

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EFFETS D'UN ENTRAINEMENT PHYSIQUE INTENSIF SUR L'EFFICIENCE
DE LA MARCHE CHEZ DES ENFANTS AVEC UNE PARALYSIE CÉRÉBRALE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

SOFIA SMATI

OCTOBRE 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

AVANT-PROPOS

La présente recherche s'inscrit dans un processus de recherche en équipe dirigée par monsieur Laurent Ballaz PhD. Ces travaux ont pour objectifs d'améliorer l'efficacité de la marche et la fonction motrice des enfants atteints de paralysie cérébrale.

Je remercie sincèrement Laurent Ballaz pour son encadrement, ses conseils et sa patience tout au long de mon projet.

Je tiens à remercier tous les enfants de l'école Jean-Piaget pour leur participation, leur détermination et leur joie de vivre durant les séances de sports.

Un grand merci particulièrement Toufik Dahdouh, professeur d'Éducation physique et sportive de m'avoir permis de réaliser ce projet, Mélina et Nicole, les enseignantes, Karine (l'éducatrice sportive) et Mme Fortin, la directrice de l'école.

Je remercie énormément Mathilde pour son aide, son partage de connaissance durant toute la période d'entraînement. Un merci à Selsabil, Sandra, Yosra, Mathieu et Benjamin pour leur présence à mes côtés.

Je tiens à remercier du fond du cœur Cyril Debrumetz pour sa générosité et son aide à mon arrivée à Montréal.

Un immense merci à ma superbe famille pour l'amour et le soutien qu'elle me donne durant mes années de master.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	ii
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
Tableau Page	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	viii
RÉSUMÉ	ix
CHAPITRE I	1
INTRODUCTION	1
1.1 Objectifs.....	2
1.2 Hypothèses.....	2
CHAPITRE II	3
REVUE DE LA LITTERATURE	3
2.1 <i>Paralysie cerebrale</i>	3
2.1.1 Définition	3
2.1.2 Classification du niveau fonctionnel.....	3
2.1.3 Les différents types de paralysie cérébrale	4
2.2 <i>Impacts de la PC</i>	8
2.2.1 Les impacts de la PC sur le système musculaire et cardiorespiratoire	8
2.2.2 Impact de la PC sur la production de force.....	8
2.2.3 Impact sur le système cardiorespiratoire	8
2.3.1 <i>Efficiency de la marche des enfants avec une PC</i>	9
2.3.2 Mesure de l'efficacité de la marche	9
2.3.3 Les risques de déconditionnement chez l'enfant avec une PC et un niveau GMFCS II-IV.	10
2.4 <i>Effet de l'entraînement sur l'efficacité de la marche chez l'enfant avec une PC</i> 12	
2.4.1 Effet d'un entraînement en force sur la marche.....	12
2.4.2 Effet d'un entraînement de type aérobie sur la marche	15
2.5 <i>Impact psychosocial de la PC</i>	16
CHAPITRE III	18
METHODOLOGIE	18
3.1 <i>Participants</i>	18
3.1.1 Recrutement	18
3.1.2 Critères de Sélection	18
3.1.3 Caractéristiques des participants.....	19

3.1.4	Éthique et informations.....	21
3.2	<i>L'entraînement</i>	21
3.2.1	Déroulement général.....	21
3.2.2	Répartition des groupes d'entraînement	22
3.2.3	Les séances d'entraînement	23
	A- Échauffement	23
	B- La séance	23
	C- Retour au calme.....	25
3.3	<i>Protocole expérimental</i>	27
3.3.1	Lieu des évaluations.....	27
3.3.2	Mesures	28
3.4	<i>Analyses statistiques</i>	32
CHAPITRE IV		33
RESULTATS		33
4.1	<i>Intensité des entraînements</i>	33
4.2.1	Efficienc e de la marche.....	34
4.2.2	Endurance à la marche.....	35
4.2.3	10 mètres marche confortable.....	36
4.2.4	10 mètres marche rapide	37
4.2.5	50 mètres sprint.....	38
4.3	<i>Force musculaire</i>	39
4.4	<i>Estime de soi Piers Harris</i>	41
CHAPITRE V		42
DISCUSSION		42
5.1	<i>Faisabilité de l'entraînement</i>	42
5.1.1	Contraintes temporelles	42
5.1.2	Homogénéité de groupe	43
5.1.3	Contraintes motivationnelles	44
5.1.4	Fatigabilité	44
5.1.5	Contraintes matérielles	44
5.2	<i>Intensité de l'entraînement</i>	46
5.3	<i>L'efficienc e de la marche</i>	47
5.3.1	Fréquence cardiaque	48
5.3.2	Vitesse de marche	48
5.4	<i>L'estime de soi</i>	49
5.5	<i>Limitations</i>	49
5.6	<i>Bénéfices du projet de recherche</i>	50
CHAPITRE VI		52
ANNEXE		52
<i>ANNEXE A LETTRE D'INFORMATION</i>		52

<i>ANNEXE B CONSENTEMENT</i>	52
<i>ANNEXE C QUESTIONNAIRE</i>	52
<i>ANNEXE D TEST FEUILLE DETAILLE</i>	52
<i>ANNEXE E AFFICHE OFFICIELLE DEFI SPORTIF</i>	52
<i>ANNEXE F TEST PIERS HARRIS</i>	52
REFERENCES	74

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Fig. 2.1 Classification du niveau fonctionnel GMFCS.....	4
Fig. 2.2 Schéma des circuits spinaux.	5
Fig. 2.3 Processus de déconditionnement chez l'enfant avec la PC.....	12
Fig. 2.4 Méta analyse modifiée d'après Moreau et al., 2016.....	14
Fig. 2.5 Schéma d'un mode d'entraînement privilégiant le développement de la vitesse de marche.....	15
Fig. 3.1 Organigramme de suivi des participants.....	19
Fig. 3.2 Schéma de la période d'entraînement.	22
Fig. 3.3 Représentation du test de marche de 10 mètres.	30
Fig. 3.4 Dynanomètre portable Lafayette.	31
Fig. 3.5 Cardiofréquencemètre Polar V800.	31
Fig. 4.1 Intensité exercice	33
Fig. 4.2 Intensité d'exercice en % de la durée de la séance, pour chaque niveau fonctionnel.....	34
Fig. 4.3 Efficience de la marche (IDE) en PRE et POST entraînement, données individuelles.	35
Fig. 4.4 Données individuelles de la distance parcourue au test de 6min marche confortable.....	36
Fig. 4.5 Temps au test de 10m marche en PRE et POST entraînement, données individuelles.	37
Fig. 4.6 Temps au test de 10m marche rapide en PRE et POST entraînement, données individuelles.	38
Fig. 4.7 Temps au test 50m sprint en PRE et POST entraînement, données individuelles.	39
Fig. 4.8 Données individuelles au test de force Extension du genou en PRE et POST entraînement.	40
Fig. 4.9 Données individuelles au test de force Flexion du genou en PRE et POST entraînement.	40
Fig. 5.1 Intensité globale de la séance d'entraînement en %.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1 Critères d'inclusion et d'exclusion.....	18
3.2 Caractéristiques des participants	20
3.3 Répartition des groupes d'entraînement.. ..	22
3.4 Plan d'une séance d'entraînement.	27
4.1 Représentation du test d'Estime de soi	41
5.1 Répartition des groupes d'entraînement en fonction du niveau fonctionnel.	43

LISTE DES ABRÉVIATIONS

PC	Paralysie cérébrale
GMFCS	Gross motor function classification system
IN	Inter neurone
VO2max	Volume maximal de consommation d'oxygène
IDE	Indice de dépense énergétique
EEI	Energy expenditure index
FC	Fréquence cardiaque
FCR	Fréquence cardiaque de réserve
FC max	Fréquence cardiaque maximale
FC repos	Fréquence cardiaque de repos
CHU	Centre hospitalier universitaire
G1/G2	Groupe 1, groupe 2
E.P	Education physique
F/G	Fille/ garçon
PDC	Poids du corps
6MWT	Six minute walking test

RÉSUMÉ

Introduction : L'entraînement en puissance/ Power Training (PT) a récemment été soulevée comme une modalité de formation prometteuse pour améliorer les capacités fonctionnelles chez les enfants atteints de paralysie cérébrale (PC). Néanmoins, son effet sur la capacité de marche chez les enfants PC avec une faible motricité globale n'a jamais été étudié. La présente étude visait à évaluer la faisabilité de mettre en œuvre PT dans une école adaptée et son effet sur les capacités de marche. **Méthode :** Onze enfants atteints de paralysie cérébrale (âgés de 6 à 11 ans, niveau I-V du système de classification des fonctions motrices (GMFCS), dont 9 enfants avec le niveau III-V du GMFCS ont été inclus. Ils ont été entraînés trois fois par semaine pendant 12 semaines. Les séances d'entraînement ont eu lieu pendant les cours d'activité physique de 50 minutes et comprenait 20 minutes d'exercice de haute intensité (marche, marche rapide avec des aides techniques appropriées, y compris un déambulateur), ainsi qu'une période d'échauffement et de récupération. La fréquence cardiaque a été enregistrée pendant trois séances d'entraînement pour chaque participant. Un kinésologue, un physiothérapeute et le professeur de sport ont supervisés les séances d'entraînement. La vitesse de marche confortable et rapide, l'efficacité de la démarche, évaluée par l'indice de dépense énergétique (EEI), ainsi que la vitesse de course ont été évaluées avant et après la période d'entraînement. **Résultats:** Dix enfants ont terminé toute la période de formation. Les participants ont passé respectivement 19 ± 7 minutes et 6 ± 7 minutes à une intensité supérieure à 40% et 60% de la réserve de fréquence cardiaque. L'indice EEI a été réduit après l'entraînement ($p = 0,01$). La vitesse de marche confortable et rapide a également augmenté après l'entraînement ($p < 0,05$). Des améliorations plus importantes ont été observées chez les enfants ayant un niveau plus élevé de GMFCS. **Conclusion:** Le PT est réalisable dans un environnement scolaire adapté avec des enfants atteints de PC avec le niveau III-V du GMFCS. Ces données suggèrent que PT augmente les capacités de marche. Plus d'études sont nécessaires pour évaluer l'impact de PT chez les enfants ayant des capacités de marche faible.

