminative and evaluative measure of motor performances, specifically in the areas of fine motor control, manual dexterity, body coordination, strength, and agility.¹¹ The BOT2-SF includes 14 test items and takes only 30 min to complete. The subtests assess fine motor precision (drawing a line along a path, folding paper), fine motor integration (copying shapes), manual dexterity (transferring pennies), bilateral coordination (tapping feet and fingers, jumping in place same side synchronized), balance (walking on a line, standing on one leg on a balance beam), running speed and agility (one-legged stationary hop), upper limb coordination (dropping/catching a ball, dribbling a ball alternating hands), and strength (knee push-ups, sit-ups). All measures are converted to a normalized score, with a maximum of 88 points. The test–retest reliability and internal consistency of this tool is good, with an ICC of 0.99 (95% confidence interval) and alpha of 0.92.³⁸

*Gross Motor Function Measure (GMFM-88)*²⁸

The GMFM-88 assesses gross motor function in children with CP in five dimensions: (A) lying and rolling, (B) sitting, (C) crawling and sitting, (D) standing, and (E) walking, running and jumping. Data were collected only for Dimensions D and E, which represent the most challenging tasks for children with GMFCS Levels I and II. The GMFM-88 inter-rater reliability varies from 0.87 to 0.99 for the five dimensions.²⁷ The version 88 was used instead of the version 66 because in many studies, when all of the children participating in the study were ambulatory and high-functioning, only Dimensions D (standing) and E (walking, running, and jumping) were administered.

Intervention

All children received one 30-min hippotherapy session per week for 10 weeks at a therapeutic riding center. In addition, at each session, the children spent 30 min on horse preparation, mounting and dismounting, and feeding. Sessions were conducted in indoor and outdoor arenas and on trails when weather permitted. The intervention was conducted by a licensed occupational therapist with 10 years of experience in hippotherapy. The intervention team was composed of a horse handler and two side walkers who held the child mostly at the ankle level, except if a new position was adopted.

The therapist and the horse handler were the same throughout the study. However, the side walkers who ensured the children's safety on the horse changed during the intervention sessions, but were always the same during the data collection. During the hippotherapy treatments, the therapist, contrary to the side walker, stayed in the middle of the indoor arena in order to observe the children and their postural reactions. All children attended all sessions except for one session missed for personal and medical reasons by two different children.

Two horses were used throughout the program, but each child rode the same horse during the 10-week program. All children wore a lightweight helmet approved for horseback riding and a home-made safety belt with handles. The usual equipment for hippotherapy included a saddle pad, a flat surcingle (strap fixed on the horse to keep the pad where the children sit in place), stirrups attached to the surcingle (when required), a halter and a lead chain.

The treatment plan was designed to minimize the number of stops during the therapy in order to maximize the stimulation provided by the horse. Two volunteers, using a predetermined observational chart, recorded the time spent in each position during each session. Eight different positions that progressively increased in terms of level of difficulty for posture and orientation constraints on the horse were used: (1) forward sitting, (2) backward sitting, (3) side sitting, (4) prone over the barrel (lying down on the stomach perpendicularly to the horse's back), (5) prone on forearms, (6) quadruped facing backward, (7) kneeling facing forward, and (8) standing in the stirrups. To increase the challenges, the therapist included activities on the moving horse such as multidirectional reaching, catching, and throwing.

Data Analysis

All statistical analyses were performed using SPSS, version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Nonparametric statistics were selected given that the data were not always normally distributed, as tested with Shapiro–Wilk test $p < .05$. The stability of the outcome measures was evaluated by comparing scores between $T1$ and $T1'$ using a Wilcoxon matched-pair signed-rank test. The effect of the treatment was evaluated by comparing scores between the three times ($T1'$, $T2$, $T3$). Then, the differences between $T1' - T2$, and $T2 - T3$ were tested by performing a Wilcoxon matched-pair signed-rank test. The statistical significance level was set at $p < .05$ and the Bonferroni correction was applied to adjust the alpha level for two comparisons ($p < .025$).

RESULTS

Intensity of the Session

For each 30 min of intervention, the mean percentage of time spent in motion on the horse was 77%. For the remainder of the time (23%), the horse was halted to allow changes of positions and activities on the horse (i.e., multidirectional reaching, catching, and throwing).

The time spent in each position on the horse was recorded. Four of these positions (facing forward, backward, side sitting, and standing in the stirrups) represented 85.6% of all positions taken (Table 2). Moreover, these positions were taken only after a few weeks of treatment like standing in the stirrups.

TABLE 2. Total Mean Time, Number of Times Each Position Assumed and Percent of Total Mean Time Maintained in Each Position During the 10-Week Hippotherapy Program

Position	Total time (minutes)	Number of times and percent
	Mean \pm SD	of total time Number of time;%
Forward sitting	1601.53 \pm 7.68	117; 31.6
Backward sitting	696.84 \pm 4.07	96; 25.9
Side sitting	351.09 \pm 3.61	67; 18.1
Prone over the barrel	36.69 \pm 0.97	19; 5.1
Prone on forearms facing backward	11.63 \pm 0.96	6; 1.6
Quadruped facing forward	28.84 \pm 0.87	18; 4.9
Kneeling facing forward	20.31 \pm 0.99	10; 2.7
Standing in the stirrup	255.66 \pm 3.43	37; 10.0

Motor Functions and Activities

Results showed that at baseline ($T1$ and $T1'$), scores for the strength, fine motor integration, balance, speed and agility subtests of the BOT2-SF and GMFM-88 dimensions D (standing) and E (walking, running and jumping) did not differ, providing evidence of stable data between $T1$ and $T1'$ (Table 3). However, the scores for manual dexterity ($p = .015$), bilateral coordination ($p = .012$), and upper limb coordination ($p = .026$) subtest scores on the BOT2-SF differed at baseline, meaning that these measures were unstable.

At baseline ($T1$ and $T1'$), mean scores for GMFM-88 dimensions D (standing) and E (walking, running and jumping), and mean scores for strength, fine motor

TABLE 3. Bruininks-Oseretski Motor Proficiency Test (BOT2-SF) and Gross Motor Function Measure (GMFM-88) Scores

Measuring instruments	T1 Mean \pm SD	T1' Mean \pm SD	T2 Mean \pm SD	T3 Mean \pm SD	T1 - T1' P-value ^a	T1' - T2 P-value ^a	T2 - T3 P-value ^a
BOT2-SF total score	29.9 \pm 17.5	33.3 \pm 18.4	40.2 \pm 19.3	38.9 \pm 18.8	0.058	0.006**	0.591
BOT2 Fine motor precision	5.5 \pm 4.5	5.5 \pm 5.4	6.5 \pm 4.9	6.5 \pm 5.1	0.836	0.013**	0.644
BOT2 Fine motor integration	4.6 \pm 3.7	5.3 \pm 3.1	5.4 \pm 3.4	5.9 \pm 2.6	0.165	0.719	0.402
BOT2 Manual dexterity	2.3 \pm 1.6	3.0 \pm 1.4	3.0 \pm 1.5	2.9 \pm 1.6	0.015*	0.782	0.564
BOT2 Bilateral coordination	2.5 \pm 2.2	3.9 \pm 2.3	5.0 \pm 2.5	4.9 \pm 2.3	0.012*	0.043	0.746
BOT2 Balance	5.5 \pm 1.8	5.3 \pm 2.0	6.2 \pm 1.8	6.0 \pm 2.0	0.751	0.025**	0.546
BOT2 Speed and agility	3.3 \pm 2.9	2.9 \pm 2.8	4.1 \pm 3.1	3.6 \pm 2.6	0.344	0.033	0.389
BOT2 Upper limb coordination	4.3 \pm 3.6	5.2 \pm 4.2	4.9 \pm 4.0	5.3 \pm 3.6	0.026*	0.730	0.684
BOT2 Strength	1.9 \pm 2.3	2.1 \pm 3.2	5.1 \pm 3.4	4.9 \pm 3.9	0.680	0.012**	0.674
GMFM-88 total score	95.5 \pm 11.1	96.7 \pm 10.2	101.5 \pm 8.4	101.5 \pm 8.8	0.349	0.001**	0.573
GMFM-D	33.6 \pm 4.0	33.2 \pm 5.0	36.0 \pm 3.2	36.0 \pm 3.0	0.823	0.005**	1.00
GMFM-E	61.9 \pm 8.1	63.5 \pm 5.8	65.5 \pm 5.4	65.5 \pm 6.0	0.219	0.005**	0.547

^aWilcoxon signed rank test with Bonferroni correction.

* $p < 5\% = .05$ (T1' - T1).

** $p < 5\% = .025$ (T2 - T1, T3 - T2).

integration, balance, speed and agility subtests of the BOT2-SF did not differ, providing evidence of stability (Table 3). However, the scores for manual dexterity ($p = .02$), bilateral coordination ($p = .01$), and upper limb coordination ($p = .03$) subtest scores on the BOT2-SF differed at baseline, meaning that these measures were unstable.

The intervention ($T1' - T2$) yielded significant improvements in the BOT2-SF and GMFM-D+E total scores ($p = .006$ and $p = .001$, respectively). Indeed, three subtests of the BOT2-SF (fine motor precision, balance, and strength) as well as dimensions D and E of the GMFM-88 improved significantly after the intervention phase (Table 3). The two other BOT2-SF items measured, which were stable at baseline, did not show any significant improvement between $T1'$ and $T2$ (i.e., fine motor integration and speed and agility). At follow-up, there were no significant differences between mean scores at $T2$ and $T3$ for any outcome.

DISCUSSION

The first objective of this study was to evaluate the effects of an intensive hippotherapy session conducted over 10 weeks for children with CP, GMFCS levels I and II. Our results contribute to evidence that supports the benefits of hippotherapy on gross motor function and suggests that hippotherapy can impact fine motor function for children at GMFCS levels I and II.^{31,36} In the literature, no minimal clinically important difference (MCID) was determined specifically for the GMFM-88. However, the MCID of the GMFM-66 was reported as 0.8–1.3 points.¹ Our findings for change in overall GMFM-88 score and change scores for dimension D and E were ≥ 2 points. The GMFM-66 is an interval level measure, however, and change scores for the two measures cannot be directly compared. Scores for manual dexterity, bilateral coordination, and upper limb coordination from BOT2-SF were significantly different at baseline ($T1 - T1'$; Table 3). Thus, the treatment effect could not be determined for these outcomes. Only the measures that were stable at baseline (fine motor precision, strength and balance) were sensitive to the intervention and improved significantly after it.

Fine Motor Control

We observed clinical improvements in the BOT2-SF subtest for fine motor precision, which involves the child drawing a line along a path and folding paper. This finding could be related to strength improvement in the trunk musculature which allowed a better stabilization of the posture to improve distal control of the hand. Trunk stability is recognized as an important factor to improve the quality and precision of various motor tasks.¹⁴ Moreover, postural control in the sitting position is dependent of the trunk musculature to maintain verticality and allow orientation within the limits of the pelvis. Improvements in the control and stabilization of the trunk can positively influence the control of upper limb movements.³⁰ However, the fine motor integration from the BOT2-SF subtest did not change for the participants in our study. This could be explained by the fact that no specific activities on fine motor skills were included in our intervention

protocol. Consequently, improvements in BOT2-SF manual dexterity and fine motor integration subtests were not anticipated.

Physical Functions

Spasticity and a decrease in muscle strength (weakness) are prominent impairments in children and adolescents with mild CP.^{4,22} There are many assumptions about the relationship between spasticity, strength, and activity limitations in children with CP. However, Ross and Enberg suggested that muscle weakness should be considered as an important factor when planning intervention to improve motor activity.²⁶ The gains acquired after a traditional strength training program did not modify the level of physical activities in young people with CP.³ Considering this finding, it becomes important to identify intervention strategies to improve strength in muscle groups involved in the performance of daily activities and maintain these changes in the long term.¹⁷ The participants in our hippotherapy intervention, on average, demonstrated increased abdominal and proximal arm strength, which was measured by the BOT2-SF. These improvements in force of trunk muscle were reflected by the improvements in the measures of standing, walking, running and jumping of the GMFM-88 and some improvements in gross motor activities on the GMFM-88. The improved strength had not changed significantly 10 weeks after the end of the intervention. Studies using hippotherapy with a treatment intervention for children with CP also reported that improvements in gross motor functions were maintained at the end of the intervention.^{6,8,30} Dodd also showed in a randomized controlled trial, that participants with GMFCS Level I, II, and III were able to improve their strength, significantly and maintained these improvements after 6 weeks of a home-based strength-training program.¹²

Quantitative myoelectric analyses of push-ups from knees and sit-ups have shown that these exercises require higher levels of muscle contraction in many muscles of the abdominal wall.²⁰ One possible explanation for the significant increase in the number of repetitions of push-ups and sit-ups reported in our study could be improvements in core muscle stability after a certain number of repetitions that required a high level of postural muscular contractions during each session. Eight of the 13 children included in our study were not able to perform one sit-up before the intervention, which confirmed their weakness in abdominal and arm muscles.

Balance also improved significantly after the intervention. It was evaluated with two tests of the BOT2-SF ($p = .025$). The first test required children to walk on a straight line and the second one to stand on a balance beam eyes opened for 10 s. The GMFM-88-D and -E tested the capacity of the participants to perform activities that require balance, such as stand, walk, run and jump. Balance requires core stability, which is provided by muscle strength.² Our results are consistent with the meta-analysis of Zadnikar & Kastrin, which identified eight studies that found improvements in postural control and balance during hippotherapy and therapeutic horseback riding (OR 25.41, 95% CI 4.35, 148.53).³⁹

BOT2-SF speed and agility (number of jumps on one leg for 15 s) was not significantly improved after the intervention. Standing bipodal balance (standing in the stirrups) was used from week 5 to 10, and this may have been an insufficient time of training to improve speed and agility.

The second objective of the present study was to quantify the treatment plan in relation to the time spent in each position on the horse. The description of the protocol used (graded positions) and the time measurement collected in this study could be used by clinicians to improve reproducibility of optimal therapeutic conditions. In fact, Damiano suggested that intensity, duration, rest periods between bouts, age and level of impairment of the children should be monitored closely to develop more valid protocols.⁹ Only one study with children with Down syndrome monitored the time spent on a horse and reported that the time in motion totaled 64% of the 30 min spent on the horse.⁷ In the present study, subjects spent 77% of their 30 min in motion on the horse so a higher level of muscular contraction intensity within the therapy was achieved.

To our knowledge, this study is the first one to demonstrate that hippotherapy can produce enough intensity to improve the motor function. Hippotherapy is not traditionally viewed as a strength training intervention. However, one of the recognized qualities of hippotherapy is that with an average-size horse taking between 90 and 110 steps per minute, the participant must make postural adjustments and weight shifts with every step. These adjustments require muscle contractions that are repeated over 3,000 times per session, thus meeting the intensity criteria in terms of percentage of time whilst children reacted to the movement of the horse.¹⁹

Research on intensive gross motor training is needed in order to orient the therapists in their treatment plan.²¹ So far, it is a challenge to identify the optimal intensity of interventions, since no standard exists for any specific level of functioning children with cerebral palsy.

Study Limitations

The main limit in this research protocol is the small number of participants, which prevents the generalizability of the results. Consequently, with a small sample size and no power analysis performed, a Type I or Type II error may exist. In addition, the sample did not accurately represent children with spastic CP as a whole. Furthermore, in this protocol, a repeated measure design was used, with participants being their own control: blinding of the assessors was therefore not possible. Another possible bias is the Hawthorne effect, where participants tend to act differently when they know they are being studied and may exhibit a change in baseline to post-treatment outcome measure scores simply due to interaction with a therapist or researcher. Further studies should include more participants with a random assignment to a different intervention and a systematic muscle assessment before and after the intervention to determine the exact muscles or synergies involved that could explain these improvements.

CONCLUSION

This study describes the results of a 10-week hippotherapy program in which children with CP in GMFCS levels I and II improved gross motor functions (e.g., standing, walking, running, jumping) and motor skills (e.g., balance, strength, fine motor precision). To modify their treatment plans and improve the overall efficiency and effectiveness of hippotherapy, clinicians could use the systematic description of this graded intervention. Therapists should also be aware that the “standing in the

stirrup” position is also possible after 5–10 weeks of therapy in children with CP who walk.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the participating children and their families and staff and volunteers of the Centre d’apprentissage en thérapie équine du Québec directed by Éliane Trempe, a CanTRA therapeutic riding instructor.

Declaration of Interest: The authors report no conflict of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of this article.

FUNDING

We would like to thank the Horses & Humans Research Foundation for its financial support.

ABOUT THE AUTHORS

Danielle Champagne, OT, MSc, School of Rehabilitation, Faculty of Medicine and Health Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. **Hélène Corriveau**, PT, PhD, Research Centre on Aging, University Institute of Geriatrics of Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. **Claude Dugas**, PhD, Department of Physical Activity Sciences, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada.

REFERENCES

- [1] Adair, B., Said, C., Rodda, J., & Morris, M. (2012). Psychometric properties of functional mobility tools in hereditary spastic paraplegia and other childhood neurological conditions. *Developmental Medicine & Child Neurology* 54, 596–605
- [2] Auld, M. L., & Johnston, L. M. (2014). “Strong and steady”: A community-based strength and balance exercise group for children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation* 36(24), 2065–2071.
- [3] Bania, T. A., Dodd, K. J., Baker, R. J., Kerr, G. H., & Taylor, N. F. (2015). The effects of progressive resistance training on daily physical activity in young people with cerebral palsy: A randomised controlled trial. *Disability And Rehabilitation*, (ahead-of-print), 1–7.
- [4] Barrett, R.S., & Lichtwark, G. A. (2010). Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(9), 794–804.
- [5] Bruininks, R. H. (2005). Bruininks-oseretsky test of motor proficiency, (BOT-2). Minneapolis, MN: Pearson Assessment.
- [6] Casady, R. L., & Nichols-Larsen, D. S. (2004). The effect of hippotherapy on ten children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy* 16, 165–172.
- [7] Champagne, D., & Dugas, C. (2010). Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: Case reports. *Physiotherapy Theory and Practice* 26, 564–571.
- [8] Cherg, R. J., Liao, H. F., Leung, H. W. C., & Hwang, A. W. (2004). The effectiveness of therapeutic horseback riding in children with spastic cerebral palsy. *Adapted Physical Activity Quarterly* 21, 103–121.

- [9] Damiano, D. L. (2006). Activity, activity, activity: Rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Physical Therapy* 86, 1534–1540.
- [10] Darrah, J., Law, M. C., Pollock, N., Wilson, B., Russell, D. J., Walter, S. D., . . . Galuppi, B. (2011). Context therapy: A new intervention approach for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53, 615–620.
- [11] Deitz, J. C., Kartin, D., & Kopp, K. (2007). Review of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics* 27, 87–102.
- [12] Dodd, K. J., Taylor, N. F., & Graham, H. K. (2003). A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45, 652–657.
- [13] Haley, S. M., Coster, W. J., Ludlow, L. H., Haltiwanger, J. T. & Andrellos, P. J. (1992). Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI): Development, standardization and administration manual, PEDI Research Group.
- [14] Kavanagh, J., Barrett, R., & Morrison, S. (2005). Age-related differences in head and trunk coordination during walking. *Human Movement Science*, 24(4), 574–587.
- [15] Liptak, G. (2005). Complementary and alternative therapies for cerebral palsy. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11, 156–163.
- [16] MacKinnon, J., Noh, S., Lariviere, J., MacPhail, A., Allan, D., & Laliberte, D. (1995). A study of therapeutic effects of horseback riding for children with cerebral palsy. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 15, 17–34.
- [17] MacPhail, H. E., Edwards, J., Golding, J., Miller, K., Mosier, C., & Zwiers, T. (1998). Trunk postural reactions in children with and without cerebral palsy during therapeutic horseback riding. *Pediatric Physical Therapy*, 10, 143–147.
- [18] Maltais, D. B., Wiart, L., Fowler, E., Verschuren, O., & Damiano, D. L. (2014). Health-related physical fitness for children with cerebral palsy. *Journal of Child Neurology*, 29(8), 1091–1100.
- [19] McGibbon, N. H., Andrade, C. K., Widener, G., & Cintas, H. L. (1998). Effect of an equine-movement therapy program on gait, energy expenditure, and motor function in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40, 754–762.
- [20] McGibbon, N. H., Benda, W., Duncan, B. R., & Silkwood-Sherer, D. (2009). Immediate and long-term effects of hippotherapy on symmetry of adductor muscle activity and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 966–974.
- [21] McGill, S. (2007). Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation. Library of Congress Cataloging, Human Kinetics.
- [22] Myrhaug, H. T., Østensjø, S., Larun, L., Odgaard-Jensen, J., & Jahnsen, R. (2014). Intensive training of motor function and functional skills among young children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatrics*, 14, 292–311.
- [23] Noble, J. J., Charles-Edwards, G. D., Keevil, S. F., Lewis, A. P., Gough, M., & Shortland, A. P. (2014). Intramuscular fat in ambulant young adults with bilateral spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1), 236.
- [24] Novak, I., Mcintyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N., . . . Goldsmith, S. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55, 885–910.
- [25] Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Gross motor function classification system for cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39, 214–223.
- [26] Park, E. S., Rha, D. W., Shin, J. S., Kim, S., & Jung, S. (2014). Effects of hippotherapy on gross motor function and functional performance of children with cerebral palsy. *Yonsei Medical Journal*, 55, 1736–1742.
- [27] Ross, S. A., & Engsberg, J. R. (2007). Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(9), 1114–1120.

- [28] Russell, D. J., Avery, L. M., Rosenbaum, P. L., Raina, P. S., Walter, S. D., & Palisano, R. J. (2000). Improved scaling of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy: Evidence of reliability and validity. *Physical Therapy*, *80*, 873–885.
- [29] Russell, D. J., Rosenbaum, P. L., Avery, L. M., & Lane, M. (2002). *Gross motor function measure (GMFM-66 and GMFM-88) user's manual*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [30] Schmidt, R., & Lee, T. (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Illinois, IL: Human Kinetics Champaign.
- [31] Shurtleff, T. L., Standeven, J. W., & Engsberg, J. R. (2009). Changes in dynamic trunk/head stability and functional reach after hippotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *90*, 1185–1195.
- [32] Snider, L., Korner-Bitensky, N., Kammann, C., Warner, S., & Saleh, M. (2007). Horseback riding as therapy for children with cerebral palsy: Is there evidence of its effectiveness? *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, *27*, 5–23.
- [33] Strauss, I. (1995). *Hippotherapy: Neurophysiological therapy on the horse*. Toronto, Ontario: Therapeutic Riding Association.
- [34] Tseng, S. H., Chen, H. C., & Tam, K. W. (2013). Systematic review and meta-analysis of the effect of equine assisted activities and therapies on gross motor outcome in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, *35*, 89–99.
- [35] Van den Berg-Emons, H., Saris, W., de Barbanson, D. C., Westerterp, K. R., Huson, A., & van Baak, M. A. (1995). Daily physical activity of schoolchildren with spastic diplegia and of healthy control subjects. *The Journal of Pediatrics*, *127*, 578–584.
- [36] Van Roon, D., Steenbergen, B., & Meulenbroek, R. G. (2004). Trunk recruitment during spoon use in tetraparetic cerebral palsy. *Experimental Brain Research*, *155*(2), 186–195.
- [37] Whalen, C. N., & Case-Smith, J. (2011). Therapeutic effects of horseback riding therapy on gross motor function in children with cerebral palsy: A systematic review. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, *32*, 229–248.
- [38] Wheeler, A. (1997). Hippotherapy as a specific treatment: A review of literature. In: Engel, B. T., & Durango, C. O., eds., *Therapeutic riding II: Strategies for rehabilitation* (pp. 363–372). Durango, CO: Barbara Engel Therapy Services.
- [39] Wang, Y. P., & Su, C. Y. (2009). Reliability and responsiveness of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency—In children with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, *30*, 847–855.
- [40] Zadnikar, M., & Kastrin, A. (2011). Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: A meta analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *53*, 584–691.

4.2.4 Stabilité des mesures de base pour les variables cliniques

Afin de mieux décrire l'évolution des variables cliniques, le calcul du coefficient de corrélation intra-classe (CCI) a permis de confirmer la stabilité ou l'instabilité des mesures déjà décrite dans l'article avec le test non-paramétrique de Wilcoxon. Une instabilité est liée à l'exploration toujours présente ou encore à la présence d'un effet d'apprentissage possible. Le tableau 2 confirme que la reproductibilité la moins élevée est observée au niveau de la tâche de coordination bilatérale qui est qualifiée de moyenne.

Tableau 2 des CCI des variables cliniques

Test standardisé	Paramètres	CCI	Borne inférieure	Borne supérieure
BOT2-SF	Motricité fine précision	,947	,842	,983
	Motricité fine intégration	,813	,508	,938
	Dextérité manuelle	,749	,378	,915
	Coordination bilatérale	,610	,134	,861
	Équilibre	,734	,348	,910
	Vitesse et agilité	,668	,229	,884
	Coordination MS	,926	,783	,977
	Force	,840	,570	,948
	Total	,935	,808	,979
GMFM	GMFM-D	,796	,473	,932
	GMFM-E	,830	,547	,944

4.3 Résultats des analyses biomécaniques

Toutes les variables biomécaniques de ce protocole ont été recueillies en une journée chaque fois au laboratoire de posture du CDRV du CSSS-IUSG et au manège équestre intérieur de Sorel. Ces collectes se sont toujours déroulées dans le même ordre pour les

quatre temps de mesure et ce, pour tous les sujets. Les variables biomécaniques ont toujours été colligées avant l'évaluation des variables cliniques. Dans le laboratoire, trois épreuves ont été évaluées. Les deux premières tâches consistaient à se tenir assis et debout statiques pendant 30 secondes ce qui permettait d'évaluer les paramètres du CdeP enregistrés sur une PF. La dernière était dynamique et impliquait le déplacement des MS dans une tâche de déplacement d'un cube observé par des marqueurs et caméras. Au manège équestre, le contrôle postural du sujet sur le cheval a été mesuré à l'aide de modules inertiels qui enregistraient des accélérations tridimensionnelles de la tête et du tronc de l'enfant lors d'un déplacement avant, continu et rectiligne du cheval.

Premièrement, les résultats de l'évaluation cinétique de la posture assise et debout dans des conditions statiques seront présentés. Puis, les résultats des évaluations cinématiques du contrôle postural (tronc et tête) enregistrés lorsque l'enfant est en posture assise sur le cheval en mouvement seront dévoilés. Finalement, les résultats des analyses cinématiques du déplacement des MS seront exposés.

4.3.1 Résultats cinétiques en posture assise et debout statique

Dans un premier temps, nous avons voulu évaluer si les mesures cinétiques étaient stables dans le temps chez nos sujets. Ainsi, les premières mesures de déplacement du CdeP issues de la PF au temps T1 et T1' séparées par trois semaines d'intervalle ont été comparées. Les résultats montrent qu'aucun changement statistiquement significatif n'est observable entre les deux temps de mesure et que la posture des sujets en position assise et debout était stable dans le temps avant le début de l'intervention (tableau 3).

Tableau 3 Mesure de base en stabilité posturale

		T1	T1'	T1'-T1
P assis	vit moy cop AP	11,1 ± 4,6	10,6 ± 5,3	0,062
	vit moy cop ML	7,2 ± 3,8	6,3 ± 4,6	0,173
	dep total	371,4 ± 157,1	346,1 ± 189,1	0,552
	surface	58,5 ± 54,5	69,5 ± 126,2	0,345
P debout	vit moy cop AP	12,6 ± 6,4	13,9 ± 7,9	0,311
	vit moy cop ML	11,0 ± 6,1	12,2 ± 7,2	0,422
	dep total	472,5 ± 241,9	503,8 ± 251,2	0,422
	surface	745,7 ± 752,5	1012,7 ± 1062,6	0,152

Corrigé avec Bonferroni ; Wilcoxon signed rank test; *: p< 5% 0,05
 Vit moy (mm/sec); dep tot (mm); surface (mm²).

A la lecture des résultats aux temps T2-T1', soit sur l'effet de l'intervention, on note que dans la posture debout statique, une diminution significative de la vitesse moyenne du CdeP est présente chez nos sujets après 10 semaines d'hippothérapie au niveau de la direction M/L sur la PF (tableau 4). Cette amélioration s'est maintenue dans le temps. La diminution du déplacement total, montrant une amélioration du contrôle en posture debout est également intéressante avec un p=0,055 même si ce n'est significatif pas selon le barème imposé par Bonferroni. Par contre, l'intervention n'a pas influencé l'équilibre assis statique (tableau 4). Toutefois, une grande variabilité de l'étendue des données est présente au niveau de la surface couverte par le déplacement du CdeP est observée en posture assise et particulièrement en posture debout.

Tableau 4 Posture assise et debout statique

		T1'	T2	T3	T2-T1'	T3-T2
P assis	vit moy CdeP AP	10,6 ± 5,3	9,3 ± 2,7	9,5 ± 5,2	0,142	0,34
	vit moy CdeP ML	6,3 ± 4,6	5,5 ± 2,7	5,9 ± 3,5	0,382	0,807
	dep total	346,1 ± 189,1	310,1 ± 104,2	319,1 ± 173,3	0,507	0,311
	surface	69,5 ± 126,2	34,9 ± 33,6	50,1 ± 71,5	0,382	0,917
P debout	vit moy CdeP AP	13,9 ± 7,9	11,76 ± 7,7	11,2 ± 6,4	0,101	0,861
	vit moy CdeP ML	12,2 ± 7,2	9,8 ± 5,4	9,4 ± 5,3	0,013*	0,972
	dep total	503,8 ± 251,2	427,4 ± 245,3	422,7 ± 231,9	0,055	0,701
	surface	1012,7 ± 1062,6	640,4 ± 508,8	641,5 ± 550,8	0,279	0,972

Corrigé avec Bonferroni ; Wilcoxon signed rank test; *: $p < 5\%$ $0,05/2=0,025$
 Vit moy (mm/sec); dep tot (mm); surface (mm²).

Dans un deuxième temps, nous avons subdivisé notre échantillon par pathologie, et observé que les changements significatifs obtenus en position debout statique sont attribuables aux enfants ayant une diploégie spastique (tableau 5), car aucun changement significatif n'est rapporté chez les sujets hémiploégiques de l'étude. Plus précisément, l'amélioration est significative de la vitesse moyenne du CdeP pour les enfants diploégiques dans l'axe A/P, M/L et au niveau du déplacement total du CdeP. De plus, ce gain s'est maintenu dans le temps.

