

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR
DANIELLE CHAMPAGNE

L'EFFET DE L'HIPPOTHÉRAPIE SUR LA MOTRICITÉ GLOBALE ET LE
CONTRÔLE DE LA TÊTE ET DU TRONC DE DEUX ENFANTS
TRISOMIQUES: ÉTUDE DE CAS

OCTOBRE 2008

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

L'hippothérapie est une stratégie de réadaptation qui utilise un instrument mobile et vivant appelé cheval. L'enfant, placé sur son dos dans différentes postures, reçoit une stimulation qui oblige ce dernier à exécuter des contractions musculaires et des réajustements posturaux continus. L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier le contrôle postural chez deux enfants trisomiques d'âge préscolaire et leurs mécanismes d'adaptation posturale utilisés sur le cheval en mouvement.

Cette étude de cas comprend 11 séances d'hippothérapie et deux formes d'évaluation. La première analyse a été effectuée avec le Gross Motor Function Measure (GMFM) qui permet de dresser un portrait du développement de la motricité globale des enfants. Les résultats du GMFM laissent entrevoir une amélioration de la motricité globale chez les deux sujets de l'étude. La deuxième mesure consiste dans une analyse cinématique de l'oscillation de la tête et du tronc de l'enfant placé sur le cheval avec des accéléromètres multiaxiaux. Les accéléromètres permettent de quantifier les accélérations de la tête et du tronc en réaction au mouvement avant du cheval. Globalement, les résultats suggèrent que la stabilité de la tête et du tronc dans l'axe médio-latéral s'améliore au cours des semaines de traitement.

Malgré notre échantillon restreint, l'hippothérapie semble être une forme de réadaptation bénéfique pour les enfants trisomiques. L'utilisation des accéléromètres est une avenue prometteuse qui permettra aux chercheurs d'évaluer l'efficacité de nouvelles techniques utilisées en réadaptation.

REMERCIEMENTS

J'aimerais d'abord remercier mon directeur de recherche, M. Claude Dugas, pour sa disponibilité, son dévouement, sa patience, son souci d'excellence et son soutien. Son aide, ses conseils et ses commentaires toujours judicieux ont été d'une valeur inestimable tout au cours de ma recherche. Un merci est également offert à M. Danik Lafond pour son aide dans le traitement des données d'accélérométrie.

J'adresse mes remerciements à Mme Valérie Bergeron ainsi qu'à Mme Guylaine Murray pour leur collaboration précieuse lors de la collecte de certaines données. Je tiens également à remercier Pierre Black pour la création des images présentées dans ce mémoire et à M. Louis Laurencelle pour son aide dans l'analyse statistique des données.

De plus, je tiens à remercier particulièrement Mme Éliane Trempe du Programme Les Amis de Joey qui a participé à cette recherche de plusieurs façons avec un professionnalisme et une rigueur très appréciée. Mme Trempe a mis à ma disposition gratuitement ses chevaux, son équipement et ses bénévoles afin de pouvoir mener ce projet à terme.

J'aimerais remercier le Regroupement de la Trisomie 21 qui m'a permis de recruter mes sujets ainsi que l'American Hippotherapy Association pour sa contribution financière grâce à l'octroi d'une subvention de recherche.

Finalement, j'aimerais remercier Daniel Gélinas, mon époux, et mes enfants (Charles-Antoine, Pierre-Olivier et Simon-Gabriel) pour leur support et leur compréhension durant ce projet de recherche et durant mes études de maîtrise.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES FIGURES	v
 CHAPITRE	
1. Introduction	1
2. Hippothérapie.....	3
2.1 Définition.....	3
2.2 Cheval : Outil de réadaptation.....	3
2.3 Constat sur les connaissances actuelles.....	4
2.4 Les fondements théoriques.....	8
2.4.1 La théorie neurodéveloppementale (NDT).....	8
2.4.2 L'intégration sensorielle (SI).....	9
2.5 Mécanismes d'action sur le corps humain.....	10
3. Trisomie 21	12
3.1 Étiologie.....	12
3.2 Hypotonie musculaire.....	12
3.3 Hyperlaxité ligamentaire	13
3.4 Influence de l'hypotonie sur le développement de l'enfant trisomique.....	14

	Page
4. Le développement du contrôle de l'équilibre chez l'enfant.....	16
4.1 La coordination du complexe tête-tronc.....	18
4.2 Le développement du contrôle de la locomotion chez les enfants trisomiques.....	20
5. Problématique et objectif de recherche.....	24
6. Méthodologie.....	26
6.1 Participants.....	26
6.2 Procédures.....	26
6.3 Interventions en hippothérapie.....	28
6.4 Mesures et résultats.....	29
6.4.1 Motricité globale.....	29
6.4.2 Article scientifique sur le GMFM.....	31
6.4.3 Contrôle de la tête et du tronc.....	43
7. Conclusion.....	48
RÉFÉRENCES.....	51

LISTE DES FIGURES

	Page
1. Mouvements du bassin humain induits par les mouvements du cheval (Young & Bracher, 2005).....	10
2. Modèle ontogénique du développement de l'organisation posturale (Assaiante, 1998).....	16
3. Protocole expérimental.....	27
4. Localisation des accéléromètres multiaxiaux.....	44
5. Schéma de l'organisation lors de la collecte des données par accélérométrie.....	45
6. Puissance cumulée des harmoniques en fonction de la fréquence des oscillations.....	46

1. INTRODUCTION

« Le cheval est un bon maître, non seulement pour le corps, mais aussi pour l'esprit et pour le coeur. » [Xénophon, 300 av. JC].

La reconnaissance des bienfaits de l'équitation sur la santé remonte à des temps fort lointains. Déjà, les Grecs de l'Antiquité préconisaient de monter à cheval tous les jours afin d'améliorer les «humeurs» des personnes ayant des maladies incurables. Au XVIIe siècle, les Anglais utilisaient le cheval dans une approche thérapeutique pour guérir la goutte. Dans le Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, qui est une vaste encyclopédie française éditée au XVIIIe siècle sous la direction de Diderot et D'Alembert, Diderot signe un article intitulé «De l'équitation et de ses conséquences pour se maintenir en bonne santé et pour la recouvrer».

Il y a plus de 2000 ans, Hippocrate observait que la pratique de l'équitation empêchait les muscles de perdre leur tonus. Plus récemment en 1952, une Danoise ayant la poliomyélite depuis 1943, du nom de Liz Hartel obtenait une médaille aux Jeux Olympiques d'Helsinki au concours de dressage. L'idée de la réadaptation par la pratique de l'équitation a germé dans la tête des thérapeutes oeuvrant en réadaptation, à la suite de cet exploit.

Depuis les années 1950, des centaines de programmes d'équitation pour les personnes handicapées sont apparus à travers le monde. Il y en aurait 650 seulement en Amérique du Nord selon la North American Riding for the Handicapped

Association (NARHA). L'utilisation du cheval avec des personnes ayant des déficiences et incapacités se regroupe dans plusieurs catégories qui portent des appellations diverses dépendamment du pays où l'on se trouve. Les plus connues sont l'équitation thérapeutique, la thérapie assistée par le cheval et l'hippothérapie. L'équitation thérapeutique est l'enseignement de techniques équestres à des enfants ayant des incapacités de toute nature (Engel, 2001). La thérapie assistée par le cheval est utilisée par des psychologues qui utilisent le cheval ou l'environnement équin pour atteindre des objectifs thérapeutiques psychologiques comme par exemple, l'amélioration de l'estime de soi (Bates, 2002). Et finalement, l'hippothérapie qui sera amplement décrite tout au long de ce mémoire.

Encore aujourd'hui, les bienfaits corporels liés à la pratique de l'équitation sont reconnus mais trop peu de recherches possédant de bonnes qualités méthodologiques portent sur ce sujet. Récemment des chercheurs originaires du Japon conscients des bienfaits du mouvement du cheval sur l'homme ont développé un simulateur de mouvement équin pour que les enfants ayant des handicaps puissent profiter des bienfaits de l'équitation sans les contraintes d'entretien et d'espace liées à l'utilisation du cheval (Kitagawa, et al., 2001).

2. HIPPOTHÉRAPIE

2.1 Définition

Le terme hippothérapie est né de la fusion de la racine grec « hippos » qui veut dire cheval et de thérapie qui veut dire soin. Donc, l'hippothérapie se définit par l'utilisation du cheval pour l'atteinte de buts thérapeutiques et non à des fins sportives ou récréatives. Cette modalité thérapeutique vise l'acquisition de pré requis moteurs plutôt que d'habiletés équestres. L'hippothérapie est une stratégie de réadaptation dans laquelle le cheval devient un appareil de réadaptation que le thérapeute doit soigneusement sélectionner et utiliser de différentes façons selon les objectifs visés. Cet outil rassemble des qualités de stimulations neurosensorielles, motrices et affectives jamais égalées par une machine (Riede, 1998).

2.2 Cheval : Outil de réadaptation

Un cheval adulte au pas, peut offrir 110 perturbations multidimensionnelles par minute à son cavalier (Schulz, 1997; Straub, 1998; Strauss, 1995); ces mouvements s'apparentent à la marche humaine qui comprend approximativement le même nombre de pas. La plupart des sessions d'hippothérapie durent 30 minutes, le cheval fera donc environ 3000 pas durant une thérapie s'il marche à 100 pas/min (Wheeler, 1997). 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).

Lors de la marche, le cheval oblige la musculature de son cavalier à des contractions et à des relaxations constantes des muscles dans le but de maintenir la

position assise en équilibre sur le cheval (Bracher, 2000). L'étude de Encheff (2006) a appuyé cette affirmation par une analyse électromyographique (EMG) de huit muscles au niveau du tronc et des membres inférieurs chez des sujets assis sur un cheval en mouvement avant et lors de la marche. Les résultats confirment que les muscles impliqués dans la marche sont actifs d'une façon non phasique lors de l'hippothérapie. Encheff (2006) suggère que l'hippothérapie constitue une méthode plus axée sur le développement de la co-contraction pour la stabilisation du tronc et de la coordination plutôt qu'un moyen pour renforcer la musculature du tronc et des membres inférieurs.

Le cheval peut aussi influencer les contractions musculaires du cavalier par sa morphologie. La conformation du cheval influe sur le type de mouvement qu'il impose au cavalier. Chaque cheval est donc soigneusement analysé visuellement, puis sélectionné pour la qualité des mouvements qu'il engendre dans chaque axe, soit sagittal, frontal ou transverse. Nous reconnaissons que cette démarche est subjective mais c'est la seule qui existe pour l'instant. Un cheval ayant une démarche énergique provoquera un déplacement du bassin du cavalier dans un plan antéro-postérieur tandis qu'un cheval ayant une démarche plus souple offrira plus de mouvements latéraux au bassin (Gewurtz & Eccles, 2003).

2.3 Constat sur les connaissances actuelles

De plus en plus de chercheurs étudient l'effet thérapeutique de cette nouvelle approche de réadaptation. Les professionnels qui utilisent cette méthode constatent

les bienfaits liés à la pratique de l'hippothérapie. Toutefois, peu d'études corroborent les changements cliniques observés avec des instruments valides et fiables.

Le tonus et l'équilibre ont été observés généralement de façon subjective. Chez 32 adultes ayant des lésions de la moëlle épinière, la spasticité a diminué après 11 sessions d'hippothérapie grâce à une cotation subjective d'une échelle ordinale; le Ashworth Scale (Lechner, et al., 2003). Cependant, le test Ashworth Scale n'évalue pas la spasticité mais plutôt la résistance au mouvement passif (Pandyan, et al., 1999). Le contrôle de l'équilibre, mesuré par observation et cotation de grille, est l'un des deux éléments s'étant également le plus amélioré chez 11 adultes ayant la sclérose en plaques suivant un programme d'hippothérapie pendant 10 semaines (Hammer, et al., 2005).