MOTS CLES : Paralysie cérébrale, Activité physique, Efficacité de marche, Enfants, Fréquence cardiaque

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Le manque d'activité physique au Canada touche 36 % de la population normale et 56% de la population atteinte d'une déficience physique. Chez cette population, la faible participation à l'activité physique est liée à un manque d'accessibilité des lieux de pratique et de personnels qualifiés, ainsi que plusieurs autres facteurs d'ordres psychosociaux. À terme, ce manque d'activités physiques va provoquer un déconditionnement musculaire et cardiorespiratoire pouvant entraîner une perte de capacités fonctionnelles, incluant la marche. De ce fait le déconditionnement va grandement limiter l'intégration sociale des personnes avec une déficience physique (Durstine et al., 2000). Dans ce cadre, le but de l'entraînement physique, par le biais d'activités physiques adaptées, est de briser cette spirale de déconditionnement afin de préserver les capacités fonctionnelles des personnes atteintes d'une déficience physique et ainsi améliorer leur intégration sociale et leur qualité de vie.

Bien que Montréal ait encore de nombreux problèmes à régler en termes d'accessibilité, cette ville est le théâtre de la deuxième plus importante compétition de sports adaptés au monde : Le DéfiSportif AlterGo. Cet évènement majeur rassemble chaque année plus de 6 000 athlètes avec une déficience physique pour une compétition de 7 jours, comprenant 30 disciplines sportives. Le DéfiSportif AlterGo comprend également un versant scolaire auquel participent de nombreuses écoles adaptées. Le but de ma recherche était d'évaluer l'impact sur le plan fonctionnel et psychosocial d'un entraînement de groupe, chez des jeunes scolarisés dans une école adaptée et atteints de paralysie cérébrale. Cet entraînement de groupe avait donc comme objectif d'entraîner l'enfant en vue de sa participation au DéfiSportif AlterGo. Cette recherche est mise en place en collaboration avec le centre de réadaptation Marie-Enfant du CHU Sainte-Justine.

Dans la revue de la littérature, nous allons tout d'abord définir la paralysie cérébrale (PC), rappeler la classification des différents types de PC, ainsi que les impacts de la PC sur le système musculaire et cardiorespiratoire. Dans une deuxième partie, les

risques de déconditionnement des personnes avec une PC seront présentés. Enfin, les effets de l'entraînement physique sur la fonction motrice et la qualité de vie seront rapportés.

Cette recherche ne fait l'objet d'aucun financement propre. L'ensemble des personnes ayant participé à cette recherche n'a pas de conflit d'intérêt à déclarer.

1.1 Objectifs

Cette étude préliminaire a pour principal objectif d'évaluer l'impact d'un entraînement intensif sur les capacités de marche. Les objectifs secondaires étaient d'évaluer l'intensité des entraînements, ainsi que l'estime de soi.

1.2 Hypothèses

Nous supposons qu'un programme d'entraînement intensif d'intensité modérée à intense est réalisable dans une école spécialisée. Nous émettons l'hypothèse qu'un programme d'entraînement intensif améliore l'efficacité de la marche ainsi que la vitesse de marche confortable et maximale. Finalement nous supposons qu'un programme d'entraînement intensif améliore l'estime de soi chez les enfants PC.

CHAPITRE II

REVUE DE LA LITTERATURE

2.1 Paralyse cerebrale

2.1.1 Définition

D'après l'institut ontarien du cerveau, la PC touche environ deux enfants sur 1 000 au Canada (OBI, 2006). La PC est la cause principale des déficits moteurs chez les enfants. La définition de la PC a été un long débat depuis plus de 150 ans, qui à ce jour n'a pas encore trouvé de définition universelle (Morris, 2007). Bax (2005) a décrit la PC comme un trouble du mouvement et de la posture causé par une lésion cérébrale non progressive sur un cerveau immature. Cette lésion va nuire à la transmission de l'information motrice à travers le faisceau cortico-spinal. Bien que l'atteinte cérébrale ne soit pas progressive, ses conséquences sur la fonction motrice évoluent et ce particulièrement durant l'enfance et l'adolescence. A ce jour, il n'existe pas de traitement de la PC, les thérapies mise en place visent à minimiser les conséquences de cette déficience sur les différents systèmes physiologiques (Bax et al., 2005).

La définition de la PC a été précisée au fil des années par de nombreux auteurs Rosenbaum (2007) a défini la PC comme un ensemble de troubles du développement de la motricité qui entraîne une limitation de l'activité (Rosenbaum et al., 2007).

2.1.2 Classification du niveau fonctionnel

Malgré le manque de consensus concernant la définition de la PC, une classification de la fonction motrice a quant à elle été bien définie grâce aux travaux de Palisano et al. (1997) qui ont conduit au développement de la « Gross Motor Function Classification System » (GMFCS). La GMFCS permet de décrire suivant 5 niveaux les habilités fonctionnels des enfants atteints de la PC (Morris and Bartlett, 2004). La GMFCS a été initialement conçue pour les enfants âgés de 12 ans et moins (Palisano et al., 1997) puis étendue jusqu'à l'âge de 18 ans (Palisano et al., 2008). Cette classification permet de caractériser la limitation fonctionnelle et le besoin d'assistance de l'enfant (voir figure 1.1) (Palisano et al., 2000). Partant du niveau I,

où l'enfant est capable de pratiquer toute les activités qu'un enfant avec un développement normal pourrait faire mais avec une limitation au niveau de la vitesse, au niveau V, signifiant que l'enfant est dépendant d'une tierce personne pour ses déplacements et a des difficultés majeures au niveau de sa posture et du contrôle du mouvement (Morris, 2007 ; Baxter et al., 2007).

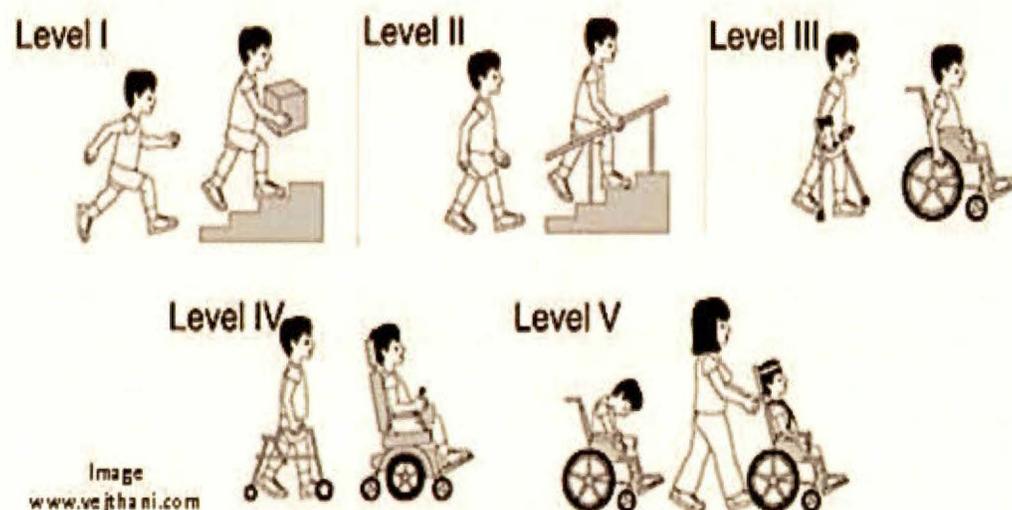


Figure 2.1 Classification du niveau fonctionnel GMFCS. D'après Graham HK. *Classifying cerebral palsy. J Pediatric Orthop.*2005;25:128.

2.1.3 Les différents types de paralysie cérébrale

Il existe quatre grands types de PC. Ceux-ci dépendent des zones lésées au niveau du cortex cérébral (Naeye et al., 1989 ; Mutch et al., 1992).

2. a – Paralysie cérébrale spastique

La plus commune forme de PC est la forme spastique qui touche environ 85% des personnes atteintes de PC (Jones et al., 2007). Lance définit la spasticité comme un non contrôle du réflexe d'étirement dû à une atteinte du motoneurone supérieur qui va engendrer des troubles moteurs (Lance, 1980). La région touchée se situe au niveau

du tractus pyramidal ce qui va augmenter le tonus musculaire et augmenter les réflexes tendineux. La spasticité musculaire résulte d'un manque d'inhibition de la boucle réflexe lors de la réalisation d'un mouvement volontaire et ainsi d'une hyperactivité du motoneurone α .

Différents facteurs sont incriminés pour expliquer cette hyperactivité du motoneurone α (voir figure 2.2) :

- Une diminution de l'inhibition récurrente liée à une diminution d'activité des cellules de Renshaw lors d'un mouvement volontaire (Katz et Pierrot-Deseilligny, 1982),
- Une diminution de l'inhibition présynaptique (PSI) exercée sur les fibres Ia par l'intermédiaire d'inter neurones (IN) (Delwaide, 1987).
- Une diminution de l'inhibition autogénique Ib (Delwaide et Oliver, 1988)

L'ensemble de ces modifications est lié à la levée des influences inhibitrices ou excitatrices des structures supraspinales sur ces différents éléments (IN Ia, Cellule de Renshaw, IN PSI).

Une hyperactivité des fibres sensibles II a été mise en évidence chez des sujets spastiques atteints d'une paraplégie (Remy-Néris et al., 1999) ou d'une hémiplégie (Marchand-Pauvert et al., 1999). Les afférences des fibres de type II, issues du fuseau neuromusculaire, semblent prédominantes dans le contrôle moteur lors de tâches fonctionnelles telle que la marche.

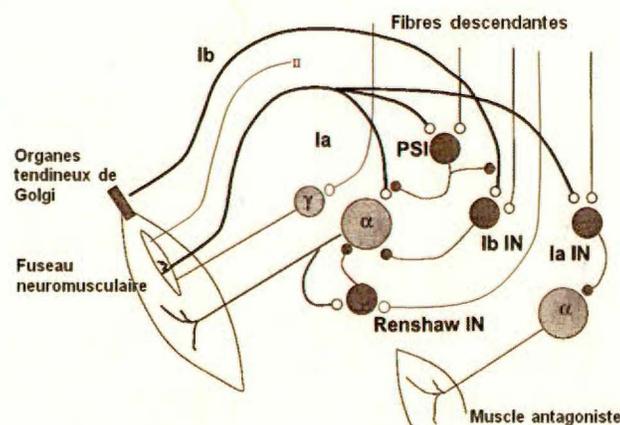


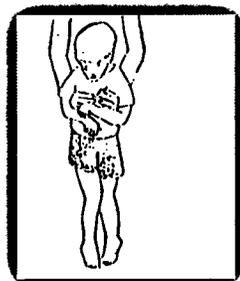
Figure 2.2 Schéma des circuits spinaux. alimentés par les fibres descendantes et les afférences sensorielles Ia et Ib. Les interneurones pleins sont inhibiteurs. Le circuit

alimenté par les fibres sensitives II n'est pas représenté (modifiée d'après Nardone et Schieppati, 2004)

La spasticité musculaire va engendrer des contractions musculaires involontaires alors que le muscle s'allonge. Ainsi la contraction spastique entrainera d'importantes co-contractions habituellement nuisibles pour la fonction motrice. Elle va engendrer des mouvements « raides » et « crispés » causés par une activation du muscle antagoniste.