Tableau 5 Debout statique selon les pathologies

Hémi D	T1'	T2	T3	T2-T1'	T3-T2
vit moy CdeP AP	15,7 ± 10,6	11,5 ± 3,9	10,6 ± 3,2	1	0,593
vit moy CdeP ML	14,3 ± 11,5	10,62 ± 6,0	8,99 ± 3,9	0,109	0,593
dep total	503,8 ± 273,9	446,9 ± 190,8	395,9 ± 140,0	0,285	0,593
surface	1698,6 ± 1768,0	825,2 ± 488,6	680,4 ± 524,5	0,285	0,109
Hémi G					
vit moy CdeP AP	15,4 ± 11,0	18,5 ± 12,2	14,4 ± 10,0	0,285	0,285
vit moy CdeP ML	10,0 ± 5,5	10,6 ± 5,6	9,6 ± 5,3	1	1
dep total	523,7 ± 350,8	603,3 ± 378,0	497,5 ± 326,4	0,285	0,285
surface	620,1 ± 378,7	587,8 ± 458,2	678,3 ± 399,4	0,593	0,593
Diplégique					
vit moy CdeP AP	12,6 ± 6,6	8,9 ± 5,6	10,0 ± 6,3	0,018*	0,237
vit moy CdeP ML	12,2 ± 6,7	9,1 ± 6	9,6 ± 6,5	0,018*	0,612
dep total	495,3 ± 244,8	343,6 ± 191,6	402,1 ± 248,7	0,018*	0,091
surface	887,0 ± 915,2	583,6 ± 588,2	609,1 ± 677,7	0,735	0,735

Corrigé avec Bonferroni ; Wilcoxon signed rank test; *: $p < 5\% \ 0,05/2 = 0,025$

Vit moy (mm/sec); dep tot (mm); surface (mm²). Hémi D (n=3 sujets); Hémi G (n=3 sujets); Diplégique (n=7 sujets).

Les trois mêmes résultats statistiquement significatifs de $p=0,018$ sont explicables par le choix du test non paramétrique de la plus petite somme des rangs de Wilcoxon « signed rank test » lié au calcul de la différence entre les temps de mesures pour les 7 sujets diplégiques qui ont tous diminué leur vitesse moyenne en A/P et M/L et dans le déplacement total du CdeP.

4.3.2 Résultats cinématiques du déplacement des MS

Seulement les résultats issus du déplacement linéaire des MS sont présentés. Lors de l'évaluation du déplacement des MS dans la tâche de déplacement du cube avec la main droite ou la main gauche, on constate qu'aucun changement significatif n'a été observé autant au niveau du temps de déplacement de la main, de la vitesse d'exécution que de la longueur de la trajectoire utilisée (tableaux 6 et 7). Encore ici, nous avons subdivisé notre échantillon pour vérifier si certains sujets de l'étude auraient pu présenter des changements.

Au tableau 6, les résultats des sujets présentant une diplégie montrent une diminution de la vitesse moyenne du déplacement du cube, mais cet effet s'est produit pendant l'acquisition des mesures de base donc avant l'intervention suggérant ainsi le manque de stabilité pour ce type de mesure chez les sujets de notre étude. Il faut se rappeler que ces sujets étaient déjà instables au niveau de certaines mesures de base cliniques (dextérité manuelle et coordination) impliquant les MS prises avant l'intervention.

Tableau 6 Main droite selon les pathologies

Hémi D (atteinte)	T1	T1'	T2	T3	T1'-T1	T2-T1'	T3-T2
dep main	454,88 ± 182,96	443,93 ± 181,73	459,84 ± 102,43	586,25 ± 196,31	0,11	0,59	0,29
vit moy main	343,61 ± 81,49	378,1 ± 122,47	273,38 ± 153,44	349,72 ± 44,18	0,59	0,29	0,29
temps	91,56 ± 46,55	89,89 ± 53,31	214,72 ± 200,06	122,28 ± 43,03	1,00	0,59	0,59
Hémi G							
dep main	369,29 ± 13,54	318,89 ± 67,43	367,32 ± 27,66	415,88 ± 48,26	0,11	0,11	0,11
vit moy main	363,15 ± 172,98	330,98 ± 128,28	380,41 ± 121,75	471,75 ± 74,13	0,29	0,59	0,11
temps	86,28 ± 30,16	78 ± 19,06	75,33 ± 24,18	64,56 ± 6,11	0,29	0,59	0,41
Diplégique							
dep main	436,32 ± 84,62	391,57 ± 99,45	345,15 ± 139,29	479,32 ± 179,16	0,18	0,50	0,13
vit moy main	325,89 ± 110,22	291,97 ± 56,88	235,61 ± 118,55	297,69 ± 89,34	0,31	0,31	0,09
temps	102,55 ± 53,35	93,48 ± 19,2	96,31 ± 33,45	124,57 ± 72,04	0,87	0,74	0,50

Corrigé avec Bonferroni ; Wilcoxon signed rank test $p < 5\%$ $0,05/3 = 0,017$

Hémi D (n=3 sujets); Hémi G (n=3 sujets); Diplégique (n=7 sujets).

Tableau 7 Main gauche selon les pathologies

Hémi D	T1	T1'	T2	T3	T1'-T1	T2-T1'	T3-T2
dep main	408,48 ± 47,08	382,21 ± 71,01	377,43 ± 77,2	393,27 ± 66,34	0,29	0,29	0,11
vit moy main	328,38 ± 23,63	316,48 ± 69,8	242,5 ± 100,56	313,92 ± 27,85	0,59	0,11	0,29
temps	86,66 ± 19,39	94,72 ± 22,93	101,79 ± 22,06	81,4 ± 26,41	0,59	0,11	0,29
Hémi G (atteinte)							
dep main	502,99 ± 103,38	474 ± 76,95	432,28 ± 56,59	500,53 ± 77,22	0,29	0,11	0,11
vit moy main	190,35 ± 49,76	221,96 ± 34,54	259,08 ± 71,05	232,45 ± 91,05	0,59	0,11	0,29
temps	164,89 ± 64,56	125,83 ± 33,15	100 ± 25,39	146,33 ± 82,61	0,11	0,11	0,29
Diplégique							
dep main	443,94 ± 28,18	436,41 ± 41,64	419,52 ± 57,38	428,06 ± 46,23	0,86	0,73	0,61
vit moy main	340,52 ± 26,96	333,18 ± 38,8	302,62 ± 77,76	326,01 ± 41,38	0,02	0,13	0,73
temps	98,37 ± 17,41	98,94 ± 18,21	94,38 ± 16,46	93,72 ± 20,53	0,23	0,74	0,31

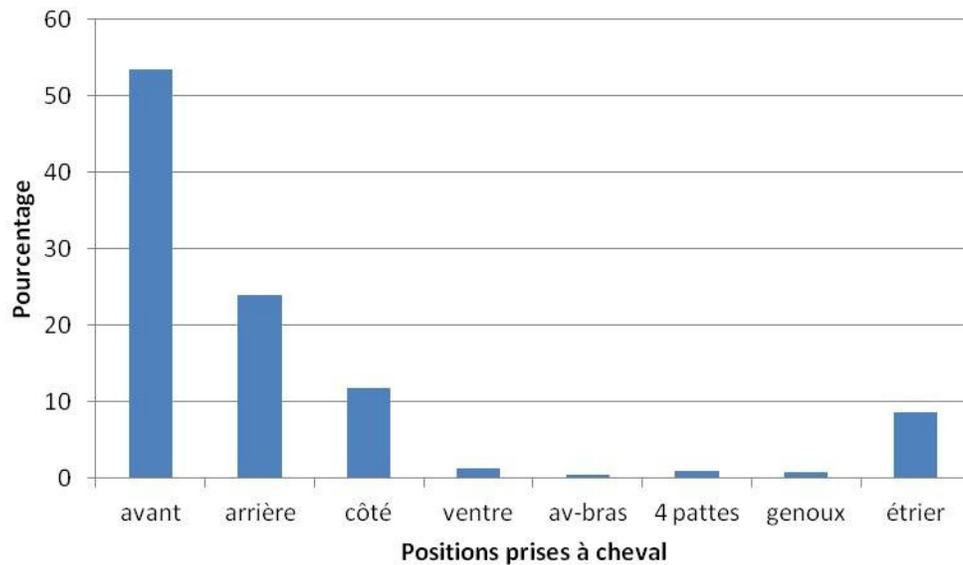
Corrigé avec Bonferroni ; Wilcoxon signed rank test; *: $p < 5\%$ $0,05/3=0,017$

Hémi D (n=3 sujets); Hémi G (n=3 sujets); Diplégique (n=7 sujets).

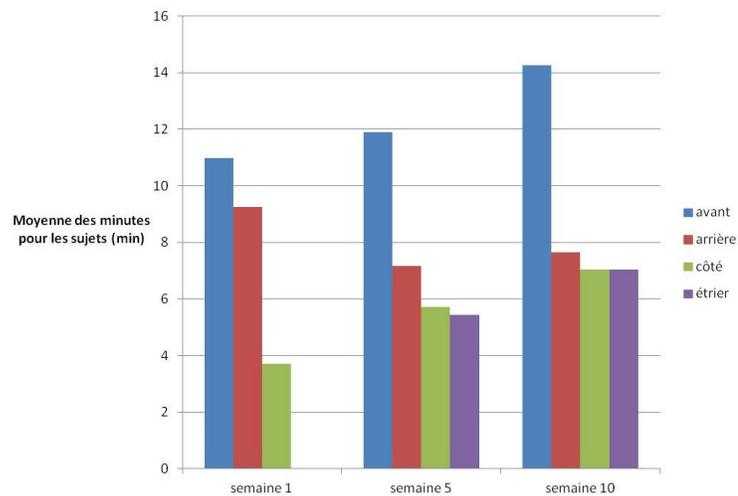
4.3.3 Résultats sur le cheval

4.3.3.1 La mesure du temps des positions prises à cheval

Pour l'ensemble des sujets, pendant les 30 minutes d'intervention en hippothérapie, 77% du temps était passé en mouvement sur le cheval et 23% à l'arrêt pour les changements de position. Les quatre positions les plus utilisées sur le cheval étaient face vers l'avant, vers l'arrière, sur le côté et debout dans les étriers et représentent plus de 85 % de toutes les positions prises (tableau 8). La position face vers l'avant est la position la plus prise, mais elle contient les tours de manège d'échauffement ce qui gonfle artificiellement son nombre. La position debout dans les étriers a nécessité un support constant au niveau des genoux et des chevilles de la part des deux accompagnateurs pour tous les sujets en raison de difficultés posturales évidentes et de l'insécurité liée à la prise de cette position très instable sur un cheval en mouvement.

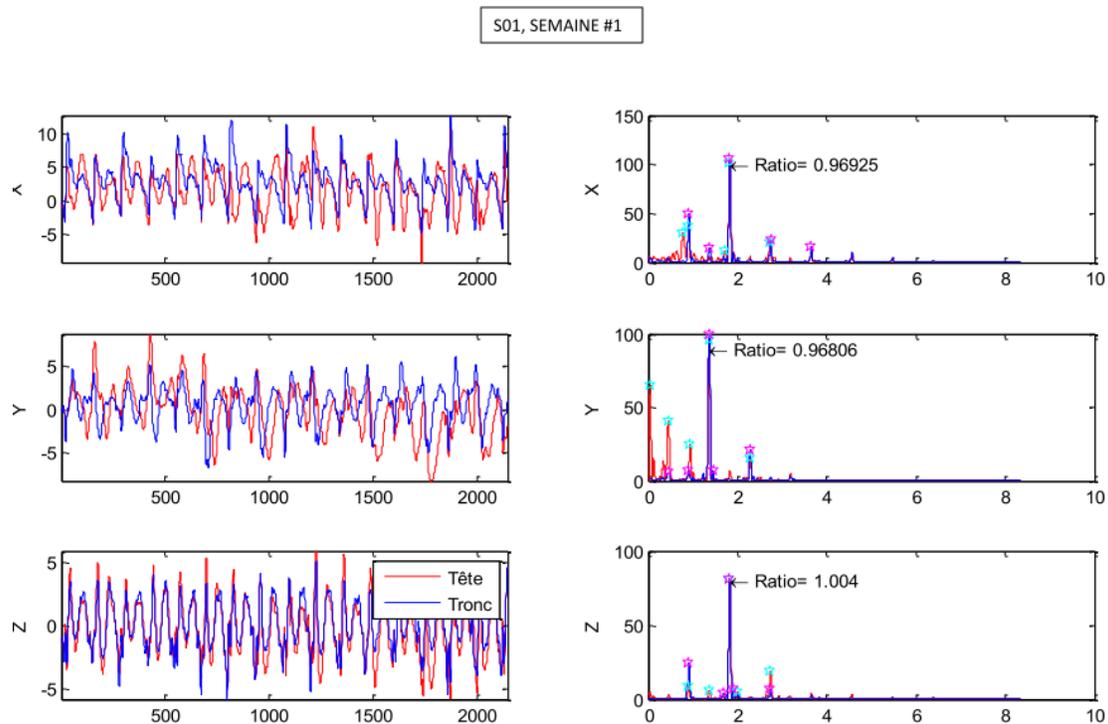
Tableau 8 Temps pris dans chaque position sur le cheval

On note une évolution des positions prises durant l'intervention (tableau 9). Certaines apparaissent en cours d'invention comme celle debout dans les étriers à la cinquième semaine d'intervention. D'autres progressent constamment dans leur fréquence d'utilisation comme face vers l'avant et assis sur le côté tandis que d'autres offrent une pente négative moins linéaire comme celle assise face vers l'arrière signifiant que leur utilisation diminue au profit de l'augmentation de d'autres plus complexes.

Tableau 9 Temps passé dans chaque position en fonction des semaines d'intervention

4.3.3.2 Résultats cinématiques sur le cheval

Voici un exemple de signaux recueillis sur le cheval pour un seul sujet à la semaine 1 et 10 de l'intervention en hippothérapie. La fl est facilement identifiable, car elle est toujours la fréquence la plus élevée du graphique (figure 30). Lorsque l'on observe les fréquences observées, on constate que seulement la fl est facilement repérable d'un axe et d'un temps de mesure à l'autre. Les autres harmoniques sont plus difficilement identifiables et donc comparables entre elles. Pour toutes ces raisons, les résultats sont présentés avec le contenu cumulé des cinq premières harmoniques du signal ce qui incluent aussi la fl.



S01, SEMAINE #10

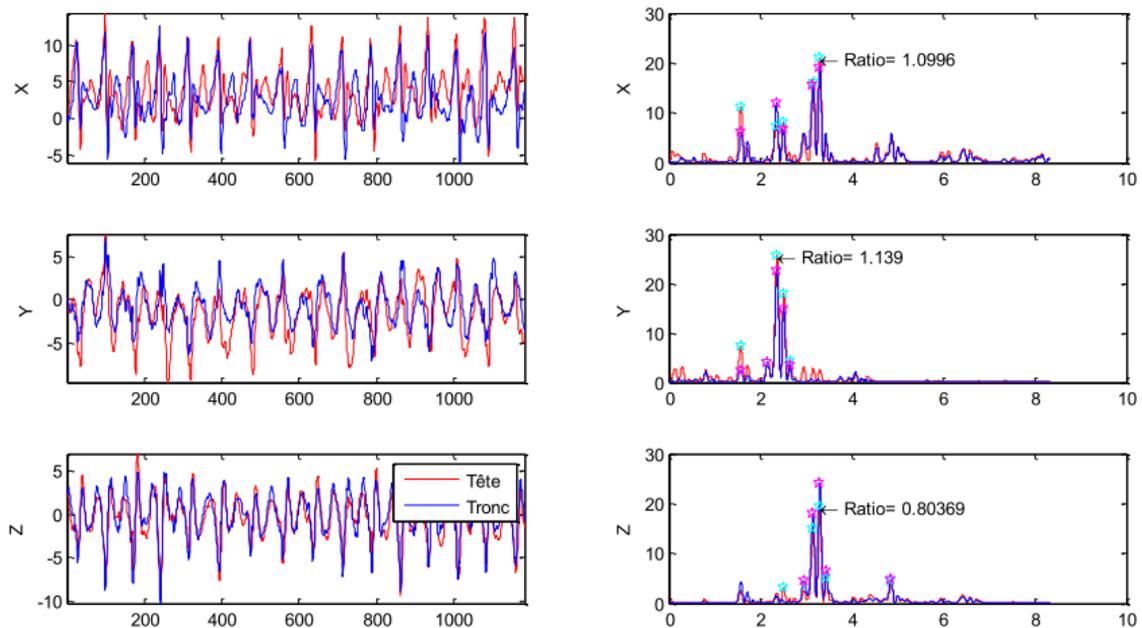


Figure 30 Contenu fréquentiel tridimensionnel enregistré par les modules inertiels pour un sujet avant et après l'intervention.

Axe en fonction du temps (/120=s) et des Hz

4.3.3.3 Résultats cinématiques sur le cheval : Adaptation

Les données rapportées dans les tableaux suivants proviennent de la somme des cinq premières harmoniques du signal. La fréquence de l'amplitude f1 est considérée comme étant la fréquence fondamentale et est suivie des quatre autres harmoniques les plus importantes du signal. Rappelons que l'amplitude cumulée correspond à l'adaptation posturale et s'exprime en ordonnée sur le graphique de fréquence. Une faible amplitude correspond à peu d'oscillations et une forte amplitude à un nombre élevé d'oscillations.

Après la semaine 10, on observe une augmentation significative de l'amplitude de la fréquence cumulée en Z (axe vertical de mesure) pour le tronc lorsque les sujets sont assis sur le cheval. Une tendance vers l'augmentation du nombre d'oscillations s'observe dans presque tous les axes pour le tronc (tableau 10) alors que les données pour la tête sont assez

stables. Après l'intervention en hippothérapie, on observe une augmentation significative des oscillations du tronc en vertical ($p=0,007$) ce qui correspond à une rapidité d'adaptation.

Tableau 10 Amplitude de la fréquence cumulée sur le cheval

		Amplitude de la fréquence cumulée (f1+f2+f3+f4+f5)		
		sem1	sem 10	<i>p</i>
Tête	A/P	102,32 (35,73)	111,24 (45,55)	0,221
	M/L	72,51 (34,04)	72,54 (20,28)	0,382
	vert	55,32 (23,99)	53,39 (20,03)	0,173
Tronc	A/P	93,35 (33,72)	115,804 (34,99)	0,345
	M/L	69,11 (26,32)	74,51 (12,92)	0,075
	vert	54,59 (23,44)	59,43 (21,74)	0,007*

Amplitude f1 (ET) ; Wilcoxon signed rank test; *: $p < 5\%$ 0,05

4.3.3.4 Résultats cinématiques sur le cheval: Amortissement

Comme pour la rapidité d'adaptation, les données présentées dans le tableau 11 proviennent aussi de la somme de la fréquence des cinq premières harmoniques du signal. Rappelons que la fréquence cumulée correspond à la vitesse de la vibration enregistrée par les modules. Une fréquence cumulée basse est en lien avec l'accumulation de vibration lente et une fréquence cumulée élevée correspond à l'accumulation de vibrations rapides.

À la lecture des données du tableau 11, on remarque une augmentation significative de la fréquence cumulée pour le tronc en Y ($p=0,033$), soit dans l'axe M/L. Il faut noter que la fréquence cumulée augmente aussi dans tous les autres axes autant pour le tronc que la tête, mais sans atteindre la significativité.

Tableau 11 Fréquence cumulée sur le cheval

		Fréquence cumulée (f1+f2+f3+f4+f5)		
		sem 1	sem 10	<i>p</i>
Tête	A/P	14,7 (2,8)	16,2 (1,8)	0,087
	M/L	10,0 (2,7)	11,3 (2,1)	0,075
	vert	15,6 (2,3)	17,2 (1,7)	0,152
Tronc	A/P	16,0 (2,2)	16,8 (1,9)	0,279
	M/L	12,3 (2,8)	13,6 (2,3)	0,033*
	vert	15,9 (2,4)	17,0 (1,5)	0,173

F cumulée (ET); Wilcoxon signed rank test; *: $p < 5\%$ 0,05

CHAPITRE 5: DISCUSSION

L'objectif général de cette thèse visait à décrire et à quantifier les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie chez des enfants ayant une DMC légère et de vérifier le maintien des acquis 10 semaines après la fin de l'intervention. L'échantillon recruté, pendant les deux années de l'étude, était composé d'enfants ambulants sans auxiliaires de déplacement, âgés entre quatre et 12 ans, ayant une hémiplegie ou une diplégie spastique des niveaux I et II au GMFCS. Les observations cliniques recueillies se situaient au niveau de la motricité globale et fine et celles en biomécaniques au niveau du contrôle postural qui fut objectivé lors de l'évaluation de la posture assise et debout statique, sur le cheval et lors de l'évaluation d'une tâche de préhension.

Dans ce chapitre, nous discutons des résultats colligés durant les quatre temps de mesure. Ensuite, nous présentons le fruit de nos réflexions sur les forces et les limitations en lien avec les validités interne et externe de notre l'étude. Enfin, nous concluons en confirmant ou réfutant nos hypothèses de recherche et discutons des retombées cliniques pour les thérapeutes œuvrant en réadaptation pédiatrique et se spécialisant en hippothérapie.

5.1 Mesures de base et de maintien

Les évaluations des mesures de base, faites trois semaines avant l'intervention, nous ont permis d'observer chez les enfants le manque de stabilité de certaines variables cliniques comme la dextérité manuelle, la coordination des MS et la coordination bilatérale globale au BOT2-SF. Donc trois mesures de base sur huit étaient instables et cela aurait pu affecter la validité du test. Toutefois, toutes les variables ont varié positivement entre T1 et T3 suggérant une évolution qui n'a pu être par contre suffisante pour rejoindre le seuil de significativité. Nos données instables (dextérité manuelle, coordination MS et bilatérale) présentaient lors de nos quatre temps de mesure une progression marquée entre T1 et T1' puis offraient différents parcours (figure 31). L'instabilité de la coordination bilatérale a aussi été aussi confirmée par le calcul du CCI.

Du point de vue clinique, pour la version originale du BOT2, le MCID (Wuang et Su, 2009) et nos résultats entre parenthèses (différence entre T1-T1') sont; pour la dextérité manuelle de 1,47 (T1-T1'=0,77), la coordination bilatérale de 1,61 (T1-T1'=1,46) et la coordination des MS est de 2,38 (T1-T1'=1,11). Conséquemment, seulement la coordination bilatérale aurait varié de façon cliniquement significative lors de la prise de mesure entre T1-T1'.

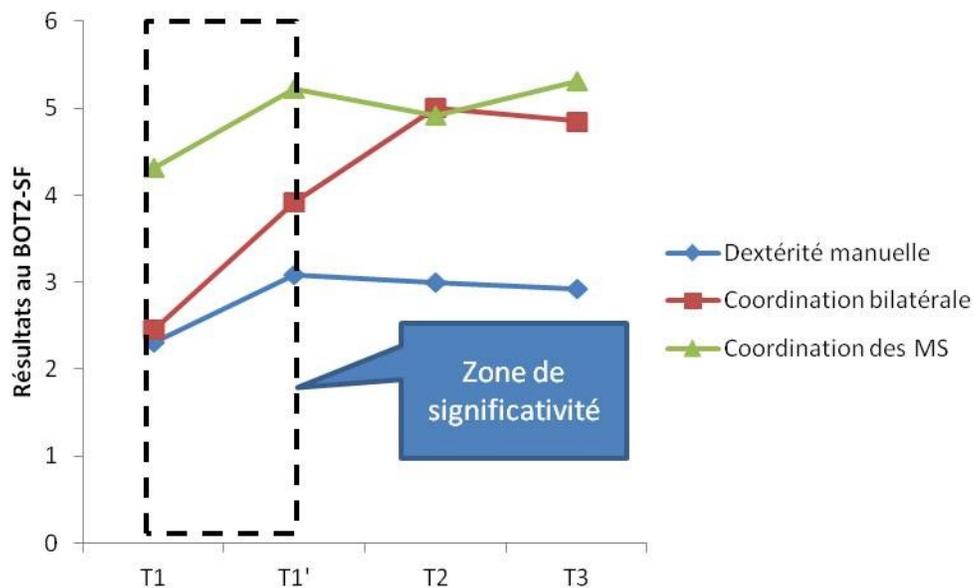


Figure 31 Graphique des mesures de base instables au BOT2-SF

La coordination bilatérale (synchronisation sauts main/pied; jumping jack, ou doigt/pied en frappant sur une table) est celle qui démontrait pendant l'intervention et dans la mesure de maintien, l'amélioration la plus importante de ses résultats sans toutefois atteindre le seuil de significativité. L'évolution des résultats obtenus pendant l'intervention et la mesure de maintien pour la coordination des membres supérieurs (attraper/frapper et dribbler avec une balle) était en dents de scie et pour la dextérité manuelle (transferts de pièces) demeurait stable. Une amélioration constante d'une variable qui n'atteint pas la significativité peut témoigner de la présence possible d'un effet d'apprentissage d'une tâche évaluée dans un protocole à mesures répétées tandis qu'une évolution en dents de scie peut exprimer une variabilité de la mesure. Ces parcours d'une significativité fluctuante (T1-T3) auraient été

mieux cernés par l'ajout d'une autre mesure de base évaluant ces variables. Ainsi, la prise de trois mesures entre T1-T1', aurait mieux ciblé l'effet de la variabilité de la mesure.

En laboratoire, chez les enfants ayant une diplégie, nous avons observé de l'instabilité dans la vitesse moyenne du déplacement du cube mesurée avec le système d'analyse du mouvement VICON. Ces mesures sont qualifiées d'instables, car elles ont varié significativement entre T1-T1'. La présence de cette instabilité a entraîné de la variabilité dans les données qui a probablement diminué la possibilité de voir des changements significatifs suite à l'intervention. Encore ici, l'ajout d'une troisième mesure aurait pu confirmer cette instabilité.

Cette variabilité de nos résultats peut s'expliquer de deux façons soit que l'enfant n'a pas encore un mode qu'il considère optimal pour agir ou soit que les instruments de mesure ne sont pas aptes à fournir une mesure constante. Étant donné que tous nos tests et instruments étaient fidèles et valides et que la lecture des instruments a été calibrée et vérifiée par un ingénieur qui appliquait des critères préétablis pour la sélection des données, il est fort probable que cette variabilité proviens de l'enfant et de son exploration toujours en cours par rapport à l'utilisation de sa ou ses mains dans des tâches fonctionnelles. Au moment où se déroule cette recherche, certains enfants n'ont possiblement pas encore établi leur stratégie d'action de façon permanente. Ces enfants sont encore en recherche ou en expérimentation de la meilleure façon possible d'agir en tenant compte de ses limites actuelles. L'évolution du développement de la coordination n'est pas uniforme et continue (Delignières et coll., 2009). Cette maturation se réalise par des progressions rapides, mais également par des stagnations, des arrêts voire même des régressions. Il existe donc une phase d'alternance entre coordination débutante et coordination experte et, enfin, la stabilisation finale du comportement expert (Delignières et coll., 2009) qui a pu être mesurée par nos instruments de mesure.

Les mesures de maintien des effets de l'hippothérapie ont été évaluées entre les temps T2 et T3 soit 10 semaines après la fin de l'intervention. Le maintien des acquis est observable dans toutes les données ayant varié de façon significative suite à l'intervention. Cela

constitue un acquis précieux pour ses enfants qui ont conservé durant ces 10 semaines d'observation post-intervention, des progrès moteurs.

Plusieurs études en hippothérapie avec les enfants ayant une DMC observent également que les acquis se maintiennent dans le temps après la fin de l'intervention (Casady et Nichols-Larsen, 2004; Cherng et coll., 2004; Shurtleff et coll., 2009). L'explication dans le maintien des acquis réside possiblement dans la notion d'intensité qui a réussi à influencer positivement le contrôle moteur. L'intensité des contractions musculaires et des réajustements posturaux produite en hippothérapie génère des résultats cliniques statistiquement significatifs au niveau de la force, de l'équilibre et de la motricité globale en général. Comparativement à l'étude de Champagne et Dugas (2010) dans laquelle les enfants étaient en mouvement pendant 64% du temps, les enfants de notre étude ont été 77 % du temps en mouvement durant les 30 minutes de l'intervention. Les critères d'intensité sont donc satisfaits, car les enfants étaient plus du trois quarts du temps en mouvement sur le cheval.

Dans la majorité des recherches publiées en hippothérapie (Casady et Nichols-Larsen, 2004; Encheff, 2008; McGibbon et coll., 2009; Shurtleff et coll., 2009), le temps d'intervention global d'une session en hippothérapie est documenté, mais le temps passé en mouvement à cheval n'est pas calculé alors que c'est seulement quand le cheval est en mouvement que l'enfant doit s'adapter à un plus grand nombre de stimulations motrices, proprioceptives et vestibulaires et que la notion d'intensité peut être introduite. En effet, certaines activités effectuées sur le cheval peuvent être exécutées à l'arrêt comme dans plusieurs séances observées lors des stages et des formations données par l'AHA (American Hippotherapy Association, 2005). À l'arrêt, le travail au niveau neuromusculaire est restreint à l'activité neuromusculaire requise lors de l'exécution de l'activité. L'exécution d'activités graduées et ciblées sur un cheval en mouvement contribue à générer un défi postural plus grand et augmente globalement le recrutement musculaire au niveau du tronc. Dans ce protocole, les deux facettes, intensité et activités en mouvement, étaient intimement liées, car les activités à cheval se sont toutes déroulées sur le cheval en mouvement et aucune activité ne s'est déroulée à l'arrêt. Cependant une prescription d'exercices intenses

avec un effet observé sur l'entraînement axé sur la force musculaire n'est pas un gage de changement durable dans les activités d'enfants ayant une DMC selon la revue de littérature effectuée par Maltais et coll. (2014). Il serait donc intéressant pour toutes les études évaluant les effets d'une intervention sur la motricité globale d'avoir un groupe contrôle pour mieux quantifier l'effet de la croissance et de la maturation et de randomiser les sujets entre les deux groupes (contrôle et expérimental) afin de réduire le biais de sélection qui permet une répartition homogène des facteurs connus et inconnus (Moher et coll., 2010). Il faudrait aussi réévaluer les enfants dans une perspective longitudinale donc après plus de 10 semaines d'intervention et plus d'une fois pour vraiment vérifier si les gains ont été conservés même si le niveau d'activité est resté le même. De cette façon, les chercheurs sauraient si les gains obtenus sont liés à des activités significatives pour l'enfant.

5.2 Variables cliniques des motricités globale et fine

En résumé, suite à l'intervention d'hippothérapie, la motricité globale s'est améliorée significativement (GMFM dimensions D et E; $p=0,005$ et BOT2-SF total; $p=0,006$), mais plus précisément au niveau de la force musculaire du tronc et des membres supérieurs ($p=0,012$), de l'équilibre ($p=0,025$) et de la motricité fine au niveau des activités requérant de la précision du geste moteur de la main ($p=0,013$). Les résultats totaux du GMFM-88 pour être valides auraient dû inclure toutes les dimensions, mais seulement deux dimensions ont été faites (les enfants auraient obtenu le maximum au pointage des dimensions A, B et C) pour ne pas allonger indument l'évaluation. D'autres protocoles ont aussi utilisé seulement ces deux dimensions (Kwon et coll., 2011) c'est pour cette raison qu'un nouvel outil de mesure est actuellement en développement pour les sujets moins atteints du point de vue de la motricité globale (Wilson et coll., 2011).