L'hypertonie musculaire est l'élément le plus étudié d'un point de vue méthodologique jusqu'à présent. L'impact de l'hippothérapie sur la diminution de l'hypertonie musculaire a fait l'objet de plusieurs études récentes chez les enfants ayant une paralysie cérébrale (Casady & Nichols-Larsen, 2004; Haehl, 1996; B. McGibbon, 2003; N. H. McGibbon, Andrade, Widener, & Cintas, 1998; Sterba, Rogers, France, & Vokes, 2002).

Une revue de littérature de Sterba et al. (2002) révèle qu'onze recherches en hippothérapie sur la paralysie cérébrale, réalisées depuis 15 ans, ont des qualités méthodologiques qualifiées de bonnes à modérées et que l'hippothérapie est médicalement recommandée pour l'amélioration de la motricité globale de des enfants ayant la paralysie cérébrale. L'hippothérapie est donc considérée comme un

traitement efficace de la spasticité (Roizen, 2005; Rosenbaum, 2003; Sterba, et al., 2002).

Les enfants trisomiques n'ont pas fait précisément l'objet d'une étude en relation avec l'hippothérapie (Roizen, 2005), sauf dans une expérimentation faite en relation avec le patron de marche, chez des enfants ayant une déficience intellectuelle (Winchester, Kendall, Peters, Sears, & Winkley, 2002). Dans cette étude, sept enfants, dont des enfants trisomiques, âgés en moyenne de 6 ans et 3 mois présentant des retards de développement avec des perturbations du patron de marche bénéficièrent de 15 semaines d'hippothérapie. Les enfants furent réévalués sept semaines après le traitement. Les auteurs concluent à une amélioration significative de la performance au Gross Motor Function Measure (GMFM) (surtout pour la motricité globale; marcher, courir et sauter) chez 4 des 7 sujets, 2 ayant été exclus pour des raisons médicales.

Aucun changement au niveau de la vitesse de marche n'a été enregistré mais le score plus élevé au GMFM laisse supposer une amélioration de la qualité des stratégies motrices. Il est intéressant de noter que le gain marqué au score du GMFM s'est maintenu 7 semaines après la fin du traitement (Winchester, et al., 2002). L'échantillon final de 5 sujets de cette étude commande des réserves au niveau de la généralisation des résultats.

Par contre, Biery (1989) a étudié huit enfants trisomiques en relation avec l'équilibre et l'équitation thérapeutique, différent de l'hippothérapie. Cette étude comportait plusieurs lacunes au niveau de l'instrument de mesure choisi qui était très

subjectif et non standardisé. Le manque d'information sur les compétences des évaluateurs commande aussi des réserves sur la validité et la fiabilité des résultats.

Globalement, les recherches actuelles présentent plusieurs limites méthodologiques comme par exemple l'absence de groupe témoin, l'utilisation de tests non standardisés et des échantillons insuffisants (Pauw, 2000). Sterba (2007) suggère que les prochaines recherches devraient être réalisées avec des interventions de plus de 16 semaines et que les protocoles de recherche devraient comporter des moyens de contrôler l'influence des variables confondantes (autres thérapies ou événements qui ont lieu en même temps que la recherche: nouvelles maladies, nouvelle médication, chirurgies, injection de la toxine du botulisme et même l'introduction de nouvelles activités physiques) sur les résultats obtenus. De plus, Rolandelli (2003) déplore que les études qui portent sur les effets de l'hippothérapie ne reposent pas sur des devis expérimentaux et des qualités méthodologiques contrôlant les variables procédurales rendant ainsi les études difficilement interprétables. Il ajoute que les échantillons restreints et le fait que les chercheurs soient directement impliqués dans l'administration des tests peuvent contribuer à créer des effets pervers de type Hawthorn ou Rosenthal. De plus, il souligne que les chercheurs ne tiennent pas compte de l'influence exercée par les conditions environnementales comme par exemple les accompagnateurs présents lors de ces thérapies. Il conclue en affirmant que des données probantes relatives à l'utilisation de l'hippothérapie ne pourront pas émerger des recherches tant que celles-ci seront mal bâties et mal réalisées. Il suggère qu'un plan de recherche comportant des

mesures répétées soit utilisé pour chaque sujet étant donné que les bienfaits engendrés par l'hippothérapie peuvent être relativement permanents (Rolandelli & Dunst, 2003).

2.4 Les fondements théoriques

Les deux théories importantes en réadaptation qui supportent encore aujourd'hui l'hippothérapie sont la théorie neuro-développementale (NDT) (Bobath, 1977) et l'intégration sensorielle (SI) (Ayres, 1979). L'application de ces techniques (NDT et SI) est individualisée et s'actualise à différents moments tout au long de la séance d'hippothérapie dépendamment des objectifs poursuivis découlant de l'évaluation initiale des sujets. L'utilisation de ces deux approches (NDT et SI) sont considérées comme des modalités efficaces de traitement pour les enfants trisomiques (Uyanik, Bumin, & Kayihan, 2003).

2.4.1 La théorie neurodéveloppementale (NDT)

Le mouvement rythmique du cheval contribue à provoquer des contractions musculaires réflexes et volontaires qui engendrent une normalisation du tonus par une stimulation continue de facilitation et d'inhibition musculaires (Strauss, 1995). Cette stimulation en contraction-relaxation sollicite une organisation neurologique qui diminue l'hypotonie musculaire de façon systémique (Strauss, 1995).

Les principes de traitement NDT sous-tendent cette approche. Le NDT a pour objectif de normaliser le tonus, d'inhiber les patrons moteurs des réflexes primitifs ou anormaux et de faciliter des réactions automatiques conformes au patron normal de mouvement (Bobath, 1963). L'utilisation de la co-contraction par le système

nerveux central (SNC) comme stratégie de compensation a été évoquée car elle permettrait de maximiser le contrôle et la coordination lors de perturbations de l'équilibre (Webber, Virji-Babul, Edwards, & Lesperance, 2004). La stimulation neuro-développementale est considérée efficace avec les enfants trisomiques ayant des troubles neuromusculaires (Harris, 1981). Les mêmes positions et mouvements utilisés dans ces approches sont reproduits sur le dos du cheval mais avec une grande intensité de stimulation musculaire, sensorielle et proprioceptive engendrée par le déplacement linéaire du cheval (Strauss, 1995).

2.4.2 L'intégration sensorielle (SI)

La théorie d'intégration sensorielle stipule que des stimulations sensorielles sont nécessaires à un fonctionnement cérébral adéquat et à un équilibre psychologique. L'absence de stimulations sensorielles appropriées à des étapes clés du développement, peut se traduire en retard de développement et par l'apparition de troubles comportementaux (Ayres, 1979). Une réponse appropriée à une demande de l'environnement engendre une adaptation neuronale synaptique adaptée. La thérapie d'intégration sensorielle implique l'utilisation planifiée et graduée d'activités sensorielles, proprioceptives, vestibulaires et somatosensorielles (Dawson & Watling, 2000).

Dans un environnement équestre, plusieurs de nos sens sont sollicités. En équitation, la stimulation est tactile, vestibulaire, proprioceptive et même olfactive. Par exemple, le brossage du cheval avec les mains ou la variation dans le patron de

déplacement du cheval créé respectivement une stimulation tactile ou vestibulaire qui peut être graduée selon la réponse de l'enfant à la stimulation.

2.5 Mécanismes d'action sur le corps humain :

Le développement normal du cerveau requiert de l'information de toutes les parties du corps, qu'elles soient en position quasi-statique ou dynamique. Les déplacements du bassin de l'humain sur le cheval sont effectués dans un cadre tridimensionnel (Figure 1). Une revue de littérature indique que les personnes bénéficiant d'hippothérapie comme stratégie de réadaptation montrent une amélioration du tonus musculaire, du contrôle volontaire et des réactions d'équilibre (Biery, 1985). Selon Biery (1985), l'équilibre est l'élément qui est le plus amélioré dans le cadre de la pratique de l'hippothérapie à cause de la demande constante de réajustement postural. Cette auteure ajoute que l'équitation est une activité séquentielle qui permet une progression dans les adaptations, en intensité et en complexité, au niveau moteur, perceptuel et cognitif. L'impact de cette méthode est global à cause de son influence au niveau du SNC.

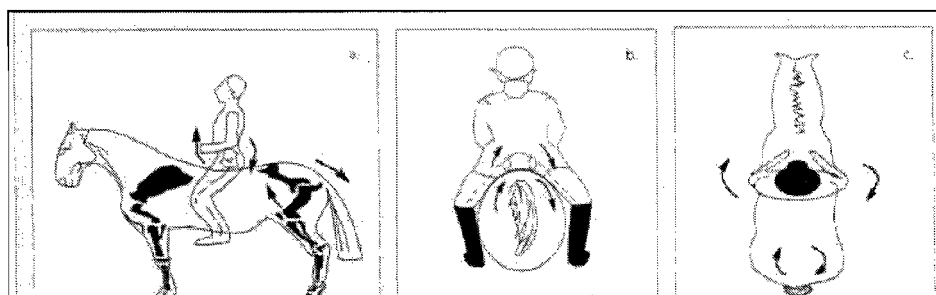


Figure 1. Mouvements du bassin humain induit par les mouvements du cheval
Tirée de Young et Bracher (2005)

Le cheval est une surface dynamique qui contrairement au ballon thérapeutique possède cette particularité unique de mimer la marche (Meregillano, 2004). La démarche du cheval engendre: (a) une expérience multidimensionnelle de déplacement incluant des accélérations et décélérations imposées à la musculature du tronc; (b) une symétrie dans l'alignement postural induite par la position sélectionnée et par les correctifs apportés par la thérapeute et ce, dans un contexte de mouvements répétitifs et cadencés; et (c) une dissociation des ceintures scapulaires et pelviennes contribuant à la normalisation du tonus musculaire (AHA, 2006).

D'autres bienfaits physiques, cognitifs, sociaux et émotionnels sont associés à la pratique de l'hippothérapie (Meregillano, 2004) mais jusqu'à aujourd'hui, les seuls effets démontrés par des études scientifiques sont ceux liés aux bienfaits physiques.

3. TRISOMIE 21

3.1 Étiologie

C'est en 1866, grâce aux travaux de Down, que la trisomie 21 a été identifiée et décrite pour la première fois. La trisomie 21 est une anomalie génétique consécutive à l'ajout d'un chromosome sur la 21^{ème} paire. Il existe trois formes de trisomie 21 : libre (la plus fréquente), en mosaïque et par translocation (Céleste, 2000). La trisomie 21 est l'une des anomalies congénitales les plus fréquentes et affecte environ 1 naissance sur 800 au Canada (Santé Canada, 2002). L'hypotonie musculaire est souvent le premier signe clinique observé dans la trisomie 21 (Saenz, 1999) et le symptôme le plus répandu (Rate & Tolerance, 2005).

3.2 Hypotonie musculaire

Le tonus musculaire de façon générale est identifié comme étant une résistance à l'étirement passif d'un muscle. Odent (1999) définit le tonus comme étant des contractions musculaires permanentes qui existent dans l'état de repos, avant toute stimulation nerveuse d'origine volontaire et avant toute mobilisation passive. Le degré de résistance du muscle à son étirement en fonction de l'ampleur et de la vitesse du déplacement segmentaire, est présent à des degrés variables chez les individus trisomiques (Odent, 1999).

L'hypotonie musculaire est une diminution pathologique du tonus musculaire responsable du retard du développement chez les enfants trisomiques. Selon Carboni (2002), cet état d'hypotonie serait réversible jusqu'à l'âge de 8 ans. Ces données viennent appuyer l'importance de l'intervention précoce avec cette clientèle.

L'hypotonie musculaire profonde existe naturellement chez l'homme en état de sommeil pendant la phase de sommeil paradoxal mais l'hypotonie qui nous intéresse est présente pendant l'état de veille de la personne trisomique et affecte sa posture contribuant à une instabilité à la station debout et à une difficulté à maintenir les postures imposées (Maertens de Noordhout, Delvaux, & Delwaide, 1998). L'hypotonie qui sera étudiée ici est d'origine centrale.