Topographie de la CP spastique

En fonction de la zone du cerveau touchée, la topographie de la déficience varie. Ainsi, la CP de type spastique peut être classée suivant trois catégories principales telles que décrites ci-dessous.



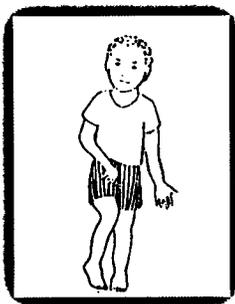
– La diplégie

La diplégie affecte le plus souvent les membres inférieurs mais peut aussi affecter les membres supérieurs à un niveau de gravité moindre (Batshaw, 2002). La place de l'exercice physique chez les enfants avec une PC de type diplégies est d'autant plus déterminante car ce sont ceux qui souffrent le plus de déconditionnement (Damiano et al., 2006). A l'âge adulte ils sont à risque de perdre leur capacité de marche, le but des thérapeutes est donc d'optimiser leurs fonctions motrices pour préserver leur niveau fonctionnel.



– L'hémiplégie

La deuxième sous-catégorie est l'hémiplégie qui représente entre 20 et 30% de la PC spastique. L'hémiplégie affecte un hémicorps, en fonction du côté du cerveau affecté. Si le côté gauche du cerveau est touché, le côté opposé du corps sera affecté (Blair et Stanley, 1985).



– La quadriplégie

La quadriplégie spastique affecte les membres supérieurs et les membres inférieurs, elle représente quant à elle 10 à 15 % de la paralysie spastique (Jones et al., 2007). Cette population présente généralement une très grande limitation fonctionnelle.

2. b- La dyskinésie

Le deuxième grand type de PC est la dyskinésie. Selon Bax et al. (2005), les enfants atteints d'une dyskinésie ont un niveau fonctionnel faible (GMFCS IV et V). La région du cerveau touché est le tractus extrapyramidal causé par une lésion des ganglions de la base situés au centre du cerveau ce qui va engendrer des mouvements involontaires lents et donc un manque de coordination. Ils ont une atteinte motrice très aggravée, la communication est aussi affectée et le niveau d'apprentissage est faible. Ils présentent des mouvements involontaires et incontrôlés (Bax et al., 2005).

2. c- L'ataxique

Le type ataxique est lié à une atteinte au niveau du cervelet. La fonction principale du cervelet est la coordination et l'équilibre par conséquent des lésions vont engendrer un manque de coordination et une marche déséquilibrée. Les mouvements sont maladroits et établit avec une force anormale. Les enfants atteints d'ataxique sont aussi affectés par un manque d'équilibre, de précision et de force.

Pour finir l'enfant peut présenter des symptômes rattachés aux différents types décrit ci-dessus. On parle alors d'atteinte mixte.

Dans le cadre de ma recherche, nous allons nous concentrer sur la PC spastique puisqu'il s'agit de la forme de la PC la plus répandue. Plus particulièrement nous allons nous intéresser aux atteinte bilatérale (diplégie, quadriplégie) avec un niveau GMFCS II-IV car ces enfants sont encore marchant avec ou sans aide technique et sont également particulièrement exposés au déconditionnement et a risque de perdre leur marche

2.2 Impacts de la PC

2.2.1 Les impacts de la PC sur le système musculaire et cardiorespiratoire

Les parties suivantes présentent l'impact de la PC sur la production de force et sur la dépense énergétique à la marche. Par la suite, les conséquences de ces adaptations physiologiques sur l'efficacité de la marche ainsi que les effets de l'entraînement sur l'efficacité de la marche seront présentés. Les adaptations aux niveaux des systèmes musculaires et cardiorespiratoires sont particulièrement visées car elles conditionnent l'efficacité de la marche des enfants avec une paralysie cérébrale.

2.2.2 Impact de la PC sur la production de force

L'une des caractéristiques de la PC spastique est la faiblesse musculaire. Les unités motrices s'activent d'une manière irrégulière et plus lentement due à l'atteinte des motoneurons supérieurs (Stackhouse et al., 2005). L'activation non optimale des unités motrices limite la sommation des unités motrices et ainsi la production de force. Les co-contractions, notamment liées à la présence de spasticité (voir partie 3 a) vont également réduire la production de force (Winter et al., 1990). De plus, Chez les jeunes avec une CP, il y a une modification des fibres musculaires de types 1, ce qui va réduire leur production de force et amener à une fatigue rapide (Rose et McGill, 2005). Chez les enfants avec une CP de type diplégie spastique (niveau GMFCS II-III), il a été rapporté une diminution de force de l'ordre de 50% ou plus au niveau des muscles des membres inférieurs (Wiley et Damiano, 1998). Le niveau de force étant lié directement avec le niveau fonctionnel (Mockford et Caulton, 2010), la faiblesse musculaire va entraîner une réduction de la mobilité (Koman et al., 2004). Pouliot et al. (2014) ont également démontré que la force des fléchisseurs et extenseurs du genou serait associée à un faible indice de dépense énergétique et par conséquent une meilleure efficacité de marche.

2.2.3 Impact sur le système cardiorespiratoire

Les jeunes avec une PC ont une capacité aérobie réduite par rapport à leurs pairs (Verschuren et Takken, 2010). Cette capacité aérobie est évaluée avec la consommation maximale d'oxygène (VO₂ max), correspondant à la consommation

d'oxygène lors d'un effort aérobie maximal (Shephard et al., 1968). Les jeunes avec une PC ont une VO₂max inférieure à celle d'enfants avec un développement normal (Jung et al., 2015) du fait de leur manque de pratique d'activité physique. À la marche, les enfants avec une PC sollicitent en moyenne 52% de leur capacité maximale aérobie alors que les enfants avec un développement normal sollicitent seulement 36% de leurs capacités maximales aérobies (Dallmeijer et Brehm, 2011). Par conséquent les enfants avec une PC ont une endurance à la marche réduite et se fatiguent plus rapidement que leurs pairs. Cette fatigue précoce limite leur périmètre de marche et entraîne une diminution de leur qualité de vie. Des études ont également rapporté que les enfants avec une PC ont une consommation d'énergie à la marche 3.3 fois plus élevée que les enfants avec un développement normal (Rose et al., 1990). Cette dépense énergétique étant associée à une faible vitesse de marche, les enfants avec une PC ont une efficacité locomotrice réduite comparée à leurs pairs.

2.3.1 Efficacité de la marche des enfants avec une PC

Dans le présent projet, un intérêt tout particulier sera porté sur l'efficacité de la marche, définie par la dépense énergétique rapportée à la distance parcourue (Rose et al., 1990). L'efficacité énergétique de la marche est particulièrement importante pour retarder l'apparition de fatigue et maintenir un périmètre de marche suffisant pour sa vie de tous les jours (Dahlback et al., 1985). Le patron de marche adopté par les enfants avec une paralysie est varié et peut fortement s'éloigner du patron de marche d'une personne valide. Ces modifications entraînent une diminution de l'efficacité locomotrice et ce particulièrement chez les enfants avec un niveau GMFCS III-IV.

2.3.2 Mesure de l'efficacité de la marche

La dépense énergétique à la marche peut être mesurée par calorimétrie indirecte en mesurant les échanges gazeux, soit le taux d'oxygène consommé et de Co₂ produit à l'aide d'un appareil portatif placé sur le sujet. En rapportant l'énergie dépensée à la distance parcourue, il est alors possible d'évaluer l'efficacité de la marche. Bien que cette méthode soit devenue une méthode de référence, d'un point de vue pratique, l'utilisation de ce type d'appareil dans un contexte d'évaluation en milieu scolaire chez des enfants avec un PC n'est pas sans poser de problèmes. En effet, l'évaluation de la consommation d'oxygène lors d'un exercice continu sur sol impose l'utilisation d'un système portable disposé sur la personne. Bien que le poids de ce type de

système soit limité (1,5 Kg), chez les personnes les plus faibles cela peut représenter une charge additionnelle non négligeable. De plus il est rapporté dans la littérature que les enfants avec une CP supportent difficilement les masques dans lequel l'enfant doit respirer. Les enfants avec une PC peuvent baver de façon abondante ce qui peut affecter la validité des mesures.

Des indices permettant d'évaluer l'efficacité de la marche en se basant sur la fréquence cardiaque ont été développés et sont très utilisés chez les enfants avec une PC (Rose et al., 1991 ; Berg-Emons et al., 1996). Ces indices se basent sur la relation linéaire entre la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque. Ainsi en se basant sur des données de fréquence cardiaque, il est possible d'évaluer la dépense énergétique et l'efficacité de la marche. L'indice de dépense énergétique (IDE ou « EEI : energy expenditure Index »), est le paramètre le plus utilisé pour évaluer l'efficacité de la marche chez l'enfant avec une paralysie cérébrale en prenant en compte la fréquence cardiaque et la vitesse de marche (Rose et al., 1991). L'indice de dépense énergétique se calcule grâce à la Fréquence cardiaque (FC) de repos, la FC à la marche et la vitesse de marche suivant la formule ci-dessous :

$$\begin{aligned} \text{IDE} &= (\text{FC marche} - \text{FC repos}) / \text{Vitesse de marche} \\ &= (\text{Battements/min} - \text{battements/min}) / \text{mètres/min} \\ &= \text{Battements/mètres} \end{aligned}$$

L'IDE est un paramètre pertinent et fiable pour évaluer l'efficacité de la marche d'un enfant (Rose et al., 1991). Un IDE élevé indique une efficacité à la marche réduite.

Avec l'augmentation de l'âge, les jeunes atteints de PC, particulièrement ceux avec un niveau GMFCS III et IV, ont tendance à diminuer leur participation aux activités physiques, ce qui peut causer des impacts négatifs sur leurs capacités cardio-respiratoires et musculaires (Law et al., 2006). Cette population est alors particulièrement exposée à ce qui est communément décrit comme la spirale du déconditionnement.

2.3.3 Les risques de déconditionnement chez l'enfant avec une PC et un niveau GMFCS II-IV.

Les limitations fonctionnelles des enfants avec une PC rendent l'accès à l'activité physique plus difficile que pour les enfants avec un développement normal. Ce manque chronique d'activité physique peut inscrire l'enfant dans ce qui est couramment nommé la spirale du déconditionnement. La notion de déconditionnement est utilisée pour caractériser les modifications physiologiques induites par une période d'inactivité (Vorhies et Riley, 1993). Selon Siebens (1990), le déconditionnement se définit comme un ensemble d'adaptations physiologiques induit par l'inactivité et réversible par l'activité. Chez les enfants avec une PC, le manque d'activité l'expose tout particulièrement à un déconditionnement musculaire et cardiorespiratoire. Ce déconditionnement peut avoir des conséquences importantes sur la marche des enfants les plus faibles (GMFCS III et IV) et peut entraîner une perte de la locomotion autonome (Maltais et al., 2014 ; Verschuren et al., 2016).