Une différence minimale cliniquement importante (Minimal Clinically Important Difference - MCID) est la plus petite différence que les patients considèrent comme importante (Higgins et Green, 2008). Nos résultats au GMFM-88 dimension D ($T1'=33,23$ et $T2= 36,0$) et E ($T1'=63,46$ et $T2= 65,46$) présentent un écart de deux points et plus et nous ne connaissons pas la différence cliniquement significative lorsque nous utilisons que

les dimensions D et E pour les enfants de niveau I et II, mais nous savons que de 0,8–1,6 points de différence sur le GMFM total-66 (A,B,C,D,E,) est une différence minimale cliniquement importante (Oeffinger et coll., 2008). Pour le BOT2 la différence minimale cliniquement importante est de 6,55 points selon Wuang (2012) et dans notre protocole les résultats totaux obtenus au BOT2-SF (T1= 33,31 et T1'=40,23) étaient supérieurs 6,92 donc à 6,55 points d'écart. Ce qui nous laisse croire que l'intervention permet d'avoir des résultats cliniques significatifs sur la fonction motrice.

Les résultats de l'étude clinique randomisée (Kwon et coll., 2015) confirment nos résultats, car ils ont également évalué l'effet de l'hippothérapie sur la motricité globale mesurée par le PEDI et le GMFM-66 et 88 auprès de 92 enfants (âgés entre 4 et 12 ans; GMFCS I à IV). Ils ont trouvé que des changements significatifs survenaient chez tous les sujets, mais qui étaient différents selon leur niveau d'atteinte (Kwon et coll., 2015). En effet, la dimension E s'améliore chez les enfants classés au niveau I, les dimensions D et E au niveau II, les dimensions C et D au niveau III et les dimensions B et C au niveau IV (Kwon et coll., 2015).

5.2.1 Force musculaire

La faiblesse musculaire est présente chez les enfants (Barrett et Lichtwark, 2010) et les adolescents ayant une DMC (Noble et coll., 2014). Son impact sur la fonction serait aussi important que la spasticité (Ross et Engsberg, 2007). La faiblesse serait attribuable à la difficulté dans l'activation volontaire des muscles agonistes et dans la coactivation démesurée des muscles antagonistes au mouvement (Elder et coll., 2003; Stackhouse et coll., 2005). Le geste moteur d'enfants ayant une hémiplégié âgés entre cinq et 15 ans est souvent alors qualifié de maladroit et de lent (Brown et coll., 1987), car ils recrutent plus de muscles que nécessaires pour compenser la faiblesse musculaire observée. L'entraînement axé sur la force musculaire demeure toutefois possible (Dodd et coll., 2003) ce qui est corroboré par les résultats de notre étude. En effet, dans notre recherche, la force était mesurée de façon indirecte par des tests fonctionnels standardisés. Au BOT2-SF on note une amélioration significative de la force chez nos sujets ($p=0,012$) grâce à la quantification

des redressements assis et des pompes.. Chez certains de nos sujets, les redressements assis et les pompes étaient même impossibles à faire avant l'intervention en hippothérapie confirmant la présence de faiblesse musculaire au niveau des muscles abdominaux et des membres supérieurs. Cette épreuve est celle qui s'est le plus améliorée dans l'évaluation fonctionnelle mesurée par le BOT2-SF. D'autres recherches ont aussi noté qu'une amélioration de la capacité fonctionnelle est présente chez les sujets ayant une DMC qui participaient à un programme d'entraînement de la force musculaire (Damiano et Abel, 1998). L'entraînement de la force musculaire, dans le contexte de l'amélioration du contrôle postural, doit donc faire partie intégrante du plan d'intervention en réadaptation chez les enfants ayant une DMC. L'hippothérapie n'est pas traditionnellement vue comme un programme d'entraînement de la force musculaire, mais le degré d'intensité de travail occasionné par l'intervention engendre un nombre élevé de contractions musculaires liées au déplacement du corps dans l'espace.

La contraction musculaire des abdominaux permet une meilleure coactivation des muscles agonistes et antagonistes du tronc. Un tronc plus stable et droit favorise un meilleur contrôle de l'équilibre autant en position assise qu'en position debout ce qui est également corroboré par nos résultats cliniques sur l'équilibre lors de la tâche durant laquelle l'enfant doit se tenir debout sur une poutre. L'hippothérapie est reconnue pour permettre une stabilisation des muscles impliqués dans le contrôle du tronc chez les enfants ayant une DMC avec et sans kinésio taping facilitant ainsi le contrôle du tronc (Lakomy et coll., 2015).

Nos résultats, au niveau de l'amélioration de la posture debout statique sur la PF, sont documentés en terme d'impact fonctionnel au niveau de l'équilibre dans le BOT2-SF et dans le GMFM pour les 7 patients diplégiques. . Ils montrent aussi que l'hippothérapie, en renforçant globalement le haut corps, c'est-à-dire le tronc et les membres supérieurs, génère des répercussions dans des activités fonctionnelles comme se tenir debout, marcher, courir et sauter (GMFM-88) et des paramètres d'équilibre et de la force (BOT2-SF). La musculature du bassin et des hanches n'est pas mesurée directement dans notre étude, mais

est très certainement sollicitée lors d'une session d'hippothérapie et mise à contribution lors d'activités locomotrices.

Malheureusement, les gains acquis dans les programmes traditionnels d'entraînement de la force musculaire ne se généralisent pas nécessairement par une augmentation du niveau d'activités dans la vie de tous les jours (Bania et coll., 2015). Il devient donc important dans un tel contexte de bien cibler les muscles à renforcer en lien avec les activités fonctionnelles significatives pour l'enfant afin d'assurer leur utilisation régulière et leur maintien à long terme (Maltais et coll., 2014). Le programme d'hippothérapie, réalisé dans cette étude, a permis un entraînement de la force musculaire des abdominaux nécessaire à un meilleur contrôle du tronc pour permettre la stabilité posturale qui s'est généralisé à la motricité plus globale.

5.2.2 Équilibre

L'équilibre est également un paramètre qui s'est amélioré significativement selon deux épreuves du test clinique BOT2-SF ($p=0,025$). Dans la première, l'enfant devait marcher sur une ligne droite au sol et, dans la deuxième, il devait se tenir debout sur une poutre avec les yeux ouverts, pendant 10 secondes. L'équilibre est également impliqué dans toutes les épreuves du test du GMFM-88 ($p=0,001$) en lien avec les dimensions D ($p=0,005$) et E ($p=0,005$) évaluant la capacité à se tenir debout, marcher, courir et sauter. Pour en nommer seulement quelques-unes, l'enfant devait se tenir en équilibre unipodal pendant 10 secondes, ramasser un objet au sol et retourner s'asseoir, frapper une balle avec un pied, sauter pieds joints ou sur un pied et même par-dessus un bâton positionné à la hauteur des genoux, et descendre les escaliers sans utiliser la rampe. Toutefois, le devis à mesures répétées peut avoir surestimés les résultats obtenus au GMFM en raison de l'absence de contrôle des variables confondantes comme la motivation au test qui est un biais lié au sujet (Nordmark et coll., 2000) et le biais de l'évaluateur (Russell et coll., 1989) qui peut affecter les résultats dans un sens ou l'autre parce qu'il n'est pas aveugle au protocole.

Comme pendant dans les activités locomotrices, les stimulations tridimensionnelles offertes par le déplacement du cheval obligent l'enfant à une gestion continue de son CdeM afin de maintenir la verticalité de son tronc et de sa tête. Ces données sont corroborées par une méta-analyse récente où l'influence de l'hippothérapie sur l'amélioration de l'équilibre est clairement confirmée (Zadnikar et Kastrin, 2011). Différents auteurs, tels Mc Gibbon et coll. (1998), Sterba et coll. (2002), Casady et coll. (2004), Cherng et coll. (2004), Kwon et coll. (2011) ont évalué l'effet de l'hippothérapie sur des enfants ayant une DMC des niveaux I à V au GMFCS et ont tous observé une amélioration de l'équilibre au niveau du GMFM-88. Fait intéressant, MacKinnon et coll. (1995) n'a trouvé aucune amélioration après 6 mois d'équitation thérapeutique auprès de 19 enfants âgés de 4 à 12 ans ayant une DMC de tous les niveaux au GMFCS. Ces résultats sont possiblement en lien avec l'absence d'une stimulation posturale personnalisée et graduée présente en équitation thérapeutique dont l'objectif ultime est la conduite autonome du cheval par le cavalier. Cette forme d'équitation se déroule principalement dans la position face vers l'avant, avec une selle pour le cavalier ce qui diminue beaucoup la production de corrections posturales en lien avec la stabilisation offerte par la présence de la selle pour le bassin, des étriers pour les pieds et du pommeau pour les mains. La magnitude des corrections posturales exigées est donc très différente en lien avec le support stabilisateur offert par la selle et ses accessoires (étriers, pommeau, troussequin, quartier). Ce type d'équipement n'est pas utilisé lors des séances d'hippothérapie où l'enfant est assis sur un tapis mince donc presque directement sur le cheval sans autre artifice de soutien.

5.2.3 Motricité fine

Il a été démontré dans la littérature qu'une meilleure stabilisation du tronc permet une amélioration de la précision des mouvements lors de la locomotion (Kavanagh et coll., 2005b). Notre étude soutient ces données, car une amélioration significative est observée dans nos résultats cliniques impliquant la précision des mouvements de la main et des doigts dans la tâche de traçage d'une ligne dans un chemin et celle de pliage de papier sur une ligne. Cette amélioration (la deuxième en importance dans le BOT2-SF) de la motricité fine, lors de l'évaluation de la précision du geste de la main et des doigts ($p=0,013$), est

probablement une conséquence directe de l'amélioration des autres variables cliniques, car la motricité fine n'a pas été travaillée directement durant les séances en hippothérapie. En effet, les activités effectuées sur le cheval impliquaient plus particulièrement la motricité globale, et comprenaient aussi des activités de préhension, mais pas de motricité fine comme le maniement d'un sabre pour procéder à l'enfilage d'anneaux. On peut aussi suggérer que la stabilisation du tronc rendue possible par le travail musculaire sur le cheval a permis un meilleur contrôle en distal et a favorisé une amélioration des activités de la main telle que la précision nécessaire lors du traçage d'une ligne en suivant un chemin sinueux. Le cabossage du trait était donc moins évident chez les sujets à la fin de l'intervention en hippothérapie et engendrait ainsi une meilleure cotation au BOT2-SF. Le pliage de papier sur une ligne est aussi une tâche de coordination bilatérale des mains. La coordination bilatérale plus globale, qui est un autre sous-test du BOT2-SF, était aussi près du seuil de la significativité (Bonferroni; $p < 0,025$ pour 2 temps de mesure) avec un $p = 0,043$ globaux pour les deux épreuves, soit dans la tâche de sauts avec synchronisation des mains avec les pieds dans la direction A/P (jumping jack) ou encore dans l'épreuve où les doigts étaient frappés sur une table dans une activité synchronisée avec les pieds.

Une seule étude réalisée auprès d'un groupe de onze enfants ayant une DMC, âgés de cinq à 13 ans, a évalué l'effet de l'hippothérapie sur une épreuve de précision manuelle soit dans l'atteinte d'une cible lorsque réalisée en position assise (Shurtleff et coll., 2009). Grâce à l'enregistrement vidéo de marqueurs placés sur la tête, les MS et le tronc, Shurtleff (2009) a noté une amélioration significative du déplacement de la main, de la trajectoire du mouvement et de l'efficacité dans l'atteinte d'une cible après une intervention en hippothérapie de 12 semaines. De plus, les résultats se sont maintenus 12 semaines après la fin de l'intervention (Shurtleff et coll., 2009). Ces résultats concordent avec nos données suggérant un impact positif sur le déplacement de la main grâce à l'amélioration de la stabilisation du tronc.

En résumé, la stabilisation du tronc liée à la pratique de l'hippothérapie (Shurtleff et coll., 2009) ou à l'ajout de soutien à la posture favoriserait un meilleur contrôle de la main chez les enfants ayant une DMC (Myhr et Wendt, 1991).

5.3 Variables biomécaniques cinétiques et cinématiques

Les résultats des analyses biomécaniques du contrôle postural des enfants assis sur le cheval montre une augmentation de la fréquence cumulée dans la direction M/L ($p=0,033$), soit l'axe Y, et de l'amplitude de la fréquence cumulée en vertical (axe Z) ($p=0,007$). Ces résultats peuvent s'interpréter comme étant une augmentation de la rapidité d'adaptation dans la direction M/L doublé d'un amortissement du tronc diminué dans l'axe vertical. De plus, le contrôle postural debout statique s'est amélioré tel que montré par la diminution de la vitesse moyenne de déplacement du CdeP ($p=0,013$) dans l'axe M/L, soit en latéralité et ce, attribuable aux enfants atteints de diploégie de l'étude. Cependant, l'évaluation du déplacement des MS, lors d'une tâche réalisée en position assise et la stabilité posturale assise statique sur la PF, n'a dévoilé aucun changement significatif. Les prochains paragraphes discutent ces résultats.

5.3.1 Posture assise de l'enfant sur le cheval

D'une part, notre protocole est le premier à faire une description précise des positions prises à cheval. L'évolution dans le choix des positions est liée aux décisions cliniques faites par la thérapeute en fonction des capacités de l'enfant. La position debout dans les étriers apparaît à la cinquième semaine d'intervention seulement, mais toutes les positions n'ont pas été essayées lors de la première semaine donc on ne peut affirmer avec certitude que la prise de ses positions n'aurait pas été possible plus tôt. Par contre, la plupart des enfants auraient refusé d'essayer toutes les positions la première semaine d'intervention et cela aurait pu compromettre la réalisation de ce protocole. Le niveau de difficulté des positions prises à cheval est établi avec peu d'indications de la littérature sauf l'axe M/L qui serait selon Assaiante (1997) la direction la plus difficile à contrôler au niveau postural lors d'un nouveau défi postural.

D'autre part, l'analyse des données issues des modules inertiels placés sur l'enfant et sur le cheval indique une augmentation significative au niveau de la fréquence cumulée dans la direction M/L. Cette fréquence est révélatrice de la façon de bouger de l'enfant. Une

augmentation de celle-ci traduit une augmentation de la vitesse de la vibration observée entre le début et la fin de l'intervention et indiquerait possiblement une plus grande rigidité « indice de stiffness » du tronc de l'enfant. Il a été suggéré qu'une augmentation du contenu fréquentiel traduirait une raideur (Champagne et Dugas, 2010; Patterson et Caulfield, 2011). D'autre part, une augmentation de l'amplitude de la fréquence cumulée du tronc traduirait un nombre plus élevé d'oscillations et donc moins d'amortissements. La génération de réactions posturales plus nombreuses et plus rapides diminuerait l'amortissement et la flexibilité au profit de la stabilité du tronc. Ainsi, les enfants répondent plus rapidement aux perturbations externes produites par le cheval, mais cette amélioration ne correspondrait qu'à la première étape du contrôle moteur. Selon Saether (2014), cette rigidité serait indicatrice d'une difficulté à anticiper le mouvement. En effet, cette augmentation de la raideur jumelée à la diminution de l'amortissement correspond à la première étape d'adaptation à un nouveau défi postural identifiée comme étant la stratégie en bloc décrite par Assaiante (1997). Il est possible que, suite à l'intervention, les changements observés chez les enfants correspondent à la première étape d'une nouvelle adaptation posturale et que des mouvements plus dissociés aient pu survenir avec une intervention offerte sur une période plus longue que 10 semaines. Barton et coll. (2013) ont aussi observé par l'intermédiaire de l'analyse de capteurs de mouvement chez un enfant âgé de 10 ans ayant une diplégie spastique (GMFCS niveau I) qu'une augmentation de la rigidité du tronc et du bassin est présente après une intervention de six semaines de jeux vidéo stimulant l'équilibre du tronc par des déplacements du bassin en rotation. Ils suggèrent que cette étape précéderait la production de mouvements plus dissociés entre le bassin et le tronc (Barton et coll., 2013). Cette affirmation est appuyée par Haehl (1999) qui a observé la même instabilité présente premièrement chez les enfants ayant une DMC et ensuite voir apparaître des mouvements plus dissociés, mais après 12 semaines d'intervention en hippothérapie. Dans une étude de cas, la coordination entre le haut et le bas du tronc chez deux enfants ayant une DMC (quadriplégique et hémiprégique) a été quantifiée à l'aide d'une mesure d'excursion angulaire enregistrée par l'intermédiaire d'une caméra vidéo à deux dimensions qui filmait trois marqueurs au tronc de l'enfant (qui divisait le tronc en deux parties) et trois sur le dos du cheval. Les observations montraient une amélioration de la coordination entre le haut et le bas tronc ainsi que celle entre le bas

du tronc et le dos du cheval, car l'enfant était plus synchronisée avec le mouvement du cheval après l'intervention (Haehl, 1999). Cette chercheuse associe ses résultats à une meilleure préparation à la perturbation du mouvement possiblement facilitée par la rythmicité du mouvement du cheval (Haehl, 1999). Malheureusement, nous n'avons pas évalué la coordination entre le haut et le bas du tronc des enfants dans notre étude. Ces valeurs auraient pu nous donner un meilleur indice de l'évolution de l'adaptation à la perturbation suite à l'intervention en hippothérapie.

Par contre, les oscillations plus nombreuses démontrées par l'augmentation de l'amplitude cumulée pourraient être aussi liées avec la consigne donnée aux enfants lors de l'acquisition des données sur le cheval. Les consignes émises verbalement à l'enfant par la thérapeute étaient les suivantes: « Bouger le moins possible; maintenir la tête droite et le regard vers l'avant (entre les oreilles du cheval) pendant l'enregistrement » donc l'enfant se fixait possiblement. Ces consignes permettaient par contre à l'enfant d'améliorer leur attention pendant l'enregistrement des données, mais modifiaient la réaction posturale de l'enfant. C'est donc un choix méthodologique qui a été fait pour maximiser la participation de l'enfant à la tâche, mais malheureusement qui peut avoir eu des répercussions sur l'augmentation du nombre d'oscillations.

De plus, pendant l'acquisition des données sur le cheval, un support distal était éthiquement nécessaire et assurait un minimum de sécurité lors de la collecte de données. Les mêmes personnes bénévoles étaient présentes aux évaluations et offraient une pression minimale sur la cheville pour minimiser l'impact sur le contrôle du tronc et de la tête. Toutefois, ce support distal peut avoir eu un effet sur la stabilisation proximale du tronc en raison d'une transmission de la force générée.

L'utilisation des modules inertiels pour évaluer les oscillations posturales s'est avérée être un outil facilitant l'observation du contrôle postural sur le cheval des enfants ayant une DMC niveaux I et II au GMFCS et pourrait être aussi utilisée avec les enfants du niveau III pour qui la posture assise statique est possible, mais plus atteinte. Dans ce cas, le support des accompagnateurs devra être fait au bassin de façon sécuritaire, mais le plus minime

possible afin de ne pas influencer l'acquisition des données au niveau du tronc. De plus, lors des prochaines études, nous suggérons une collecte de données à différents temps de mesures prises durant la durée de l'intervention et l'utilisation de cinq modules au lieu de trois soit un sur la tête, le haut tronc, le bas tronc et deux sur le bassin au niveau des épines iliaques antéro-supérieures de façon à observer la coordination intersegmentaire lors de l'adaptation posturale.

En résumé, notre étude démontre que les réactions posturales sur le cheval en anticipation sont plus rapides et nombreuses (une augmentation au niveau de la fréquence cumulée en M/L), mais que les réactions en compensation qui auraient du diminuer au niveau de l'amortissement (augmentation de l'amplitude de la fréquence cumulée du tronc donc moins d'amortissements) ne l'ont pas fait. Une intervention plus longue favoriserait possiblement le développement du deuxième niveau de réaction soit des réactions compensatoires plus efficaces.

5.3.2 Posture assise statique

Actuellement avec les enfants ayant une DMC, il n'existe pas d'études sur l'hippothérapie utilisant la plateforme de force en station assise faite avec des enfants de niveau I et II au GMFCS. La station assise a été étudiée du point de vue musculaire (EMG) avec le même type de sujets dans l'étude de Benda et coll. (2003) et l'étude de Kang et coll. (2012) avec une plateforme de force, mais, le niveau d'atteinte des enfants était qualifié de sévère.

Aucun changement significatif n'a été obtenu au niveau de la stabilité posturale en posture assise statique sur la PF. Ces résultats peuvent s'expliquer parce que nos enfants présentaient peu ou pas de déficits en posture assise et cet effet plafond nous empêchait de percevoir des changements significatifs après 10 semaines d'intervention. De plus, la posture assise statique est moins affectée chez les enfants ayant une diplégie que la posture assise dynamique. En effet, il a été démontré que leurs réactions posturales sont comparables aux enfants avec un développement typique lors de l'observation du déplacement du CdeP en posture assise sur une PF (Brogren et coll., 2001; Liao et coll.,

2003) ce qui confirme nos observations. Ces résultats sont également corroborés par Hamill (2007) qui n'a observé aucun changement en posture assise après 10 séances d'hippothérapie de 50 minutes chez trois enfants avec une atteinte sévère âgés de 27 à 54 mois ayant une DMC de niveau V au GMFCS. Les enfants, dans cette étude, devaient sur le cheval, maintenir la verticalité de leur tronc à l'aide de leurs MS en utilisant des poignées ou un support externe constant (accompagnateur) ce qui a influé sur la possibilité d'anticipation et d'ajustement du tronc lors des perturbations (Hamill et coll., 2007). De plus, selon l'auteur (Hamill et coll., 2007), les atteintes neurologiques étaient possiblement trop importantes pour qu'une récupération suffisante puisse avoir lieu par l'utilisation de l'hippothérapie.

Ces conclusions sont toutefois réfutées par Herrero et coll. (2012) qui suggère aussi que seulement les enfants avec un plus haut niveau de performance au GMFCS niveau V, peuvent améliorer leur posture assise (Herrero et coll., 2012). Dans son étude clinique randomisée, Herrero et coll. (2012) a mesuré par l'intermédiaire d'évaluations fonctionnelles (GMFM dimension B, le Sitting Assessment Scale) la posture assise sur un simulateur du mouvement équin. Dans cette étude, 38 enfants âgés entre quatre et 18 ans stratifiés par le niveau d'atteinte au GMFCS étaient divisés en deux groupes. Le premier groupe recevait 15 minutes de simulation active et l'autre groupe ne recevait aucune stimulation pendant 15 minutes, et ce, une fois par semaine pendant 10 semaines (Herrero et coll., 2012). Le simulateur en mode actif induisait une extension du tronc, mais nous n'avons pas d'informations sur le modèle de simulateur utilisé, l'intensité et l'amplitude de cette stimulation par minute (Herrero et coll., 2012).

Dans le même ordre d'idée, Kang, en (2012), dans une étude clinique randomisée effectuée auprès de 45 enfants présentant des déficits posturaux plus sévères et divisés également en trois groupes (hippothérapie, physiothérapie et contrôle) suggère que l'hippothérapie conjuguée à la physiothérapie traditionnelle améliore l'équilibre en position assise des enfants ayant une DMC sévère lorsque mesuré par le déplacement du CdeP et corroboré par une évaluation clinique de l'équilibre assise standardisée.

En résumé, la mesure de la posture assise chez les enfants ayant une DMC légère n'est pas une mesure qui permet de suivre l'évolution de la stabilité posturale, mais peut être utile avec des enfants ayant une atteinte plus sévère.

5.3.3 Posture debout sur la PF

Dans la posture debout, seule la direction M/L a été influencée par l'intervention en hippothérapie ($p=0,013$). Cet axe en posture debout représente la direction la plus difficile à contrôler au niveau postural lors d'un nouveau défi postural (Assaiante et coll., 1997). Afin de mieux comprendre l'origine de nos résultats statistiquement significatifs chez nos sujets, nous avons fait des analyses selon les types de DMC. Ainsi, les enfants de notre étude ayant une diplégie spastique se sont améliorés dans la gestion de leur CdeP (diminution de la vitesse moyenne) dans les axes A/P et M/L et dans le déplacement total du CdeP avec un $p=0,018$, mais aucun changement significatif n'est rapporté chez les sujets présentant une hémiplégie qui étaient sûrement plus stables, en lien avec la présence d'un côté non atteint au niveau des membres inférieurs. Lors de la marche, les enfants ayant une diplégie marchent de façon moins dissociée et bougent plus en bloc au niveau des hanches ce qui rend le contrôle du CdeP plus difficile. De ce fait, il devient plus ardu de réagir à une perturbation. Ces observations sont confirmées par Rojas (2013) qui constate que les enfants ayant une diplégie présentent plus de problèmes d'équilibre en position debout pour gérer le CdeP dans l'axe médiolatéral autant avec les yeux fermés et les yeux ouverts que les enfants atteints d'hémiplégie.

Les résultats de notre étude soutiennent que le travail fait en hippothérapie pour les enfants ayant une diplégie spastique légère est important, car il engendre une amélioration de la stabilité posturale debout.

5.3.4 Lien entre le contrôle moteur et la stabilité posturale

L'amélioration notée dans notre étude au niveau de la stabilité posturale dans la direction M/L est importante chez ces enfants pour le contrôle des motricités globale et fine. Ceci

pourrait expliquer nos changements cliniques au niveau de l'équilibre, marcher, courir, sauter et dans la tâche de précision manuelle au niveau du traçage de ligne et du pliage de papier. L'importance de la stabilisation proximale pour obtenir une efficacité distale est reconnue (Ryan, 2012). C'est une stratégie utilisée pour améliorer la performance des membres supérieurs chez les enfants ayant une DMC sévère chez qui la stabilité du tronc est très atteinte. En effet, les thérapeutes oeuvrant avec ces enfants doivent souvent recourir à l'utilisation d'aides techniques pour stabiliser leur posture dans leur fauteuil roulant manuel ou motorisé (Stavness, 2006) afin d'augmenter la performance des MS (Rigby et coll., 2009).

5.3.5 Déplacement des MS

Les activités faites avec les MS et la perturbation induite par le déplacement sur le cheval amplifient l'amplitude des réajustements posturaux nécessaires et stimulent encore plus la stabilité posturale assise dynamique. Toutefois, nous avons voulu explorer si un meilleur contrôle postural pouvait entraîner un meilleur contrôle au membre supérieur en évaluant le déplacement du membre supérieur.

Actuellement avec les enfants ayant une DMC, il n'existe pas d'études sur l'hippothérapie faisant le lien avec le déplacement des MS autre que l'étude d'atteinte et de pointage de Shurtleff et coll.(2009). Dans son étude, onze enfants étaient assis sans support suite à une intervention en hippothérapie qui utilisaient aussi des marqueurs réfléchissants la lumière par intervalle de 15 secondes sur le corps et la main, le tout filmé par des caméras vidéos. Aucune étude en hippothérapie n'a observé la préhension et le déplacement d'objets des membres supérieurs avec un système fonctionnant avec marqueurs réfléchissants la lumière infrarouge comme le système VICON. La tâche observée par Shurtleff et coll.(2009) était donc différente de notre protocole même si l'instrument de mesure était semblable.

Pour le déplacement du cube, aucun changement significatif n'a été noté. Cette tâche de déplacement d'un cube impliquait un mouvement d'atteinte, de préhension et de déplacement d'un objet qui a été la même pour tous les sujets. Étant donné que l'âge des

sujets recrutés pour l'étude s'échelonnait de quatre à 12 ans, cela engendrait nécessairement une variation de la grandeur de leur main et de la longueur des doigts. Il aurait été probablement plus approprié d'utiliser plusieurs grandeurs de cube. Toutefois, cette absence de résultats statistiquement significatifs dans nos mesures de laboratoire pour la motricité fine est confirmée dans notre étude par l'absence de résultats statistiquement significatifs obtenus au niveau des items de la motricité fine soit de l'intégration (copie de formes) et de la dextérité manuelle (transfert de pièces). Cette dernière tâche est celle qui ressemblait le plus à notre tâche de déplacement de cube, car elle impliquait aussi une composante de vitesse et de précision dans le déplacement du cube qui devait être pris puis déposé sur une cible le plus rapidement possible. Toutefois, un choix plus judicieux pour l'évaluation des mouvements du membre supérieur et du contrôle de la main ainsi qu'un protocole d'intervention plus long que 10 semaines aurait pu montrer des effets positifs sur la précision des mouvements des doigts (copie de forme), sur la dissociation des doigts (transfert de pièces), le déplacement d'objets (déplacement du cube et transfert de pièces) qui n'étaient pas significatifs dans notre protocole au BOT2-SF et lors des tâches de déplacement des MS.

D'une part, le seul résultat statistiquement significatif obtenu au niveau du déplacement des MS des sujets atteints de diplégie est une diminution de la vitesse moyenne des MS pendant la collecte des mesures de base soit entre T1 et T1'. On pourrait donc en conclure que le contrôle des MS était très variable dans le temps avant l'intervention et que cette variabilité a limité l'effet de l'intervention. Nous avons par contre, constaté une amélioration de la précision de la motricité fine telle que mesurée par le BOT2-SF ce qui peut sembler étrange au premier regard. En effet, comment une instabilité dans une tâche de déplacement des MS peut être associée avec une amélioration de la précision en distal. Il est possible que cette disparité soit attribuable au soutien du tronc avec le dossier de la chaise et de l'appui de la table pour les MS présent lors des épreuves papier de BOT-2F et absent lors de l'évaluation en laboratoire pour le déplacement du cube. Dans la tâche de déplacement du cube, aucun dossier n'était présent pour supporter le tronc ou la main et l'enfant ne touchait pas à la table sur laquelle était déposé le cube.

D'autre part, il est possible que la variabilité de la réponse à l'exécution de la tâche de déplacement du cube ou de transfert de pièces soit en lien avec l'hétérogénéité légère de notre échantillon et de ce fait, diminue la possibilité de voir des changements suite à l'intervention. Même si les enfants étaient de deux niveaux différents soit I et II au GMFCS et que l'impact était léger au niveau du fonctionnement global, il est possible que celui-ci fût plus important au niveau des tâches de précision de la motricité fine. En effet, les enfants ayant une diplégie présentaient peu d'atteintes au niveau des MS (effet plafond) et les sujets ayant une hémiplégie avaient beaucoup de problèmes de préhension du cube ou du crayon du côté atteint (effet plancher).

Conséquemment, nous n'avons pas obtenu de résultats en posture assise statique sans support possiblement en raison de la durée insuffisante de l'intervention, de l'instabilité des mesures et de la faible puissance statique de notre étude liée à la petitesse de notre échantillon.

5.4 Forces de l'étude

La première force de notre étude repose sur l'aspect novateur de la recherche qui implique l'évaluation de la stabilité posturale par l'utilisation de mesures objectives directement placées sur le cheval et l'enfant. Les protocoles de recherche utilisant des modules inertiels permettant d'analyser les oscillations posturales avec la clientèle bénéficiant d'une intervention en hippothérapie sont récents. L'avantage d'utiliser cette technologie sur le cheval nous permet de mesurer l'évolution posturale de l'enfant à l'endroit même où elle est générée. La proximité entre l'outil de mesure et l'enfant nous permet d'acquérir une vision détaillée des solutions posturales développées par ces enfants sur le cheval. Cette étude est une des premières recherches à utiliser les modules inertiels pour mesurer l'oscillation posturale d'enfants ayant une DMC légère lorsque les sujets sont directement assis sur le cheval et que celui-ci est en mouvement. Ces données nous ont permis de faire ensuite un lien avec la motricité globale des enfants. Si l'enfant est plus stable sur un cheval en mouvement, il est plus stable lorsqu'il effectue des activités de motricité globale et des répercussions sont même observées au niveau de la motricité fine.