L'évaluation du tonus musculaire se fait traditionnellement par la palpation et la mobilisation passive des membres (Webber, et al., 2004). Ces auteurs ajoutent que cette méthode est hautement subjective car elle dresse un portrait qualitatif limité de l'état du système neuromusculaire et de sa capacité à produire un mouvement. Ces évaluations sont basées sur une estimation visuelle du tonus. Le Infant Neurological International Battery (INFANIB) est un exemple d'outil présentement utilisé pour évaluer le tonus (Soleimani & Dadkhah, 2007). Les thérapeutes en réadaptation s'entendent pour dire qu'il n'existe pas présentement d'instrument de mesure objectif permettant de décrire et de quantifier l'hypotonie musculaire (Martin, et al., 2005).

3.3 Hyperlaxité ligamentaire

L'hyperlaxité ligamentaire, d'origine neurologique, est une conséquence directe du manque de tonus musculaire qui induit un manque de co-contraction autour de l'articulation (Carboni, et al., 2002; Lauteslager, Vermeer, & Helders, 1998). Cette condition est une contre-indication absolue à l'hippothérapie et elle requiert un dépistage radiologique et médical minutieux (AHA, 2005).

Une des contre-indications spécifiques à la pratique de sports liées à la trisomie 21 (Winell & Burke, 2003), est l'instabilité atlantoaxiale, consécutive à l'hyperlaxité ligamentaire. Ce risque ne devrait pas limiter les enfants trisomiques dans la pratique des activités sportives si un dépistage radiologique et une évaluation neurologique appropriée ne dévoilent rien. De plus, une résorption de l'instabilité est possible mais un suivi annuel est recommandé (Cremers & Bol, 1993; Davidson, 1988). La deuxième précaution à considérer pour la trisomie est l'instabilité de la hanche acquise qui est présente dans 5% des cas seulement, elle aussi, une résultante de l'hyperlaxité ligamentaire (Winell & Burke, 2003).

3.4 Influence de l'hypotonie sur le développement de l'enfant trisomique

Deux hypothèses sont proposées dans la littérature quant à l'origine de l'hypotonie. La première suggère que la cause de l'hypotonie chez les enfants trisomiques est le résultat de la combinaison du faible poids du cervelet et du tronc cérébral (Harris, 1981; Wisnieski, Kida, & Brown, 1996). Des chercheurs ont utilisé l'imagerie par résonance magnétique et constatent des anomalies au niveau cérébral. Le volume du cerveau serait réduit de 18 % chez les enfants trisomiques comparativement à des sujets sains. (Pinter, Eliez, Schmitt, Capone, & Reiss, 2001). Ces données expliqueraient l'origine cérébrale de l'hypotonie musculaire car l'immaturité du développement du tronc cérébral et du cervelet y serait étroitement liée. En effet, les conséquences directes de cette immaturité seraient l'hypotonie

musculaire, une pauvre coordination des mouvements volontaires et des réactions immatures de redressement et d'équilibre (Harris, 1981).

La deuxième hypothèse stipule que les réponses compensatoires des enfants trisomiques suite aux perturbations induites par les plateformes de force sont significativement plus lentes que chez les enfants non atteints mais l'activation dans un délai normal du réflexe monosynaptique laisse penser que les problèmes d'équilibre ne sont pas la conséquence de l'hypotonie mais plutôt d'une défectuosité émanant des centres supérieurs régissant les mécanismes posturaux (Shumway-Cook & Woollacott, 1985).

D'autre part, l'absence de dépistage et de traitement précoce de l'hypotonie musculaire chez ces enfants engendre des troubles posturaux et moteurs (Concolino, Pasquzzi, Capalbo, Sinopoli, & Strisciuglio, 2006). Une revue de la littérature révèle que les enfants trisomiques prennent deux fois plus de temps pour acquérir les habiletés de motricité globale que les enfants sans retard de développement (Palisano, et al., 2001). L'écart entre l'âge normal de la réussite de la tâche et l'âge chronologique s'accroît avec le temps (Spano, et al., 1999).

De plus, les enfants trisomiques sont susceptibles d'avoir des retards de développement dans les sphères langagière, cognitive et sociale (Palisano, et al., 2001). Palisano (2001) met l'accent sur l'intervention précoce après la naissance afin de prévenir les retards. La thérapie serait donc primordiale pour aider ces enfants à rattraper leur retard de motricité globale. (Palisano, et al., 2001).

4. LE DÉVELOPPEMENT DU CONTRÔLE DE L'ÉQUILIBRE CHEZ L'ENFANT

Assaiante (1998) propose un modèle ontogénique du contrôle de la station debout chez l'enfant. Les hypothèses développées dans ce modèle stipulent qu'il existe deux modes d'organisation temporelle dans la gestion de l'équilibre chez l'enfant. Il y a un patron d'activation du contrôle neuromusculaire céphalo-caudal et caudo-céphalique de l'équilibre pendant le développement de l'enfant. Ces modes d'activation s'opèrent en association ou en alternance avec une stabilisation du complexe tête-tronc qui réagit « en bloc » ou de façon dissociée durant les 4 phases du développement de l'enfant (voir la Figure 2)

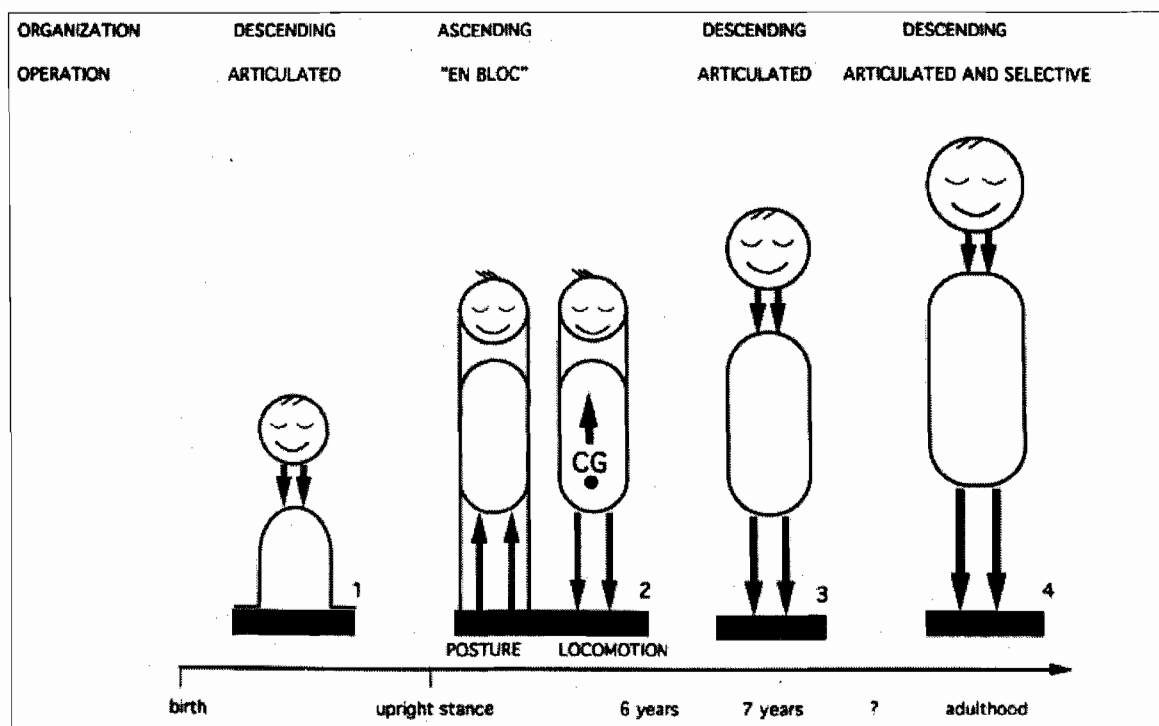


Figure 2 : Modèle ontogénique du développement de l'organisation posturale.
Tiré de Assaiante (1998)

En général, le contrôle neuromusculaire céphalo-caudal est utilisé, sauf pendant la phase de l'acquisition de la marche où la voie caudo-céphalique est sélectionnée en raison de la stratégie en bloc de l'enfant. La stratégie en bloc stabilise la tête sur le tronc par la contraction des muscles du cou (Assaiante, 1998). Cette méthode permet de minimiser le nombre de degrés de liberté à gérer, offrant la possibilité de produire des réajustements visuels et vestibulaires plus rapides lors de perturbations de l'équilibre (Hadders-Algra, 2005).

L'étude de Assaiante et al. (1993) a permis de comparer la stabilisation de la tête pendant la locomotion en modulant les contraintes d'équilibre (marche sur terrain plat, sur une ligne et sur une poutre) à l'aide de la cinématique chez des enfants de 3 à 8 ans et des adultes. L'altération des paramètres visuels lors de l'expérimentation s'est effectuée grâce à l'utilisation d'un stroboscope, de lunettes limitant la vision binoculaire à 30 degrés d'angle et de l'obscurité. Les oscillations de la tête induites par ces conditions expérimentales furent mesurées dans tous les plans. Un *head anchoring index* a permis de comparer les mouvements de la tête par rapport au tronc et par rapport à un schème de référence externe. Les corrélations entre les déplacements angulaires de la tête et du tronc étaient positives et significatives dans la plupart des conditions expérimentales de cette expérimentation, établissant ainsi une relation entre ces deux segments.

Il découle que la stabilité de la tête durant la locomotion, dans des conditions visuelles usuelles, se développerait selon trois phases (Assaiante, et al., 1993). La première se situe entre 3 et 6 ans, où l'enfant est capable de stabiliser sa tête en

terrain plat. Dans l'éventualité où le niveau de difficulté augmente dans la tâche d'équilibre, il y a un retour de la stratégie en bloc facilitant la gestion du maintien de l'équilibre par le SNC. La deuxième étape est complétée vers l'âge de 7-8 ans, où l'enfant devient capable de stabiliser sa tête même en présence d'une complexification de la tâche d'équilibre comme marcher sur une poutre. Assaiante et al. (1993) proposent que cette période charnière débute vers 6 ans par le développement de la coordination entre le bas et le haut du corps. C'est à cet âge que le patron de marche commence à ressembler à celui de l'adulte. Cette étape constitue donc un point tournant dans le développement de l'équilibre et du contrôle postural. Et finalement, à l'âge adulte, lors d'une situation d'équilibre impliquant une augmentation importante de l'oscillation médio-latérale du tronc lors de la marche, une légère diminution de la dissociation des segments tête-tronc est observée (retour de la stratégie en bloc). Il n'y a donc pas un développement linéaire du contrôle de la tête mais une évolution temporelle teintée de régressions avant la maîtrise d'un défi postural plus complexe.

4.1 La coordination du complexe tête-tronc

L'enfant doit apprendre à stabiliser la tête chaque fois qu'un nouveau problème d'équilibre est rencontré. Une étude longitudinale a examiné l'évolution de quatre enfants de 46 à 80 semaines après le début de la marche autonome (Ledebt & Bril, 2000). Grâce à une analyse cinématique, les amplitudes et les vitesses de rotation angulaire de la tête et du tronc dans les plans frontaux et sagittaux ont été

mesurés grâce à l'installation de capteurs optiques et à l'utilisation d'une plateforme de force. Les grandes oscillations du tronc observées au début de la marche reflètent l'inhabileté initiale à la coordination du bassin et des muscles du haut du corps quand les enfants commencent à explorer un nouveau défi postural, en l'occurrence la marche. L'observation des sujets a montré une diminution considérable, durant les premières semaines de locomotion, de l'oscillation du tronc mais, après cette période, un ralentissement de la diminution est observé. Malgré tout, après un an de marche indépendante, les sommets des vitesses maximales de rotation de la tête sont encore supérieurs comparativement à l'adulte. Minimiser les oscillations du tronc et de la tête demeure une priorité pour augmenter la vitesse de la marche autonome (Ledebt & Bril, 2000).