De plus, la croissance de l'enfant est un facteur important pouvant accentuer la diminution du niveau fonctionnel. En effet, durant cette période la prise de masse corporelle et les difformités osseuses, liées à une croissance non harmonieuse du squelette, sont rapportées dans la littérature comme des facteurs importants de perte d'autonomie (Bailly et al., 2016). Il est donc primordial de préserver et optimiser les capacités motrices des enfants avec une PC en mettant l'emphase sur sa participation à des activités physiques.

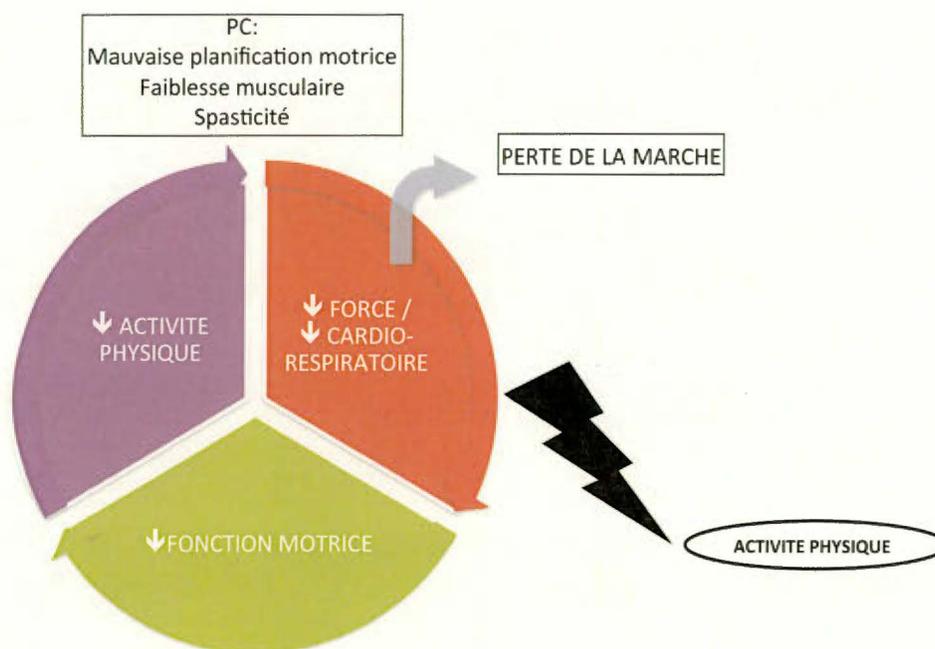


Figure 2.3 Processus de déconditionnement chez l'enfant avec la PC (modifiée d'après Ghai et al.,2013).

2.4 Effet de l'entraînement sur l'efficacité de la marche chez l'enfant avec une PC

2.4.1 Effet d'un entraînement en force sur la marche

Une augmentation de la vitesse de marche a été rapportée après un entraînement en force au niveau des fléchisseurs plantaires chez des enfants ($n=6$) avec une PC et un niveau GMFCS I (Jung et al., 2013). Après 6 semaines d'entraînement, les enfants avec une PC avaient une vitesse de marche et une cadence plus élevée. Ces résultats appuient ceux d'Engsberg et al. (2006), qui après un entraînement en force de 12 semaines des muscles de la cheville rapportent une augmentation de force musculaire maximale et une amélioration significative des habiletés de marche, de course et de saut (GMFM : Gross motor Function Measure, dimension E) chez des jeunes ($n=12$) avec une PC de type diplégies. En 1995, Damiano et al., avaient déjà mis l'accent sur l'entraînement de force au niveau des quadriceps chez des enfants ($n=14$) marchant en triple flexions (i.e. flexion excessive des hanches, des genoux et des

chevilles) et avaient rapporté une amélioration de la vitesse de marche due à une augmentation de la longueur du pas, elle-même due à une augmentation de l'extension du genou lors de la phase d'appui. MacPhail et al. (1995) ont montré qu'un entraînement en force de type isocinétique permet d'améliorer la force des fléchisseurs et extenseurs du genou chez des enfants avec une PC (n=17) et avec un développement normal. Chez les enfants avec une PC, ce gain de force s'était également accompagné d'une amélioration des capacités fonctionnelles, telle qu'évaluée par la « Gross Motor Function Measure » (MacPhail et Kramer, 1995). Dans une étude précédente, ces mêmes auteurs avaient rapporté une corrélation entre le niveau de force des quadriceps et le niveau fonctionnel de l'enfant, suggérant qu'un gain de force au niveau des quadriceps aurait un impact positif sur l'efficacité de la marche (Kramer et MacPhail, 1994), résultats confirmés par Ballaz et al., 2010.

Ces études, incluant un nombre limité de sujets, suggèrent une efficacité de l'entraînement en force pour améliorer la marche. Pourtant de nombreuses autres études conduites avec une meilleure méthodologie et un plus grand nombre de participants n'ont pas réussi à reproduire ces résultats (pour revue voir Moreau et al., 2016). En 2016 une méta analyse conclut à l'inefficacité des thérapies incluant seulement des exercices de renforcement musculaire pour améliorer la vitesse de marche (Moreau et al., 2016). Cette méta analyse inclut toutes les études conduites chez des enfants et adolescents avec un groupe contrôle. La figure 2.4 ci-dessous présente la taille de l'effet et l'intervalle de confiance de chacune de ces études. Une valeur positive traduit l'efficacité de l'entraînement en force.

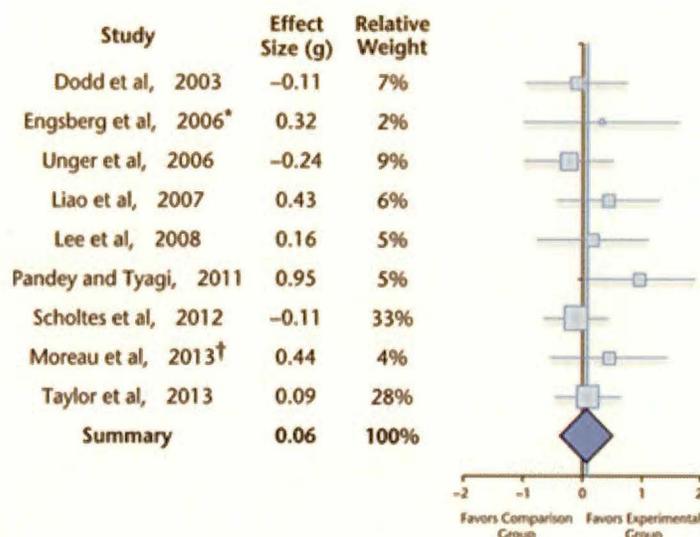


Figure 2.1 Méta analyse évaluant les effet de l'entraînement en force sur la vitesse de marche, modifiée d'après Moreau et al., 2016.

Un gain de force au niveau des membres inférieurs n'entraîne donc pas d'emblée un gain fonctionnel à la marche.

Récemment, Wu M et al. (2017) ont rapporté une augmentation de la vitesse de marche suite à un entraînement à l'aide d'orthèse robotisée permettant de solliciter un niveau de force plus élevé lors de la marche. Ces résultats suggèrent que *l'entraînement de la force spécifique durant la marche permet une amélioration de la vitesse de marche*. Ces résultats corroborent ceux de Van Vulpen et al., 2017. En effet ces auteurs rapportent une amélioration de la vitesse et de l'endurance à la marche suite à un entraînement privilégiant un entraînement en puissance, à savoir un entraînement qui inclut la réalisation de mouvements rapides contre résistance. Cet entraînement était notamment constitué d'exercices de sprint et de marche rapide. Suite à cet entraînement, une augmentation de la force maximale isométrique a également été constatée. Ainsi, l'ensemble de ces études suggère que le gain de force est bénéfique pour la tâche fonctionnelle si celle-ci est entraînée durant la tâche.

Il est donc important de mettre l'emphase sur des entraînements mixtes incluant des exercices de force dans un entraînement fonctionnel pour maintenir et développer les capacités fonctionnelles et physiques de l'enfant. Bien que la littérature soit quelque

peu contradictoire, Plusieurs études ont montré qu'une augmentation de la force en puissance permet une augmentation du niveau fonctionnel (McBurney et al., 2003).

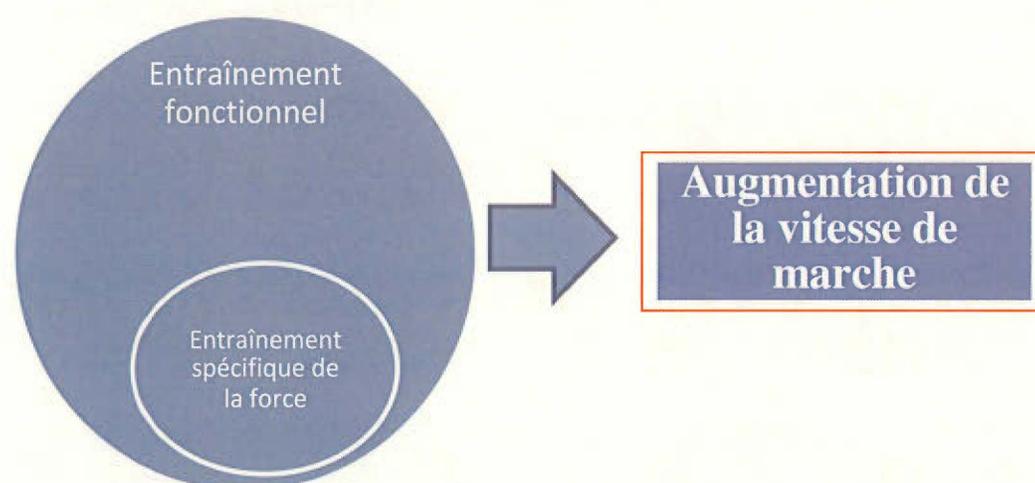


Figure 2.5 Schéma d'un mode d'entraînement privilégiant le développement de la vitesse de marche.

2.4.2 Effet d'un entraînement de type aérobie sur la marche

De nombreuses études ont démontrés les bénéfices d'un entraînement de type aérobie sur les capacités cardiorespiratoires (Verschuren et al., 2007 ; Jung et al., 2015). Pitetti et al. (1991) ont noté une amélioration des capacités cardiorespiratoires pour sept adultes PC après un entraînement sur ergocycle à une fréquence de 30 minutes par jour pendant huit semaines. De plus, une amélioration des capacités fonctionnelles a été rapportée.