Notre protocole utilise aussi plusieurs évaluations standardisées d'un même paramètre sur un sujet. Par exemple l'équilibre debout dynamique est mesuré avec le GMFM-88 dans les deux dimensions et au BOT-2F. L'équilibre assis dynamique est mesuré à l'aide des modules inertiels sur le cheval et avec le système VICON lors de la tâche de déplacement du cube. Le croisement de plusieurs outils de mesure améliore la compréhension de l'effet de l'hippothérapie sur les enfants ayant une DMC.

De plus, à l'heure actuelle, aucune recherche en hippothérapie avec des enfants ayant une DMC n'a décrit précisément son protocole d'intervention. La description détaillée des protocoles de recherche assure une réplique de l'étude, une compréhension accrue du protocole de recherche par le lecteur et facilite la comparaison des études. À l'heure actuelle, les protocoles en hippothérapie sont décrits d'une façon qualitative avec des descriptions générales et sans repères de gradation utilisée dans la sélection des positions.

Le contenu de l'intervention devient une préoccupation incontournable. On s'interroge alors sur les meilleures pratiques à adopter en fonction d'une problématique particulière en testant sur une même clientèle, différentes façons de traiter une problématique afin de dégager des données probantes. On peut comparer deux thérapies différentes ou alors dans une même intervention jouer avec les paramètres d'intensité qui peuvent être observés par la vitesse par exemple. Une étude a observé l'effet de différentes vitesses (régulières et élevées) de contraction musculaire des extenseurs du genou lors d'un programme de renforcement chez seize enfants distribués en deux groupes (13.9 ± 2.6 et 13.7 ± 4.3 ans) ayant une DMC de niveau I à III au GMFCS (Moreau et coll., 2013). Des répercussions positives supérieures sur la vitesse élevée des contractions musculaires, la performance lors de la marche et la puissance musculaire ont été notées comparativement au programme s'effectuant à vitesse régulière (Moreau et coll., 2013). L'intensité est donc un facteur qui doit être défini précisément, car peut être mesuré par différents paramètres selon l'activité étudiée.

À ce jour, aucune étude n'a tenu un registre du temps en mouvement et des positions prises à cheval. Seule, l'étude de Champagne et Dugas (2010) a compilé le temps en mouvement

sur le cheval auprès d'enfants ayant une trisomie 21, mais la gradation et le temps passé dans chaque position utilisée n'étaient pas détaillés. Ce registre de temps permet de mesurer le niveau d'intensité et le registre des positions informe sur le niveau de difficulté dans l'intervention proposée.

Dans ce protocole, l'effet de l'intervention a pu être bien isolé, car les chercheurs ont demandé au sujet de ne pas poursuivre les autres thérapies et de ne pas débiter d'autres interventions afin de pouvoir attribuer à l'hippothérapie seulement les changements mesurés. Étant donné que le protocole se déroulait l'été, ces conditions ont été facilement respectées par les sujets, car cela coïncidait avec la période de vacances des différents intervenants.

Dans cette recherche, une préoccupation particulière a été portée à la validité interne et de la validité externe de l'étude. La validité interne réfère à la fiabilité ou à la certitude des conclusions de l'étude, alors que la validité externe renvoie à la possibilité de généraliser les résultats à d'autres populations et contextes que ceux de l'étude (Côté et coll., 2005) qui sont discutés dans les prochaines sections.

5.4.1 Validité interne

Plusieurs précautions ont été prises dans le but de favoriser une bonne validité interne. Premièrement, le choix d'instruments de mesure possédant des propriétés psychométriques reconnues pour évaluer les variables cliniques dans cette étude constitue une force. L'utilisation d'instruments de mesure valides et fidèles en recherche est d'ailleurs fortement recommandée afin de protéger la validité interne de l'étude (Côté et coll., 2005). La motricité globale mesurée le GMFM-88 et le BOT2-SF sont reconnus comme étant des instruments d'évaluation fidèles et valides avec la population d'enfants ayant une DMC. La stabilité posturale était mesurée par des instruments (modules inertiels et PF) ayant une bonne précision, mais aussi une bonne fidélité. Par ailleurs, pour éviter les fluctuations intramodules, les modules inertiels ont été identifiés afin de les positionner toujours au même endroit et dans la même orientation. Par conséquent, afin d'éviter les biais liés à une

seule méthode, nous avons opté pour une procédure avec plusieurs mesures colligées de façon à nous permettre d'appuyer notre analyse avec plusieurs sources de données.

De plus, la qualité des mesures obtenues en laboratoire a été assurée par une étude pilote incluant six semaines d'intervention avec un sujet ayant une diplégie pour permettre de standardiser nos mesures d'évaluation. Les variables biomécaniques enregistrées en laboratoire et dans un manège sur le cheval étaient sous la supervision d'ingénieurs présents pour toutes les étapes. Ces derniers s'assuraient de la bonne marche des appareils et de leur calibration pour les tâches du projet pilote et du projet de recherche.

Et finalement, aucune perte de sujets n'est survenue dans cette étude, car l'attrait du cheval pour les enfants était évident et leur permettait de s'investir plus longtemps dans leur programme de réadaptation. Une grande majorité des enfants qui ont participé à ce protocole de recherche ont continué à faire de l'hippothérapie ou de l'équitation thérapeutique après la fin de l'intervention. Les parents ont rapporté de façon anecdotique plusieurs facettes de la vie de leur enfant qui se sont améliorées en cours d'intervention et qu'ils reliaient à la pratique de l'hippothérapie. Par exemple, leur enfant pouvait maintenant monter les marches alternées sans le support de la rampe d'escalier, utiliser une balançoire, faire du vélo ou encore avoir un meilleur équilibre qui leur fournissait la confiance nécessaire pour participer au spectacle de danse de leur école. Cette intervention contribue donc selon la vision des parents à augmenter la participation sociale de leur enfant en diminuant les problèmes qu'une personne peut rencontrer pour participer à une situation réelle.

L'hippothérapie n'est pas perçue par les enfants comme des séances traditionnelles d'intervention, mais comme une activité équestre à saveur de voltige dans laquelle ils font des jeux avec un style légèrement acrobatique rappelant le cirque. On ne réussirait pas à faire exécuter autant de contractions musculaires pour une même période de temps aux enfants dans un cadre de thérapie traditionnelle. L'effet de l'hippothérapie est camouflé pour l'enfant et cible précisément le travail musculaire et la stimulation des réactions posturales.

5.4.2 Validité externe

Une autre force de cette étude est l'homogénéité relative (GMFCS niveau I et II) de l'échantillon des sujets au niveau de leur fonctionnement moteur global. Ce choix méthodologique nous permet de dégager une compréhension riche et approfondie pour un groupe donné d'enfants ayant une DMC, mais qui sont autonomes dans leur déplacement à pieds. Nous pouvons ainsi généraliser les résultats de notre étude à des d'enfants ayant une DMC légère, ambulants et circulant sans auxiliaire de déplacement. Les effets de l'hippothérapie dégagés pour ce groupe d'individus permettent aux thérapeutes œuvrant avec ces enfants de mieux cerner le potentiel de réadaptation et d'adapter ainsi leur plan d'intervention individualisé. Beaucoup de recherches avec les enfants ayant une DMC incluent plusieurs voire même tous les niveaux du GMFCS ce qui limite la compréhension des mécanismes d'action de l'hippothérapie selon les différentes atteintes des enfants. Le niveau fonctionnel est très différent entre un enfant ayant une DMC de niveau I ambulant et un de niveau V en fauteuil roulant motorisé pour les inclure dans un même protocole de recherche. En général, les données issues des méta-analyses et des revues systématiques actuelles suggèrent une tendance vers l'amélioration des capacités fonctionnelles et du contrôle postural, mais peinent à montrer des résultats à cause de la variabilité des données. Les futures recherches devraient inclure des populations mieux ciblées soit en fonction d'une seule échelle sélectionnée au GMFCS ou minimalement de niveaux de fonctionnement assez similaires comme au niveau I et II ou encore IV et V seulement.

5.5 Limites de l'étude

Premièrement, le type de recherche proposé était un obstacle pour plusieurs parents à la participation de leur enfant en raison des 14 déplacements nécessaires pour recevoir l'intervention en hippothérapie qui se tenait au manège équestre de Sorel et aux quatre visites d'évaluation au laboratoire de posture du CRDV-IUGS de Sherbrooke. Il était malheureusement impossible d'avoir deux sites qui offraient l'hippothérapie en raison de la rareté des chevaux dressés et des équipes formées pour ce genre d'intervention. Tous les enfants qui ont participé ont terminé l'étude ce qui confirme leur grande motivation.

Toutefois, cette grande motivation des parents et des enfants a pu créer un biais de l'intervention lié à la nouveauté surestimant l'effet de l'intervention et un biais lié au volontariat affectant la représentativité des enfants par rapport à la population dont ils sont issus.

Deuxièmement, notre échantillon n'était pas homogène, car il contenait six sujets hémiparétiques et sept diparétiques, dont dix du niveau I et trois du niveau II au GMFCS. Conséquemment, les conclusions peuvent s'appliquer à des enfants ambulants de niveau I et II, mais pas de façon précise aux enfants hémiparétiques ou diparétiques ni aux enfants de niveau I ou II. À part les études de cas comme celle de Hammil et coll. (2007) qui s'est intéressée à trois enfants tétraparétiques du niveau V au GMFCS, aucune étude faite en hippothérapie avec les enfants ayant une DMC ne s'est faite sur un seul niveau ou avec un seul type. Une seule autre étude (Kwon et coll., 2011) a utilisé seulement le niveau I et II dans ses critères d'inclusion, mais le type de catégorie de DMC est pas clair, car la DMC devait être spastique et bilatérale ce qui s'applique autant aux enfants diparétiques que tétraparétiques. Toutefois, comme déjà mentionnés, les enfants du niveau I et II ont la même particularité qui est d'être ambulants sans auxiliaire de déplacement et nous pouvons donc généraliser à ces enfants.

Troisièmement, le temps passé en mouvement à cheval n'est pas de 100% et toutes les positions n'ont pas été utilisées également. Toutefois, il est important que l'intervention soit individualisée pour s'adapter aux contraintes et goûts de chaque enfant. De plus, les positions étaient un choix subjectif du thérapeute pour maintenir le niveau de difficulté et d'intensité dans l'intervention, car les critères de temps n'étaient pas prédéterminés et découlaient d'une évaluation globale de la performance. Les positions utilisées étaient donc sélectionnées en fonction des réponses motrices et posturales de chaque enfant et le respect de ses goûts ce qui rend par contre impossible une reproductibilité parfaite de notre étude.

Finalement, la difficulté de recrutement a été l'élément qui semble avoir le plus influencé les résultats de notre étude. Celui-ci aurait peut être pu être amélioré par l'utilisation d'un simulateur au lieu d'une thérapie dans un manège qui demande temps, énergie pour les

parents. Un simulateur s'opère à coûts humains et monétaires moindres qu'avec un cheval réel et demande moins de temps de déplacement pour la famille. Une future étude pourrait tester la différence d'un même type d'intervention (posture, fréquence, intensité) réalisée avec un simulateur comparé à une intervention avec le cheval ou encore comparer des simulateurs entre eux pour identifier le niveau de stimulation optimale pour améliorer le contrôle postural.

5.5.1 Validité interne

Bien que des efforts aient été faits pour limiter les biais, cette étude possède tout de même certaines limites qui peuvent nuire à la validité interne de notre étude. La plus grande limitation présente dans cette étude est liée au petit échantillon. Malgré tous nos efforts pour trouver des participants, il a été impossible de recruter un nombre suffisant de participants pour atteindre une puissance statistique de 0,8, car 20 sujets auraient été requis pour un seuil de significativité établi à 0,05. Conséquemment, la faible puissance statistique et la petitesse de l'échantillon peuvent entraîner des erreurs de type I ou II. De plus des erreurs de type II sont possibles, car, l'échantillon de sujets recrutés n'est peut-être pas représentatif de la population des enfants ayant une DMC de niveau GMFCS de niveau I et II. Le choix d'un seul niveau et d'une seule catégorie d'enfants aurait été préférable.

Les prochaines études devraient recruter un échantillon représentatif d'un groupe homogène c'est-à-dire du même niveau à l'échelle du GMFCS et du même type d'atteinte afin de pouvoir tirer des conclusions généralisables pour une catégorie d'enfants ayant une DMC d'une même atteinte et permettre aux chercheurs de dégager des données probantes d'enfants hémiplegiques ou diplegiques d'un même niveau et aux cliniciens de mieux cibler les objectifs thérapeutiques en lien avec les atteintes et le niveau du GMFCS. Un nouvel instrument de mesure appelé le Challenge Module (Wilson et coll., 2011) sera bientôt disponible pour évaluer spécifiquement ce niveau et pourrait être envisagé par les futurs chercheurs lorsque les étapes de fidélités seront complétées (Glazebrook et Wright, 2014). Ainsi, puisque cet outil a été conçu pour des enfants ayant un niveau moteur supérieur, il

pourra probablement faire ressortir une amélioration de la fonction motrice au niveau des déplacements moins fréquents dans le quotidien tels que marcher à reculons sur une ligne.

La prise de mesure de base à trois semaines d'intervalle avant le début de l'étude peut avoir contribué à créer un effet de séquence incluant un biais d'apprentissage du protocole et modifier le niveau de réponse des sujets (Laurencelle, 2005) influençant les résultats obtenus avec les différentes évaluations standardisées.

L'absence d'assignation aléatoire des sujets affaiblit également le protocole, car le biais de maturation a le potentiel d'exister même si chaque sujet était son propre contrôle, car le protocole s'échelonnait sur une durée de 23 semaines. Le biais de volontariat est aussi présent puisque le recrutement des sujets s'est fait sur une base volontaire et le type de sujets recrutés n'est peut-être pas représentatif de la population dont ils sont issus. En effet, il est possible que les enfants qui ont répondu à l'appel soient ceux qui pouvaient le plus bénéficier de ce type d'intervention ou encore qui étaient déjà très actifs dans leur vie comparativement aux autres enfants possédant les mêmes atteintes motrices. Par contre, puisque ces enfants étaient très motivés à participer nous n'avons pas eu d'abandon, mais le biais lié au volontariat peut les rendre différents de ceux qui n'ont pas participé au projet et peut possiblement s'appliquer.

L'hippothérapie est une intervention qui ne peut pas être reproduite de façon exacte, mais, ce protocole est celui qui décrit et chronomètre chacune des positions jusqu'à maintenant permettant ainsi de reproduire grossièrement une session. Même s'il y avait un souci de standardisation des postures imposées lors des activités en raison du niveau fonctionnel assez semblable d'enfants recrutés, la description insuffisante des activités faites dans chaque position rend aussi difficile une reproduction parfaite du protocole.

De plus, dans notre étude, le chercheur principal était le thérapeute qui concevait et exécutait les interventions en hippothérapie et l'évaluateur des données cliniques n'était pas aveugle aux différents temps de mesure. Ces arrangements créaient des biais liés à l'expérimentateur et constituaient des obstacles à la validité interne de ce protocole. Les

sujets pouvaient également se comporter différemment lorsqu'ils se savaient évalués ce qui peut également modifier les résultats obtenus.

De plus, aucune étude à ce jour n'a comparé les effets de l'hippothérapie traditionnelle à une intervention conventionnelle en réadaptation (ergothérapie, physiothérapie ou orthophonie), car l'hippothérapie a toujours été vue comme étant complémentaire seulement. Une étude clinique randomisée avec un groupe contrôle conventionnel en réadaptation (pour chaque type de professionnel de la réadaptation) pourrait être réalisée dans le future pour statuer sur l'efficacité de cette approche par rapport à l'intervention traditionnelle.

CHAPITRE 6: CONCLUSIONS

Cette recherche avait émis plusieurs hypothèses. L'hypothèse principale était que l'hippothérapie améliore la stabilité posturale, la motricité globale et fine, et le déplacement des MS et, que ces acquis se maintiendraient au moins 10 semaines après la fin de l'intervention. Nos résultats cliniques et biomécaniques suggèrent que l'hippothérapie a un effet au niveau de l'amélioration de la motricité globale et fine et de la stabilité posturale debout. Nous espérons aussi observer l'apparition d'une stratégie plus dissociée au niveau du contrôle postural sur le cheval, mais la stratégie en bloc était toujours présente après 10 semaines d'intervention. Par contre, une rapidité d'adaptation accrue était indicatrice d'un contrôle moteur bonifié probablement lié à une meilleure anticipation de la perturbation. Finalement, nous avons confirmé l'hypothèse que les changements significatifs observés se maintiendraient 10 semaines après la fin de l'intervention.

6.1 Retombées cliniques

Ce projet de recherche présente des retombées intéressantes, tant du point de vue clinique, en réadaptation pédiatrique traditionnelle qu'en réadaptation utilisant l'hippothérapie. Pour les thérapeutes en réadaptation pédiatrique, une sensibilisation doit être faite sur l'importance d'observer l'intensité dans une session d'intervention pour induire des changements. En effet, l'amélioration de la force chez les enfants de notre étude permet de soutenir l'utilisation de l'hippothérapie comme programme d'entraînement utilisant le déplacement du poids du corps si un certain niveau d'intensité est maintenu. Lors d'une session d'hippothérapie, les enfants étaient presque toujours en mouvement (77%), soulignant l'importance d'offrir une intensité élevée dans un programme gradué pour induire des changements significatifs et durables dans le temps. De plus, l'hippothérapie, par son action sur l'entraînement de la force musculaire et l'équilibre, engendre une stabilité posturale accrue en direction M\L qui pourrait avoir un effet sur un meilleur contrôle de la main dans des activités de motricité fine. Il faut toutefois être conscient de l'importance de minimiser les arrêts de façon à maximiser l'intensité et ainsi favoriser la production de résultats qui se maintiennent dans le temps.

Pour les thérapeutes utilisant l'hippothérapie comme complément à l'intervention traditionnelle, une sensibilisation doit être faite à l'effet qu'il est possible de travailler dans des positions debout très instables (debout dans les étriers) avec l'enfant ayant une DMC légère dès la cinquième semaine d'intervention. Les prochaines études pourraient observer l'effet des accompagnateurs en hippothérapie. Le temps et la forme de support offerts par les accompagnateurs seraient notés pour déterminer si cela influence positivement ou négativement l'amélioration du contrôle postural de l'enfant.

Et finalement, les thérapeutes réalisant des recherches en hippothérapie devraient toujours inclure une description détaillée du protocole d'intervention incluant la description de la position imposée dans les différentes activités, du support offert par les accompagnateurs, le temps passé sur le cheval en mouvement et, la sélection et l'ordre des positions prises à cheval afin de faciliter la compréhension et l'analyse des interventions faites et permettre la reproductibilité la plus fidèle possible de leur intervention.

REMERCIEMENTS

À la fin de cette expérience d'apprentissage et de vie, je tiens à remercier, tous ceux qui m'ont soutenu durant cette aventure inoubliable. Premièrement, les chevaux et les enfants ayant une DMC qui m'ont inspiré ce projet de thèse doctorale. Merci à toi Tommy qui m'a donné l'idée de ce projet et à Joey, cheval bienveillant qui a fait partie de tous mes projets de recherche. Merci à Mme Éliane Trempe et son équipe de bénévoles du Centre d'apprentissage en thérapie équine qui m'accompagnent depuis mes débuts en hippothérapie et dans tous mes projets de recherche universitaire. Merci à la Horses and Humans Research Foundation pour avoir soutenu financièrement ce projet.

Deuxièmement, j'aimerais exprimer ma très profonde gratitude à ma directrice de doctorat, Mme Hélène Corriveau, qui m'a tellement fait évoluer grâce à ses connaissances en recherche, sa rigueur, sa curiosité et son ouverture d'esprit qui lui a permis d'accepter de participer à ce projet novateur. Sans vous, Mme Corriveau, ce projet n'aurait jamais eu l'ampleur qu'il a aujourd'hui. Merci de m'avoir continuellement obligée à me dépasser et d'avoir su, même à distance, m'encourager au bon moment. Je tiens aussi à remercier M. Claude Dugas qui m'accompagne depuis ma maîtrise et qui est mon codirecteur dans ce doctorat. Sa sagesse, son expérience et ses connaissances en recherche de m'ont permis d'évoluer comme personne et future chercheuse.

Et finalement, mes derniers remerciements s'adressent aux personnes les plus importantes de ma vie; mon époux Daniel, qui me supporte toujours dans la réalisation de mes rêves, et mes trois enfants que j'adore.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Abel MF, Damiano DL, Blanco JS, et coll. (2003). Relationships among musculoskeletal impairments and functional health status in ambulatory cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 23(4): 535.
- AHA. (2006). Treatment principles, Level 2, Clinical problem solving.
- Alewijnse JV, Smeulders M, Kreulen M. (2015). Short-term and Long-term Clinical Results of the Surgical Correction of Thumb-in-Palm Deformity in Patients With Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics*.
- Alotaibi M, Long T, Kennedy E, Bavishi S. (2014). The efficacy of GMFM-88 and GMFM-66 to detect changes in gross motor function in children with cerebral palsy (CP): a literature review. *Disability And Rehabilitation*, 36(8): 617-627.
- Alricsson M, Harms-Ringdahl K, Werner S. (2001). Reliability of sports related functional tests with emphasis on speed and agility in young athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(4): 229-232.
- Alshryda S, Wright J. (2014). Hip Dislocation and Subluxation in Cerebral Palsy *Classic Papers in Orthopaedics* (pp. 579-580): Springer.
- American Hippotherapy Association. (2005). Hippotherapy treatment principles level one.
- Arene N, Hidler J. (2009). Understanding Motor Impairment in the Paretic Lower Limb After a Stroke: A Review of the Literature. *Topics in stroke rehabilitation*, 16(5): 346-356.
- Arnould C, Bleyenheuft Y, Thonnard J-L. (2014). Hand functioning in children with cerebral palsy. *Frontiers in neurology*, 5.
- Aruin AS. (2002). The Organization of Anticipatory Postural Adjustment. *Journal of Automatic Control*, 12: 31-37.
- Assaiante C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 22(4): 527-532.
- Assaiante C, Amblard B. (1995). An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science*, 14(1): 13-43.
- Assaiante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plasticity*, 12(2-3): 109.
- Assaiante C, McKinley PA, Amblard B. (1997). Head-trunk coordination during hops using one or two feet in children and adults. *Journal of Vestibular Research*, 7(2-3): 145-160.
- Assaiante C, Woollacott M, Amblard B. (2000). Development of postural adjustment during gait initiation: kinematic and EMG analysis. *Journal of Motor Behavior*, 32(3): 211-226.
- Ayres AJ. (1979). *Sensory integration & the child*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Baker L. (1997). Riding with spina bifida: medical considerations for therapeutic riding. *Strides*, 3(3): 24-25.
- Bania TA, Dodd KJ, Baker RJ, Kerr GH, Taylor NF. (2015). The effects of progressive resistance training on daily physical activity in young people with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *Disability And Rehabilitation*(ahead-of-print): 1-7.

- Barrett RS, Barber L. (2013). Impaired muscle growth in spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(3): 202-202.
- Barrett RS, Lichtwark GA. (2010). Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(9): 794-804.
- Barton GJ, Hawken MB, Foster RJ, Holmes G, Butler PB. (2013). The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation*, 10(1): 15.
- Bass MM, Duchowny CA, Llabre MM. (2009). The effect of therapeutic horseback riding on social functioning in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(9): 1261-1267.
- Beckung E, Hagberg G. (2002). Neuroimpairments, activity limitations, and participation restrictions in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 44(05): 309-316.
- Benda W, McGibbon N, Grant K. (2003). Improvements in muscle symmetry in children with cerebral palsy after equine-assisted therapy (hippotherapy). *The Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 9(6): 817-825.
- Benini R, Shevell MI. (2012). Updates in the treatment of spasticity associated with cerebral palsy. *Current treatment options in neurology*, 14(6): 650-659.
- Benvenuti F, Mecacci R, Gineprari I, et coll. (1999). Kinematic characteristics of standing disequilibrium: reliability and validity of a posturographic protocol. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80(3): 278-287.
- Bertenthal B, Von Hofsten C. (1998). Eye, Head and Trunk Control: The Foundation for Manual Development1. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4): 515-520.
- Berthier NE, Clifton RK, McCall DD, Robin DJ. (1999). Proximodistal structure of early reaching in human infants. *Experimental Brain Research*, 127(3): 259-269.
- Berthier NE, Keen R. (2006). Development of reaching in infancy. *Experimental Brain Research*, 169(4): 507-518.
- Biery M, Kauffman N. (1989). The effects of therapeutic horseback riding on balance. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 6(3): 221-229.
- Bjornson K, Graubert C, Buford V, McLaughlin J. (1998). Validity of the Gross Motor Function Measure. *Pediatric Physical Therapy*, 10(2): 43.
- Bloxham L, Bell G, Bhambhani Y, Steadward R. (2001). Time motion analysis and physiological profile of Canadian world cup wheelchair basketball players. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 10(3): 183-198.
- Bobath B. (1963). A neuro-developmental treatment of cerebral palsy. *Physiotherapy*, 49: 242-244.
- Bobath K. (1980). *A Neurophysiological Basis for the Treatment of Cerebral Palsy*: Cambridge University Press.
- Bonnechère B, Omelina L, Jansen B, Van Sint Jan S. (2015). Balance improvement after physical therapy training using specially developed serious games for cerebral palsy children: preliminary results. *Disability And Rehabilitation*: 1-4.
- Boonyong S, Siu K-C, van Donkelaar P, Chou L-S, Woollacott MH. (2012). Development of postural control during gait in typically developing children: The effects of dual-task conditions. *Gait & Posture*, 35(3): 428-434.

- Borges MBS, Werneck MJdS, Silva MdLd, Gandolfi L, Pratesi R. (2011). Therapeutic effects of a horse riding simulator in children with cerebral palsy. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 69(5): 799-804.
- Boyd R, Graham HK. (1997). Botulinum toxin A in the management of children with cerebral palsy: indications and outcome. *European Journal of Neurology*, 4(2): 15-22.
- Brændvik SM, Roeleveld K. (2012). The role of co-activation in strength and force modulation in the elbow of children with unilateral cerebral palsy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1): 137-144.
- Brogren E, Forssberg H, Hadders-Algra M. (2001). Influence of two different sitting positions on postural adjustments in children with spastic diplegia. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 43(08): 534-546.
- Brogren E, Hadders-Algra M, Forssberg H. (1996). Postural control in children with spastic diplegia: muscle activity during perturbations in sitting. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38(5): 379-388.
- Brogren E, Hadders-Algra M, Forssberg H. (1998). Postural control in sitting children with cerebral palsy. *Neuroscience And Biobehavioral Reviews*, 22(4): 591-596.
- Bronson C, Brewerton K, Ong J, Palanca C, Sullivan SJ. Does hippotherapy improve balance in persons with multiple sclerosis: a systematic review. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(3): 347-353.
- Brown J, Rensburg Fv, Lakie GWM, Wrigh G. (1987). A neurological study of hand function of hemiplegic children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 29(3): 287-304.
- Bruininks RH, Bruininks BD. (2005). *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency*. Minneapolis: Pearson Assessment.
- Brunelle J, Toussignant M. (1988). *La supervision de l'interaction en activité physique*. Montréal.
- Bunata R, Icenogle K. (2014). Cerebral Palsy of the Elbow and Forearm. *The Journal of hand surgery*, 39(7): 1425-1432.
- Burtner P, Qualls C, Woollacott M. (1998). Muscle activation characteristics of stance balance control in children with spastic cerebral palsy. *Gait & Posture*, 8(3): 163-174.
- Burtner P, Woollacott M, Craft G, Roncesvalles M. (2007). The capacity to adapt to changing balance threats: A comparison of children with cerebral palsy and typically developing children. *Developmental Neurorehabilitation*, 10(3): 249-260.
- Butler C, Darrah J. (2001). Effects of neurodevelopmental treatment (NDT) for cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(11): 778-790.
- Canadian Physical Activity Guidelines. (2016). Directives canadiennes en matière d'activité physique et en matière de comportement sédentaire. 2016-01-03, from <http://www.csep.ca/view.asp?ccid=508>.
- Cans C. (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(12): 816-824.
- Carlson SL, Taylor NF, Dodd KJ, Shields N. (2013). Differences in habitual physical activity levels of young people with cerebral palsy and their typically developing peers: a systematic review. *Disability And Rehabilitation*, 35(8): 647-655.

- Carlson EJ, Carlson MG. (2014). Treatment of Swan Neck Deformity in Cerebral Palsy. *The Journal of hand surgery*, 39(4): 768-772.
- Carr JH, Shepherd RB, Ada L. (1995). Spasticity: research findings and implications for intervention. *Physiotherapy*, 81(8): 421-429.
- Casady RL, Nichols-Larsen DS. (2004). The effect of hippotherapy on ten children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 16(3): 165-172.
- Champagne D, Dugas C. (2010). Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: case reports. *Physiotherapy Theory and Practice*, 26(8): 564-571.
- Chang JJ, Wu TI, Wu WL, Su FC. (2005). Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 20(4): 381-388.
- Charles J, Gordon AM. (2006). Development of hand–arm bimanual intensive training (HABIT) for improving bimanual coordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(11): 931-936.
- Cherng RJ, Liao HF, Leung HWC, Hwang AW. (2004). The Effectiveness of Therapeutic Horseback Riding in Children With Spastic Cerebral Palsy. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21(2): 103-121.
- Chrysagis N, Skordilis EK, Stavrou N, Grammatopoulou E, Koutsouki D. (2012). The effect of treadmill training on gross motor function and walking speed in ambulatory adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 91(9): 747-760.
- Clanchy KM, Tweedy SM, Boyd R. (2011). Measurement of habitual physical activity performance in adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(6): 499-505.
- Colver A, Rapp M, Eisemann N, et coll. (2014). Self-reported quality of life of adolescents with cerebral palsy: a cross-sectional and longitudinal analysis. *The Lancet*, 385: 705-716.
- Connell LA, McMahon NE, Simpson LA, Watkins CL, Eng JJ. (2014). Investigating measures of intensity during a structured upper limb exercise program in stroke rehabilitation: An exploratory study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(12): 2410-2419.
- Corriveau H, Hébert R, Prince F, Raïche M. (2000). Intrasession reliability of the “center of pressure minus center of mass” variable of postural control in the healthy elderly. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(1): 45-48.
- Corriveau H, Hébert R, Prince F, Raïche M. (2001). Postural control in the elderly: an analysis of test-retest and interrater reliability of the COP-COM variable. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(1): 80-85.
- Côté J, Filion F, Fortin F. (2005). *Fondements et étapes du processus de recherche*: Montréal: Chenelière Education.
- Cullen KE. (2012). The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in neurosciences*, 35(3): 185-196.
- Damiano D, Quinlivan J, Owen B, Shaffrey M, Abel M. (2001a). Spasticity versus strength in cerebral palsy: relationships among involuntary resistance, voluntary torque, and motor function. *European Journal of Neurology*, 8: 40-49.
- Damiano DL. (2006). Activity, activity, activity: rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Physical Therapy*, 86(11): 1534.