Une étude cinématique a permis la comparaison de la coordination du complexe tête-tronc dans une tâche de saut unipodal et bipodal chez des enfants âgés de 5 à 7,5 ans et chez des adultes (Assaiante, McKinley, & Amblard, 1997). L'amplitude des oscillations de la tête, du tronc et des jambes dans les plans sagittal et frontal a été calculée par rapport au segment anatomique sous-jacent et par rapport à une référence externe. Durant l'envol du saut unipodal et bipodal, il y a une dissociation de la tête et du tronc; et lors de l'atterrissage du saut, une diminution de la stabilisation de la tête est observée, mais, ce phénomène n'est pas partagé avec le tronc qui lui demeure stable. Il ressort qu'indépendamment de l'âge, la stabilisation du tronc dans l'espace est indépendante de la phase du saut tandis que la stabilisation de la tête varie selon l'étape du saut, c'est-à-dire qu'elle est parfois moins stable,

durant l'envol par exemple, comparativement au tronc. La comparaison du saut entre l'enfant et l'adulte permet de déterminer que le contrôle de l'équilibre s'effectue dans le plan antéro-postérieur avant le plan médio-latéral. Le contrôle de la composante latérale dans la stabilisation du bassin est le dernier pas dans l'évolution de la gestion de l'équilibre (Assaiante, 1998). Ce qui bonifie ce que Assaiante (2005) avance lorsqu'elle explique que la locomotion est un compromis entre la propulsion avant du corps et le besoin de maintenir la stabilisation latérale du corps.

4.2 Le développement du contrôle de la locomotion chez les enfants trisomiques.

Le développement de la marche chez l'enfant est un processus multidimensionnel surtout si on considère les pré-requis posturo-dynamiques. La présence d'hypotonie retarde l'acquisition de la marche, laquelle se situe à 22 mois chez les enfants trisomiques (Palisano, et al., 2001; D. Ulrich, Ulrich, Angulo-Kinzler, & Yun, 2001) et à 12 mois (Bailey, 1969) chez les enfants sains. L'âge d'acquisition de la marche ne serait pas influencé par la présence de retards mentaux mais plutôt par l'immaturation dans le développement du système neuromusculaire (Kokubun, Haishi, Okuzumi, & Hosobuchi, 1995).

L'évolution du patron de marche dans les plans antéro-postérieur et médio-latéral a été examiné chez des enfants trisomiques et sains pendant un mois après le début de la marche autonome (Kubo & Ulrich, 2006). La cinématique a permis de compiler les paramètres de vitesse, de cadence et de longueur du pas ainsi que la transformation de l'énergie potentielle et cinétique reliée au déplacement du centre

de masse. Le contrôle de l'oscillation du centre de masse dans les plans antéro-postérieur et médio-lateral semble être une composante clé dans l'émergence du patron bipède de marche indépendante chez les enfants sains et trisomiques (Kubo & Ulrich, 2006).

Les enfants trisomiques requièrent plus de temps pour apprendre les mouvements fonctionnels à mesure que leur complexité augmente. Ce retard serait représenté par la présence de plateaux plus longs dans le développement (Spano, et al., 1999). Cette difficulté affecte la vitesse de développement mais ne limite pas le fonctionnement moteur (Palisano, et al., 2001). Ces enfants sont donc capables d'atteindre un niveau de développement moteur correspondant à leur âge si l'intervention appropriée est fournie (Kanode & Payne, 1989). Grâce à l'utilisation d'un tapis roulant, Ulrich et al. (2001) ont montré que le retard dans l'acquisition de la locomotion pouvait être minimisé par la pratique de pas alternés chez des enfants trisomiques. Les enfants de 8 mois, soutenus sous les aisselles bénéficiaient d'un entraînement de huit minutes par jour à raison de cinq jours par semaine avant l'acquisition de la marche autonome. Ces résultats constituent des données probantes qui stipulent que l'entraînement sur tapis roulant des enfants trisomiques aide ces derniers lorsque soutenus sous les aisselles à acquérir plus vite la marche autonome qu'ils l'auraient fait naturellement (D. Ulrich, et al., 2001). Les auteurs confirment que la capacité, à faire des pas alternés sur le tapis lorsque supporté sous les aisselles est présente longtemps avant l'apparition de la capacité des sujets à maintenir la

posture debout (B. D. Ulrich, Ulrich, Collier, & Cole, 1995) mais ne serait pas actualisée à cause de l'immaturation des autres systèmes impliqués.

De plus, Kubo et Ulrich (2006), ont fait une analyse cinématique de la marche pour comparer l'effet d'un entraînement avec quatre vitesses différentes de marche sur tapis roulant chez des enfants de 8-10 ans trisomiques et sains (Kubo & Ulrich, 2006). Les variations d'amplitude entre le centre de l'articulation de la hanche et le centre de masse étaient plus importantes et plus influencées par la vitesse chez les enfants trisomiques comparativement aux sujets sains. Le patron de coordination entre le bassin et le tronc à basse vitesse était toujours moins stable dans le plan médio-latéral chez les enfants trisomiques. Kubo et Ulrich (2006) concluent que la difficulté à amortir les oscillations du centre de masse du complexe tête-tronc-bras par rapport à l'articulation de la hanche chez les enfants trisomiques est liée à l'hypotonie musculaire et à l'hyperlaxité ligamentaire. Ces difficultés réduiraient la capacité d'adaptation lors de la variation des centres de masse des segments impliqués chez les enfants trisomiques.

Malgré tout, des chercheurs ont montré par une analyse cinématique que les adolescents trisomiques sont capables d'expérimenter de nouvelles stratégies motrices plus efficaces lors d'une nouvelle tâche effectuée sur le tapis roulant (Smith, Kubo, Black, Holt, & Ulrich, 2007). Les adolescents trisomiques ont un patron de marche différent des enfants sains de l'étude. Ils font des pas plus petits, car ils sont morphologiquement plus petits, et ils marchent plus lentement avec plus de rigidité et trop d'impulsion dans la démarche. La présence d'un environnement

motivant serait un élément crucial dans l'apprentissage efficace de nouvelles façons de bouger. Smith et al. (2007) concluent qu'en dépit d'un déficit au niveau de l'équilibre et d'un cervelet ayant un volume restreint, les participants trisomiques de l'étude se sont améliorés avec la pratique en diminuant la raideur et l'impulsion lors de la marche sur tapis roulant.

5. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF DE RECHERCHE

La recension des écrits indique, d'une part, que les déplacements linéaires du cheval influencent le système neuromoteur de l'enfant placé sur lui dans différentes positions (Strauss, 1995) et, d'autre part, que le contrôle du tronc et de la tête est directement impliqué dans l'activation de mécanismes d'adaptations neuromusculaires liées aux perturbations continues d'équilibre engendrées par le mouvement avant du cheval.

Une meilleure connaissance de l'influence du mouvement avant du cheval pourra avoir des impacts intéressants sur les connaissances du système neuromoteur humain et sur l'intensité requise pour en stimuler les mécanismes d'adaptation. De plus, l'amélioration du contrôle postural engendre une meilleure performance fonctionnelle chez les sujets qui présentent des incapacités ou des déficiences (Lauteslager, et al., 1998; Westcott, Lowes, & Richardson, 1997). L'utilisation efficace de l'hippothérapie contribuerait à faciliter l'intégration sociale des personnes ayant la trisomie 21 en améliorant le contrôle postural. Des répercussions sur leur participation sociale et leur intégration fonctionnelle sont le but ultime de cette démarche.

L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier le contrôle postural chez deux enfants trisomiques pour quantifier les effets de l'hippothérapie dans le contrôle de la coordination du tronc et de la tête. Dans cette étude de cas, les variables dépendantes suivantes seront utilisées : (a) la motricité globale des enfants

mesurée par le GMFM et (b) le contrôle de la tête et du tronc mesuré par le contenu fréquentiel des signaux d'accélération .

6. MÉTHODOLOGIE

6.1 Participants

En raison de considérations financières et organisationnelles, l'échantillon de convenance de cette étude se compose de deux enfants de 28 et 37 mois originaire de la région de Sorel. Les deux sujets ont été recrutés grâce au Regroupement pour la Trisomie 21 et une préoccupation géographique car le cheval dressé utilisé fait partie du Projet les Amis de Joey de Sorel. Les critères d'inclusion sont être atteints de trisomie 21 et être d'âge pré-scolaire tandis que les critères d'exclusion pour cette étude sont l'instabilité atlantoaxiale ou toute autre condition médicale pertinente jugée par le médecin traitant qui a préalablement rempli le formulaire d'autorisation médicale.

6.2 Procédures

Les deux enfants ont participé à 12 séances d'intervention d'une durée variant de 60 à 90 minutes. L'intervention s'est échelonnée sur une période de 10 semaines (Figure 3).

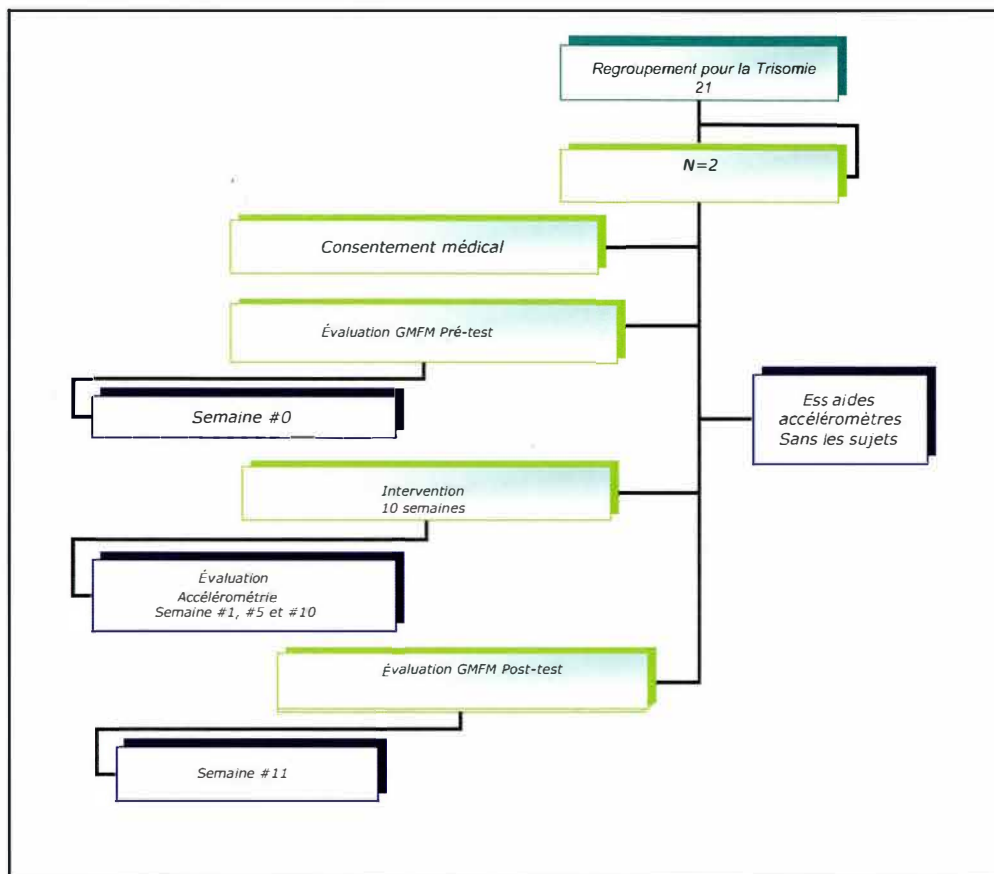


Figure 3. Protocole expérimental

La thérapie sur le cheval était composée de trois positions que l'enfant prenait : face vers l'avant, vers l'arrière et assis sur le côté, d'une durée respective de 10 minutes. Le cheval maintenait une cadence stable durant les déplacements. Les deux sujets ont été soumis au même protocole. Le temps de stimulation offert par le cheval dans chaque position a été mesuré grâce à l'utilisation d'un chronomètre et confirmé par l'enregistrement vidéo de chaque séance.