Cependant, il est intéressant de se pencher sur les bénéfices que ce type d'entraînement peut induire sur l'efficacité de la marche. Ballaz et al. (2011) ont rapporté une amélioration des capacités cardiorespiratoires et de l'efficacité de la marche suite à un entraînement en natation de 12 semaines à raison de 2 séances d'entraînements par semaine de 40 min chez des enfants avec une PC (GMFCS I-IV). Ces résultats sont en accord avec la revue de littérature de Butler et al., 2010. D'après celle-ci, un entraînement cardiorespiratoire augmente jusqu'à 41% la capacité aérobie, pour un entraînement de longue durée (9 mois). Une augmentation de 22% a aussi été observée suite à un entraînement plus court (2-4 mois). En effet, ces auteurs

concluent qu'un transfert partiel des adaptations cardiorespiratoires dans les tâches fonctionnelles est possible. Fragala-Pinkham et al. (2005) démontre une amélioration de l'efficacité de la marche suite à un programme d'entraînement aérobic incluant également des exercices en résistance. Cependant seulement trois participants ont contribué à cette étude.

D'après les recommandations de Verschuren et al. (2016), un entraînement efficace pour améliorer les capacités du système cardiorespiratoire devrait avoir une fréquence de deux ou trois fois par semaine avec un intensité d'exercice entre 60 et 95% FCmax ou entre 40 et 80% de la fréquence cardiaque de réserve (FCR) pour un minimum de 20 min d'entraînement par session et une durée d'entraînement de 8 semaines minimum (Verschuren et al., 2016).

Un entraînement aurait un impact efficace s'il y a une intégration spécifique de la fonction motrice, soit la marche ou la course (Van Peppen et al., 2004). Une étude récente a démontré des effets positifs sur la capacité de marcher en mixant un entraînement en force et fonctionnel pour un groupe de 22 enfants avec une PC (GMFCS niveau I et II) pour une durée de 14 semaines.

Certes des études démontrent des améliorations de l'efficacité de la marche et du système cardiorespiratoire grâce à un entraînement de force ou un entraînement en endurance (Damiano et al., 1995 ; Horioka et al., 2015 ; Verschuren et al., 2007). Cependant il y a de plus en plus d'évidences mettant de l'avant l'importance de spécificité du développement de la force, celle-ci ne pouvant être réinvestie dans la tâche que si elle a été développée durant cette tâche. Concernant les effets d'un entraînement cardiorespiratoire, l'adaptation systémique induite par un entraînement de type aérobic permet une diminution du coût énergétique de la marche. Il est également important de noter que très peu d'études ont été conduites chez des enfants avec un niveau GMFCS III et IV. Mon étude va donc se focaliser sur la faisabilité d'un entraînement incluant des exercices fonctionnels de haute intensité et d'en mesurer les bénéfices sur l'efficacité de la marche chez des enfants avec un faible niveau fonctionnel.

2.5 Impact psychosocial de la PC

Dans la vie de tous les jours, les jeunes atteints de PC (ou CP) rencontrent des difficultés et des obstacles qui peuvent affecter leur vie sociale et leur qualité de vie. En fonction de leur niveau fonctionnel et du type de paralysie, ils ont des difficultés à

communiquer, se déplacer, et ainsi à s'intégrer dans la société (Majnemer et al., 2008). Participer à une activité physique est un facteur déterminant pour la qualité de vie de l'enfant. Strax (1988) a rapporté que les enfants ayant un handicap ont une estime de soi plus faible que la population saine. Les filles adolescentes atteintes de PC semblent avoir une estime de soi plus faible que celles des garçons concernant les dimensions physiques et sociales de l'estime de soi (Magill et Hurlbut, 1986). Cependant la littérature reste contradictoire à ce sujet puisqu'il a également été rapporté une absence de différence sur l'estime de soi entre les jeunes ayant une déficience et ceux avec un développement normal (King et al., 1993). Bien qu'il y ait des divergences dans la littérature concernant l'estime de soi, les jeunes atteints de déficiences physiques n'ont pas nécessairement une qualité de vie plus faible ou une estime de soi faible par rapports à leurs pairs. Ils ont d'ailleurs le même niveau de satisfaction concernant l'activité physique que la population sans déficience physique (Engel-Yeger et al., 2009). Il est possible que leur estime de soi plus faible sur certains aspects comme les compétences physiques et athlétiques (Russo et al., 2008).

La participation à une activité physique va jouer un rôle majeur dans la qualité de vie de l'enfant. Badia et al. (2013) nous rapportent que l'intensité et le plaisir de participer à une activité de loisir à un impact plus important sur la qualité de vie de l'enfant. Shikako (2012) souligne une association positive entre l'engagement dans une activité physique et le bien-être physique et psychologique. Cette association est bénéfique non seulement pour la santé (Wilhite et Shank, 2009) mais aussi pour l'intégration social (Shikako et al., 2012). Ainsi, la pratique d'activité physique semble avoir un impact direct sur la qualité de vie ainsi que le bonheur des jeunes avec une PC (Maher et al., 2016).

CHAPITRE III

METHODOLOGIE

3.1 Participants

3.1.1 Recrutement

Cette étude préliminaire a pour objectif d'évaluer l'impact d'un programme d'entraînement sur l'efficacité de la marche et les effets de cet entraînement sur les capacités de marche.

La population cible était des jeunes enfants atteints de PC, participants au Défi Sportif Altergo 2017 dans la catégorie athlétisme et plus précisément à l'épreuve du 50m course. Les participants ont été recrutés à l'école primaire spécialisée Jean-Piaget à Laval grâce aux collaborations du professeur d'éducation physique Mr. Toufik Dadouh, de la directrice de l'école Mme Fortin et de la secrétaire Mme Lyonnais. L'école Jean Piaget est située à Laval, elle accueille des enfants polyhandicapés âgés de 4 à 21 ans. Ces enfants présentent des déficiences motrices, sensorielles ou intellectuelles. La majorité de ces enfants sont suivis au centre de réadaptation Marie Enfant du CHU Sainte-Justine.

3.1.2 Critères de Sélection

Ces critères de sélection des participants prennent en considération l'âge, le sexe et la déficience motrice de chaque enfant. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont détaillés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 3.1 Critères d'inclusion et d'exclusion

b. 1) Critères d'inclusion
<ul style="list-style-type: none">• Avoir entre 5 et 13 ans au 1er septembre de l'année en cours.• Être atteint d'une paralysie cérébrale (PC)• Être capable de suivre des instructions simples• Participer aux Défis sportif 2017

- Avoir un niveau de collaboration et de compréhension nécessaire à la participation à un entraînement en groupe
- Être inscrit au groupe d'entraînement pour le Défi Sportif AlterEgo en athlétisme debout 50 mètres, avec ou sans aides techniques.
- Signature du formulaire de consentement par les parents et assentiment de l'enfant pour la participation à l'étude.

b. 2) Critères d'exclusions

- Condition physique trop faible pour pouvoir participer à un programme d'entraînement
- Diagnostic incertain
- Intervention orthopédique durant les 12 derniers mois
- Traitement anti spastique durant les six derniers mois.
- Contre-indication médicale à la pratique d'activités physiques

3.1.3 Caractéristiques des participants

Au total, 16 enfants ont répondu favorablement au projet de recherche, ce qui représente l'ensemble des enfants de deux classes de 4^{ème} année. Sur les 16 enfants, quatre ne respectaient pas l'ensemble des critères de sélections : l'un d'entre eux avait aussi une Trisomie 21, un autre présentait des déficiences intellectuelles trop importantes pour suivre les instructions. Deux de plus, dont le diagnostic demeurait incertain furent écartés du projet afin d'assurer l'homogénéité du groupe. Enfin, l'un des participants a dû rompre son engagement dans l'étude car son niveau fonctionnel s'est soudainement aggravé et il n'était plus apte à participer au Défi sportif dans la catégorie athlétisme. La figure ci-dessous rapporte les participants exclus de l'étude.

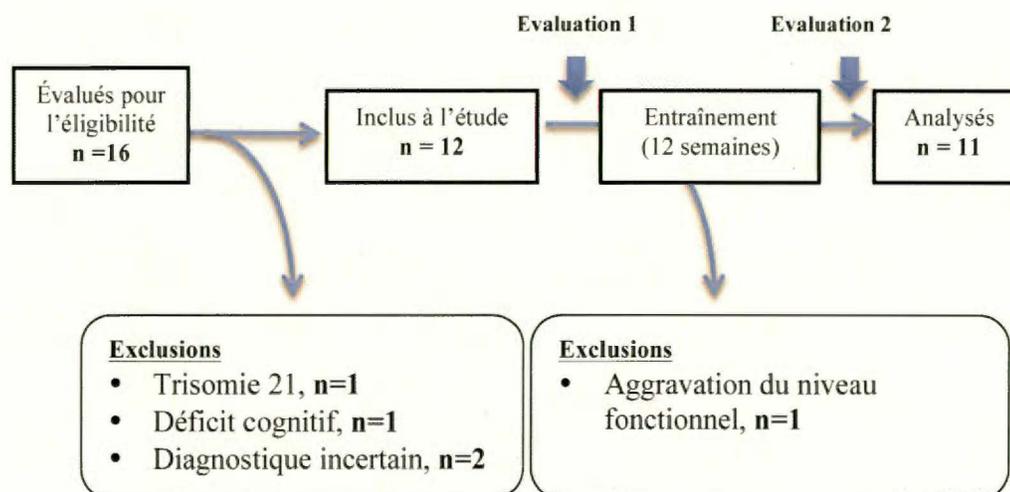


Figure 3.1 Organigramme de suivi des participants.

Au final 11 enfants répartis sur deux classes ont été inclus dans l'étude. Ces deux classes sont prises en charge par le professeur d'éducation physique, Monsieur Toufik Dadouh, trois fois par semaine pendant 50 min. Les caractéristiques de chaque participant sont détaillées dans le tableau 3.2. Les enfants seront dans le groupe d'entraînement dédié au Défi sportif pour la catégorie 50m en athlétisme. Les entraînements se feront dans le cadre du cours d'éducation physique.

Tableau 3.2 Caractéristiques des participants

Participants	Sexe	Age	Déficiences	GMFCS
n=11	G/F	années	PC	I-V
Participant 1	F	7	PC hémiplégie spastique	III
Participant 2	F	11	PC quadriplégie spastique	III
Participant 3	F	8	PC hémiplégie spastique	I
Participant 4	F	7	PC quadriplégie spastique	V
Participant 5	F	10	PC hémiplégie spastique	I
Participant 6	G	8	PC diplégie spastique	III
Participant 7	F	11	PC quadriplégie spastique	IV
Participant 8	G	10	PC diplégie spastique	III
Participant 9	G	10	PC quadriplégie spastique	V
Participant 10	G	6	PC hémiplégie spastique	IV
Participant 11	G	8	PC quadriplégie spastique	IV
Moyenne	6F/5G	8.7		

Abréviation : PC, paralysie cérébrale; F, fille ; G, garçon ; GMFCS, Gross Motor Function Classification Scale.