- Damiano DL, Abel MF. (1998). Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(2): 119-125.
- Damiano DL, Martellotta TL, Quinlivan JM, Abel MF. (2001b). Deficits in eccentric versus concentric torque in children with spastic cerebral palsy. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(1): 117-122.
- Damiano DL, Vaughan CL, Abel ME. (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 37(8): 731-739.
- Davids JR, Bagley AM. (2014). Identification of common gait disruption patterns in children with cerebral palsy. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22(12): 782-790.
- Davids JR, Oeffinger DJ, Bagley AM, Sison-Williamson M, Gorton G. (2014). Relationship of Strength, Weight, Age, and Function in Ambulatory Children With Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, 35(5): 523-529.
- Davis E, Davies B, Wolfe R, et coll. (2009). A randomized controlled trial of the impact of therapeutic horse riding on the quality of life, health, and function of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(2): 111-119.
- de Araújo TB, de Oliveira RJ, Martins WR, et coll. (2013). Effects of hippotherapy on mobility, strength and balance in elderly. *Archives of gerontology and geriatrics*, 56(3): 478-481.
- Debuse D, Gibb C, Chandler C. (2009). Effects of hippotherapy on people with cerebral palsy from the users' perspective: A qualitative study. *Physiotherapy Theory & Practice*, 25(3): 174-192.
- Deitz JC, Kartin D, Kopp K. (2007). Review of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 27(4): 87-102.
- Delignières D, Teulier C, Nourrit D. (2009). L'apprentissage des habiletés motrices complexes: des coordinations spontanées à la coordination experte. *Bulletin de psychologie*(4): 327-334.
- Dewar R, Love S, Johnston LM. (2014). Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(6): 504-520.
- Dimitrijević L, Aleksandrović M, Madić D, et coll. (2012). The effect of aquatic intervention on the gross motor function and aquatic skills in children with cerebral palsy. *Journal of human kinetics*, 32: 167-174.
- Dodd K, Taylor N, Damiano D. (2002). A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(8): 1157-1164.
- Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. (2003). A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45(10): 652-657.
- Domellof E, Rosblad B, Ronnqvist L. (2009). Impairment severity selectively affects the control of proximal and distal components of reaching movements in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 51(10): 807-816.
- Duarte M, Freitas SM. (2010). Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Brazilian journal of physical therapy*, 14(3): 183-192.

- Dy CJ, Pean CA, Hearn KA, et coll. (2013). Long-term results following surgical treatment of elbow deformity in patients with cerebral palsy. *The Journal of hand surgery*, 38(12): 2432-2436.
- Eek MN, Beckung E. (2008). Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait & Posture*, 28(3): 366-371.
- Eken MM, Houdijk H, Doorenbosch CA, et coll. (2016). Relations between muscle endurance and subjectively reported fatigue, walking capacity, and participation in mildly affected adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*.
- El-Meniawy GH, Thabet NS. (2012). Modulation of back geometry in children with spastic diplegic cerebral palsy via hippotherapy training. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 13(1): 63-71.
- Elder GCB, Kirk J, Stewart G, et coll. (2003). Contributing factors to muscle weakness in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45(08): 542-550.
- Eliasson A-C, Forssberg H, Hung Y-C, Gordon AM. (2006). Development of hand function and precision grip control in individuals with cerebral palsy: a 13-year follow-up study. *Pediatrics*, 118(4): e1226-e1236.
- Encheff JL. (2006). Comparaison of muscular activity of the trunk and lower extremity muscles during normal ambulation versus horseback riding. *Pediatric Physical Therapy*, 18(1): 89-90.
- Encheff JL. (2008). *Kinematic gait analysis of children with neurological impairments pre and post hippotherapy intervention*. Unpublished Ph.D., University of Toledo.
- Encheff JL, Armstrong C, Masterson M, Fox C, Gribble P. (2012). Hippotherapy effects on trunk, pelvic, and hip motion during ambulation in children with neurological impairments. *Pediatric Physical Therapy*, 24(3): 242-250.
- Engel BT. (2001a). Definition of terms in hippotherapy, therapeutic riding and dressage *Therapeutic Riding 1 : Strategies for instruction* (Vol. 1, pp. 44-45). Denver, CO: Barbara Engel Therapy Services.
- Engel BT. (2001b). Therapeutic riding: Its benefits, professions and divisions *Therapeutic Riding 1 : Strategies for instruction* (Vol. 1, pp. 19). Denver, CO: Barbara Engel Therapy Services.
- Engel BT, MacKinnon JR (Eds.). (2007). *Enhancing Human Occupation Through Hippotherapy: A Guide for Occupational Therapy*. Bethesda.
- Engsberg JR, Ross SA, Collins DR. (2006). Increasing ankle strength to improve gait and function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatric Physical Therapy*, 18(4): 266-275.
- Erdman EA, Pierce SR. (2016). Use of Hippotherapy With a Boy After Traumatic Brain Injury: A Case Study. *Pediatric Physical Therapy*, 28(1): 109-116.
- Famose JP. (1990). *L'acquisition des habiletés motrices*. Paris: Revue EPS.
- Fedrizzi E, Pagliano E, Andreucci E, Oleari G. (2003). Hand function in children with hemiplegic cerebral palsy: prospective follow-up and functional outcome in adolescence. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 45(02): 85-91.
- Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, Wertsch JJ. (2002). Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 17(3): 203-210.

- Fernandes L, Chitra J, Metgud D, SM K. (2008). Effectiveness of artificial horse riding on postural control in spastic diplegics-RCT. *Indian Journal of*, 2(4): 36.
- Firth GB, Passmore E, Sangeux M, et coll. (2013). Multilevel surgery for equinus gait in children with spastic diplegic cerebral palsy. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 95(10): 931-938.
- Fitzpatrick JC. (1997). Hippotherapy and Therapeutic Riding. *Companion animals in human health*: 41.
- Flett P. (2003). Rehabilitation of spasticity and related problems in childhood cerebral palsy. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 39(1): 6-14.
- Forsberg H, Eliasson AC, Kinoshita H, Johansson RS, Westling G. (1991). Development of human precision grip. I: Basic coordination of force. *Experimental Brain Research*, 85(2): 451-457.
- Forsberg H, Hirschfeld H. (1994). Postural adjustments in sitting humans following external perturbations: muscle activity and kinematics. *Experimental Brain Research*, 97(3): 515-527.
- Fowler EG, Kolobe TH, Damiano DL, et coll. (2007a). Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Physical Therapy*, 87(11): 1495-1510.
- Fowler EG, Kolobe TH, Damiano DL, et coll. (2007b). Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Physical Therapy*, 87(11): 1495-1510.
- Frank A, McCloskey S, Dole RL. (2011). Effect of hippotherapy on perceived self-competence and participation in a child with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 23(3): 301-308.
- Franki I, Desloovere K, De Cat J, et coll. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(5): 385-395.
- Gabriele TE, Hall CR, Buckolz EE. (1987). Practice schedule effects on the acquisition and retention of a motor skill. *Human Movement Science*, 6(1): 1-16.
- Gagné J. (2008). La motricité globale d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité. [Mémoire de Maîtrise]. *Université du Québec à Montréal*.
- Gardiner R. (1996). The pathophysiology and clinical implications of neuromuscular changes following cerebrovascular accident. *Australian Journal of Physiotherapy*, 42(2): 139-147.
- Garg S, Engelman G, Yoshihara H, McNair B, Chang F. (2013). The Relationship of Gross Motor Functional Classification Scale Level and Hip Dysplasia on the Pattern and Progression of Scoliosis in Children With Cerebral Palsy. *Spine Deformity*, 1(4): 266-271.
- Garner BA, Rigby BR. (2015). Human pelvis motions when walking and when riding a therapeutic horse. *Human Movement Science*, 39: 121-137.
- Giagazoglou P, Arabatzi F, Dipla K, Liga M, Kellis E. (2012). Effect of a hippotherapy intervention program on static balance and strength in adolescents with intellectual disabilities. *Research In Developmental Disabilities*, 33(6): 2265-2270.

- Glazebrook CM, Wright FV. (2014). Measuring advanced motor skills in children with cerebral palsy: Further development of the challenge module. *Pediatric Physical Therapy*, 26(2): 201-213.
- Goldmann T, Vilimek M. (2012). Kinematics of human spine during hippotherapy. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 15(sup1): 203-205.
- Gordon AM, Duff SV. (1999). Relation between clinical measures and fine manipulative control in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 41(9): 586-591.
- Graham H. (2001). Botulinum toxin type A management of spasticity in the context of orthopaedic surgery for children with spastic cerebral palsy. *European Journal of Neurology*, 8: 30-39.
- Graham HK, Selber P. (2003). Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume*, 85(2): 157.
- Granados AC, Agís IF. (2011). Why Children With Special Needs Feel Better with Hippotherapy Sessions: A Conceptual Review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 17(3): 191-197.
- Hadders-Algra M. (2005). Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural Plasticity*, 12(2-3): 99-108.
- Hadders-Algra M, Brogren E, Forssberg H. (1996). Ontogeny of postural adjustments during sitting in infancy: variation, selection and modulation. *The Journal of Physiology*, 493(1): 273-288.
- Hadders-Algra M, Carlberg E. (2008). *Postural control: a key issue in developmental disorders*: Mac Keith Press.
- Hadders-Algra M, Nieuwendijk AW, Maitijn A, Eykern LA. (1997). Assessment of general movements: towards a better understanding of a sensitive method to evaluate brain function in young infants. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(2): 88-98.
- Haehl V. (1999). Influence of hippotherapy on the kinematics and functional performance of two children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 11: 89-101.
- Hakanson M, Möller M, Lindström I, Mattsson B. (2009). The horse as the healer—A study of riding in patients with back pain. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 13(1): 43-52.
- Hale L, Williams K, Ashton C, et coll. (2007). Reliability of RT3 accelerometer for measuring mobility in people with multiple sclerosis: Pilot study. *J Rehabil Res Dev*, 44(4): 619-628.
- Hale LA, Pal J, Becker I. (2008). Measuring Free-Living Physical Activity in Adults With and Without Neurologic Dysfunction With a Triaxial Accelerometer. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(9): 1765-1771.
- Hamill D, Washington K, White O. (2007). The Effect of Hippotherapy on Postural Control in Sitting for Children with Cerebral Palsy. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 27(4): 23-42.
- Han JY, Kim JM, Kim SK, et coll. (2012). Therapeutic effects of mechanical horseback riding on gait and balance ability in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*, 36(6): 762-769.
- Han S. (2010). Measuring displacement signal with an accelerometer. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24(6): 1329-1335.

- Hanakova L, Socha V, Schlenker J, Cakrt O, Kutilek P. (2015). ASSESSMENT OF POSTURAL INSTABILITY IN PATIENTS WITH A NEUROLOGICAL DISORDER USING A TRI-AXIAL ACCELEROMETER. *Acta Polytechnica*, 55(4): 229-236.
- Hankins GD, Speer M. (2003). Defining the pathogenesis and pathophysiology of neonatal encephalopathy and cerebral palsy. *Obstetrics and gynecology*, 102(3): 628-636.
- Harbourne RT, Willett S, Kyvelidou A, Deffeyes J, Stergiou N. (2010). A comparison of interventions for children with cerebral palsy to improve sitting postural control: a clinical trial. *Physical Therapy*, 90(12): 1881-1898.
- Harris SR, Roxborough L. (2005). Efficacy and effectiveness of physical therapy in enhancing postural control in children with cerebral palsy. *Neural Plasticity*, 12(2-3): 229.
- Hemayattalab R, Rostami LR. (2010). Effects of frequency of feedback on the learning of motor skill in individuals with cerebral palsy. *Research In Developmental Disabilities*, 31(1): 212-217.
- Herrero P, Asensio A, García E, et coll. (2010). Study of the therapeutic effects of an advanced hippotherapy simulator in children with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11: 71-71.
- Herrero P, G mez-Trull n EM, Asensio  , et coll. (2012). Study of the therapeutic effects of a hippotherapy simulator in children with cerebral palsy: a stratified single-blind randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26(12): 1105-1113.
- Heyrman L, Desloovere K, Molenaers G, et coll. (2013). Clinical characteristics of impaired trunk control in children with spastic cerebral palsy. *Research In Developmental Disabilities*, 34(1): 327-334.
- Higgins JP, Green S. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Vol. 5): Wiley Online Library.
- Ho J, Wang T-M, Shieh J-Y, et coll. (2014). Pronator Teres Transfer for Forearm and Wrist Deformity in Cerebral Palsy Children. *Journal of pediatric orthopedics*, 35(4): 412-418.
- Holden MK, Todorov E. (2002). Use of virtual environments in motor learning and rehabilitation. *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*, 44: 1-35.
- Horak FB. (1991). *Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation*. Paper presented at the American Physical Therapy Association.
- Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. (1997a). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical Therapy*, 77(5): 517-533.
- Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. (1997b). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical Therapy*, 77(5): 517.
- Horak FB, Nashner LM. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, 55(6): 1369-1381.
- Horvat M. (1987). Effects of a progressive resistance training program on an individual with spastic cerebral palsy. *American Corrective Therapy Journal*, 41(1): 7-11.
- Johnson A. (2002). Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44(09): 633-640.

- Kang H, Jung J, Yu J. (2012). Effects of Hippotherapy on the Sitting Balance of Children with Cerebral Palsy: a Randomized Control Trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(9): 833-836.
- Kavanagh J, Barrett R, Morrison S. (2005a). Age-related differences in head and trunk coordination during walking. *Human Movement Science*, 24(4): 574-587.
- Kavanagh JJ, Menz HB. (2008). Accelerometry: A technique for quantifying movement patterns during walking. *Gait and Posture*, 28(1): 1-15.
- Kavanagh JJ, Morrison S, Barrett RS. (2005b). Coordination of head and trunk accelerations during walking. *European Journal of Applied Physiology*, 94(4): 468-475.
- Kedem P, Scher DM. (2015). Foot deformities in children with cerebral palsy. *Current Opinion in Pediatrics*, 27(1): 67-74.
- Keren O, Reznik J, Groswasser Z. (2001). Combined motor disturbances following severe traumatic brain injury: an integrative long-term treatment approach. *Brain Injury*, 15(7): 633-638.
- Kern JK, Fletcher CL, Garver CR, et coll. (2011). Prospective trial of equine-assisted activities in autism spectrum disorder. *Alternative therapies in health and medicine*, 17(3): 14-20.
- Ketelaar M, Vermeer A, Hart H, van Petegem-van Beek E, Helders PJM. (2001). Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 81(9): 1534.
- King LA, Horak FB. (2009). Delaying mobility disability in people with Parkinson disease using a sensorimotor agility exercise program. *Physical Therapy*, 89(4): 384-393.
- Klejman S, Andrysek J, Dupuis A, Wright V. (2010). Test-retest reliability of discrete gait parameters in children with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(5): 781-787.
- Ko J, Kim M. (2013). Reliability and responsiveness of the gross motor function measure-88 in children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 93(3): 393-400.
- Krägeloh-Mann I. (2015). Grey matter injury in cerebral palsy–pallidum for the role of the predicting severity. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(12): 1089-1090.
- Kramer JF, Ann MacPhail H. (1994). Relationships among measures of walking efficiency, gross motor ability, and isokinetic strength in adolescents with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 6(1): 3.
- Kruse M, Michelsen SI, Flachs EM, et coll. (2009). Lifetime costs of cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(8): 622-628.
- Kuczynski M, Slonka K. (1999). Influence of artificial saddle riding on postural stability in children with cerebral palsy. *Gait and Posture*, 10(2): 154-160.
- Kuhtz-Buschbeck JP, Krumlinde Sundholm L, Eliasson A-C, Forsberg H. (2000). Quantitative assessment of mirror movements in children and adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(11): 728-736.
- Kwon J-Y, Chang HJ, Yi S-H, et coll. (2015). Effect of Hippotherapy on Gross Motor Function in Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*.

- Kwon JY, Chang HJ, Lee JY, et coll. (2011). Effects of Hippotherapy on Gait Parameters in Children With Bilateral Spastic Cerebral Palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(5): 774-779.
- Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. (2004). Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(6): 896-901.
- Lage GM, Ugrinowitsch H, Apolinário-Souza T, et coll. (2015). Repetition and variation in motor practice: A review of neural correlates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 57: 132-141.
- Lakomy A, Krzemińska K, Raniszewska A, Langer D, Hansdorfer-Korzon R. (2015). The Impact of Hippotherapy Integrated with Kinesiology Taping on the Quality of Trunk Stabilisation in Children with Spastic Form of Infantile Cerebral Palsy. *International Journal of Neurorehabilitation*, 2(1): 1000143.
- Lance JW. (1980). *Pathophysiology of spasticity and clinical experience with baclofen*. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Latash ML. (2002). *Bases neurophysiologiques du mouvement: De Boeck Supérieur*.
- Laurencelle L. (2005). *Abrégé sur les méthodes de recherche et la recherche expérimentale*: PUQ.
- Lechner HE, Feldhaus S, Gudmundsen L, et coll. (2003). The short-term effect of hippotherapy on spasticity in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 41: 502-505.
- Lee C-W, Kim SG, Na SS. (2014). The Effects of Hippotherapy and a Horse Riding Simulator on the Balance of Children with Cerebral Palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(3): 423.
- Lee TD, Genovese ED. (1989). Distribution of Practice in Motor Skill Acquisition: Different Effects for Discrete and Continuous Tasks. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1): 59-65.
- Lehrman J, Ross D. (2001). Therapeutic riding for a student with multiple disabilities and visual impairment: a case study. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 95(2): 108-109.
- Leroy-Malherbe V. (1996). L'infirmité motrice cérébrale. *Association des Paralysés de France (eds.), Déficiences Motrices et Handicaps: aspects sociaux, psychologiques, médicaux, techniques et législatifs*: 139-148.
- Levitt S, Sheridan MD. (2010). *Treatment of cerebral palsy and motor delay*: Wiley Online Library.
- Liao HF, Mao PJ, Hwang AW. (2001). Test-retest reliability of balance tests in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(3): 180-186.
- Liao S-F, Yang T-F, Hsu T-C, Chan R-C, Wei T-S. (2003). Differences in seated postural control in children with spastic cerebral palsy and children who are typically developing. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation / Association Of Academic Physiatrists*, 82(8): 622-626.
- Lindsay S, McPherson AC. (2012). Experiences of social exclusion and bullying at school among children and youth with cerebral palsy. *Disability And Rehabilitation*, 34(2): 101-109.
- Liptak G. (2005). Complementary and alternative therapies for cerebral palsy. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(2): 156-163.

- Liu WY, Zaino CA, McCoy SW. (2007). Anticipatory postural adjustments in children with cerebral palsy and children with typical development. *Pediatric Physical Therapy*, 19(3): 188.
- Lohse KR, Lang CE, Boyd LA. (2014). Is more better? Using metadata to explore dose–response relationships in stroke rehabilitation. *Stroke*, 45(7): 2053-2058.
- Longmuir PE, Bar-Or O. (2000). Factors influencing the physical activity levels of youths with physical and sensory disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 17(1): 40-53.
- Love S, Valentine J, Blair E, et coll. (2001). The effect of botulinum toxin type A on the functional ability of the child with spastic hemiplegia a randomized controlled trial. *European Journal of Neurology*, 8(Supp. s5): 50-58.
- Ma'ayan R, Aisenbrey J. (1997). The effects of hippotherapy on gait in a subject with Parkinson's disease. *North American Riding for the Handicapped Association Inc.*, 43: 220-223.
- MacKinnon J, Noh S, Lariviere J, et coll. (1995). A study of therapeutic effects of horseback riding for children with cerebral palsy. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 15(1): 17-34.
- MacPhail HE, Edwards JBS, Golding JBS, et coll. (1998). Trunk postural reactions in children with and without cerebral palsy during therapeutic horseback riding. *Pediatric Physical Therapy*, 10(4): 143-147.
- Magill RA. (2007). *Motor learning and control: Concepts and applications*: McGraw-Hill Boston, MA.
- Maher CA, Williams MT, Olds T, Lane AE. (2007). Physical and sedentary activity in adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(6): 450-457.
- Maltais DB, Wiart L, Fowler E, Verschuren O, Damiano DL. (2014). Health-Related Physical Fitness for Children With Cerebral Palsy. *Journal of Child Neurology*, 29(8): 1091-1100.
- Mancini M, Horak FB, Zampieri C, et coll. (2011). Trunk accelerometry reveals postural instability in untreated Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*, 17(7): 557-562.
- Manikowska F, Jóźwiak M, Idzior M, Chen P, Tarnowski D. (2013). The effect of a hippotherapy session on spatiotemporal parameters of gait in children with cerebral palsy-pilot study. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 15(3): 253-257.
- Massion J. (1997). *Cerveau et motricité*. Paris: Presse Universitaire de France.
- Massion J. (1998). Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4): 465-472.
- Mathie MJ, Coster AC, Lovell NH, Celler BG. (2004). Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement. *Physiological measurement*, 25(2): R1.
- McGibbon B. (2003). Improvements in muscle symmetry in children with cerebral palsy after equine-assisted therapy (hippotherapy). *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 9(6): 817-825.
- McGibbon NH, Andrade CK, Widener G, Cintas HL. (1998). Effect of an equine-movement therapy program on gait, energy expenditure, and motor function in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(11): 754-762.

- McGibbon NH, Benda W, Duncan BR, Silkwood-Sherer D. (2009). Immediate and long-term effects of hippotherapy on symmetry of adductor muscle activity and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(6): 966-974.
- Mesure S. (2012). Processus d'apprentissage moteur et approche rééducative différentielle. *Kinésithérapie, la Revue*, 12(128): 15-22.
- Mirbagheri M, Barbeau H, Ladouceur M, Kearney R. (2001). Intrinsic and reflex stiffness in normal and spastic, spinal cord injured subjects. *Experimental Brain Research*, 141(4): 446-459.
- Misdalia T, Moeliono MA, Idjradinata P. (2013). The Effect of Loaded Sit-to-Stand Exercise with Periodization in Dimension D and E Gross Motor Function Measure Spastic Diplegic Type of Cerebral Palsy. *Journal of the Indonesian Medical Association*, 62(10).
- Mitchell LE, Ziviani J, Boyd RN. (2015). Variability in measuring physical activity in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc*, 47(1): 194-200.
- Mockford M, Caulton JM. (2010). The pathophysiological basis of weakness in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 22(2): 222-233.
- Moe-Nilssen R. (1998). Test-retest reliability of trunk accelerometry during standing and walking. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(11): 1377-1385.
- Moher D, Hopewell S, Schulz KF, et coll. (2010). CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Journal of clinical epidemiology*, 63(8): e1-e37.
- Molenaers G, Calders P, Vanderstraeten G, Himpens E, Van den Broeck P. (2012). The Evidence-base for Conceptual Approaches and Additional Therapies Targeting Lower Limb Function in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review Using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a Framework. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(5): 396-405.
- Moreau NG, Falvo MJ, Damiano DL. (2011). Rapid force generation is impaired in cerebral palsy and is related to decreased muscle size and functional mobility. *Gait & Posture*.
- Moreau NG, Holthaus K, Marlow N. (2013). Differential adaptations of muscle architecture to high-velocity versus traditional strength training in cerebral palsy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(4): 325-334.
- MTx Human motion tracker. (2016). *Xsens Technologies*; Retrieved March, 27th, 2016, from <https://www.xsens.com/products/mtx/>
- Myhr U, Wendt L. (1991). Improvement of functional sitting position for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 33(3): 246-256.
- Myrhaug HT, Østensjø S, Larun L, Odgaard-Jensen J, Jahnsen R. (2014). Intensive training of motor function and functional skills among young children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *BMC pediatrics*, 14(1): 292.
- NARHA. (2011). about NARHA. Retrieved January 15th, 2011, from <http://www.narha.org/about-narha/about-narha>
- Nashner L, Shumway-Cook A, Marin O. (1983). Stance posture control in select groups of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. *Experimental Brain Research*, 49(3): 393-409.
- Neilson P, O'Dwyer N, Nash J. (1990). Control of isometric muscle activity in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 32(9): 778-788.

- Nelson K, Grether J. (1999). Causes of cerebral palsy. *Current Opinion in Pediatrics*, 11(6): 487.
- Noble JJ, Charles-Edwards GD, Keevil SF, et coll. (2014). Intramuscular fat in ambulant young adults with bilateral spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1): 236.
- Nordmark E, Jarnlo GB, Hägglund G. (2000). Comparison of the Gross Motor Function Measure and Paediatric Evaluation of Disability Inventory in assessing motor function in children undergoing selective dorsal rhizotomy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(4): 245-252.
- Novak I, McIntyre S, Morgan C, et coll. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(10): 885-910.
- O'Dwyer N, Ada L, Neilson P. (1996). Spasticity and muscle contracture following stroke. *Brain*, 119(5): 1737.
- O'Dwyer NJ, Neilson PD, Nash J. (1989). Mechanisms of muscle growth related to muscle contracture in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 31(4): 543-547.
- Oeffinger D, Bagley A, Rogers S, et coll. (2008). Outcome tools used for ambulatory children with cerebral palsy: responsiveness and minimum clinically important differences. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(12): 918-925.
- Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J, Jetté N, Pringsheim T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(6): 509-519.
- Oullier O, Bardy BG, Bootsma RJ, Stoffregen TA. (2004). L'émergence des états posturaux et de leurs changements. *Cahiers de la Maison de la Recherche en Sciences Humaines et Sociales*, 38(1): 187-204.
- Ozkan T, Bicer A, Aydin H, et coll. (2013). Brachialis muscle transfer to the forearm for the treatment of deformities in spastic cerebral palsy. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 38(1): 14-21.
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et coll. (1997). Gross motor function classification system for cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 39: 214-223.
- Park ES, Park CI, Lee HJ, Cho YS. (2001). The effect of electrical stimulation on the trunk control in young children with spastic diplegic cerebral palsy. *Journal Of Korean Medical Science*, 16(3): 347.
- Park ES, Rha D-W, Shin JS, Kim S, Jung S. (2014). Effects of Hippotherapy on Gross Motor Function and Functional Performance of Children with Cerebral Palsy. *Yonsei medical journal*, 55(6): 1736-1742.
- Park ES, Sim EG, Rha D-w. (2011). Effect of upper limb deformities on gross motor and upper limb functions in children with spastic cerebral palsy. *Research In Developmental Disabilities*, 32(6): 2389-2397.
- Patel D. (2005). Therapeutic interventions in cerebral palsy. *Indian Journal of Pediatrics*, 72(11): 979-983.
- Patel D, Soyode O. (2005). Pharmacologic interventions for reducing spasticity in cerebral palsy. *Indian Journal of Pediatrics*, 72(10): 869-872.
- Patterson M, Caulfield B. (2011). *Using a shoe mounted tri-axial accelerometer to detect kinematic changes during stiff ankle walking*. Paper presented at the Engineering in

- Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
- Pavão SL, dos Santos AN, Woollacott MH, Rocha NACF. (2013). Assessment of postural control in children with cerebral palsy: A review. *Research In Developmental Disabilities*, 34(5): 1367-1375.
- Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4): 402-406.
- Porro G, van der Linden D, van Nieuwenhuizen O, Wittebol-Post D. (2005). Role of visual dysfunction in postural control in children with cerebral palsy. *Neural Plasticity*, 12(2-3): 205.
- Quevauvilliers J. (2009). *Dictionnaire Medical: Avec Atlas Anatomique*: Elsevier Health Sciences.
- Quint C, Toomey M. (1998). Powered Saddle and Pelvic Mobility:: An investigation into the effects on pelvic mobility of children with cerebral palsy of a powered saddle which imitates the movements of a walking horse. *Physiotherapy*, 84(8): 376-384.
- Ranganathan R, Newell KM. (2010). Motor learning through induced variability at the task goal and execution redundancy levels. *Journal of Motor Behavior*, 42(5): 307-316.
- Reddihough DS, Collins KJ. (2003). The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Australian Journal of Physiotherapy*, 49(1): 7-12.
- Reddihough DS, Jiang B, Lanigan A, et coll. (2013). Social outcomes of young adults with cerebral palsy. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, 38(3): 215-222.
- Riach C, Hayes K. (1990). Anticipatory postural control in children. *Journal of Motor Behavior*, 22(2): 250-266.
- Riad J, Lidbeck C. (2015). Muscle weakness does not influence gait in unilateral cerebral palsy: A muscle strength and three-dimensional gait analysis study. *European Journal of Physiotherapy*, 17(4): 224-230.
- Rigal R. (2002). *Motricité humaine* (3ème ed.). Ste-Foy: Presse de l'Université du Québec.
- Rigal R. (2003). *Motricite humaine fondements et applications pedagogiques tome 2: developpement moteur*. Sainte-Foy: Vigot.
- Rigal R. (2009). *L'éducation motrice et l'éducation psychomotrice au préscolaire et au primaire*: Presses de l'Université du Québec.
- Rigby PJ, Ryan SE, Campbell KA. (2009). Effect of adaptive seating devices on the activity performance of children with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(8): 1389-1395.
- Robert M, Ballaz L, Hart R, Lemay M. (2013). Exercise intensity levels in children with cerebral palsy while playing with an active video game console. *Physical Therapy*, 93(8): 1084-1091.
- Rodda J, Graham H. (2001). Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *European Journal of Neurology*, 8(5): 98-108.
- Rojas VG, Rebolledo GM, Muñoz E, et coll. (2013). Differences in standing balance between patients with diplegic and hemiplegic cerebral palsy. *Neural Regeneration Research*, 8(26): 2478.
- Rolandelli P, Dunst C. (2003). Influences of hippotherapy on the motor and social-emotional behavior of young children with disabilities. *Bridges*, 2(1): 1-5.

- Romberg MH. (1853). *A manual of the nervous diseases of man* (Vol. 2). London: Sydenham Society.
- Roncesvalles M, Woollacott M, Burtner P. (2002). Neural factors underlying reduced postural adaptability in children with cerebral palsy. *Neuroreport*, 13(18): 2407-2410.
- Rose J, Haskell WL, Gamble JG, et coll. (1994). Muscle pathology and clinical measures of disability in children with cerebral palsy. *Journal of orthopaedic research*, 12(6): 758-768.
- Rose J, Wolff DR, Jones VK, et coll. (2002). Postural balance in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 44(1): 58-63.
- Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et coll. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 109: 8-14.
- Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, et coll. (2002). Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *Jama*, 288(11): 1357-1363.
- Ross SA, Engsborg JR. (2007). Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(9): 1114-1120.
- Russell D, Rosenbaum P, Cadman D, et coll. (1989). The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 31(3): 341-352.
- Russell DJ, Avery LM, Rosenbaum PL, et coll. (2000). Improved scaling of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy: evidence of reliability and validity. *Physical Therapy*, 80(9): 873-885.
- Ryan SE. (2012). An overview of systematic reviews of adaptive seating interventions for children with cerebral palsy: where do we go from here? *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 7(2): 104-111.
- Saavedra S, Woollacott M, van Donkelaar P. (2009). Head stability during quiet sitting in children with cerebral palsy: effect of vision and trunk support. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentation Cerebrale*, 201(1): 13-23.
- Sæther R, Helbostad JL, Adde L, et coll. (2015). The relationship between trunk control in sitting and during gait in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(4): 344-350.
- Sæther R, Helbostad JL, Adde L, et coll. (2014). Gait characteristics in children and adolescents with cerebral palsy assessed with a trunk-worn accelerometer. *Research In Developmental Disabilities*, 35(7): 1773-1781.
- Sakzewski L, Provan K, Ziviani J, Boyd RN. (2015). Comparison of dosage of intensive upper limb therapy for children with unilateral cerebral palsy: How big should the therapy pill be? *Research In Developmental Disabilities*, 37: 9-16.
- Sakzewski L, Ziviani J, Abbott DF, et coll. (2011). Randomized trial of constraint-induced movement therapy and bimanual training on activity outcomes for children with congenital hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(4): 313-320.
- Sakzewski L, Ziviani J, Boyd R. (2014). *Efficacy of upper limb therapies for children with congenital hemiplegia: a systematic review and meta-analysis update*. Paper presented at the Developmental Medicine And Child Neurology.