6.3 Intervention en hippothérapie

Avant l'arrivée de l'enfant à l'écurie, le cheval était longé afin d'évaluer son état psychologique et pour lui permettre de se dégourdir avant le début de la thérapie. Un cheval ne devrait pas servir plus de trois heures d'affilée dans une journée, selon NARHA (Pyle, McGlone, Thompson, Lawver, & Brady, 2006). La séance d'hippothérapie se déroulait généralement en trois phases. La première était l'accueil. C'est la période où l'enfant était au sol avec le cheval. Le cheval était brossé par l'enfant. Plusieurs activités de motricité fine et globale étaient effectuées durant cette phase.

La deuxième phase se déroulait en manège intérieur ou extérieur selon les conditions météorologiques. Cette partie comprenait la monte, la thérapie sur le cheval et la descente. L'enfant portait un casque certifié par l'American Society for Testing and Material ou Canadian Standard Approved et une ceinture de maintien pour corriger la posture de l'enfant sur le cheval ou pour faciliter une descente d'urgence en cas d'événements imprévus. L'équipement utilisé sur le cheval était constitué d'un surfaix de voltige et d'un mince tapis, et parfois des étriers complétaient le tout. L'enfant était encadré par une équipe qualifiée composée d'un ergothérapeute, d'un instructeur en équitation thérapeutique, de deux bénévoles accompagnateurs préalablement formés et d'un cheval ayant reçu un dressage particulier lors de l'exécution du plan de traitement mis au point par le thérapeute responsable du projet d'hippothérapie. Le thérapeute de l'équipe analysait le mouvement du cheval et les réponses du cavalier pendant la séance d'hippothérapie

pour diriger le manieur de façon à ajuster la cadence et la direction du cheval en réponse aux réactions du cavalier.

La dernière phase était axée sur le remerciement du cheval par l'enfant. L'enfant donnait à manger au cheval dans un bol, des carottes et des pommes pour le remercier. La première et la dernière phase étaient importantes dans la création d'un lien entre l'enfant et le cheval.

6.4 Mesures et résultats

6.4.1 Motricité globale

La motricité globale fut mesurée en pré et post-test à l'aide du Gross Function Measure (GMFM). Le GMFM-88 est une grille d'observation à 5 niveaux développée pour les enfants ayant la paralysie cérébrale. Le GMFM-88 a été validé avec une clientèle trisomique et est recommandé pour évaluer la motricité globale de ces enfants (Russell, et al., 1998). Cette grille d'observation permet à l'évaluateur de quantifier et de qualifier sur une échelle de 0 à 3 les actions suivantes : se coucher et se rouler, s'asseoir, ramper et se mettre à genoux, se tenir debout et finalement marcher, courir et sauter. Le score final est exprimé en pourcentage.

Le GMFM, est l'outil d'évaluation utilisé le plus souvent (Casady & Nichols-Larsen, 2004; MacKinnon, Hog, & Lariviere, 1995; Sterba, et al., 2002; Winchester, et al., 2002) quand il est question d'évaluer les effets de l'hippothérapie. Cette batterie s'est révélée être un outil fiable pour mesurer les changements chez les enfants trisomiques (Russell, et al., 1998).

Le GMFM a été effectuée par un physiothérapeute spécialisé en pédiatrie oeuvrant en pratique privée et ne connaissant pas préalablement les sujets et l'hippothérapie. Le physiothérapeute de l'étude s'est déplacé au centre équestre pour effectuer les évaluations initiales et finales avec le GMFM. Ces deux séances d'évaluation ont duré 90 minutes chacune et ont été filmées. Un deuxième physiothérapeute, ignorant les résultats du premier physiothérapeute, a visualisé les séances et a coté les items du GMFM.

Russell (1998) allègue que le GMFM a une excellente fiabilité test-retest et une bonne fiabilité inter-juges comparativement au Bailey Scales of Infant Development (BSID-II).

6.4.2 Article scientifique

Improving Gross Motor Function with hippotherapy in Down syndrome children: Case reports.

Danielle Champagne* OT(c), Département des sciences de l'activité physique,
Université du Québec à Trois-Rivières;

Claude Dugas Ph.D., Département des sciences de l'activité physique, Université du
Québec à Trois-Rivières;

Danik Lafond Ph.D., Département des sciences de l'activité physique, Université du
Québec à Trois-Rivières.

**Correspondence to first author at* Département des sciences de l'activité physique;
Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 boul. des Forges, C.P. 500, Trois-
Rivières, PQ, Canada, G9A 5H7.

E-mail: Danielle.Champagne@uqtr.ca

Down syndrome (DS) is one of the most frequent genetic disorders. It affects one out of 800 births in Canada. There are many causes of developmental delays in DS children but some aspects are reversible if an appropriate stimulation is implemented. The purpose of this case study is to describe the impact of an 11 week treatment program with hippotherapy, on the gross motor functions of two children (27 and 38 month old) diagnosed with DS. Hippotherapy is a treatment strategy that uses the horse motion in order to stimulate and enhance muscle contraction and postural control. The postures adopted by the child on the horse can promote the use of different muscle synergies. The children were assessed using the Gross Motor Function Measure (GMFM-88). The results indicated that both children who received no other form of stimulation while the therapy was taking place, improved in all items assessed by the GMFM.

Hippotherapy literally means treatment that makes use of the three-dimensional movement of the horse's hip and pelvis during the walk to provide various movement challenges to the rider (Heine, 1997). The aim of this therapy is to make the subject's trunk receptive and responsive to the movements transferred by the horse (Strauss, 1995).

A large number of studies in hippotherapy research examined muscle tone problems related to spasticity like in cerebral palsy children. Using various observations measures and kinematics analysis, these studies showed improvements in functional motor performance and a reduction or modification of muscle tone after the hippotherapy intervention (Casady & Nichols-Larsen, 2004; Haehl, 1996; B. McGibbon, 2003; N. H. McGibbon, et al., 1998; Sterba, et al., 2002). Biery & Kauffman (1989) investigated the link between standing and quadruped balance and DS children using a therapeutic riding paradigm. This study did not provide any information on the level of training of all the individuals who evaluated the balance control, thus the validity of these results is questionable. However, therapeutic riding implies teaching riding skills (usually with the use of a saddle) to impaired children and hippotherapy is a medical treatment given by a rehabilitation professional using the movement of the horse with a child placed in various postures in order to achieve motor and functional goals (bareback pad is usually used). Thus, to our knowledge, no studies so far have addressed the effect of hippotherapy on muscle function associated with DS children.

There are many motor deficits associated with DS children. Some of these motor problems are described as a general clumsiness and are associated with the alteration of cocontraction of agonist and antagonist muscles (Aruin, Almeida, & Latash, 1996), longer movement and reaction times (Shumway-Cook & Woollacott, 1985), hypotonia (Martin, et al., 2005) which produce balance and postural deficit . The neurological motor dysfunction in DS is thought to be related to cerebellar dysfunction, delayed myelination, as well as proprioceptive and vestibular deficits (Bodensteiner, Smith, & Schaefer, 2003). Those structural differences would produce different neurological pattern of muscle activation used in order to performed functional tasks (Latash, 2007). Latash suggested that these impairments are associated with a different choice in motor planning based on a different system function than a real defect in the central nervous system because it is reversible (Latash, 1992) and adaptive in DS children if the appropriate stimulation is implemented (Latash, 2007).

The goal of the present case study was to determine how the forward horse motion can influence the gross motor function of DS children. The impact of hippotherapy on gross motor function of DS children was assessed with the Gross Function Measure (GMFM).

Case Report

Two children with DS were recruited with the help of the Regroupement pour la Trisomie 21. Subjects were required to have a complete physical examination including a screening for atlantoaxial instability and medical approval in order to

participate in this study. The subjects were 28 and 37 months old, and both lived in the Sorel area in Québec (Canada). Parental and medical consent were obtained. Parents agreed not to continue other therapies or incorporate any new activities throughout the 11 weeks of the study. The study was approved by the Ethics committee of the Université du Québec à Trois-Rivières.

A case study with time series design was chosen in order to measure gross motor function of two children receiving hippotherapy treatment. Each hippotherapy session lasted approximately 30 minutes during which the child would take three different positions on the horse as illustrated in figure 1. With the parent's approval, each therapy session was recorded in order to keep a visual journal of the children's evolution which allowed us to quantify the stimulation received by each child in each position (Figure 1). These positions were chosen to implement various treatment goals (Table1) and they were used in a similar manner for both subjects during the study. The two children received about the same amount of stimulation time on the horse in each position. (Figure1).

One of the authors (DC), responsible for the hippotherapy treatment, is an occupational therapist with 17 years of practice and a recognized therapist by the American Hippotherapy Association (AHA) and the North American Therapeutic Riding for the Handicapped Association (NARHA). In order to complete the team, a horse handler guided the horse and two side walkers held the child by the knee only in order to let the kid adapt safely to the balance challenges offered by the horse.

The Gross Motor Function Measure (GMFM-88) validated with DS children (Russell, et al., 1998) was used before and after treatment. The GMFM has five subsections: A. Lying and rolling, B. Sitting, C. Crawling and kneeling, D. Standing, and E. Running, walking and jumping. The GMFM-88 is recognized as a reliable measure sensitive enough to provide quantitative measurement of gross motor changes. Gowland et al. (1995) reported intraclass correlation coefficients for interrater reliability that ranged between 0.84 to 0.94 for the five percentage scores of the test in a reliability study (Gowland, et al., 1995).

Two physiotherapists who received training in the administration of the GMFM-88 rated the performance of the children in this study. The first examiner recorded the scores live while the children were videotaped. The second rater was blinded to whether the evaluation was done before or after the hippotherapy treatment by using the videotapes. The interrater reliability between therapists ranged from 0.96 to 0.97 for the pre and post test respectively.

All items evaluated by the GMFM showed improvements for the two children in this study confirmed by the two physiotherapists who assessed the children (Figures 2, 3).

The results of the *t* test on independent means, for the GMFM scores for both examiners revealed a significant effect of treatment for subject 1 between the pre and post test ($t = 3.058$, $df = 4$, $p < 0.05$) and a similar pattern for subject 2 ($t = 2.662$, $df = 4$, $p = 0.056$). Interestingly, the last item E. (Running, walking and jumping) of the GMFM revealed the largest improvements for both subjects. These

items also had the lowest results on the pre-test for both children. For both examiners this was the item that had the largest number of variations between the pre and post test. In order to determine if these variations were significant we used the non-parametric test of McNemar. For subject 1, both examiners noted that 7 variations were all in the same direction, which was statistically significant ($p=0.008$). For subject 2, the examiner 1 noted 4 variations and examiner 2 noted 8 variations in the favourable direction both these variations were also significant ($p=0.016$).

Discussion

This study highlighted the potential of this therapeutic approach for children with DS. The complex perceptuomotor stimulation offered by the movement of the horse is very difficult to reproduce in a traditional therapy setting. In fact, an adult horse trotting can offer up to 110 postural perturbations per minute in various directions. Most hippotherapy session have duration of 30 minutes, the horse will make 3000 steps during a session walking at 100 steps/minute. This implies for the child to explore a range of motor solutions in terms of the muscles synergies involved in the control of the trunk and head. This type of stimulation is in line with the suggestion of Latash (2007) that early intervention should allow this possibility to avoid the development of fixed patterns of motor behaviour.

The GMFM results revealed improvements of gross motor behaviour particularly for the dimension E, which includes walking, running and jumping. These functional tasks require a good control of the head and trunk in order to be done effectively. Although, this type of case study thus not allows us to generalize

because of the small sample size, we are confident that this study will constitute a beginning for future research in order to use hippotherapy with DS children.

Acknowledgments

We especially thank Mrs Éliane Trempe from “Le projet les Amis de Joey” which supplied free of charge the therapy equipment and the horses for this research and recruited all the volunteers and also M. Louis Laurencelle Ph.D for his counselling in the statistics treatment of data. This research was financially supported in 2007 by a research Grant of American Hippotherapy Association to DC.