3.1.4 Éthique et informations

Ce projet de recherche, ainsi que l'ensemble des documents transmis aux participants et à leurs parents, ont été approuvés par le comité d'éthique du Centre de recherche du Centre Hospitalier Universitaire Sainte-Justine.

- Premièrement, une lettre d'informations a été transmise aux parents pour une explication du projet. Cette lettre permet une première approche avec les parents en leur expliquant de façon générale le déroulement du projet de recherche (Annexe A).
- Une fois la lettre d'information signée par les parents ou le responsable légal, un consentement de participation au projet de recherche a été envoyé aux parents qui avaient répondu favorablement à la lettre d'information. Dans le consentement, les détails du projet étaient expliqués, comprenant les modalités de participations de chaque enfant, la durée du projet, le but de l'étude, les évaluations, les risques, les avantages de cette étude et sa confidentialité. Le participant pouvait quitter l'étude quelle qu'en soit la raison à n'importe quel moment. (Annexe B). Tous les formulaires de consentement ont été signés par mon directeur de recherche, le professeur Laurent Ballaz.

3.2 L'entraînement

3.2.1 Déroulement général

Tous les participants ont réalisé un entraînement constitué de 36 séances de 50 min à raison de 3 séances par semaine répartie sur 12 semaines. Les séances d'entraînement ont eu lieu dans le gymnase mis à disposition des professeurs d'éducation physique de l'école Jean-Paget à une fréquence de trois fois par semaine pour une durée de 12 semaines

Les douze semaines de la période d'entraînement ont été divisées en deux parties (figure 3.2) :

- Les six premières semaines ont été consacrées à un entraînement intensif global pour améliorer le système cardiorespiratoire.
- Les six dernières semaines les entraînements sont plus spécifiques, consacrés aux épreuves du défi sportif, à savoir le 50 mètres Sprint.

Pour le bon déroulement de l'entraînement, étaient présents à mes côtés à chaque séance : deux professeurs d'éducation physique, une ou deux éducatrices selon les besoins des enfants, ainsi qu'une physiothérapeute.

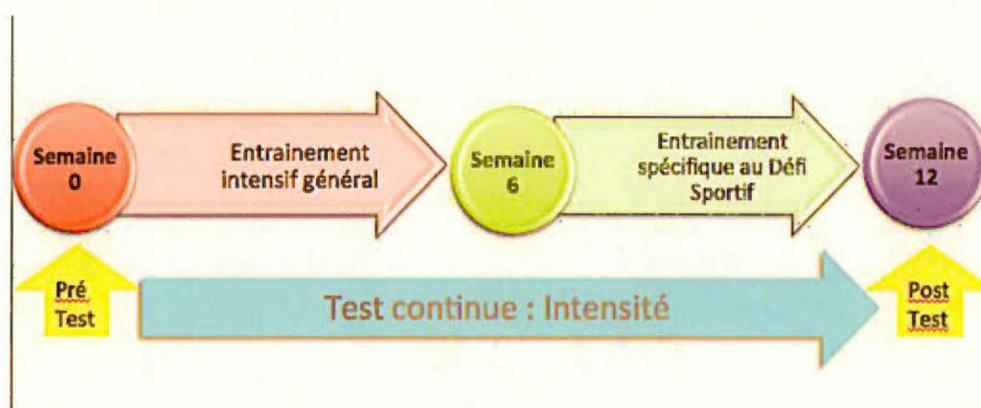


Figure 3.2 Schéma de la période d'entraînement.

3.2.2 Répartition des groupes d'entraînement

Deux groupes ont été constitués. Le groupe 1 correspondait à la classe de Madame Mélina et était composé de 5 enfants. Le groupe 2 correspondait à la classe de Madame Nicole et était composé de 6 enfants. La répartition hebdomadaire des séances d'entraînements est détaillée dans le tableau suivant (tableau 3.3).

Tableau 3.3 Répartition des groupes d'entraînement.

	<i>Lundi</i>	<i>Mardi</i>	<i>Jeudi</i>	<i>Vendredi</i>
ENSEIGNANT*	Nicole	Nicole/Mélina	Nicole/Mélina	Mélina
Horaires	10h-11h G2	10h-11h G1	13h-14h G2	10h-11h G1
		12h-13h G2	14h-15h G1	

* Étudiants participants au projet de recherche présents en plus des professeurs d'éducation physiques, physiothérapeutes et éducatrices

Groupe 1 : Classe de Madame G1, 4^{ème} année, 5 participants

Groupe 2 : Classe de Madame G2, 4^{ème} année, 6 participants

Chaque entraînement était planifié de la même façon pour les deux groupes (tableau 3.4) :

- Échauffement 5 minutes
- Période intensive + cours d'éducation 40 min
- Retour au calme 5 min

3.2.3 Les séances d'entraînement

Une séance d'entraînement durait 50 minutes au total. Il est important de mentionner que le temps de chaque séance pouvait légèrement différer en fonction de plusieurs facteurs à savoir le temps de transfert des enfants de leur fauteuil roulant à leur déambulateur, ou encore le niveau de fatigue des enfants qui pouvait être plus important sur une séance en fin d'après-midi par rapport à celle du matin. Cependant, nous mettions l'accent sur la partie intensive dont la durée devait être respectée (voir tableau 3.4).

A- Échauffement

Durant la période d'échauffement les enfants marchaient dans le gymnase avec ou sans leur aides techniques (déambulateur ou fauteuil roulant). Durant la période d'échauffement deux personnes étaient en charge de terminer la mise en place des équipements (plots, cerceaux, ballons etc.) alors que le professeur d'éducation physique s'assurait que les enfants ne restaient pas statiques. De plus, un éducateur s'assurait de la sécurité des enfants notamment durant la période de transfert du fauteuil au déambulateur. La période d'échauffement était de 5 minutes.

B- La séance

Étant donné que les entraînements se déroulaient durant la période du cours d'éducation physique nous avons établi deux scénarios possibles en fonction du cours proposé par le professeur d'éducation physique. Ces deux scénarios permettent, en fonction du cours réalisé par le professeur d'éducation physique de garantir une intensité d'entraînement suffisamment élevée, l'objectif était d'atteindre une intensité d'exercice modéré à très intense soit comprise entre 40% et 100% de la fréquence cardiaque de réserve (FCR) (Pate et al., 1998). Une intensité minimum de 40%FCR

était visée afin d'assurer l'efficacité de l'entraînement du point de vue des adaptations cardiorespiratoires. Pour pouvoir contrôler l'intensité des entraînements, les enfants portaient à tour de rôle un cardiofréquencemètres (PolarV800) durant toute la séance (voir test continue figure 2.2). L'intensité de l'exercice a été définie en calculant le pourcentage de la fréquence cardiaque de réserve en lien avec la fréquence cardiaque maximale théorique (Verschuren et al., 2011):

$$\text{-Fréquence cardiaque de réserve (FCR)} = \text{FC maximale théorique} - \text{FC repos}$$

$$\% \text{ FCR} = (\text{FC max} - \text{FC repos} / \text{FCR} * 100)$$

La fréquence cardiaque maximale théorique a été utilisée grâce à la formule de Verschuren qui utilise 194 bpm pour fréquence maximale chez les enfants PC (Verschuren et al., 2011).

Une fois le pourcentage obtenu nous avons répartis les résultats dans les différents groupes d'intensité d'après les études de Verschuren :

- Intensité faible <40%
- Intensité modérée = entre 40% et 60%
- Intensité élevée < 60%

B.i - Entraînement A

Le premier scénario était un cours d'éducation physique avec deux périodes de 20 minutes actives incluant des activités physiques adaptées suivantes :

- Basketball,
- La chaise musicale, en remplaçant la chaise par des cerceaux posés au sol,
- Circuit avec différents ateliers : atelier slalom, atelier sprints, atelier course sans arrêt,
- Salle vestibulaire : parcours incluant de la marche sur des surfaces instables, trampoline, escaliers, balançoire, baignoire remplie de ballon.

Durant ce type de cours d'éducation physique l'intensité était élevée et les objectifs décrits précédemment étaient atteints (voir Photo 1, 2 et 3).

B.ii - Entraînement B

Le deuxième scénario était mis en place quand le professeur d'éducation physique proposait un cours concentré sur la technique de mouvement et des jeux plus ludiques qui ne nécessitaient pas une intensité élevée (ex : le bowling). Dans ce cas-là nous

prenions 2 à 3 élèves à part pour un entraînement intensif d'une durée de 20 min. Une fois les 20 minutes écoulées nous échangeons 2-3 autres élèves pour que tout le groupe puisse bénéficier d'une séance suffisamment intense.

C- Retour au calme

Le retour au calme se faisait cinq minutes avant la fin de la séance. Les enfants aidaient à récupérer le matériel en marchant calmement. Nous les regroupions en cercle de discussion le temps que le rythme cardiaque diminue. Nous terminions en les encourageant et les félicitant pour leur séance d'entraînement. Le Tableau 3.4 décrit le déroulement d'une séance d'entraînement.



Photo 1 : Couloir pour course, sprint



Photo 2 : Gymnase de l'école



Photo 3: Salle vestibulaire

Tableau 3.4 Plan d'une séance d'entraînement.

SEANCE D'ENTRAINEMENT	
ENTRAINEMENT A Cours d'Education Physique	ENTRAINEMENT B Entrainement de groupe
5 minutes échauffements en commun	
20 minutes période d'E.P ex : Basketball 1 ^{ère} partie	20 minutes intensives : 3 enfants par groupe + 20 minutes de cours d'éducation physique
20 min période d'E.P ex : Basketball 2 ^{ème} partie	
5 minutes Retour au calme	

*Abréviation : E.P : éducation physique.

3.3 Protocole expérimental

Dans cette partie nous décrivons le déroulement des évaluations faites dans le cadre du projet de recherche. Les évaluations ont suivi le même protocole pour chaque enfant. Les évaluations pré-entraînement ont été faites à la semaine 0, semaine précédant le début de l'entraînement. Les évaluations post-entraînement ont été faites à la semaine 12, dernière semaine d'entraînement (voir figure 3.2).

3.3.1 Lieu des évaluations

Les évaluations ont été réalisées dans le gymnase de l'école Jean-Piaget. Une physiothérapeute et un assistant de recherche m'ont apporté du soutien dans la mise en place des évaluations.