- Saliba E, Marret S. (2001). *Cerebral white matter damage in the preterm infant: pathophysiology and risk factors*. Paper presented at the Seminars in neonatology.
- Sanger TD. (2003). Pediatric movement disorders. *Current opinion in neurology*, 16(4): 529-535.
- Sanger TD, Delgado MR, Gaebler-Spira D, Hallett M, Mink JW. (2003). Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood. *Pediatrics*, 111(1): 89.
- Sankar C, Mundkur N. (2005). Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. *The Indian Journal of Pediatrics*, 72(10): 865-868.
- Saxena S, Rao BK, Kumaran S. (2014). Analysis of postural stability in children with cerebral palsy and children with typical development: An observational study. *Pediatric Physical Therapy*, 26(3): 325-330.
- Schenk Rootlieb A, Nieuwenhuizen O, Graaf Y, Wittebol Post D, Willemse J. (1992). The prevalence of cerebral visual disturbance in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 34(6): 473-480.
- Schiariti V, Klassen AF, Cieza A, et coll. (2014). Comparing contents of outcome measures in cerebral palsy using the international classification of functioning (ICF-CY): A systematic review. *European Journal of Paediatric Neurology*, 18(1): 1-12.
- Schmidt R, Lee T. (2005a). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Illinois: Human Kinetics Champaign.
- Schmidt R, Lee T. (2011). Augmented feedback. *Motor control and learning: A behavioral emphasis*, 3: 323-354.
- Schmidt RA. (1991a). Motor learning principles for physical therapy. In Proceedings of the II STEP Conference (Ed.), *Contemporary management of motor control problems* (pp. 49-63). Los Angeles.
- Schmidt RA. (1991b). *Motor learning principles for physical therapy*.
- Schmidt RA, Lee TD. (2005b). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*: Human Kinetics Publishers.
- Schneiberg S, Sveistrup H, McFadyen B, McKinley P, Levin MF. (2002). The development of coordination for reach-to-grasp movements in children. *Experimental Brain Research*, 146(2): 142-154.
- Scholtes VA, Becher JG, Janssen-Potten YJ, et coll. (2012). Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Research In Developmental Disabilities*, 33(1): 181-188.
- Schulz M. (1997). *Socialising influence of remedial educational vaulting (REV) on children with autistic attitudes*. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Therapeutic Riding Congress, Denver.
- Scianni A, Butler JM, Ada L, Teixeira-Salmela LF. (2009). Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Aust J Physiother*, 55(2): 81-87.
- Shea CH, Lai Q, Black C, Park JH. (2000). Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Human Movement Science*, 19(5): 737-760.
- Shevell MI, Majnemer A, Morin I. (2003). Etiologic yield of cerebral palsy: a contemporary case series. *Pediatric Neurology*, 28(5): 352-359.
- Shumway-Cook A, Hutchinson S, Kartin D, Price R, Woollacott M. (2003). Effect of balance training on recovery of stability in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 45(9): 591-602.

- Shumway-Cook A, Woollacott M. (1995a). *Motor control: theory and practical applications*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. (2001). *Motor control: theory and practical applications*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. (1995b). *Control of posture and balance*. Baltimore: Williams & Wilkins J. P. Butler.
- Shurtleff T, Standeven J, Engsborg J. (2009). Changes in dynamic trunk/head stability and functional reach after hippotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(7): 1185-1195.
- Silkwood-Sherer D, Warmbier H. (2007). Effects of hippotherapy on postural stability, in persons with multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(2): 77-84.
- Singh K, Samartzis D, Somera AL, An HS. (2008). Cervical kyphosis and thoracic lordoscoliosis in a patient with cerebral palsy. *Orthopedics*, 31(3): 276-276.
- Singh NB, Taylor WR, Madigan ML, Nussbaum MA. (2012). The spectral content of postural sway during quiet stance: influences of age, vision and somatosensory inputs. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1): 131-136.
- Smith LR, Lee KS, Ward SR, Chambers HG, Lieber RL. (2011). Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length. *The Journal of Physiology*, 589(10): 2625-2639.
- Sochaniwskyj A, Koheil R, Bablich K, Milner M, Lotto W. (1991). Dynamic monitoring of sitting posture for children with spastic cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 6(3): 161-167.
- Spencer JP, Thelen E. (2000). Spatially specific changes in infants' muscle coactivity as they learn to reach. *Infancy*, 1(3): 275-302.
- Spender Q, Cronk C, Charney E, Stallings V. (1989). Assessment of linear growth of children with cerebral palsy: use of alternative measures to height or length. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 31(2): 206-214.
- Stackhouse SK, Binder-Macleod SA, Lee SCK. (2005). Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle & Nerve*, 31(5): 594-601.
- Stavness C. (2006). The effect of positioning for children with cerebral palsy on upper-extremity function: a review of the evidence. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 26(3): 39-53.
- Steenbergen B, Gordon A. (2006). Activity limitation in hemiplegic cerebral palsy: evidence for disorders in motor planning. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(09): 780-783.
- Steenbergen B, Thiel E, Hulstijn W, Meulenbroek RGJ. (2000). The coordination of reaching and grasping in spastic hemiparesis. *Human Movement Science*, 19(1): 75-105.
- Sterba J, Rogers B, France A, Vokes D. (2002). Horseback riding in children with cerebral palsy: effect on gross motor function. *Developmental Medicine And Child Neurology*, 44(05): 301-308.
- Strath SJ, Swartz AM, Bassett Jr DR, et coll. (2000). Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl): S465-470.
- Straub I. (1998). *Hippotherapy*: Therapeutic riding in Germany.

- Strauss I. (1995). *Hippotherapy; neurophysiological therapy on the horse*. Toronto: Ontario Therapeutic Riding Association.
- Stucki G. (2005). International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF): a promising framework and classification for rehabilitation medicine. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 84(10): 733-740.
- Sun M, Hill J. (1993). A method for measuring mechanical work and work efficiency during human activities. *Journal Of Biomechanics*, 26(3): 229-241.
- Sveistrup H, Woollacott MH. (1996). Longitudinal development of the automatic postural response in infants. *Journal of Motor Behavior*, 28(1): 58-70.
- Sveistrup H, Woollacott MH. (1997). Practice modifies the developing automatic postural response. *Experimental Brain Research*, 114(1): 33-43.
- Svraka E. (2008). Communication of children with spastic cerebral palsy. *Health Med*, 2(3): 146-153.
- Tarakci D, Ozdincler AR, Tarakci E, Tutuncuoglu F, Ozmen M. (2013). Wii-based balance therapy to improve balance function of children with cerebral palsy: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(9): 1123.
- Taylor FW (Ed.). (1957). *La direction scientifique des entreprises*. Paris: Dunod.
- Taylor NF, Dodd KJ, Baker RJ, et coll. (2013). Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(9): 806-812.
- Taylor RR, Kielhofner G, Smith C, et coll. (2009). Volitional Change in Children With Autism: A Single-Case Design Study of the Impact of Hippotherapy on Motivation. [Article]. *Occupational Therapy in Mental Health*, 25(2): 192-200.
- Terjesen T. (2012). The natural history of hip development in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(10): 951-957.
- Thomas KC, Morrissey JP, McLaurin C. (2007). Use of autism-related services by families and children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5): 818-829.
- Torres-Oviedo G, Ting LH. (2007). Muscle synergies characterizing human postural responses. *Journal Of Neurophysiology*, 98(4): 2144-2156.
- Trompetto C, Marinelli L, Mori L, et coll. (2014). Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation. *BioMed research international*, 2014.
- Trønnes H, Wilcox AJ, Lie RT, Markestad T, Moster D. (2014). Risk of cerebral palsy in relation to pregnancy disorders and preterm birth: a national cohort study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 56(8): 779-785.
- Tseng SH, Chen HC, Tam KW. (2012). Systematic review and meta-analysis of the effect of equine assisted activities and therapies on gross motor outcome in children with cerebral palsy. *Disability And Rehabilitation*, 35(2): 89-99.
- Tsushima H, Morris ME, McGinley J. (2003). Test-retest reliability and inter-tester reliability of kinematic data from a three-dimensional gait analysis system. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association*, 6(1): 9.
- Uchiyama H, Ohtani N, Ohta M. (2011). Three-dimensional analysis of horse and human gaits in therapeutic riding. *Applied Animal Behaviour Science*, 135(4): 271-276.
- Utley A, Steenbergen B, Sugden D. (2004). The influence of object size on discrete bimanual co-ordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Disability & Rehabilitation*, 26(10): 603-613.

- Utley A, Sugden D, Lawrence G, Astill S. (2007). The influence of perturbing the working surface during reaching and grasping in children with hemiplegic cerebral palsy. *Disability & Rehabilitation*, 29(1): 79-89.
- Uvebrant P. (1988). Hemiplegic cerebral palsy aetiology and outcome. *Acta Paediatrica*, 77: 1-100.
- Van der Heide J, Hadders-Algra M. (2005). Postural muscle dyscoordination in children with cerebral palsy. *Neural Plasticity*, 12(2-3): 197.
- Van der Heide JC, Otten B, van Eykern LA, Hadders-Algra M. (2003). Development of postural adjustments during reaching in sitting children. *Experimental Brain Research*, 151(1): 32-45.
- Van Der Slot WMA. (2007). Everyday physical activity and community participation of adults with hemiplegic Cerebral Palsy. *Disability & Rehabilitation*, 29(3): 179-189.
- Van Roon D, Steenbergen B, Meulenbroek RGJ. (2005). Trunk use and co-contraction in cerebral palsy as regulatory mechanisms for accuracy control. *Neuropsychologia*, 43(4): 497-508.
- Vargus-Adams J. (2005). Health-related quality of life in childhood cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(5): 940-945.
- Verschuren O, Ada L, Maltais DB, et coll. (2011). Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Physical Therapy*, 91(7): 1130-1139.
- Wang G, Ma R, Qiao G, et coll. (2014). The Effect of Riding as an Alternative Treatment for Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Integrative Medicine International*, 1(4): 211-222.
- Wang T-H, Peng Y-C, Chen Y-L, et coll. (2013). A Home-Based Program Using Patterned Sensory Enhancement Improves Resistance Exercise Effects for Children With Cerebral Palsy A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(8): 684-694.
- Warrick D, Aisenbrey J, Dieruf K. (1997). Therapeutic Effects of Hippotherapy in a subject with Multiple Sclerosis. *Proceedings of the Ninth International therapeutic riding Congress*, 42: 212-219.
- Watson L, Blair E, Stanley F. (2006). Report of the Western Australian cerebral palsy register to birth year 1999. *Perth: Telethon Institute for Child Health Research*.
- Westcott S, Burtner P. (2004). Postural Control in Children. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 24(1): 5-55.
- Whalen CN, Case-Smith J. (2011). Therapeutic Effects of Horseback Riding Therapy on Gross Motor Function in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 32(3): 229-242.
- Wheeler A. (1997). Hippotherapy as a specific treatment: a review of literature. In BT Engel (Ed.), *Therapeutic riding II strategies for rehabilitation* (pp. 363-372). Durango, CO: Barbara Engel Therapy Services.
- Wiley ME, Damiano DL. (1998). Lower-Extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40(2): 100-107.
- Willoughby KL, Dodd KJ, Shields N. (2009). A systematic review of the effectiveness of treadmill training for children with cerebral palsy. *Disability And Rehabilitation*, 31(24): 1971-1979.
- Wilson A, Kavanaugh A, Moher R, et coll. (2011). Development and pilot testing of the challenge module: a proposed adjunct to the Gross Motor Function Measure for

- high-functioning children with cerebral palsy. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 31(2): 135-149.
- Winchester P, Kendall K, Peters H, Sears N, Winkley T. (2002). The effect of therapeutic horseback riding on gross motor function and gait speed in children who are developmentally delayed. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 22(3-4): 37-50.
- Windolf M, Götzen N, Morlock M. (2008). Systematic accuracy and precision analysis of video motion capturing systems—exemplified on the Vicon-460 system. *Journal Of Biomechanics*, 41(12): 2776-2780.
- Wingert JR, Burton H, Sinclair RJ, Brunstrom JE, Damiano DL. (2009). Joint-position sense and kinesthesia in cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(3): 447-453.
- Witherington DC, Hofsten C, Rosander K, et coll. (2002). The development of anticipatory postural adjustments in infancy. *Infancy*, 3(4): 495-517.
- Wong WY, Wong MS, Lo KH. (2007). Clinical applications of sensors for human posture and movement analysis: a review. *Prosthetics and orthotics international*, 31(1): 62-75.
- Wood E, Rosenbaum P. (2000). The gross motor function classification system for cerebral palsy: a study of reliability and stability over time. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(5): 292-296.
- Woollacott M, Burtner P. (1996). Neural and musculoskeletal contributions to the development of stance balance control in typical children and in children with cerebral palsy. *Acta Paediatrica*, 85(s416): 58-62.
- Woollacott M, Debû B, Mowatt M. (1987). Neuromuscular control of posture in the infant and the child: Is vision dominant? *Journal of Motor Behavior*, 19(2): 167-186.
- Woollacott M, Shumway-Cook A. (1996). Concepts and methods for assessing postural instability. *Journal of Aging and Physical Activity*, 4: 214-233.
- Woollacott MH, Burtner P, Jensen J, et coll. (1998). Development of postural responses during standing in healthy children and children with spastic diplegia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4): 583-589.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A. (1986). The development of the postural and voluntary motor control systems in Down's syndrome children. *Advances in Psychology*, 31: 45-71.
- World Health Organization. (2001). *International classification of functioning, disability and health: ICF*. Geneva: World Health Organization.
- Wuang Y-P, Su C-Y. (2009). Reliability and responsiveness of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency-in children with intellectual disability. *Research In Developmental Disabilities*, 30(5): 847-855.
- Wuang YP, Su CY, Huang MH. (2012). Psychometric comparisons of three measures for assessing motor functions in preschoolers with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 56(6): 567-578 512p.
- Zadnikar M, Kastrin A. (2011). Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: a meta analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(8): 684-691.
- Zaino CA, McCoy SW. (2008). Reliability and comparison of electromyographic and kinetic measurements during a standing reach task in children with and without cerebral palsy. *Gait & Posture*, 27(1): 128-137.

Zoccolillo L, Morelli D, Cincotti F, et coll. (2015). Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: a cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *European Journal Of Physical And Rehabilitation Medicine*.

ANNEXES

Annexe A Certificat d'approbation du CDRV du CSSS-IUGS

Centre de santé et de services sociaux –
Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke
Health and Social Services Centre
University Institute of Geriatrics of Sherbrooke

Sherbrooke, le 12 mai 2009

Madame Hélène Corriveau, Ph.D.
Centre de recherche sur le vieillissement
CSSS-IUGS
Hôpital et centre d'hébergement D'Youville
1036, rue Belvédère Sud
Sherbrooke (Québec) J1H 4C4

Objet : Approbation finale du projet de recherche intitulé :
L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant la paralysie cérébrale (PC)

Dre Corriveau,

Le Comité d'éthique de la recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS accuse réception de la documentation que vous lui avez transmise le 11 mai 2009, cette dernière faisant référence à sa correspondance du 14 avril 2009, laquelle vous octroyait une approbation conditionnelle au projet cité en rubrique. Ainsi, le Comité a révisé les documents suivants :

- Lettre de réponses aux commentaires du CÉR, datée du 24 avril 2009
- Positions de maintien en équitation thérapeutique
- Annonce de recrutement pour les journaux
- Formulaire d'information et de consentement, version patient, datée du 11 mai 2009
- Formulaire d'information et de consentement, version sujet pilote, datée du 11 mai 2009

Il me fait plaisir de vous informer que le projet de recherche cité en rubrique a été approuvé, ce dernier répondant aux exigences éthiques de notre CÉR.

Vous trouverez ci-joint le certificat du Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS, valide jusqu'au 31 mai 2010.

En acceptant ce certificat d'éthique, vous vous engagez à :

- Soumettre, pour approbation préalable au Comité, toute demande de modification au projet de recherche ou à tout document approuvé par le Comité pour la réalisation de votre projet.
- Soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance et s'il y a lieu :
 - Les réactions indésirables graves, les réactions indésirables et inattendues et les accidents observés en cours de recherche, et ce, dans les six jours ouvrables qui suivent ;

... /2

- 2 -

- Tout nouveau renseignement sur des éléments susceptibles d'affecter l'intégrité ou l'éthicité du projet de recherche ou d'accroître les risques et les inconvénients des sujets, de nuire au bon déroulement du projet ou d'avoir une incidence sur le désir d'un sujet de recherche;
- Toute modification constatée au chapitre de l'équilibre clinique à la lumière des données recueillies;
- La cessation prématurée du projet de recherche, qu'elle soit temporaire ou permanente ;
- Tout problème identifié par un tiers, lors d'une enquête, d'une surveillance ou d'une vérification interne ou externe ;
- Toute suspension ou annulation de l'approbation octroyée par un organisme de subvention ou de réglementation ;
- Toute procédure en cours de traitement d'une plainte ou d'une allégation de manquement à l'intégrité ou à l'éthique ainsi que des résultats de la procédure.

Vous pouvez obtenir les formulaires du Comité téléchargeables à partir du site web à l'adresse suivante : <http://www.csss-iugs.ca/>, sous les onglets Recherche – Éthique de la recherche – Guides et formulaires.

De plus, vous devez conserver pour une période d'au moins un an suivant la fin du projet, un répertoire distinct comprenant les noms, prénoms, coordonnées, date du début et de fin de la participation de chaque sujet de recherche. Enfin, la présente décision peut être suspendue ou révoquée en cas de non-respect de ces exigences.

Le Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS est institué par le ministre de la Santé et des Services sociaux pour les fins de l'application de l'article 21 du Code civil du Québec et suit les règles émises par l'Énoncé de politique des trois conseils et les Bonnes pratiques cliniques de la CIH.

Je vous prie de recevoir, Dre Corriveau, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Dre Gina Bravo, Ph.D.
Présidente

GB/sf

P. j. (3)

c. c. Dr Claude Dugas, Ph.D., co-chercheur, Université du Québec à Trois-Rivières
Mme Danielle Champagne, erg., M.Sc., étudiante au Doctorat en sciences cliniques, Université de Sherbrooke

Annexe B Certificat d'approbation du CHU Ste-Justine

Le 21 janvier 2011

Monsieur Alain Bibeau
Ergothérapie
Étage A Bloc 1



CHU Sainte-Justine

*Le centre hospitalier
universitaire mère-enfant*

Pour l'amour des enfants



Université
de Montréal

OBJET: Titre du projet: L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)

No. de dossier: 3229

Responsables du projet: Alain Bibeau Monsieur, chercheur responsable au CHU Sainte-Justine. Chercheur principal: Hélène Corriveau, Ph.D., pht

Monsieur,

Votre projet cité en rubrique a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche en date du 21 janvier 2011. Vous trouverez ci-joint la liste des documents approuvés ainsi que votre formulaire d'information et de consentement estampillé dont nous vous prions de vous servir d'une copie pour distribution. Notez que pour une collaboration avec un (ou plusieurs) tiers (institutions ou entreprises privées) impliquant des transferts de fonds et/ou données et/ou matériel biologique, une entente (contrat) doit être conclue avec le Bureau des ententes de recherche (BER).

Tous les projets de recherche impliquant des sujets humains doivent être réexaminés annuellement et la durée de l'approbation de votre projet sera effective jusqu'au **21 janvier 2012**. Notez qu'il est de votre responsabilité de soumettre une demande au comité pour que votre projet soit renouvelé avant la date d'expiration mentionnée. Il est également de votre responsabilité d'aviser le comité dans les plus brefs délais de toute modification au projet ainsi que de tout effet secondaire survenu dans le cadre de la présente étude.

Nous vous souhaitons bonne chance dans la réalisation de votre projet et vous prions de recevoir nos meilleures salutations.

/ Jean-Marie Therrien, éthicien
Président du Comité d'éthique de la recherche

JMT/cp
cc:BER

3175, Côte-Sainte-Catherine
Montréal (Québec)
H3T 1C5

Annexe C Certificat d'approbation du CHUS



COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE EN SANTÉ CHEZ L'HUMAIN

Le 13 septembre 2010

Dre Hélène Corriveau
Centre de recherche sur le vieillissement
IUGS- Pavillon Youville

OBJET: Projet #

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

Dre Corriveau,

Le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke a évalué le protocole de recherche ainsi que les documents afférents à l'étude citée en objet de la lettre. La présente est pour vous informer que le CÉR a approuvé votre projet. À cet effet, veuillez trouver ci-joint le formulaire d'approbation.

Veuillez également trouver ci-joint, s'il y a lieu, le formulaire de consentement approuvé par le CÉR et portant le sceau d'approbation. Vous devez utiliser des photocopies de ce formulaire pour obtenir le consentement des sujets.

Nous avons avisé le directeur scientifique du Centre de recherche clinique Étienne-Le Bel de l'approbation de votre projet. Vous devez **attendre son autorisation avant de le débiter**.

Espérant le tout à votre convenance, je vous prie d'agréer mes sentiments distingués.

Téléphone: 819 346-1110, poste 12856
Télécopieur: 819 820-6498
Courrier électronique: ethique.chus@ssss.gouv.qc.ca
Site WEB: www.crc.chus.qc.ca

HÔPITAL FLEURIMONT
3001, 12^e Avenue Nord
Bureau Z5-3014
Sherbrooke (Québec) J1H 5N4

Annexe D Certificat d'approbation du CRIR



Montréal, le 26 avril 2010

Madame Hélène Corriveau, Ph.D.
 Université de Sherbrooke
 1036, rue Belvédère Sud
 Sherbrooke (Québec) J1H 4C4

o Centre de réadaptation
 Constance-Lehbridge

o Centre de réadaptation
 Lucie-Brunneau

o Hôpital juif de réadaptation

o Institut de réadaptation
 Gingras-Lindsay de Montréal

o Institut Nazareth
 et Louis-Braille

o Institut Raymond-Dewar

o Centre de réadaptation en
 déficience intellectuelle

o Centre de réadaptation en
 déficience physique Le Bouclier

o Centre de réadaptation Estrie

o Centre régional de réadaptation
 La Ressource

**Objet : Émission de votre certificat d'éthique
 Notre dossier :**

Madame,

Vous trouverez, ci-joint, une copie du certificat d'éthique qui a été décerné pour votre projet de recherche intitulé « *L'effet de l'hippothérapie sur le contrôle postural et la motricité d'enfants présentant une déficience motrice cérébrale* ».

Ce certificat est valable pour un an. Le CÉR demande à être informé de toute modification qui pourrait être apportée au projet de recherche mentionné ci-dessus (Formulaire M).

De plus, nous vous demandons de contacter les personnes suivantes afin de l'aviser du début de votre projet de recherche :

- Centre montréalais de réadaptation
 Madame Mylène Fournier
- Centre de réadaptation en déficience physique Le Bouclier
 Madame Karine Préville

Vous remercions, Madame Corriveau, de l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Me Anik Nolet
 Coordonnatrice à l'éthique de la recherche
 des établissements du CRIR

AN/cl

Pièces jointes : certificat d'éthique et copie des documents approuvés

Le Centre de réadaptation en déficience intellectuelle (CRIR) est un organisme à but non lucratif.

2275, avenue Laurier Est
 Montréal (Québec) H2H 2N8 Canada
 T (514) 527-4527 (2643)
 F (514) 521-4058 www.crir.ca

Annexe E Document synthèse du projet de recherche

Document synthèse du projet de recherche en hippothérapie avec les enfants ayant une diplégie ou une hémiplegie spastique.

Résumé du projet de recherche

Le contrôle postural nécessaire à la réalisation de différentes activités représente un défi important chez les enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC). Ce projet propose d'utiliser l'hippothérapie afin de stimuler le contrôle postural de l'enfant pour vérifier comment cette intervention influence le contrôle de sa mobilité.

L'hippothérapie est une stratégie de réadaptation qui utilise le cheval comme activité thérapeutique. Cette nouvelle forme d'intervention vise l'acquisition de comportements moteurs de base chez l'enfant plutôt que des habiletés équestres.

L'objectif général est de quantifier les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie sur le contrôle tridimensionnel (3D) de la tête et du tronc chez des enfants ayant une DMC (diplégie et hémiplegie spastique) et les répercussions de ces gains sur la motricité globale et sur la stabilité posturale de ces enfants.

Les objectifs spécifiques sont de mesurer les effets de l'hippothérapie sur :

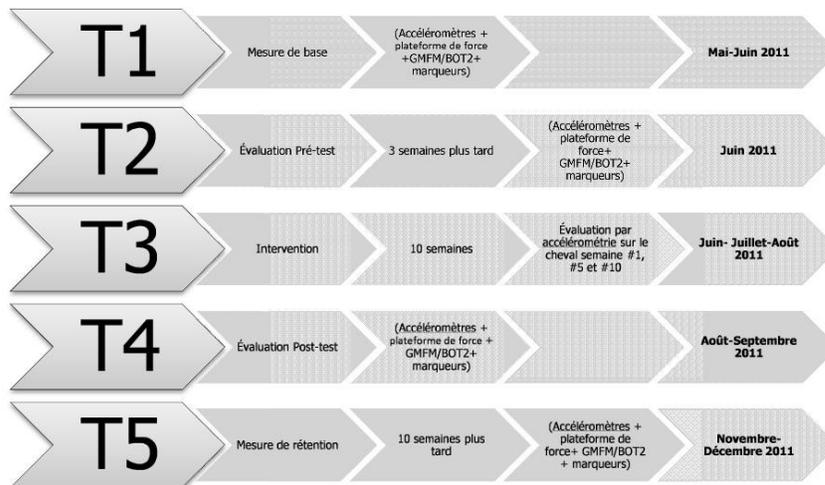
1. les oscillations de la tête et du tronc lorsque l'enfant est en position assise sur le cheval;
2. les oscillations de la tête et du tronc lorsque l'enfant est en position assise statique, debout statique et lors d'une tâche de préhension uni et bilatérale;
3. la stabilité posturale en position assise statique, debout statique et lors d'une tâche de préhension uni et bilatérale;
4. la cinématique des membres supérieurs lors de tâche de préhension uni et bilatérale;
5. la motricité globale;
6. le maintien des acquis 10 semaines après la fin des interventions.

L'hypothèse est que l'hippothérapie favorisera des réajustements posturaux plus efficaces ce qui diminuera les oscillations du tronc entraînant une augmentation de la stabilité posturale et une meilleure motricité et, que ces acquis se maintiendront au moins 10 semaines après la fin de l'intervention.

La population accessible est composée d'enfants ayant une DMC (diplégie et hémiplegie spastique) âgés entre 4 et 16 ans. Vingt-trois sujets seront recrutés pour ce protocole de recherche Douze sujets en 2010 et onze sujets en 2011.

En hippothérapie, l'enfant est assis dans différentes postures et reçoit lors du déplacement du cheval des stimulations multi sensorielles qui entraînent des réajustements posturaux continus. Dans ses déplacements à cheval, l'enfant sera accompagné et soutenu par deux accompagnateurs. Le type de support offert est décidé par l'ergothérapeute qui assure le traitement. Des activités thérapeutiques, sélectionnées par l'ergothérapeute, stimuleront l'équilibre et la coordination de l'enfant et seront exécutés par l'enfant sur le cheval en mouvement.

Le protocole de recherche se déroule sur 23 semaines et est divisé en trois parties. La première partie se fait à l'intérieur de deux journées séparées par 3 semaines d'intervalles et comprend des mesures d'évaluation (T1 et T2). Ces évaluations nous permettent d'obtenir une mesure de stabilité de base avant de commencer l'intervention, c'est-à-dire comment l'enfant évolue sans traitement sur 3 semaines. La deuxième partie d'une durée de dix semaines se déroule à Sorel (T3 et T4) et comprend l'intervention en hippothérapie et des évaluations d'oscillation posturale faites à cheval lors des journées des interventions. La dernière partie comprendra les mêmes évaluations faites au temps T1 afin de vérifier l'effet de l'intervention. Les évaluations débiteront donc à Sherbrooke et auront lieu avant l'intervention et aussi 10 semaines après la fin de l'intervention afin de vérifier comment les changements induits évoluent dans le temps.



Conditions de participation :

Les thérapies en hippothérapie seront gratuites pour les participants à la recherche. Toutefois, les parents auront à faire les déplacements avec leur enfant. Les 4 déplacements à Sherbrooke incluant le stationnement et le repas du dîner seront

remboursés selon le taux en vigueur dans le CSSS-IUGS sur présentation des factures et du kilométrage. Les 10 autres déplacements à Sorel seront aux frais des parents.

Il faut compter au moins 1hr30 à 2 hres d'évaluation lors des 4 évaluations à Sherbrooke et 1hr pour chaque traitement en hippothérapie. Les journées d'évaluations à Sherbrooke et les traitements en hippothérapie pourront être cédulées la fin de semaine, le vendredi ou le lundi selon la disponibilité des parents.

Critères d'inclusion

- Être âgé de 4 à 16 ans et atteint de diplégie spastique;
- Être capable de maintenir la tête droite et la station assise statique 5 secondes sans appui;
- Être capable de suivre des consignes simples;
- Accepter de ne pas suivre d'autre thérapie (Botox, chx, ergo/physio) durant la durée du protocole de recherche;
- Recevoir l'autorisation médicale pour faire de l'équitation.

Critères d'exclusion

- Expérience antérieure en équitation qui équivaut à plus de 2 fois par année ou avoir déjà reçu des traitements en hippothérapie,
- Allergie aux chevaux,
- Épilepsie mal contrôlée par médication,
- Scoliose de plus de 30 degrés,
- Plaies de siège de stade 2 à 4; il serait souhaitable que le parent vérifie la peau de l'enfant au moment du bain;
- Présenter d'autres désordres du mouvement, des problèmes cognitifs ou affectifs;
- Autre condition médicale pertinente jugée par le médecin traitant qui empêcherait la pratique de l'équitation.

Si vous avez d'autres questions, n'hésitez pas à communiquer avec moi.
Danielle Champagne erg, M.Sc.