Table1. Treatment goals

Hippotherapy intervention summary		
Main goal	Objectives	Description of the activity on the horse
Stimulation of balance	Crossing the midline with one hand	Reaching toys in different places on the horse.
Stimulation of muscular control.	Improving movement precision	Grooming and throwing activities
Stimulation of visual-motor coordination	Stimulation of anticipation reaction in order to keep the visual platform stable	Catching activities
Stimulation of verbal communication and cognitive skills	Stimulation of memory.	Teaching vocabulary related to horses.

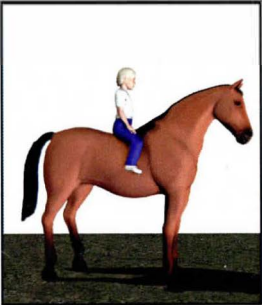
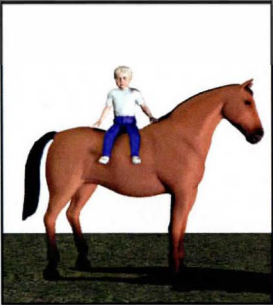
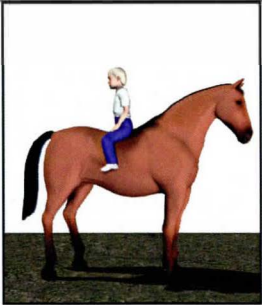
Time spent on horse in each position took during hippotherapy				
	Position 1	Position 2	Position 3	Total
				
Subject 001	93min	62min	60min	215min 59s
Subject 002	95min	55min	61min	212min 02s

Figure1. Hippotherapy intervention treatment time for each position on the horse for both subjects.

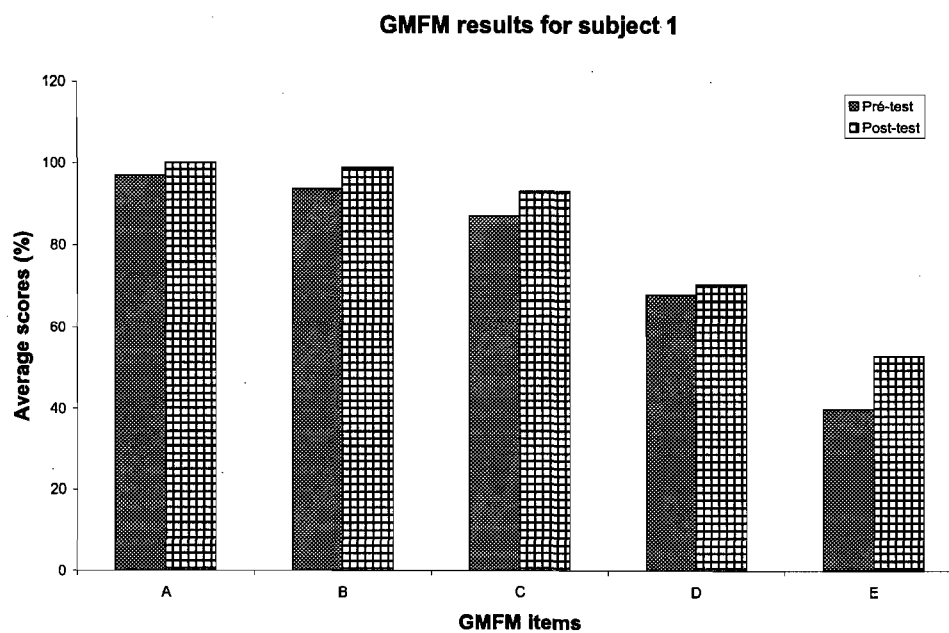


Figure 2. GMFM results for subject 1.

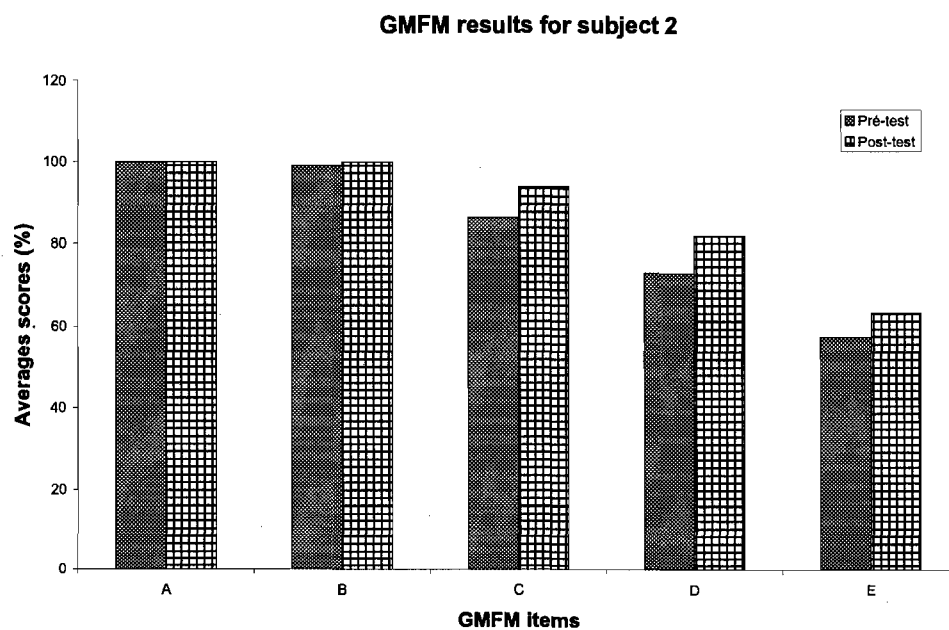


Figure 3. GMFM results for subject 2.

REFERENCES

1. Heine B. When is therapeutic riding hippotherapy. *Therapeutic Riding II: Strategies for rehabilitation*. Durango, Colorado: Barbara Engel Therapy Services; 1997.
2. Strauss I. Hippotherapy; neurophysiological therapy on the horse. Ontario therapeutic riding association; 1995.
3. Casady RL, Nichols-Larsen DS. The effect of hippotherapy on ten children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy: The Official Publication of The Section on Pediatrics of The American Physical Therapy Association*. 2004 Fall;16(3):165-72.
4. Haehl V. Influence of hippotherapy on the kinematics and functional performance of two children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*. 1996;11:89-101.
5. McGibbon B. Improvements in muscle symmetry in children with cerebral palsy after equine-assisted therapy (hippotherapy). *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2003;9(6):817-25.
6. McGibbon NH, Andrade CK, Widener G, Cintas HL. 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 & Child Neurology*. 1998;40(11):754-62.
7. Sterba JA, Rogers BT, France AP, Vokes DA. Horseback riding in children with cerebral palsy: effect on gross motor function. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2002;44(05):301-8.
8. Biery M, Kauffman N. The effects of therapeutic horseback riding on balance. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 1989;6(3):221-9.
9. Aruin AS, Almeida GL, Latash ML. Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. *American Journal of Mental Retardation: AJMR*. 1996 11;101(3):256-68.
10. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Physical Therapy*. 1985;65(9):1315-22.
11. Martin KS, Inman J, Kirschner A, Deming K, Sorg R, Voelker L. Characteristics of hypotonia in children: A consensus opinion of pediatric physical and occupational therapists. *Pediatric Physical Therapy*. 2005;17(1):91.
12. Bodensteiner JB, Smith SD, Schaefer GB. Hypotonia, Congenital Hearing Loss, and Hypoactive Labyrinths. *Journal of Child Neurology*. 2003;18(3):171.
13. Latash ML. Learning motor synergies by persons with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2007;51(12):962-71.
14. Latash ML. Motor control in Down syndrome: The role of adaptation and practice. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*. 1992;4(3):227-61.
15. Russell D, Palisano R, Walter S, Rosenbaum P, Gemus M, Gowland C, et al. Evaluating motor function in children with Down syndrome: validity of the GMFM. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1998;40(10):693-701.

16. Gowland C, Boyce WF, Wright V, Russell DJ, Goldsmith CH, Rosenbaum PL. Reliability of the Gross Motor Performance Measure. *Physical Therapy*. 1995;75(7):597.
17. Wheeler A. Hippotherapy as a specific treatment: a review of literature. In: Engel BT, editor. *Therapeutic riding II strategies for rehabilitation*. Durango, CO: Barbara Engel Therapy Services; 1997. p. 363-72.

6.4.3 Contrôle de la tête et du tronc

L'accélérométrie est la technique choisie pour nous permettre de suivre l'évolution dans le contrôle des oscillations de la tête et du tronc qui fera office de mesure indirecte du tonus musculaire étant donné qu'aucune mesure objective de l'hypotonie n'existe présentement. L'accélérométrie est une méthode non-invasive qui mesure le contrôle postural grâce aux accélérations tridimensionnelles de la tête et du tronc (Kavanagh & Menz, 2008). Les accéléromètres sont légers, petits et permettent une lecture de données dans un environnement qui n'est pas un laboratoire de recherche. Ils sont suffisamment sensibles et précis pour détecter des mouvements rapides comme par exemple des tremblements (Vaillancourt & Newell, 2000). La sélection de cet outil d'évaluation pour apprécier le contrôle postural dans un milieu équestre est donc tout à fait appropriée.

L'instrument de mesure sélectionné est constitué d'un accéléromètre triaxial et d'un inclinomètre triaxial (MTi, Xsens Technologies, Netherlands). Trois capteurs MTi ont été fixés sur le cheval (croupe) et sur l'enfant (tête, tronc) (voir la Figure 4). Des données cinématiques (accélérations et angles) ont été recueillies à trois reprises (semaines 1, 5 et 10) et enregistrées dans les trois axes soient antéro-postérieur, medio-latéral et vertical. Pour permettre de respecter le référentiel gravitationnel et le plan de progression du mouvement, des corrections des accélérations ont été effectuées par trigonométrie (angles Euler) à l'aide du logiciel MATLAB (Matworks Inc., MT, USA).

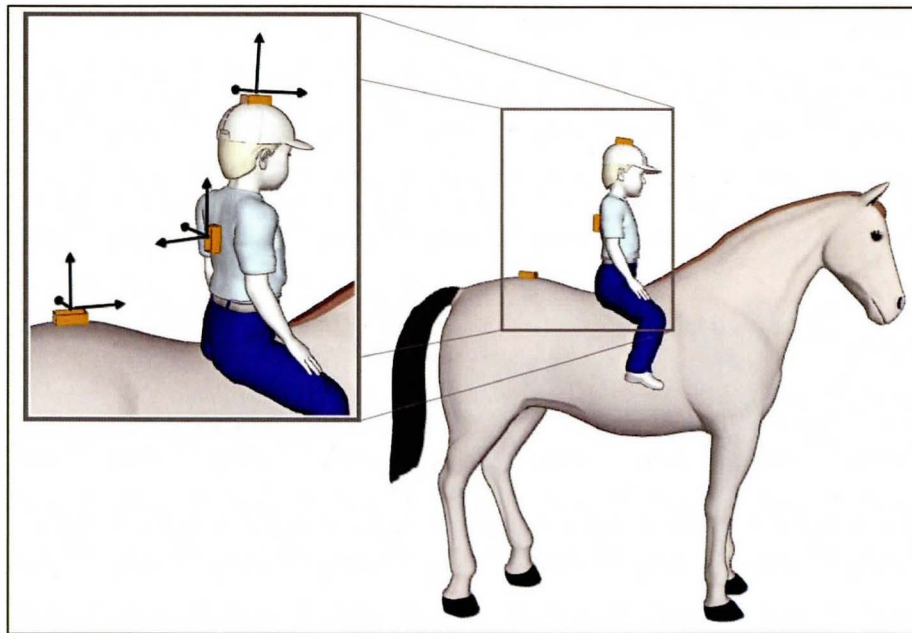


Figure 4. Localisation des capteurs multiaxiaux sur l'enfant et le cheval

Lors de la prise de mesure avec les accéléromètres, les données ont été recueillies lors de trois passages continus entre les lettres F et M du manège intérieur (voir la Figure 5). L'enfant devait maintenir son regard orienté vers l'avant et le cheval était maintenu dans une direction rectiligne à une vitesse constante. Le tout est enregistré à l'aide d'une caméra numérique afin de conserver un journal visuel de la collecte de données.