3.3.2 Mesures

A- Mesure principale : Efficience de la marche :

Chaque enfant a effectué un test de marche de six minutes à une vitesse choisie et confortable. Les enfants ont effectué le test avec leurs propres chaussures et leurs aides techniques habituelles. Les données retenues durant ce test vont être la distance parcourue ainsi que la fréquence cardiaque. Avant le début du test la fréquence cardiaque de repos a été prise suite à une période de repos d'une durée de 5 minutes. Pour ce faire il a été demandé à l'enfant rester assis sans bouger ni parler pendant une durée de 5 minutes. La fréquence cardiaque était enregistrée en continue grâce aux cardiofréquencesmètres polar V800 placé sur chaque enfant.

Puis il a été demandé aux participants de réaliser le 6MWT, à savoir de marcher sans s'arrêter autour du circuit pendant 6 minutes à leur vitesse de confort. Le circuit est une boucle de 30 mètres (voir Image 1). Il a été précisé à l'enfant qu'il fera plusieurs tours autour du circuit. Un examinateur a marché à côté de l'enfant pour leur sécurité. Celui-ci était toujours placé derrière l'enfant afin de ne pas influencer sa performance au test. Avant le test, l'examineur a effectué une démonstration, s'est assuré que l'enfant avait compris et lui a demandé s'il avait des questions. L'enfant reçoit des encouragements standardisés à chaque minute du test :

- minute 1 : « C'est bien ! »
- minutes 2 : « Allez, on continue »
- minutes 3 : « On est à la moitié ! »
- minutes 4 : « On y est presque on lâche pas »
- minutes 5 : « Allez plus qu'une minute »

L'enfant est muni d'un cardio-fréquence-mètre pendant toute la durée du 6MWT permettant d'enregistrer la fréquence cardiaque en continue.

A la fin des 6 minutes l'enfant reçoit la consigne de s'arrêter et de rester en place. L'expérimentateur place alors une marque à l'emplacement de l'enfant afin que celui-ci puisse aller s'asseoir si nécessaire. La distance effectuée par l'enfant est alors mesurée. La fréquence cardiaque a été enregistrée durant toute la durée du test. Les données de chaque cardiofréquencesmètre ont été analysées grâce aux logiciels de traitement de données PolarSync Flow. Grâce à ce logiciel nous avons déterminé :

- FC marche : valeur de FC lors des trente dernières secondes du test.
- FC repos : valeur de FC minimale suite à 5 minutes de repos.



Photo 4 : Représentation du parcours du test de marche de six minutes

L'efficacité de la marche (mesure principale de l'étude) a été évaluée de manière indirecte par le calcul de l'indice de dépense énergétique (IDE) (Rose, 1991). La distance parcourue durant l'exercice de marche a également été retenue pour l'analyse.

B - Test de marche & course

Trois tests ont été réalisés pour évaluer l'évolution de la performance de l'enfant à la marche et à la course.

- *50 m course* : Deux cônes marquent une distance de 50 mètres dans les couloirs de l'école Jean-Piaget. L'examineur donne des consignes strictes et claires pour chaque enfant : « courir le plus rapidement possible jusqu'au cône rouge ». L'examineur encourage l'enfant à la moitié du 50m d'une façon standard pour tous les enfants : « On continue, on est presque arrivé ». Un seul essai est réalisé pour chaque enfant. Une fois le décompte fait, le chronomètre est lancé et arrêté une fois que la hanche de l'enfant passe les marqueurs d'arrivée. Ceci permet d'avoir des temps précis pour chaque passage. Le temps est reporté sur la fiche individuelle de l'enfant.
- *10 m marche à vitesse confortable* : Ce test permet de calculer la vitesse confortable de marche de l'enfant sur une distance de 10 mètres, il a été souvent

utilisé notamment pour les enfants CP (Andriacchi, Ogle, & Galante, 1977). L'examineur a chronométré l'enfant sur 10 mètres. Il a donné les mêmes consignes pour chaque enfants : « marcher normalement jusqu'au plot rouge ». Le chronomètre est déclenché lorsque la hanche de l'enfant passe la ligne de départ et d'arrivée du parcours de 10 mètres. Chaque enfant effectue deux essais, la moyenne des deux a été retenue pour l'analyse.

- *10 m marche à vitesse rapide* : Un test de marche de 10 mètres à vitesse rapide a été effectué de la même façon que le 10 mètres marche normale. L'examineur donne des consignes strictes et claires pour chaque enfant : « marcher le plus rapidement possible sans courir jusqu'au plot rouge ». Chaque enfant effectue deux essais, la moyenne est calculée. Un troisième essai est effectué si l'enfant ne comprend pas le concept de la marche rapide ou s'il court.

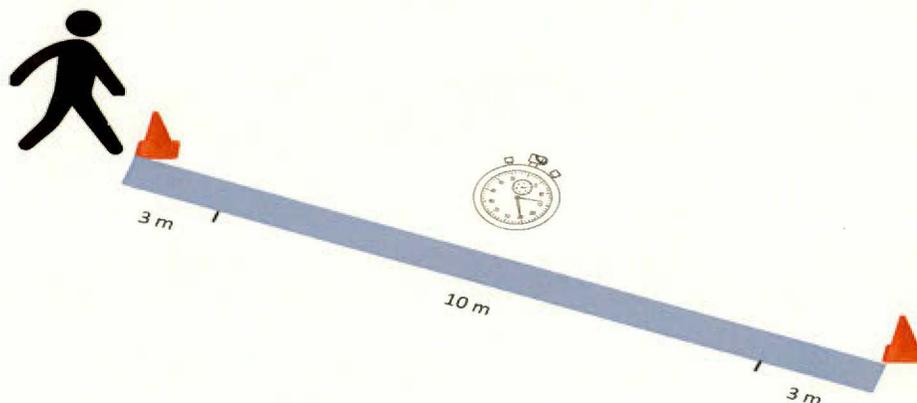


Figure 3.3 Représentation du test de marche de 10 mètres.

C - Évaluation de la force musculaire

La force maximale isométrique des membres inférieurs a été mesurée avec un dynamomètre portable (Lafayette manual muscle test system, Lafayette, USA) par une personne expérimentée dans cette mesure chez l'enfant avec une PC. La force maximale isométrique de flexion et d'extension du genou a été mesurée (Crompton, 2007). Deux essais pour chaque mouvement ont été effectués, si l'écart entre les deux données était supérieur à 10%, un troisième essai a été effectué. L'enfant était assis sur une chaise standardisée pour pouvoir effectuer le test de force. La force globale flexion/extension a été analysé dans les résultats car la littérature ne démontre pas de consensus pour prouver qu'un groupe musculaire est plus déterminant qu'un autre

pour les capacités de marche (Ballaz et al., 2010 ; Ferland et al., 2012 ; Sison-Williamson et al., 2014 ; Dallmeijer et al., 2017)



Figure 3.4 Dynamomètre portable Lafayette.

D - Évaluation psychosociale

Pour pouvoir évaluer l'influence de cette période d'entraînement sur les facteurs psychosociaux, chaque enfant a répondu à un questionnaire d'estime de Soi (Annexe C). Le questionnaire choisi est une adaptation française du Questionnaire d'Estime de Soi de Piers Harris pour les enfants avec une PC (Piers et Herzberg, 2002). Nous avons sélectionné les sous-parties qui nous semblaient les plus importantes dans notre projet à savoir : le statut scolaire et intellectuel, l'apparence physique et les attributs, le bonheur et la Satisfaction. Le même examinateur a interrogé chaque enfant individuellement. Il lui a expliqué le but de ce questionnaire et a précisé le caractère confidentiel du test. Il est important de mentionner que l'enfant a pu à tout moment interrompre l'examineur pour notamment lui demander de répéter la question. Au total 32 questions ont été posées à l'enfant. Nous précisons ici qu'un des enfants n'était pas apte à donner des réponses verbales, il a utilisé des codes pour donner ses réponses : oui = yeux vers le ciel, non = tirer la langue).

Pour optimiser les effets de l'entraînement, il est important de solliciter l'enfant à des intensités d'exercice suffisantes. Le paragraphe suivant explique comment nous avons évalué l'intensité des entraînements.

E - Évaluation de l'intensité des entraînements

Comme nous l'avons décrit dans la partie « III b) », nous avons deux séances types d'entraînements en fonction du cours proposé par le professeur d'éducation physique. Pour évaluer l'intensité des différents types de séances, nous avons mis des cardiofréquencemètres Polar V800 (Figure 3.6) à deux enfants à tours de rôle durant

toute la période d'entraînement. Les cardiofréquencemètres ont été mis au début des séances en expliquant aux enfants le but de cette mesure.



Figure 3.6 Cardiofréquencemètre Polar V800

Notre but dans cette étude est d'avoir une intensité d'exercice suffisante pour induire des adaptations cardiorespiratoires. Basée sur *American College sports Medicine (1998)* et les études de Verschuren et al. (2016), une intensité d'exercice comprise entre 40% et de 60% de la FCR est attendue pour obtenir des adaptations cardiorespiratoires suite à l'entraînement. Nous allons calculer le temps d'exercice passé au-dessus de 40% ainsi que le temps passer au-dessus de 60% pour déterminer l'intensité de l'entraînement.

3.4 Analyses statistiques

Les résultats seront rapportés en valeur moyenne (\pm écart-type). Dans le cadre de cette étude pilote, l'analyse statistique sera la suivante. Le test de normalité de Kolmogorov-Smirnov sera utilisé pour évaluer la distribution des variables. Un test t pour groupe apparié sera utilisé pour comparer les données pré/post entraînement. L'équivalent non paramétrique (test de Wilcoxon) sera utilisé si les valeurs ne sont pas distribuées normalement. Le niveau de significativité sera fixé à $p=0,05$. Aucune correction pour test multiple ne sera appliquée. Aux regards de la taille de l'échantillon, les données individuelles seront également rapportées.

CHAPITRE IV

RESULTATS

4.1 Intensité des entrainements

L'entraînement a duré 12 semaines à une fréquence de trois séances par semaine. Le taux d'attrition de 9% pour les tests moteurs ont été reportés. Les enfants ont tous terminé les 12 semaines d'entraînement excepté le participant P3 qui a dû arrêter l'entraînement pour urgence chirurgicale. Celle-ci n'était pas en lien avec l'entraînement physique. Chaque séance d'entraînement a durée $23,25 \pm 6,31$ minutes. La répartition de l'intensité des séances a été la suivante :

- Intensité faible (<40%FCR) : $5,6 \pm 3,1$ min
- Intensité modérée (entre 40 et 60% FCR) : $12,5 \pm 7,8$ min
- Intensité élevée (>60%FCR): $11,0 \pm 5,5$ min

De manière générale, 43% de la séance d'entraînement est située au-dessus de 40% de la FC de réserve, 38% au-dessus de 60% de la FC de réserve et 19% en dessous de 40% de la FC de réserve.