Annexe F Formulaire de consentement du CRIR

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)

Formulaire de consentement

1. Titre du projet

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

2. Responsables du projet

Chercheur principal

Hélène Corriveau pht, Ph.D.
 Université de Sherbrooke ; CSSS-IUGS
 Téléphone :

Collaborateur

Claude Dugas Ph.D.
 Université du Québec à Trois-Rivières
 Téléphone :

Assistante de recherche

Danielle Champagne erg, M.Sc.
 Téléphone :

3. Préambule

Nous sollicitons la participation de votre enfant ou de l'enfant que vous représentez à un projet de recherche. Cette recherche implique que votre enfant participe à des traitements de réadaptation sur un cheval dans un centre équestre de la région de Sorel. De plus, il bénéficiera des évaluations de sa mobilité et de son contrôle postural dans un laboratoire à l'Université de Sherbrooke.

Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur et aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Date : 2011-03-29
 Numéro du CER :

1

4. Description du projet et de ses objectifs

Le contrôle postural nécessaire à la réalisation de différentes activités représente un défi important chez les enfants ayant une DMC. Ce projet propose d'utiliser l'hippothérapie afin de stimuler le contrôle postural de votre enfant et de vérifier comment cette intervention influence le contrôle de sa mobilité.

L'hippothérapie est une stratégie de réadaptation qui utilise le cheval comme activité thérapeutique. Cette nouvelle forme d'intervention vise l'acquisition de comportements moteurs de base chez l'enfant plutôt que des habiletés équestres.

Vingt-trois sujets seront recrutés pour ce protocole de recherche d'une durée de 23 semaines. Cinq sujets en 2010 et quinze sujets en 2011.

5. Nature et durée de la participation

Votre participation débutera lorsque vous serez contacté par téléphone par l'assistante de recherche qui fera un premier dépistage concernant les critères d'inclusion sélectionnés pour cette recherche. Un formulaire d'autorisation médicale devra être rempli par votre médecin de famille et être communiqué à l'assistante de recherche.

La durée totale du projet pour chaque enfant est de 23 semaines. L'intervention en hippothérapie au Centre équestre durera une heure pendant 10 semaines. Durant les 30 premières minutes, l'enfant prendra différentes positions sur le cheval. Les 30 autres minutes comprendront l'accueil, le brossage et le retour du cheval à la stalle.

Les enfants participeront à 4 évaluations, d'une durée de deux heures chacune et seront réalisées dans les laboratoires de l'Université de Sherbrooke:

- ✓ Les deux premières évaluations seront réalisées avant d'amorcer l'intervention;
- ✓ La troisième à la fin de l'intervention;
- ✓ La quatrième 10 semaines après la fin de l'intervention.

De plus, à trois occasions durant la période d'entraînement sur le cheval (aux 1ères, 5 et 10 semaines), une évaluation de l'oscillation du tronc et de la tête de votre enfant sera effectuée lors d'un parcours simple avec le cheval. Lors de cette évaluation, des accéléromètres seront placés dans le casque et sur dos de votre enfant. Les accéléromètres sont petits et légers et ils n'entravent pas les mouvements.

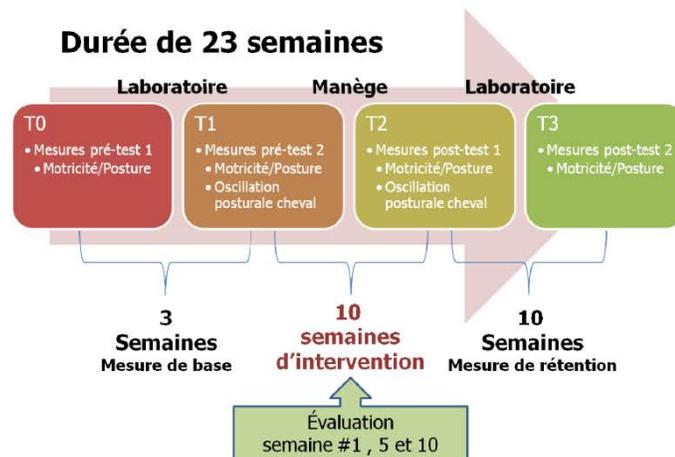
Les sessions d'évaluation se dérouleront sur deux sites soit dans les laboratoires du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS à Sherbrooke et dans un manège intérieur à Sorel. Quatre déplacements au laboratoire de l'Université seront donc inclus dans ce protocole en plus des 10 sessions d'intervention au Centre équestre de Sorel. Il y aura donc 14 déplacements au total.

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)

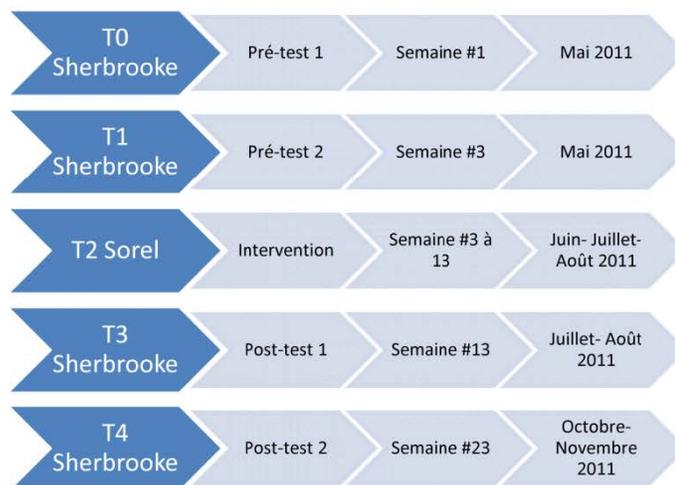
Les quatre évaluations au laboratoire du Centre de recherche dureront approximativement 90 minutes par sujet. Dans un premier temps, nous procéderons à l'évaluation de votre enfant à l'aide d'une évaluation clinique qui mesure par observation des cinq habiletés motrices suivantes : se coucher et se rouler, s'asseoir, ramper et se mettre à genoux, se tenir debout et finalement marcher, courir et sauter.

Dans un deuxième temps, deux accéléromètres seront placés sur la tête et le tronc de votre enfant. Nous utiliserons des caméras pour enregistrer le déplacement du bras de votre enfant dans trois tâches spécifiques. Pour ce faire, des marqueurs réfléchissants seront positionnés sur le bras et le tronc de votre enfant. Les trois tâches seront de : (1) se tenir debout sans appui pendant 30 secondes ;(2) Rester assis sans appui pendant 30 secondes ; et (3) déplacer sur une table un ballon et un cube et ce, en position assise. Lors de l'exécution de ces tâches, votre enfant sera assis sur une plateforme de force qui permettra de mesurer les forces de réaction du sol.

Pour résumer, voici le protocole et le calendrier de la procédure expérimentale pour le groupe expérimental en 2011.



L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)



Durant les 23 semaines du protocole de recherche, il sera demandé aux parents de ne pas entreprendre de nouvelles thérapies autant corporelles que pharmaceutiques qui peuvent modifier le contrôle postural. Par exemple, certains médicaments (benzodiazépine, antidépresseur, etc.) peuvent influencer le contrôle postural. Si les parents insistent pour débiter un traitement qui pourrait influencer le contrôle postural, l'enfant pourrait être exclu de l'étude.

L'assistante de recherche sera l'intervenante qui dirigera toutes les séances d'hippothérapie au Centre équestre de Sorel. Toutes les séances à cheval et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke seront filmées.

6. Avantages pouvant découler de votre participation

Si vous acceptez que votre enfant participe à cette étude, il bénéficiera de 10 séances gratuites de traitement en hippothérapie par une équipe qualifiée. Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel et physique de sa participation à ce projet de recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances dans le domaine des affections neuromusculaires.

7. Risques et inconvénients pouvant découler de votre participation

Lors de son premier contact avec le cheval, si l'enfant présente une manifestation d'allergie sévère, il sera immédiatement retiré du projet. Les autres risques inhérents à cette étude sont ceux en lien avec une chute de cheval, une morsure, une ruade ou encore

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une
déficience motrice cérébrale (DMC)

un écrasement des pieds. Le port d'équipements protecteurs (casque certifié et ceinture) et la présence de deux accompagnateurs entraînés aux mesures de descente d'urgence ainsi qu'au protocole de l'Association Canadienne d'Équitation Thérapeutique (ACET) à respecter autour du cheval permettront de réduire cette éventualité. Le dressage des chevaux et l'entraînement régulier de l'équipe responsable de l'intervention contribueront également à offrir une sécurité optimale. De plus, le thérapeute est constamment près de l'enfant lorsqu'il est sur le cheval.

En ce qui a trait aux évaluations qui se déroulent en laboratoire, le seul désavantage consiste à consacrer du temps pour les séances d'évaluation.

Il n'y a aucun inconvénient direct pouvant découler de la participation de votre enfant, si ce n'est une légère fatigue lors des séances d'évaluation. Les seuls inconvénients sont liés au temps qu'engendreront les déplacements au centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS à Sherbrooke pour les évaluations et au manège intérieur du centre équestre de Sorel pour les interventions.

La pose de marqueurs réfléchissants respecte les règles les plus strictes d'hygiène (collerettes à usage unique, ruban hypo-allergène et nettoyage de la peau avec de l'alcool). Toutefois, il se pourrait que la peau où les marqueurs sont placés soit irritée. Dans de tel cas, une lotion calmante sera appliquée sur la peau de votre enfant.

8. Accès à votre dossier médical

Un formulaire intitulé « Autorisation de communiquer des renseignements contenus au dossier » pourra être rempli sur demande si l'information médicale est jugée insuffisante par l'assistante de recherche. Ce formulaire nous permettra de prendre contact avec le personnel médical qui s'occupe présentement de votre enfant.

Autorisation de communiquer des renseignements contenus au dossier qui sera annexée à votre dossier.

Oui Non

10. Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements concernant votre enfant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver l'identité et la confidentialité des renseignements, votre enfant sera identifié par un numéro de code. La clé du code, reliant le numéro du dossier de recherche au nom de votre enfant, sera conservée par le chercheur responsable.

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une
déficience motrice cérébrale (DMC)

Les données pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier votre enfant.

Le nom de l'enfant et des parents, leurs coordonnées, les dates de début et de fin de participation au projet ainsi que toutes les données recueillies incluant les enregistrements vidéo et photos seront conservés pendant cinq ans après la fin du projet dans un répertoire maintenu par le chercheur responsable ou par l'établissement.

Dans un souci de protection des personnes qui participent à un projet de recherche et de transparence, cette liste de sujets pourrait être consultée par une personne mandatée par le CSSS-IUGS. Prenez note que toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Vous avez le droit de consulter le dossier de recherche de votre enfant pour vérifier les renseignements recueillis, et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois la participation votre enfant terminée.

11. Questions concernant cette étude

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec l'assistante de recherche ou le chercheur responsable du projet de recherche aux numéros suivants :

Danielle Champagne erg, M.Sc.
Assistante de recherche

12. Participation volontaire et retrait de la participation

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser qu'il y participe. Vous pouvez également le retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'assistante de recherche affectée au projet.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le comité d'éthique de la recherche de l'Université de Sherbrooke, le comité d'éthique à la recherche du CRIR, l'organisme subventionnaire ou le commanditaire peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que la participation

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)

de votre enfant au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet. Dans le cas du retrait d'un participant, les données recueillies relatives à ce participant seront détruites aussitôt l'annonce du retrait.

13. Clause de responsabilité

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

14. Indemnité compensatoire

Les parents seront responsables du transport de leurs enfants au centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS à Sherbrooke mais les coûts seront assumés par le projet de recherche pour les déplacements, les repas et le stationnement sur présentation de reçus. Les frais de déplacement au Centre équestre ne sont pas couverts par le projet.

15. Personnes-ressources

En cas de questions, il est possible de contacter Mme Danielle Champagne, assistante de recherche ou encore Mme Hélène Corriveau, chercheuse principale.

Si vous avez des questions sur vos droits et recours ou sur votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Me Anik Nolet, coordonnatrice à l'éthique de la recherche des établissements du CRIR

16. Consentement

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de la participation de mon enfant, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels je m'expose tels que présentés dans le présent formulaire. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction. Je, soussigné(e), accepte volontairement que mon enfant participe à cette étude. Je peux le retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement doit m'être remise.

Date : 2011-03-29
Numéro du CER :

7

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une
déficience motrice cérébrale (DMC)

NOM DU PARTICIPANT

SIGNATURE

NOM DU REPRÉSENTANT
LÉgal DU PARTICIPANT
INAPTE

SIGNATURE OBLIGATOIRE
DU REPRÉSENTANT LÉgal

Fait à _____

le _____, 20____.

17. Signature du représentant légal

En ma qualité de représentant légal, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom de l'enfant mineur : _____

Nom et signature du représentant légal (parent ou tuteur) Date

18. Assentiment

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Date : 2011-03-29
Numéro du CER :

8

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une
défiance motrice cérébrale (DMC)

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature
de ce projet: oui ___ non ___

19. Engagement du chercheur

Je, soussigné (e), _____, certifie

- (a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire;
- (b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard;
- (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un
terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus;
- (d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire.

Dans le cas d'un sujet inapte (à ajouter si applicable) :

- (e) m'être assuré (e) que le sujet a compris au maximum de ses capacités tous les
aspects de sa participation à l'étude décrite dans le présent formulaire.

Signature du responsable du projet
ou de son représentant

Fait à _____, le _____ 20____.

Annexe G Formulaire de consentement du CHU Ste-Justine



CHU Sainte-Justine
Le centre hospitalier
universitaire mère-enfant
Pour l'amour des enfants

Université
de Montréal



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

1. Titre du projet de recherche

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

2. Nom des chercheurs

- > Chercheur responsable du projet au CHU Sainte-Justine : M. Jacques A. de Guise, Ph.D, Ing
- > Collaborateurs internes et externes :

Mme Hélène Corriveau, Ph.D., Centre de recherche sur le vieillissement, Université de Sherbrooke
M. Claude Dugas, Ph.D., Groupe de recherche en adaptation réadaptation neuromusculaires, Université du Québec à Trois-Rivières
Mme Danielle Champagne, erg, M.Sc. Étudiante au Doctorat en Sciences Cliniques, Université de Sherbrooke.

3. Source de financement

Ce projet est financé par la Horses and Humans Research Foundation.

4. Invitation à participer à un projet de recherche

Le département des déficits moteurs cérébraux du CHU Ste-Justine participe à des recherches dans le but d'améliorer les traitements chez les enfants ayant une diplégie ou une hémiplegie spastique. Nous sollicitons aujourd'hui la participation de votre enfant. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à ce que votre enfant participe à ce projet de recherche. Il est important de bien comprendre ce formulaire. N'hésitez pas à poser des questions. Prenez le temps nécessaire pour prendre votre décision.

5. Quelle est la nature de cette recherche ?

Votre enfant est invité à participer à ce projet de recherche parce qu'il est atteint de diplégie ou d'hémiplégie spastique qui est une forme de déficience motrice cérébrale. Cette condition affecte plusieurs sphères de la vie de votre enfant. Des études récentes démontrent que l'hippothérapie pourrait contribuer à améliorer la motricité de votre enfant.

Ce projet propose d'utiliser l'hippothérapie afin de stimuler la stabilité posturale de votre enfant et de vérifier si ces acquis se généralisent sur sa motricité. L'hippothérapie est une stratégie de réadaptation qui utilise le cheval comme activité thérapeutique. Cette nouvelle discipline vise l'acquisition de comportements moteurs de base chez l'enfant plutôt que des habiletés équestres. L'enfant assis dans différentes postures reçoit lors du déplacement du cheval des stimulations multi sensorielles qui entraînent des réajustements posturaux continus.

L'objectif général de cette recherche est d'évaluer les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie sur la motricité globale et sur la stabilité posturale des enfants ayant une déficience motrice cérébrale.

Les objectifs spécifiques sont de mesurer les effets sur :

1. les oscillations de la tête et du tronc lorsque l'enfant est assis sur le cheval;
2. la stabilité posturale en position assise, debout et lors d'une tâche de préhension uni et bilatérale;
3. les oscillations de la tête et du tronc en position assise lors d'une tâche de préhension uni et bilatérale;
4. la motricité globale;
5. la cinématique des membres supérieurs dans une tâche d'atteinte et de préhension;
6. le maintien des acquis après 10 semaines.

Vingt-trois sujets seront recrutés pour ce protocole de recherche.



6. Comment se déroulera le projet ?

La durée totale du projet pour votre enfant est de 23 semaines. L'intervention en hippothérapie au Centre équestre dure une heure pendant 10 semaines. Durant les 30 premières minutes, votre enfant prendra différentes positions (ex. : assis face vers l'avant, vers l'arrière et sur le coté ou encore en décubitus ventral) sur le cheval et sera sollicité pour participer à des activités thérapeutiques sur le cheval en mouvement. L'équipe du Centre équestre de Sorel observe les standards de pratique de l'Association Canadienne d'équitation thérapeutique (ACET) et sera composée de 4 personnes (un manieur, 2 accompagnateurs et un thérapeute) qui accompagneront votre enfant tout au long de ses déplacements sur le cheval pour assurer un maintien sécuritaire grâce à des prises de mains sélectionnées par le thérapeute responsable. Les 30 dernières minutes comprennent l'accueil, le brossage et le retour du cheval à la stalle qui se dérouleront toujours en présence d'un ou des membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel.

Votre enfant participera à 4 évaluations en laboratoire, d'une durée maximale de deux heures chacune et seront réalisées au Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke:

- Les deux premières (T1-T2), seront réalisées avant de débiter l'intervention ;
- La quatrième à la fin de l'intervention (T4) ;
- La cinquième 10 semaines après la fin de l'intervention (T5).

De plus, à trois occasions durant la période d'intervention (T3) sur le cheval (1ère, 3ème et 10ème semaine), une évaluation de l'oscillation du tronc et de la tête sera mesurée lors d'un parcours simple avec le cheval au Centre équestre de Sorel.

Les sessions d'évaluation se dérouleront sur deux sites soit dans les laboratoires du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke (accéléromètres, GMFM et stabilité posturale) et dans un manège intérieur à Sorel (accélérométrie). Quatre déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke sont donc inclus dans ce protocole en plus des 10 sessions d'intervention au Centre équestre de Sorel. Il y a donc 14 déplacements à faire pour votre enfant dans ce projet de recherche.

Au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke, nous procéderons dans un premier temps à l'évaluation de votre enfant à l'aide d'une évaluation clinique qui mesure par observation les cinq items suivants : se coucher et se rouler, s'asseoir, ramper et se mettre à genoux, se tenir debout et finalement marcher, courir et sauter. Cette évaluation sera faite par une physiothérapeute compétente avec cette batterie d'évaluation. Dans un deuxième temps, deux accéléromètres seront placés sur la tête et le tronc de votre enfant. Trois tâches seront demandées à votre enfant qui sera sur une plateforme de force :

1. se tenir debout sans appui pendant 30 secondes ;
2. rester assis sans appui pendant 30 secondes ;
3. et finalement, deux accéléromètres seront positionnés sur la tête et le tronc des sujets lors de l'exécution de tâches de préhension impliquant le déplacement d'un ballon et d'une balle en posture assise.

Toutes les séances à cheval et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke seront filmées.

Durant le déroulement du protocole de recherche, il vous sera demandé de ne pas commencer de nouvelles thérapies autant corporelles que pharmaceutiques. Certains médicaments (benzodiazépine, antidépresseur, etc.) peuvent influencer directement sur le contrôle postural. Advenant l'éventualité d'ajout de nouveaux médicaments par le médecin traitant à votre enfant, l'équipe de recherche souhaite être avisée au préalable si possible de la nature de ces médicaments qui seront pris par votre enfant. Une discussion sera alors faite entre vous et l'équipe pour vérifier les critères d'exclusion. Si vous décidez de débiter un traitement qui pourrait influencer le contrôle postural, l'enfant pourrait être exclu de l'étude. De plus, votre enfant ne pourra pas poursuivre de thérapie corporelle ou refaire de l'équitation et ce, durant au moins 10 semaines après la fin de l'intervention (mesure du maintien des acquis après 10 semaines).

L'équipe de recherche consultera le dossier médical de votre enfant pour obtenir les informations pertinentes à cette recherche s'ils ont besoin d'informations supplémentaires concernant ce projet. Vous devrez informer l'assistante de recherche de tout changement dans la condition physique de l'enfant pouvant influencer la collecte des données. Le port du casque protecteur et de la ceinture de maintien lorsque l'enfant sera à cheval sont obligatoires.

7. Quels sont les avantages et bénéfices ?

Si vous acceptez que votre enfant participe au projet, il bénéficiera de 10 séances gratuites de traitement en hippothérapie par une équipe qualifiée. Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel et physique de sa participation à ce projet de recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances dans le domaine des problèmes de motricité chez les enfants ayant une déficience motrice cérébrale.

Version : 19 avril 2011
Initiales du parent _____



Page 3 de 6

8. Quels sont les inconvénients et les risques ?

Le seul inconvénient direct pouvant découler de la participation de votre enfant est une légère fatigue lors des séances d'évaluation. Les autres inconvénients sont liés au temps qu'engendreront les déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke et au Centre équestre de Sorel pour les interventions.

Les risques inhérents à l'intervention de cette étude sont ceux en lien avec une chute de cheval. Le dressage des chevaux et l'entraînement de l'équipe responsable de l'intervention permettront de réduire au minimum cette éventualité. Le port des équipements de sécurité permettra aux enfants d'être protégés si un événement imprévu survenait.

Le seul autre risque présent au sol avant et après l'intervention à cheval est de se faire écraser les pieds lors du déplacement du cheval ou lors du brossage quand le cheval est à l'arrêt, mais ce risque est atténué par le fait que l'enfant ne sera jamais seul en déplacement ou non avec le cheval étant donné qu'un ou plusieurs membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel l'accompagneront dans tous ses déplacements dans le Centre. Les risques de ruades sont minimes car on ne fait pas passer l'enfant derrière le cheval dans toutes les situations. L'enfant sera toujours positionné sur le côté ou sur le devant du cheval lorsqu'il est au sol. Une morsure par le cheval est possible mais peu probable car les chevaux ne seraient pas sélectionnés s'ils présentaient ce type de comportement.

Un protocole d'urgence conçu par l'ACET est en place au Centre équestre de Sorel qui prévoit différents scénarios à suivre en cas d'événements imprévus. Pour être accrédité par l'ACET, le Centre équestre se doit d'avoir entre autres, un téléphone pour appeler des secours et un protocole de suivi post-accident.

9. Y a-t-il d'autres options possibles ?

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser que votre enfant y participe.

10. Dans quels cas peut-on me retirer de la recherche ou l'arrêter prématurément?

Vous pouvez retirer votre enfant de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'assistante de recherche affectée au projet.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le Comité d'éthique de la recherche du CHU Ste-Justine et l'organisme subventionnaire peuvent mettre fin à la participation de votre enfant, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que sa participation au projet n'est plus dans votre intérêt ou celui de votre enfant, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.



11. Comment la confidentialité est-elle assurée ?

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant pour ce projet de recherche seront confidentiels, à moins d'une autorisation de votre part ou d'une exception de la loi. Pour ce faire, ces renseignements seront codés et mis sous clé. Les dossiers seront conservés pendant 5 ans, sous la responsabilité de M. M. Jacques A. de Guise au CHU Sainte-Justine et également par Mme Hélène Corriveau au Centre de recherche sur le vieillissement.

Durant la participation de votre enfant à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements le concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Toutes les séances d'évaluation de la motricité globale et d'intervention en hippothérapie seront filmées avec une caméra numérique, codées et consignées dans un dossier de recherche. Les enregistrements vidéo ainsi que toutes les données recueillies seront détruits 5 années après la fin du projet de recherche.

Cependant, aux fins de vérifier le bon déroulement de la recherche et d'assurer votre protection, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche du CHU Sainte-Justine et des organismes commanditaires consulte les données de recherche et le dossier médical de votre enfant.

Par ailleurs, les résultats de cette recherche pourront être publiés ou communiqués dans un congrès scientifique ou dans un journal scientifique mais aucune information pouvant identifier votre enfant ne sera alors dévoilée.

12. Responsabilité

En cas de préjudice résultant des traitements et des procédures requises par cette recherche, votre enfant recevra tous les soins médicaux nécessaires et couverts par la Régie d'assurance-maladie du Québec ou par son régime d'assurance-médicaments. Vous devrez déboursier la portion des coûts qui ne sont pas couverts.

Toutefois, en signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant. De plus, vous ne libérez pas les investigateurs et le promoteur de leur responsabilité légale et professionnelle.

13. Y a-t-il une compensation prévue pour vos dépenses et inconvénients ?

Vous serez responsables du transport de votre enfant mais les coûts seront assumés par le projet de recherche pour les déplacements, les repas et le stationnement au Centre de recherche du CSSS-IUGS de Sherbrooke sur présentation de reçus. Les frais de déplacement au Centre équestre ne sont pas couverts par le projet.

14. Conflits d'intérêts

Les chercheurs impliqués dans ce projet déclarent être libres de tout conflit d'intérêts.



15. Liberté de participation

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est libre et volontaire. Toute nouvelle connaissance susceptible de remettre en question la décision que votre enfant continue de participer à la recherche vous sera communiquée.

Vous pouvez retirer votre enfant de cette recherche en tout temps. Quelle que soit votre décision cela n'affectera pas la qualité des services de santé qui lui sont offerts.

16. En cas de questions ou de difficultés, avec qui peut-on communiquer ?

Pour plus d'information concernant cette recherche, contactez le chercheur responsable de cette recherche au CHU Sainte-Justine, M. Jacques de Guise au (514) 396-8922.

Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter le Commissaire local aux plaintes et à la qualité des services du CHU Sainte-Justine au (514) 345-4749.

17. Consentement et assentiment

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu à ma satisfaction. Après réflexion, j'accepte que mon enfant participe à ce projet de recherche. J'autorise l'équipe de recherche à consulter le dossier médical de mon enfant pour obtenir les informations pertinentes à ce projet.

_____	_____	_____
Nom de l'enfant (Lettres moulées)	Assentiment de l'enfant si capable de comprendre la nature du projet (signature)	Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet: oui___ non___

_____	_____	_____
Nom du parent, tuteur ou du participant de 18 ans et plus (Lettres moulées)	Consentement (signature)	Date

J'ai expliqué au participant et/ou à son parent/tuteur tous les aspects pertinents de la recherche et j'ai répondu aux questions qu'ils m'ont posées. Je leur ai indiqué que la participation au projet de recherche est libre et volontaire et que la participation peut être cessée en tout temps.

_____	_____	_____
Nom de la personne qui a obtenu le consentement (Lettres moulées)	Signature	Date

Annexe H Formulaire de consentement du CHUS



CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE SHERBROOKE
Hôpital Fleurimont, 3001, 12^e Avenue Nord, Fleurimont (Québec) J1H 5N4
Hôtel-Dieu, 580, rue Bowen Sud, Sherbrooke (Québec) J1G 2E8
Téléphone : (819) 346-1110

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT A LA RECHERCHE

Titre du projet: L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

Organisme subventionnaire : Horses & Humans Research Foundation
<http://www.horsesandhumans.org/>

Chercheur principal: Mme Hélène Corriveau, Ph.D,
Centre de recherche sur le vieillissement

Chercheur(s) associé(s): M. Claude Dugas, Ph.D,
Groupe de recherche en adaptation réadaptation neuromusculaire UQTR
Mme Danielle Champagne erg, M.Sc.
Étudiante au Doctorat en sciences cliniques
Université de Sherbrooke

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche parce que l'enfant que vous représentez est atteint de diploégie spastique. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Si vous acceptez de participer au projet de recherche, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document et nous vous en remettrons une copie pour vos dossiers.

Ce formulaire d'information et de consentement vous explique le but de ce projet de recherche, les procédures, les avantages, les risques et inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Il peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions nécessaires au chercheur responsable du projet ou aux autres personnes affectées au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

POUR INFORMATION

Du lundi au vendredi entre 8 h et 16 h, vous pouvez joindre :
Hélène Corriveau, chercheuse responsable, au [redacted]
Claude Dugas, chercheur associé, au [redacted]
Danielle Champagne, assistante de recherche, au [redacted]

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Votre enfant est invité à participer à ce projet de recherche parce qu'il est atteint de diplégie spastique qui est une forme de déficience motrice cérébrale. Le présent document vous renseigne sur les modalités de ce projet de recherche.

Ce projet propose d'utiliser l'hippothérapie afin de stimuler l'équilibre de votre enfant et de vérifier si ces acquis se généralisent sur sa motricité. L'hippothérapie utilise le mouvement cheval pour atteindre ses buts thérapeutiques. L'hippothérapie n'essaie pas de rendre un enfant autonome à cheval, mais plutôt d'améliorer son équilibre par le mouvement du cheval. L'enfant assis dans différentes postures reçoit, lors du déplacement du cheval, des stimulations multiples qui entraînent un réajustement de sa posture et stimule son équilibre, sa coordination et sa motricité.

L'objectif général de cette recherche est d'évaluer les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie sur la motricité globale et sur la stabilité posturale des enfants ayant une déficience motrice cérébrale.

Les objectifs spécifiques sont de mesurer les effets sur :

1. les oscillations de la tête et du tronc lorsque l'enfant est assis sur le cheval;
2. la stabilité posturale en position assise, debout et lors d'une tâche de préhension avec une ou deux mains;
3. les oscillations de la tête et du tronc en position assise lors d'une tâche de préhension uni et bilatérale;
4. la motricité globale;
5. la cinématique (étude de l'effet du mouvement) des membres supérieurs;
6. le maintien des acquis après 10 semaines.

Vingt-trois sujets seront recrutés pour ce protocole de recherche.

DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

La durée totale du projet pour votre enfant est de 23 semaines. Les sessions d'évaluation se dérouleront sur deux sites soit dans les laboratoires du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke (accéléromètres, GMFM et stabilité posturale) et dans un manège intérieur à Sorel (accéléromètres seulement). Les accéléromètres sont des petits modules électroniques déposés sur l'enfant qui permettront d'enregistrer le contrôle de sa posture. Les accéléromètres sont assez petits pour offrir une liberté de mouvement à l'enfant. La motricité sera cotée par une physiothérapeute à l'aide du *Gross Motor Function Measure* (GMFM) qui est une grille d'observation évaluant les dimensions suivantes : se tenir debout, marcher, courir et sauter. Quatre déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke sont donc inclus dans ce protocole en plus des 10 sessions d'intervention au Centre équestre de Sorel. Il y a donc 14 déplacements à faire pour votre enfant dans ce projet de recherche.

L'intervention en hippothérapie au Centre équestre de Sorel dure une heure pendant 10 semaines. Durant les 30 premières minutes, votre enfant prendra différentes positions (ex. : assis face vers l'avant, vers l'arrière et sur le côté ou encore couché sur le ventre) sur le cheval et sera sollicité pour participer à des activités thérapeutiques sur le cheval en mouvement. L'équipe du Centre équestre de Sorel observe les standards

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

de pratique de l'Association Canadienne d'équitation thérapeutique (ACET) et sera composée de 4 personnes (un manieur, 2 accompagnateurs et un thérapeute) qui accompagneront votre enfant tout au long de ses déplacements sur le cheval pour assurer un maintien sécuritaire grâce à des prises de mains sélectionnées par le thérapeute responsable.

Les 30 autres minutes comprennent l'accueil, le brossage et le retour du cheval à la stalle qui se dérouleront toujours en présence d'un ou des membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel.