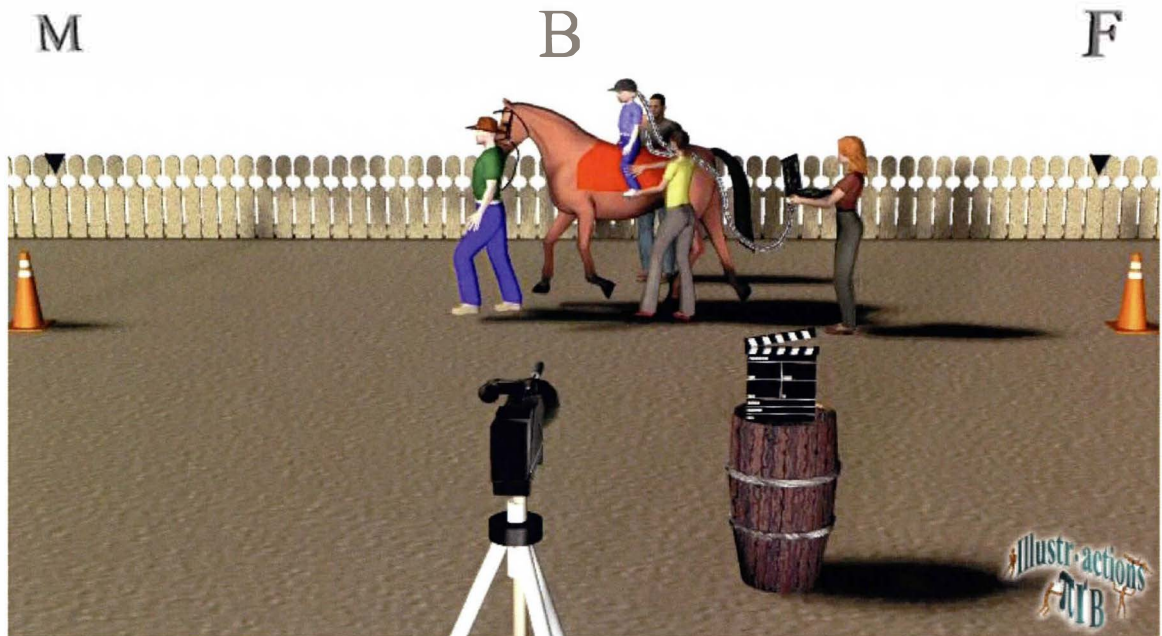


Figure 5. Schéma de l'organisation lors de la collecte de données par accélérométrie.

Les profils d'accélération sont analysés dans le domaine fréquentiel. Le principe de décomposition d'un signal temporel en informations fréquentielles s'appelle la décomposition en série de Fourier ou transformée de Fourier. L'intégrale cumulative de la puissance des harmoniques, calculée à partir du spectre de la puissance, est utilisée pour quantifier la stabilité de la plateforme visuelle et la coordination des segments de la tête et du tronc.

Les résultats du plan antéro-postérieur ne sont pas présentés car il n'y avait aucune différence entre le pré et la mi-test, Donc, on peut présumer que le niveau de contrôle dans ce plan était adéquat. L'axe vertical présente peu d'intérêt car il est

produit par le mouvement vertical du cheval et aucune adaptation n'est possible dans cet axe.

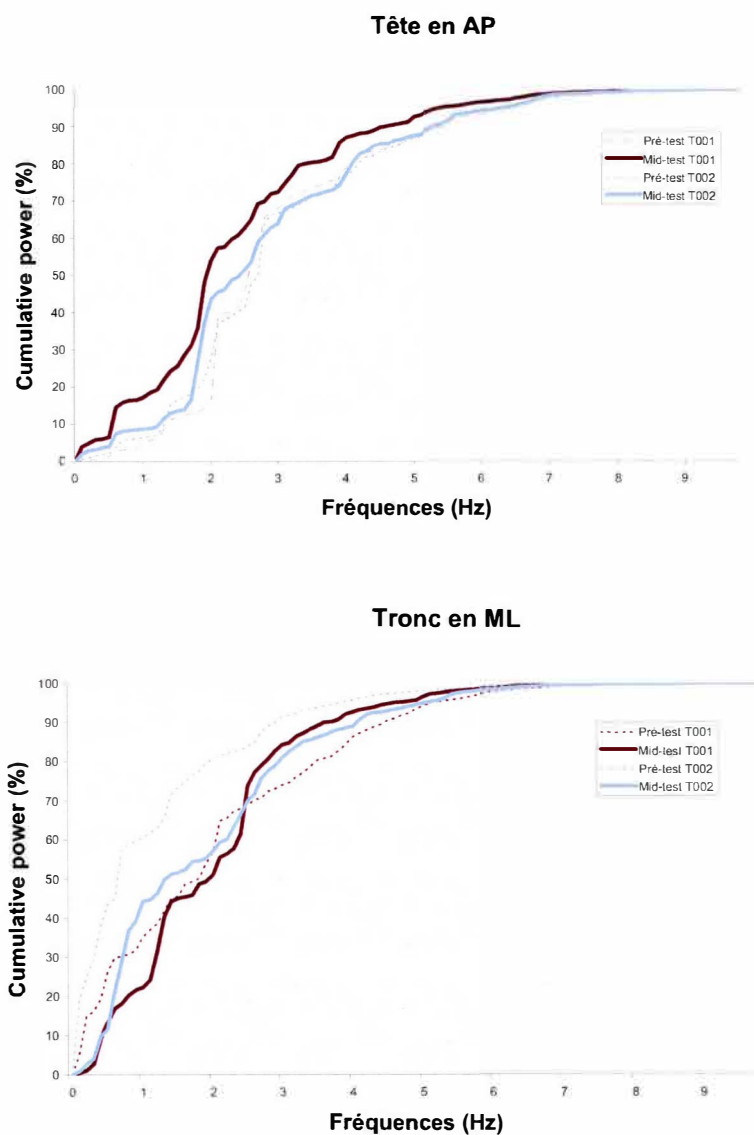


Figure 6. Puissance cumulée des harmoniques en fonction de la fréquence des oscillations pour les deux sujets.

La Figure 6 présente les résultats de la puissance cumulée des harmoniques (cumulative power) à la tête et au tronc pour les deux sujets au pré et à la mi-test. Cet axe médio-latéral représente la forme la plus difficile à contrôler donc la plus évoluée (Assaiante, et al., 1997). Le mouvement humain est contenu dans les basses fréquences de 6Hz et moins (Enoka, 2002). Les fréquences élevées représentent un mouvement rapide comme un tremblement (Kavanagh, Barrett, & Morrison, 2005). La diminution du contenu des basses fréquences de 0 à 3Hz suggère que le contrôle des oscillations lentes représentées par le mouvement du tronc et de la tête s'améliore avec la pratique. Globalement, les résultats montrent que la stabilité de la tête et du tronc en médio-latéral s'améliore au cours des semaines de traitement et ce pour les deux sujets de l'étude.

CONCLUSION

Les bienfaits de l'équitation sont reconnus mais peu d'études viennent appuyer cette impression avec des données probantes. Cette étude de cas semble confirmer que les enfants trisomiques ont une capacité de réadaptation neuromotrice avec l'utilisation d'une stimulation appropriée au moment opportun. Les résultats du GMFM entre le pré et le post-test montrent des changements significatifs au niveau de la motricité globale chez les deux sujets de l'étude pour chaque item du GMFM mais particulièrement pour l'item E de cette évaluation. L'item E inclut marcher, courir et sauter. Ces tâches requièrent un contrôle postural efficace afin d'exécuter adéquatement et efficacement ces activités.

Un des éléments novateurs de cette recherche est lié à l'utilisation des accéléromètres multiaxiaux comme instrument de mesure en hippothérapie, pour quantifier le contrôle postural d'enfants trisomiques. Les résultats de l'analyse fréquentielle des accélérations confirment l'hypothèse de Assaiante (1997) qui stipule que l'axe médio-lateral est le plan le plus difficile à contrôler et constitue la dernière étape dans l'acquisition d'un contrôle postural efficace étant donné que l'axe antéro-postérieur était intégré.

L'intervention précoce chez les enfants trisomiques requiert une diversification des formes de stimulations offertes et surtout un bon dosage de la difficulté de la tâche afin de permettre une intégration dans une progression efficace. L'hippothérapie offre une situation unique où il y a une réadaptation du tronc à la

marche sans l'usage des membres inférieurs. Nos résultats en accélérométrie et avec le GMFM sont concluants et les quelques commentaires des parents recueillis de façon anecdotique confirment les répercussions fonctionnelles des acquis (par ex. «les enfants commencent à utiliser les escaliers avec des pas alternés suite à la thérapie»). L'hippothérapie pourrait donc devenir une modalité thérapeutique supplémentaire qui pourrait être associée aux autres formes de réadaptation existantes déjà utilisées par les professionnels de la santé comme l'hydrothérapie.

Cette étude de cas pourrait justifier une recherche de plus grande envergure. Toutefois, des réserves s'imposent quant à la généralisabilité des résultats en raison de son petit échantillon. Nous espérons que de futures recherches en hippothérapie, utilisant les accéléromètres comme instrument de mesure de l'évolution du contrôle postural avec diverses clientèles, pourront voir le jour afin de mieux quantifier l'impact de cette nouvelle stratégie de réadaptation. De plus cet outil permettra de visualiser et de quantifier l'influence de l'hippothérapie qui est exercée au fil du temps chez les enfants trisomiques afin de déterminer le degré de stimulation nécessaire dans le cadre d'une intervention précoce. La collecte de données à mi-parcours permet de suivre l'évolution des acquis et peut éventuellement renseigner le clinicien sur la durée la plus efficace d'une série de traitement.

Malgré tout et sous toute réserve, nos résultats suggèrent que l'hippothérapie semble être une forme de réadaptation bénéfique dans le traitement du contrôle postural et de la motricité globale pour les enfants trisomiques mais des recherches avec plus de sujets et conduites dans le cadre de devis expérimentaux sont

nécessaires pour l'affirmer. L'utilisation des accéléromètres est une avenue prometteuse qui permettra aux chercheurs d'évaluer l'efficacité de nouvelles techniques utilisées en réadaptation.

RÉFÉRENCES

- AHA (2005). Hippotherapy treatment principles level one.
- AHA (2006). Treatment principles, Level 2, Clinical problem solving
- Aruin, A., Almeida, G. L., & Latash, M. L. (1996). Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. *American Journal of Mental Retardation: AJMR*, 101(3), 256-268.
- Assaiante, C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neurosci Biobehav Rev*, 22(4), 527-532.
- Assaiante, C., & Amblard, B. (1993). Ontogenesis of head stabilization in space during locomotion in children: influence of visual cues. *Experimental Brain Research*, 93(3), 499-515.
- 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, P. A., & Amblard, B. (1997). Head-trunk coordination during hops using one or two feet in children and adults. *J Vestib Res*, 7(2-3), 145-160.
- Assaiante, C., Thomachot, B., & Aurenty, R. (1993). Hip stabilization and lateral balance control in toddlers during the first four months of autonomous walking. *Neuroreport*, 4(7), 875-878.
- Ayres, A. J. (1979). *Sensory integration & the child*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Bailey, N. (1969). *Bayley scales of infant development*. New York: Psychological Corporation.
- Bates, A. (2002). Of patients & horses. Equine-facilitated psychotherapy. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services*, 40(5), 16-19.
- Biery, M. (1985). Riding and the handicapped. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 15(2), 345-354.
- Biery, M., & Kauffman, N. (1989). The effects of therapeutic horseback riding on balance. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 6(3), 221-229.
- Bobath, B. (1963). A neuro-developmental treatment of cerebral palsy. *Physiotherapy*, 49, 242-244.
- Bobath, B. (1977). Treatment of adult hemiplegia. *Physiotherapy*, 63(10), 310-313.
- Bodensteiner, J. B., Smith, S. D., & Schaefer, G. B. (2003). Hypotonia, Congenital Hearing Loss, and Hypoactive Labyrinths. *Journal of Child Neurology*, 18(3), 171.
- Bracher, M. (2000). Therapeutic Horse Riding: What has this to do with Occupational Therapists? *The British Journal of Occupational Therapy*, 63(6), 277-282.
- Carboni, P., Pisani, F., Crescenzi, A., & Villani, C. (2002). Congenital hypotonia with favorable outcome. *Pediatric Neurology*, 26(5), 383-386.