Votre enfant participera à 4 évaluations en laboratoire, d'une durée maximale de deux heures chacune et seront réalisées au Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke:

- Les deux premières (T1-T2), seront réalisées avant de débiter l'intervention ;
- La quatrième, à la fin de l'intervention (T4) ;
- La cinquième, 10 semaines après la fin de l'intervention (T5).

De plus, à trois occasions durant la période d'intervention (T3) sur le cheval (1^{ère}, 3^{ème} et 10^{ème} semaine), une évaluation de l'oscillation du tronc et de la tête sera mesurée lors d'un parcours simple avec le cheval au Centre équestre de Sorel.

Au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke, nous procéderons dans un premier temps à l'évaluation de votre enfant à l'aide d'une évaluation clinique qui mesure par observation les cinq items suivants : se coucher et se rouler, s'asseoir, ramper et se mettre à genoux, se tenir debout et finalement marcher, courir et sauter. Cette évaluation sera faite par une physiothérapeute habilitée avec cette évaluation. Dans un deuxième temps, deux petits accéléromètres seront placés sur la tête et le tronc de votre enfant. Trois tâches seront demandées à votre enfant qui sera sur une plateforme de force :

1. se tenir debout sans appui pendant 30 secondes ;
2. rester assis sans appui pendant 30 secondes ;
3. et finalement, deux accéléromètres seront positionnés sur la tête et le tronc des sujets lors de l'exécution de tâches de préhension impliquant le déplacement d'un ballon et d'une balle en posture assise sur la plateforme.

Toutes les séances à cheval et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke seront filmées afin de permettre au chercheur de conserver un journal visuel des interventions et de faire confirmer les cotations du GMFM par un deuxième physiothérapeute ne participant pas à ce projet de recherche.

Durant le déroulement du protocole de recherche, il vous sera demandé de ne pas commencer de nouvelles thérapies autant corporelles que pharmaceutiques. Certains médicaments (benzodiazépine, antidépresseur, etc.) peuvent influencer directement sur le contrôle postural. Advenant l'éventualité d'ajout de nouveaux médicaments par le médecin traitant à votre enfant, l'équipe de recherche souhaite être avisée au préalable si possible de la nature de ces médicaments qui seront pris par votre enfant. Une discussion sera alors faite entre vous et l'équipe pour vérifier les critères d'exclusion. Si vous décidez de débiter un traitement qui pourrait influencer le contrôle postural,

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

l'enfant pourrait être exclu de l'étude. De plus, votre enfant ne pourra pas poursuivre de thérapie corporelle ou refaire de l'équitation et ce, durant au moins 10 semaines après la fin de l'intervention (mesure du maintien des acquis après 10 semaines).

COLLABORATION DU SUJET DE RECHERCHE

Vous devrez informer l'assistante de recherche de tout changement dans la condition physique de l'enfant pouvant influencer la collecte des données. Le port du casque protecteur et de la ceinture de maintien lorsque l'enfant sera à cheval sont obligatoires.

RISQUES POUVANT DÉCOULER DE LA PARTICIPATION DU SUJET AU PROJET DE RECHERCHE

Les risques inhérents à l'intervention de cette étude sont ceux en lien avec une chute de cheval. Le dressage, l'entraînement de l'équipe responsable de l'intervention et des chevaux permettront de réduire au minimum cette éventualité. Le port des équipements de sécurité permettra aux enfants d'être protégés si un événement imprévu survenait.

Le seul autre risque présent au sol avant et après l'intervention à cheval est de se faire écraser les pieds lors du déplacement du cheval ou lors du brossage quand le cheval est à l'arrêt, mais ce risque est atténué par le fait que l'enfant ne sera jamais seul en déplacement ou non avec le cheval étant donné qu'un ou plusieurs membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel l'accompagneront dans tous ses déplacements dans le Centre. Les risques de ruades sont minimes car on ne fait pas passer l'enfant derrière le cheval dans toutes les situations. L'enfant sera toujours positionné sur le côté ou sur le devant du cheval lorsqu'il est au sol. Une morsure par le cheval est possible mais peu probable car les chevaux ne seraient pas sélectionnés s'ils présentaient ce type de comportement.

Un protocole d'urgence conçu par l'ACET est en place au Centre équestre de Sorel qui prévoit différents scénarios à suivre en cas d'événements imprévus. Pour être accrédité par l'ACET, le Centre équestre se doit d'avoir entre autres, un téléphone pour appeler des secours et un protocole de suivi post-accident.

INCONVÉNIENTS POUVANT DÉCOULER DE LA PARTICIPATION DU SUJET AU PROJET DE RECHERCHE

Le seul inconvénient direct pouvant découler de la participation de votre enfant est une légère fatigue lors des séances d'évaluation. Les autres inconvénients sont liés au temps qu'engendreront les déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke et au Centre équestre de Sorel pour les interventions. En ce qui a trait aux évaluations qui se déroulent en laboratoire, le seul désavantage consiste à consacrer du temps pour celles-ci.

AVANTAGES POUVANT DÉCOULER DE LA PARTICIPATION DU SUJET AU PROJET DE RECHERCHE

Si vous acceptez que votre enfant participe au projet, il bénéficiera de 10 séances gratuites de traitement en hippothérapie par une équipe qualifiée. Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel et physique de sa participation à ce projet de recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus

contribueront à l'avancement des connaissances dans le domaine des problèmes de motricité chez les enfants ayant une déficience motrice cérébrale.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT DU PROJET DE RECHERCHE

La participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser que votre enfant y participe. Vous pouvez également retirer votre enfant de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'assistante de recherche affectée au projet.

L'équipe de recherche s'engage à vous notifier tout élément susceptible de modifier la nature de votre consentement.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS et l'organisme subventionnaire peuvent mettre fin à la participation de votre enfant, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que sa participation au projet n'est plus dans votre intérêt ou celui de votre enfant, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Votre décision de refuser que votre enfant participe à ce projet de recherche ou de l'en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels il a droit ou sur vos relations avec le chercheur responsable du projet et les autres intervenants.

CONFIDENTIALITÉ

Durant la participation de votre enfant à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements le concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Toutes les séances d'évaluation de la motricité globale et d'intervention en hippothérapie seront filmées sur vidéocassettes, codées et consignées dans un dossier de recherche.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations contenues dans les dossiers médicaux de votre enfant concernant son état de santé passé et présent, ses habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures qu'il aura à subir durant ce projet. Ce dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que son nom, son sexe, sa date de naissance et son origine ethnique.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver l'identité de votre enfant et la confidentialité des renseignements, il ne sera identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant le nom de votre enfant à son dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable. Les données pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier votre enfant sauf si vous consentez à son identification photo, audio ou vidéo. Toutes les données recueillies incluant les vidéos et les photos seront détruits après cinq ans par le chercheur responsable.

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de la participation de votre enfant au projet seront conservés pendant cinq ans après la fin du projet dans un répertoire maintenu par le chercheur responsable ou par l'établissement. Ils seront par la suite également détruits par le chercheur responsable.

Dans un souci de protection des personnes qui participent à un projet de recherche et de transparence, cette liste de sujets pourrait être consultée par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS. Prenez note que toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Vous avez le droit de consulter le dossier de recherche de votre enfant pour vérifier les renseignements recueillis, et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois la participation de votre enfant terminée.

COMPENSATION

Vous serez responsable du transport de votre enfant, mais les coûts seront assumés par le projet de recherche pour les déplacements, les repas et le stationnement au Centre de recherche du CSSS-IUGS de Sherbrooke, sur présentation de reçus. Les frais de déplacement au Centre équestre de Sorel ne sont pas couverts par le projet.

DROITS DU SUJET ET INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE

Si votre enfant devait subir quelque préjudice que ce soit dû à sa participation au projet de recherche, il recevra tous les soins et services requis par son état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de ses droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

FINANCEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Le chercheur a reçu des fonds de Horses and Humans Research Foundation pour mener à bien ce projet de recherche. Les fonds reçus couvrent les frais liés à ce projet de recherche.

PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à la participation de votre enfant au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec les chercheurs responsables du projet de recherche aux numéros suivants : Mme Hélène Corriveau au [redacted], M. Claude Dugas au [redacted] ou Mme Danielle Champagne, assistante de recherche au [redacted].

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

Pour toute question concernant vos droits en tant que parent ayant un enfant participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec la Commissaire locale aux plaintes et à la qualité des services du CHUS au numéro suivant : 819-346-1110, poste 14525.

SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES

Le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi. De plus, nous nous engageons à lui soumettre pour approbation toute révision et toute modification apportée au protocole de recherche ou au formulaire d'information et de consentement.

Si vous désirez rejoindre l'un des membres de ce comité vous pouvez communiquer avec le Service de soutien à l'éthique de la recherche du CHUS au numéro 819-346-1110, poste 12856.

CONSENTEMENT

Je déclare avoir lu le présent formulaire d'information et de consentement, particulièrement quant à la nature de la participation de mon enfant au projet de recherche et l'étendue des risques qui en découlent. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à toutes mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement me sera remise.

Nom de l'enfant mineur

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet: oui ___ non ___

Nom du titulaire de l'autorité
parentale (lettres moulées)

Signature du titulaire
de l'autorité parentale

Date

Nom du témoin
(lettres moulées)

Signature du témoin

Date

Nom de la personne qui
obtient le consentement
(lettres moulées)

Signature de la personne qui
obtient le consentement

Date

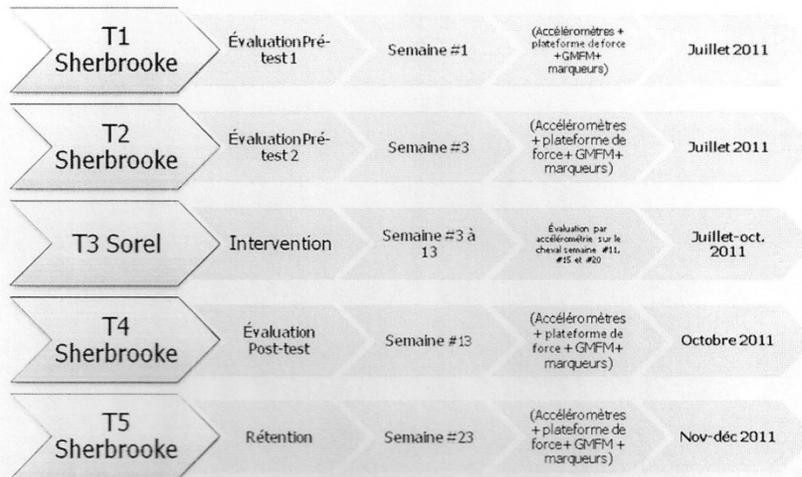
Les séances d'hippothérapie seront enregistrées sur vidéocassettes et des photographies seront prises au Centre équestre de Sorel et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke. Nous autorisez-vous à utiliser ces photographies ou ces enregistrements vidéo à des fins de formation et/ou de présentations scientifiques et à les conserver avec les données de recherche ?

Oui

Non

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC).

CALENDRIER DES VISITES ET INTERVENTIONS



Annexe I Autorisation médicale pour faire de l'équitation

Autorisation médicale pour projet de recherche

Bonjour Docteur : _____

Votre patient (nom du patient) _____ est intéressé à participer à un projet de recherche en hippothérapie en collaboration avec l'Université de Sherbrooke et l'UQTR.

Afin d'offrir un service sécuritaire, notre projet veut s'assurer que vous complétiez le formulaire qui comprend l'historique médical de votre patient et vos recommandations associées. Nous avons noté une liste de conditions qui requiert une attention particulière. Certaines sont des précautions à prendre et d'autres sont des contraindications à la pratique de l'hippothérapie. Il est donc important que vous notiez si ses conditions sont présentes actuellement ou antérieurement et à quel degré.

Orthopédie	Neurologie	Médical/psychologique	Autres
<ul style="list-style-type: none"> • Instabilité atlantoaxiale • Coxarthrose • Déficit des nerfs crâniens • Myosite ossifiante • Subluxation/Dislocation articulaire • Ostéoporose • Fractures pathologiques • Fusion spinale • Instabilité/anormalité spinale 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocéphalie/Shunt • Épilepsie • Spina bifida • Malformation d'Arnold Chiari 	<ul style="list-style-type: none"> • Allergies • Victime d'abus physique/sexuel/émotionnel • Pression sanguine hors norme • Automutilation • Agressivité • Pyromanie • Condition cardiaque • Hémophilie • Migraines • Maladie vasculaire périphérique • Problème respiratoire • Chirurgies récentes • Abus de substances • Désordres de la pensée ou de l'humeur 	<ul style="list-style-type: none"> • Âge : 2 ans et moins • Cathéters • Médications : <ul style="list-style-type: none"> • (Photosensibilité) • Faible endurance • Plaies de siège : <ul style="list-style-type: none"> • stade 2 à 4

Merci pour votre collaboration. Si vous avez des questions concernant la participation de votre patient à l'hippothérapie, sentez-vous très à l'aise de me contacter pour obtenir plus d'informations.

Sincèrement,

Danielle Champagne erg, M.Sc.

Candidate au Doctorat en Sciences Cliniques à l'Université de Sherbrooke

HISTORIQUE ET CONDITION MÉDICALE ACTUELLE

No du sujet : _____

Adresse :

Date de naissance : _____ Taille : _____ Poids : _____

Diagnostic(s) :

Chirurgies passées ou à venir : _____

Médications :

Type d'épilepsie : _____ Contrôlé : OUI NON

Date de la dernière crise : _____

Présence de SHUNT : OUI NON Date de la dernière révision du shunt : _____

Mobilité : Ambulant : OUI NON

si oui, auxiliaire de marche : _____ Orthèses : _____

SVP Indiquer les difficultés passées ou présentes des systèmes suivants incluant les chirurgies :

Commentaires

Auditif	OUI	NON	_____
Visuel	OUI	NON	_____
Tactile	OUI	NON	_____
Cardiaque	OUI	NON	_____
Circulatoire	OUI	NON	_____
Peau et téguments	OUI	NON	_____
Immunitaire	OUI	NON	_____
Pulmonaire	OUI	NON	_____
Neurologique	OUI	NON	_____
Musculaire	OUI	NON	_____
Équilibre	OUI	NON	_____
Orthopédique	OUI	NON	_____
Allergies	OUI	NON	_____
Difficultés d'apprentissage	OUI	NON	_____
Cognitive	OUI	NON	_____

À ma connaissance, il n'y a pas de raison pour que cette personne ne participe pas à des traitements d'hippothérapie. Toutefois, je comprends que le projet de recherche va évaluer les conditions médicales susmentionnées par rapport aux précautions et contreindications à prendre lors de traitements d'hippothérapie.

Nom du MD/titre : _____ No de permis : _____

Signature : _____ Date : _____

Adresse : _____ Ville : _____

Province : _____ Code postal : _____ Téléphone : _____

Annexe J Formulaire de consentement du CDRV du CSSS-IUGS



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

L'effet de l'hippothérapie sur la motricité et le contrôle postural d'enfants ayant une déficience motrice cérébrale (DMC)

CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE

Mme Hélène Corriveau pht, Ph.D, Chercheure principale Centre de recherche sur le vieillissement de Sherbrooke ;
M. Claude Dugas Ph.D, Co-chercheur, Groupe de réadaptation et réadaptation neuromusculaires, Université du Québec à Trois-Rivières ;
Mme Danielle Champagne erg, M.Sc, Assistante de recherche, étudiante au Doctorat en Sciences Cliniques, Université de Sherbrooke.

NOM DE L'ORGANISME SUBVENTIONNAIRE

Horses and Humans Research Foundation (HHRF), États-Unis

PREAMBULE

Nous sollicitons la participation de votre enfant ou de l'enfant que vous représentez à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter qu'il participe à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Afin d'alléger le formulaire d'information et de consentement, le mot « enfant » sera utilisé pour la suite du présent document.

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Votre enfant est invité à participer à ce projet de recherche parce qu'il est atteint de diplégie spastique. Le présent document vous renseigne sur les modalités de ce projet de recherche.

Ce projet propose d'utiliser l'hippothérapie afin de stimuler la stabilité posturale de votre enfant et de vérifier si ces acquis se généralisent sur sa motricité. L'hippothérapie qui est une stratégie de réadaptation qui utilise le cheval comme activité thérapeutique. Cette nouvelle discipline vise l'acquisition de comportements moteurs de base chez l'enfant plutôt que des habiletés équestres. L'enfant assis dans différentes postures reçoit lors du déplacement du cheval des stimulations multi sensorielles qui entraînent des réajustements posturaux continus.

L'objectif général de cette recherche est d'évaluer les impacts d'un programme de 10 semaines d'intervention en hippothérapie sur la motricité globale et sur la stabilité posturale des enfants ayant une PC.

Les objectifs spécifiques sont de mesurer les effets sur :

1. les oscillations de la tête et du tronc lorsque l'enfant est assis sur le cheval;

Initiales du parent : _____

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veuillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

Page 1 de 7

2. la stabilité posturale en position assise, debout et lors d'une tâche de préhension;
3. les oscillations de la tête et du tronc en position assise lors d'une tâche de préhension;
4. la motricité;
5. le maintien des acquis après 10 semaines.

Vingt-trois sujets seront recrutés pour ce protocole de recherche.

DEROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

La durée totale du projet pour votre enfant est de 23 semaines. L'intervention en hippothérapie au Centre équestre dure une heure pendant 10 semaines. Durant les 30 premières minutes, votre enfant prendra différentes positions (ex. : assis face vers l'avant, vers l'arrière et sur le côté ou encore décubitus ventral) sur le cheval et sera sollicité pour participer à des activités thérapeutiques sur le cheval en mouvement. L'équipe du Centre équestre de Sorel observe les standards de pratique de l'Association Canadienne d'équitation thérapeutique (ACET) et sera composée de 4 personnes (un manieur, 2 accompagnateurs et un thérapeute) qui accompagneront votre enfant tout au long de ses déplacements sur le cheval pour assurer un maintien sécuritaire grâce à des prises de mains sélectionnées par le thérapeute responsable.

Les 30 autres minutes comprennent l'accueil, le brossage et le retour du cheval à la stalle qui se dérouleront toujours en présence d'un ou des membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel.

Votre enfant participera à 4 évaluations en laboratoire, d'une durée maximale de deux heures chacune et seront réalisées au Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke:

- Les deux premières (T1-T2), seront réalisées avant de débuter l'intervention
- La troisième (T4), à la fin de l'intervention
- La quatrième 10 semaines après la fin de l'intervention (accéléromètres, GMFM, stabilité posturale) (T5).

De plus, à trois occasions durant la période d'intervention (T3) sur le cheval (1^{ère}, 3^{ème} et 10^{ème} semaine), une évaluation de l'oscillation du tronc et de la tête sera mesurée lors d'un parcours simple avec le cheval au Centre équestre de Sorel.

Les sessions d'évaluation se dérouleront sur deux sites soit dans les laboratoires du Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS de Sherbrooke (accéléromètres, GMFM et stabilité posturale) et dans un manège intérieur à Sorel (accélérométrie). Quatre déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke sont donc inclus dans ce protocole en plus des 10 sessions d'intervention au Centre équestre de Sorel. Il y a donc 14 déplacements à faire pour votre enfant dans ce projet de recherche.

Au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke, nous procéderons dans un premier temps à l'évaluation de votre enfant à l'aide d'une évaluation clinique qui mesure par observation les cinq items suivants : se coucher et se rouler, s'asseoir, ramper et se mettre à genoux, se tenir debout et finalement marcher, courir et sauter. Cette évaluation sera faite par une physiothérapeute habilitée avec cette évaluation. Dans un deuxième temps, deux petits accéléromètres seront placés sur la tête et le tronc de votre enfant. Trois tâches seront demandées à votre enfant qui sera sur une plateforme de force :

Initiales du parent : _____

Page 2 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veuillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

1. se tenir debout sans appui pendant 30 secondes ;
2. rester assis sans appui pendant 30 secondes ;
3. et finalement, deux accéléromètres seront positionnés sur la tête et le tronc des sujets lors de l'exécution de tâches de préhension impliquant le déplacement d'un ballon et d'une balle en posture assise sur la plateforme.

Toutes les séances à cheval et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke seront filmées.

Durant le déroulement du protocole de recherche, il vous sera demandé de ne pas commencer de nouvelles thérapies autant corporelles que pharmaceutiques. Certains médicaments (benzodiazépine, antidépresseur, etc.) peuvent influencer directement sur le contrôle postural. Advenant l'éventualité d'ajout de nouveaux médicaments par le médecin traitant à votre enfant, l'équipe de recherche souhaite être avisée au préalable si possible de la nature de ces médicaments qui seront pris par votre enfant. Une discussion sera alors faite entre vous et l'équipe pour vérifier les critères d'exclusion. Si vous décidez de débiter un traitement qui pourrait influencer le contrôle postural, l'enfant pourrait être exclu de l'étude. De plus, votre enfant ne pourra pas poursuivre de thérapie corporelle ou refaire de l'équitation et ce, durant au moins 10 semaines après la fin de l'intervention (mesure du maintien des acquis après 10 semaines).

CALENDRIER DES INTERVENTIONS

	CSSS-IUGS	CSSS-IUGS	Sorel	CSSS-IUGS	CSSS-IUGS
Consentement médical Sélection en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion	T1 Évaluation Pré-test (Acc + Stabilité posturale+GMFM)	T2 Évaluation Pré-test 3 semaines plus tard (Acc + Stabilité posturale + GMFM)	T3 Intervention (10 semaines) Évaluation par accélérométrie sur le cheval semaine #1, #5 et #10	T4 Évaluation Post-test (Acc + Stabilité posturale + GMFM)	T5 Rétention (10 semaines plus tard) (Acc + Stabilité posturale + GMFM)
	Juillet 2010	Juillet 2010	Juillet-oct. 2010	Octobre 2010	Décembre 2010

COLLABORATION DU SUJET AU PROJET DE RECHERCHE

Vous devrez informer l'assistante de recherche de tout changement dans la condition physique de l'enfant pouvant influencer la collecte des données. Le port du casque protecteur et de la ceinture de maintien lorsque l'enfant sera à cheval sont obligatoires.

RISQUES ASSOCIES AU PROJET DE RECHERCHE

Les risques inhérents à l'intervention de cette étude sont ceux en lien avec une chute de cheval. Le dressage, l'entraînement de l'équipe responsable de l'intervention et des chevaux permettront de réduire au minimum cette éventualité. Le port des équipements de sécurité permettra aux enfants d'être protégés si un événement imprévu survenait.

Le seul autre risque présent au sol avant et après l'intervention à cheval est de se faire écraser les pieds lors du déplacement du cheval ou lors du brossage quand le cheval est à l'arrêt, mais ce risque est atténué par le fait que l'enfant ne sera jamais seul en déplacement ou non avec le cheval étant donné qu'un ou plusieurs membres de l'équipe du Centre équestre de Sorel l'accompagneront dans tous ses déplacements dans le Centre. Les risques de ruades sont minimes car on ne fait pas passer l'enfant derrière le cheval dans toutes les situations. L'enfant sera toujours positionné sur le côté ou sur le devant du cheval

Initiales du parent : _____

Page 3 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veuillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

lorsqu'il est au sol. Une morsure par le cheval est possible mais peu probable car les chevaux ne seraient pas sélectionnés s'ils présentaient ce type de comportement.

Un protocole d'urgence conçu par l'ACET est en place au Centre équestre de Sorel qui prévoit différents scénarios à suivre en cas d'événements imprévus. Pour être accrédité par l'ACET, le Centre équestre se doit d'avoir entre autres, un téléphone pour appeler des secours et un protocole de suivi post-accident.

En ce qui a trait aux évaluations qui se déroulent en laboratoire, le seul désavantage consiste à consacrer du temps pour les séances d'évaluation.

INCONVENIENTS

Le seul inconvénient direct pouvant découler de la participation de votre enfant est une légère fatigue lors des séances d'évaluation. Les seuls inconvénients sont liés au temps qu'engendreront les déplacements au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke et au Centre équestre de Sorel pour les interventions.

AVANTAGES

Si vous acceptez que votre enfant participe au projet, il bénéficiera de 10 séances gratuites de traitement en hippothérapie par une équipe qualifiée. Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel et physique de sa participation à ce projet de recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances dans le domaine des problèmes de motricité chez les enfants ayant la PC.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITE DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser que votre enfant y participe. Vous pouvez également retirer votre enfant de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'assistante de recherche affectée au projet.

L'équipe de recherche s'engage à vous notifier tout élément susceptible de modifier la nature de votre consentement.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS de Sherbrooke, l'organisme subventionnaire peuvent mettre fin à la participation de votre enfant, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que sa participation au projet n'est plus dans votre intérêt ou celui de votre enfant, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

CONFIDENTIALITE

Durant la participation de votre enfant à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements le concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Toutes les séances d'intervention en hippothérapie seront filmées sur vidéocassettes, codées et consignées dans un dossier de recherche.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations contenues dans les dossiers médicaux de votre enfant concernant votre état de santé passé et présent, ses habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures qu'il aura à subir durant

Initiales du parent : _____

Page 4 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veuillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

ce projet. Ce dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que son nom, son sexe, sa date de naissance et son origine ethnique.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver l'identité de votre enfant et la confidentialité des renseignements, il ne sera identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant le nom de votre enfant à son dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable. Les données pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier votre enfant sauf si vous consentez à son identification photo, audio ou vidéo. Toutes les données recueillies incluant les vidéos et les photos seront détruits après cinq ans par le chercheur responsable.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de la participation de votre enfant au projet seront conservés pendant cinq ans après la fin du projet dans un répertoire maintenu par le chercheur responsable ou par l'établissement. Ils seront par la suite également détruits par le chercheur responsable.

Dans un souci de protection des personnes qui participent à un projet de recherche et de transparence, cette liste de sujets pourrait être consultée par une personne mandatée par le CSSS-IUGS. Prenez note que toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Vous avez le droit de consulter le dossier de recherche de votre enfant pour vérifier les renseignements recueillis, et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet ou l'établissement détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois la participation de votre enfant terminée.

INDEMNISATION EN CAS DE PRÉJUDICE ET DROITS DU SUJET DE RECHERCHE

Si votre enfant devait subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, il recevra tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

COMPENSATION

Vous serez responsables du transport de votre enfant mais les coûts seront assumés par le projet de recherche pour les déplacements, les repas et le stationnement au Centre de recherche du CSSS-IUGS de Sherbrooke sur présentation de reçus. Les frais de déplacement au Centre équestre ne sont pas couverts par le projet.

IDENTIFICATION DES PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à la participation de votre enfant au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec les chercheurs responsables du projet de recherche aux numéros suivants :

Mme Hélène Corriveau pht, Ph.D
Centre de recherche sur le vieillissement
1036 Belvédère sud

Initiales du parent : _____

Page 5 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veuillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

Sherbrooke (Québec)
 J1H 4C4
 Téléphone :
 Télécopieur

M. Claude Dugas Ph.D
 Département des Sciences de l'activité physique
 3351, boul des Forges
 Trois-Rivières (Québec)
 G9A 5H7
 Téléphone :
 Télécopieur :

Ou Mme Danielle Champagne, assistante de recherche au numéro de téléphone suivant :

Pour toute question concernant vos droits en tant que parent ayant un enfant participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes et à la qualité des services du CSSS-IUGS au numéro suivant :

SURVEILLANCE DES ASPECTS ETHIQUES DU PROJET DE RECHERCHE

Le Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi administratif annuel. De plus, il approuvera au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

CONSENTEMENT

À l'occasion, les responsables du projet pourraient avoir à consulter le dossier médical de votre enfant pour se familiariser avec son histoire médicale, ses antécédents médicaux, son suivi médical ou de réadaptation actuels, ou encore de sa médication, puisque tous ces éléments peuvent influencer sa condition. Pour ce faire, vous devez avoir pris connaissance et avoir rempli la feuille intitulée «Autorisation de communiquer des renseignements contenus au dossier» qui sera annexée à votre dossier.

En ma qualité de représentant légal (parent, tuteur), j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom de l'enfant mineur

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Initiales du parent : _____

Page 6 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet: oui___ non___

Nom et signature du représentant légal (parent ou tuteur) _____ Date _____

Les séances d'hippothérapie seront enregistrées sur vidéocassettes et des photographies seront prises au Centre équestre de Sorel et au laboratoire du Centre de recherche sur le vieillissement CSSS-IUGS de Sherbrooke. Nous autorisez-vous à utiliser vos photographies ou vos enregistrements vidéo à des fins de formation et/ou de présentations scientifiques et à les conserver avec vos données de recherche ?

Oui

Non

Est-ce que vous autorisez l'organisme subventionnaire à utiliser les photos de votre enfant sur son site web ou autres qui auront pu être prises durant le protocole de recherche ?

Oui

Non

Est-ce que vous autorisez le Centre équestre de Sorel à utiliser les photos de votre enfant sur son site web ou autres qui auront pu être prises durant le protocole de recherche ?

Oui

Non

SIGNATURE DE LA PERSONNE QUI A OBTENU LE CONSENTEMENT

J'ai expliqué au représentant légal (parent ou tuteur) les termes du présent formulaire d'information et de consentement, et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement _____ Date _____

ENGAGEMENT ET SIGNATURE DU CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET

Je certifie qu'on a expliqué au représentant légal (parent ou tuteur) les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions que le sujet de recherche avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à la participation de son enfant, et ce, sans préjudice.

Je m'engage avec l'équipe de recherche à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en **remettre une copie signée au sujet de recherche.**

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche _____ Date _____

Initiales du parent : _____

Page 7 de 7

Version PATIENT datée du 2009-05-11

Veillez noter que le genre masculin est utilisé pour alléger le texte et en faciliter la lecture

Annexe K Lettre d'acceptation de la bourse de HHRF

October 14, 2008

Dr. Helene Corriveau
Research Center on Aging
1036 Belvedere Sud
Sherbrooke (Québec)
J1H 4C4
Canada

Dear Dr. Corriveau,

On behalf of the Horses & Humans Research Foundation, we are pleased to inform you that your application has been approved and awarded in the amount of \$50,000.

Please send the foundation photographs, comments on the project, any updates you may have and future plans which we can use in our press releases along with an updated (as needed) lay language article. We are also requesting a list of names of the local and regional papers in your area to which we can send press releases.

We will forward you a check for \$25,000.00 after we have received a signed copy of your IRB approval and all documentation relative to your IRB approval. The remaining awarded funds will be sent to you upon submission of an updated budget and financial report detailing the first 50% of your grant funds.

Please be reminded that by the midpoint of the grant period a progress report must be submitted (this may or may not coincide with the mid way budget). A final report must also be submitted within 60 days of the completion of the project which includes a scientific abstract, summary data tables, a financial report, and a less technical lay language article for future HHRF use.

We will be announcing this award at the NARHA conference the end of the month at a reception for our supporters and at the following getting to know you reception for all conference attendees. Will you be able to attend this conference or would you be able to attend the CanTRA conference in May 2009 - if so are you willing to make a brief presentation?

We look forward to actively working with you and wish you success in this important endeavor. If you have any questions or need additional information, please contact me via email at kchenry@horsesandhumans.org

With best regards,

KC Henry
Executive Director