- Casady, R. L., & Nichols-Larsen, D. S. (2004). The effect of hippotherapy on ten children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy: The Official Publication of The Section on Pediatrics of The American Physical Therapy Association*, 16(3), 165-172.
- Céleste, B. L., B. (2000). *Le jeune enfant porteur de trisomie 21*. Paris: Editions Nathan.
- Concolino, D., Pasquzzi, A., Capalbo, G., Sinopoli, S., & Strisciuglio, P. (2006). Early detection of podiatric anomalies in children with Down syndrome. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, 95(1), 17-20.
- Cremers, M. J. G., & Bol, E. (1993). Risk of sports activities in children with Down's syndrome and atlantoaxial instability. *Lancet*, 342(8870), 511.
- Davidson, R. G. (1988). Atlantaxial Instability in Individuals With Down Syndrome: A fresh Look at the Evidence. *Pediatrics*, 81(6), 857.
- Dawson, G., & Watling, R. (2000). Interventions to Facilitate Auditory, Visual, and Motor Integration in Autism: A Review of the Evidence. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(5), 415-421.
- Encheff, J. L. (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.
- Engel, B. T. (2001). Therapeutic riding: Its benefits, professions and divisions *Therapeutic Riding 1 : Strategies for instruction* (Vol. 1, pp. 19). Denver, CO: Barbara Engel Therapy Services.
- Enoka, R. M. (2002). *Neuromechanics of Human Movement*: Human Kinetics.
- Gewurtz, R., & Eccles, A. (2003). The use of sensory integration in equine assisted therapy: an occupational therapy perspective. *Occupational Therapy Now*, 5(1), 8-10.
- Gowland, C., Boyce, W. F., Wright, V., Russell, D. J., Goldsmith, C. H., & Rosenbaum, P. L. (1995). Reliability of the Gross Motor Performance Measure. *Physical Therapy*, 75(7), 597.
- Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural Plasticity*, 12(2-3), 99-108.
- Haehl, V. (1996). Influence of hippotherapy on the kinematics and functional performance of two children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 11, 89-101.
- Hammer, A., Nilsagard, Y., Forsberg, A., Pepa, H., Skargren, E., & Oberg, B. (2005). Evaluation of therapeutic riding (Sweden)/hippotherapy (United States). A single-subject experimental design study replicated in eleven patients with multiple sclerosis. *Physiotherapy Theory & Practice*, 21(1), 51-77.
- Harris, S. R. (1981). Physical therapy and infants with Down's syndrome: the effects of early intervention. *Rehabilitation literature*, 42(11-12), 339-343.
- Heine, B. (1997). When is therapeutic riding hippotherapy *Therapeutic Riding II: Strategies for rehabilitation*. Durango, Colorado: Barbara Engel Therapy Services.

- Kanode, J. O., & Payne, V. G. (1989). Effects of variable practice on retention and motor schema development in Down syndrome subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 69(1), 211-218.
- Kavanagh, J. J., Barrett, R. S., & Morrison, S. (2005). Age-related differences in head and trunk coordination during walking. *Human Movement Science*, 24(4), 574-587.
- Kavanagh, J. J., & Menz, H. B. (2008). Accelerometry: A technique for quantifying movement patterns during walking. *Gait Posture*.
- Kitagawa, T., Takeuchi, T., Shinomiya, Y., Ishida, K., Wang, S., & Kimura, T. (2001). Cause of Active Motor Function by Passive Movement. *Journal of Physical Therapy Science*, 13(2), 167-172.
- Kokubun, M., Haishi, K., Okuzumi, H., & Hosobuchi, T. (1995). Factors affecting age of walking by children with mental retardation. *Perceptual and Motor Skills*, 80(2), 547-552.
- Kubo, M., & Ulrich, B. D. (2006). Early stage of walking: development of control in mediolateral and anteroposterior directions. *Journal of Motor Behavior*, 38(3), 229-237.
- Latash, M. L. (1992). Motor control in Down syndrome: The role of adaptation and practice. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 4(3), 227-261.
- Latash, M. L. (2007). Learning motor synergies by persons with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 962-971.
- Lauteslager, P. E. M., Vermeer, A., & Helders, P. J. M. (1998). Disturbances in the motor behaviour of children with Down's syndrome: The need for a theoretical framework. *Chartered Society of Physiotherapy*, 84(1), 5-13.
- Lechner, H. E., Feldhaus, S., Gudmundsen, L., Hegemann, D., Michel, D., Zäch, G. A., et al. (2003). The short-term effect of hippotherapy on spasticity in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 41, 502-505.
- Ledebt, A., & Bril, B. (2000). Acquisition of upper body stability during walking in toddlers. *Developmental Psychobiology*, 36(4), 311-324.
- MacKinnon, J. R., Hog, S., & Lariviere, J. (1995). A study of therapeutic effects of horseback riding for children with cerebral palsy. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 15, 17-34.
- Maertens de Noordhout, A., Delvaux, V., & Delwaide, P. (1998). Le tonus musculaire et ses troubles, *Encyclopédie médico-chirurgicale, neurologie* (Vol. 17-007-A-20, pp. 1). Paris: Elsevier.
- Martin, K. S., Inman, J., Kirschner, A., Deming, K., Sorg, R., & Voelker, L. (2005). Characteristics of hypotonia in children: A consensus opinion of pediatric physical and occupational therapists. *Pediatric Physical Therapy*, 17(1), 91.
- 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, 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 & Child Neurology*, 40(11), 754-762.
- Meregillano, G. (2004). Hippotherapy. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 15(4), 843.
- Minahan, C. (2007). Investigating Frequency of hippotherapy with multiple medical diagnoses. *Hippotherapy*, 18-20.
- Odent, S. P. (1999). Hypotonie du jeune enfant Retrieved 7 novembre, 2006, from <http://www.med.univ-rennes1.fr/etud/index4.htm>
- Palisano, R. J., Walter, S. D., Russell, D. J., Rosenbaum, P. L., Gémus, M., Galuppi, B. E., et al. (2001). Gross motor function of children with down syndrome: creation of motor growth curves. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(4), 494-500.
- Pandyan, A. D., Johnson, G. R., Price, C. I. M., Curless, R. H., Barnes, M. P., & Rodgers, H. (1999). A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clinical Rehabilitation*, 13(5), 373.
- Pauw, J. (2000). Therapeutic horseback riding studies: Problems experienced by researchers. *Physiotherapy*, 86(10), 523-527.
- Pinter, J. D., Eliez, S., Schmitt, J. E., Capone, G. T., & Reiss, A. L. (2001). Neuroanatomy of Down's syndrome: a high-resolution MRI study. *The American Journal of Psychiatry*, 158(10), 1659-1665.
- Pyle, A. A., McGlone, J. J., Thompson, L. D., Lawver, D. E., & Brady, H. A. (2006). *Stress responses in horses used in Hippotherapy*. Texas Tech University.
- Rate, R., & Tolerance, A. (2005). Characteristics of Hypotonia in Children: A Consensus Opinion of Pediatric Occupational and Physical Therapists. *Pediatric Physical Therapy*, 17(4), 275-282.
- Riede, D. (1998). *Physiotherapy on the Horse*. Riderwood, MD: Therapeutic Riding Services.
- Roizen, N. J. (2005). Complementary and alternative therapies for Down syndrome. *Mental Retardation And Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(2), 149-155.
- Rolandelli, P. S., & Dunst, C. J. (2003). Influences of Hippotherapy on the Motor and Social-Emotional Behavior of Young Children with Disabilities. *Bridges*, 2(1).
- Rosenbaum, P. (2003). Controversial treatment of spasticity: exploring alternative therapies for motor function in children with cerebral palsy. *Journal of Child Neurology*, 18 (1), 89-94.
- Russell, D., Palisano, R., Walter, S., Rosenbaum, P., Gemus, M., Gowland, C., et al. (1998). Evaluating motor function in children with Down syndrome: validity of the GMFM. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(10), 693-701.
- Saenz, R. B. (1999). Primary care of infants and young children with Down syndrome. *American Family Physician*, 59(2), 381-393.

- Santé Canada (2002). *Les anomalies congénitales au Canada—Rapport sur la santé périnatale*.
- 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, CO.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1985). Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Physical Therapy*, 65(9), 1315-1322.
- Smith, B. A., Kubo, M., Black, D. P., Holt, K. G., & Ulrich, B. D. (2007). Effect of Practice on a Novel Task--Walking on a Treadmill: Preadolescents With and Without Down Syndrome. *Physical Therapy*, 87(6), 1-12.
- Soleimani, F., & Dadkhah, A. (2007). Validity and reliability of Infant Neurological International Battery for detection of gross motor developmental delay in Iran. *Child: Care, Health & Development*, 33(3), 262-265.
- Spano, M., Mercuri, E., Rando, T., Panto, T., Gagliano, A., Henderson, S., et al. (1999). Motor and perceptual-motor competence in children with Down syndrome: variation in performance with age. *European Journal of Paediatric Neurology*, 3(1), 7-13.
- Sterba, J. A., Rogers, B. T., France, A. P., & Vokes, D. A. (2002). Horseback riding in children with cerebral palsy: effect on gross motor function. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44(05), 301-308.
- Straub, I. (1998). *Hippotherapy: Therapeutic riding in Germany*.
- Strauss, I. (1995). *Hippotherapy; neurophysiological therapy on the horse: Ontario therapeutic riding association*.
- Ulrich, B. D., Ulrich, D. A., Collier, D. H., & Cole, E. L. (1995). Developmental shifts in the ability of infants with Down syndrome to produce treadmill steps. *Physical Therapy*, 75(1), 14.
- Ulrich, D., Ulrich, B., Angulo-Kinzler, R., & Yun, J. (2001). Treadmill training of infants with Down syndrome: evidence-based developmental outcomes. *Pediatrics*, 108(5), E84-E84.
- Uyanik, M., Bumin, G., & Kayihan, H. (2003). Comparison of different therapy approaches in children with Down syndrome. *Paediatrics International: Official Journal of The Japan Pediatric Society*, 45(1), 68-73.
- Vaillancourt, D. E., & Newell, K. M. (2000). Amplitude changes in the 8-12, 20-25, and 40 Hz oscillations in finger tremor. *Clinical Neurophysiology*, 111(10), 1792-1801.
- Webber, A., Virji-Babul, N., Edwards, R., & Lesperance, M. (2004). Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. *Experimental Brain Research*, 155(4), 450-458.
- Westcott, S. L., Lowes, L. P., & Richardson, P. K. (1997). Evaluation of postural stability in children: current theories and assessment tools. *Physical Therapy*, 77(6), 629.
- Wheeler, A. (1997). Hippotherapy as a specific treatment: a review of literature. In B. T. Engel (Ed.), *Therapeutic riding II strategies for rehabilitation* (pp. 363-372). Durango, CO: Barbara Engel Therapy Services.

- 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.
- Winell, J., & Burke, S. W. (2003). Sports participation of children with Down syndrome. *The Orthopedic Clinics of North America*, 34(3), 439-443.
- Wisnieski, K., Kida, E., & Brown, T. (1996). Consequences of genetic abnormalities in Down's syndrome on brain structure and function. In. JA Rondal, J. Perera, L. Nadel & A. Comblain. *Down's syndrome: Psychological, psychobiological and socio-educational perspectives*, 3-19.
- Young, R. L., & Bracher, M. (2005). Horsemastership part 2: physical, psychological, educational and social benefits. *International Journal of Therapy & Rehabilitation*, 12(3), 120-125.