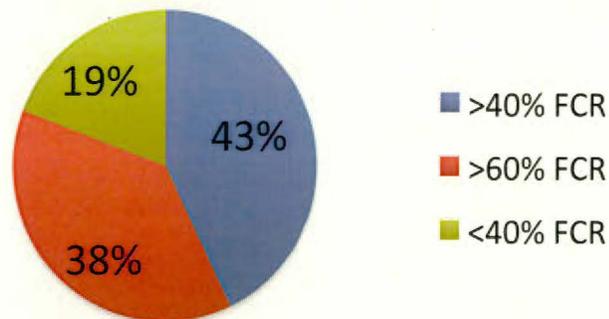


Figure 2 Intensité exercice (% de la durée de la séance)

Les schémas suivants représentent l'intensité des séances pour chaque niveau fonctionnel (voir figure 4.1). Les résultats soulignent que quel que soit le niveau

fonctionnel de l'enfant (GMFCS I - V), l'intensité de l'entraînement a été modérée à très élevée pendant plus de 75% de la durée des séances.

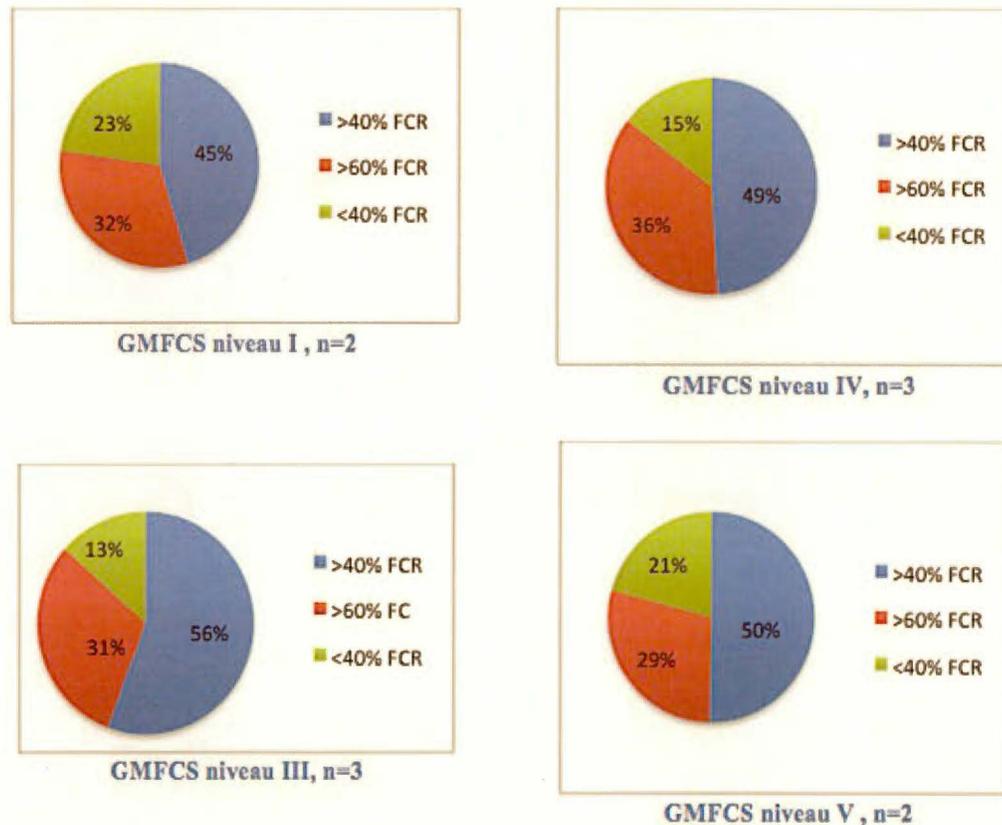


Figure 4.2 Intensité d'exercice en % de la durée de la séance, pour chaque niveau fonctionnel.

4.2 Locomotion

4.2.1 Efficience de la marche

Une diminution significative de l'IDE (pré : $1,66 \pm 0,70$; post : $1,06 \pm 0,40$; $p=0,01$) a été observée. Une diminution de la valeur de l'IDE correspond à une amélioration de l'efficience de la marche. Une amélioration de l'efficience de la marche a été observée chez 9 enfants sur 11 (voir figure 4.2). Les améliorations les plus importants ont été mesurées chez les enfants avec les niveaux fonctionnels les plus bas (GMFCS III-V, voir figure 4.2).

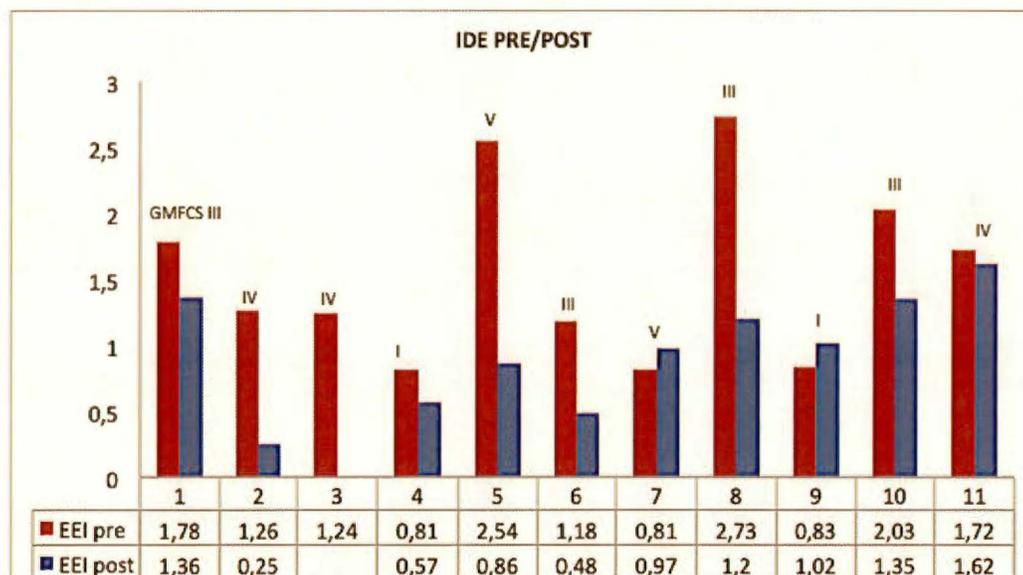


Figure 4.3 Efficience de la marche (IDE) en PRE et POST entrainement, données individuelles.

Nous n'avons pas observé de diminution significative de la fréquence cardiaque à la marche (pré : $168,87 \pm 17,69$ bat./min ; post : $163,79 \pm 20,44$; $p=0,64$) ou au repos (pré : $104,4 \pm 12,70$ bat./min ; post : $101,08 \pm 12,30$; $p=0,94$).

4.2.2 Endurance à la marche

La distance de marche parcourue lors du test de marche confortable de six minutes a augmenté de façon significative (pré : $255 \pm 92,5$ m ; post : $365,3 \pm 142,3$ m ; $p=0,01$) soit un gain moyen de 106,3 mètres au test post entrainement. La plus grande amélioration en termes de distance parcourue a été observée chez le participant P8 (GMFCS III) qui augmente sa distance parcourue de 299 mètres. Les deux participants avec un niveau GMFCS V (P5 et P7) ont amélioré leur performance de 40,2 mètres (+36,5%) et de 151,1 mètres (+103,2%). Une augmentation de la distance parcourue a été observée chez 9 enfants sur 10, le participant P3 n'a pas effectué le test de marche confortable en post entrainement.

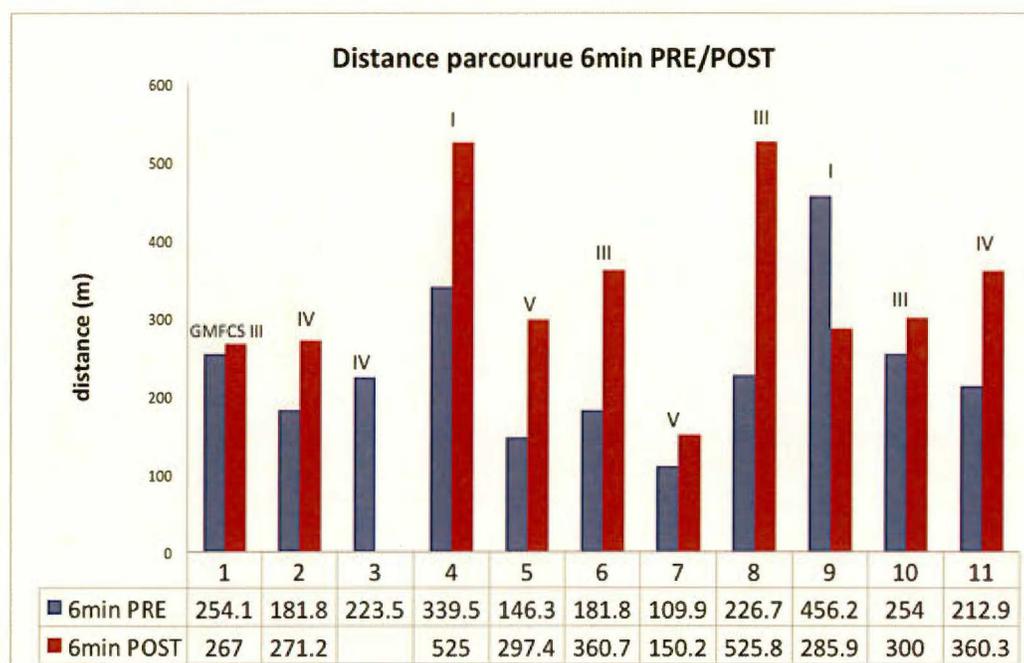


Figure 4.4 Données individuelles de la distance parcourue au test de 6min marche confortable.

4.2.3 10 mètres marche confortable

La performance au test de 10m marche confortable s'est améliorée de manière significative (pré : $12,27 \pm 7,29$ s ; post : $8,76 \pm 4,61$ s, $p = 0,02$). Une amélioration du test de 10m marche confortable a été observée chez tous les participants exceptés pour le participant P7 (voir figure 4.5) ; Soit un gain moyen de $3,50 \pm 4,46$ secondes au test post entraînement. Le participant P3 avec un niveau GMFCS IV a présenté l'amélioration la plus importante, soit un gain de 14,28 secondes pour parcourir 10 m en marche confortable (voir figure 4.5). Le participant P10 avec un niveau GMFCS III quant à lui a amélioré sa performance de 8,77 secondes.

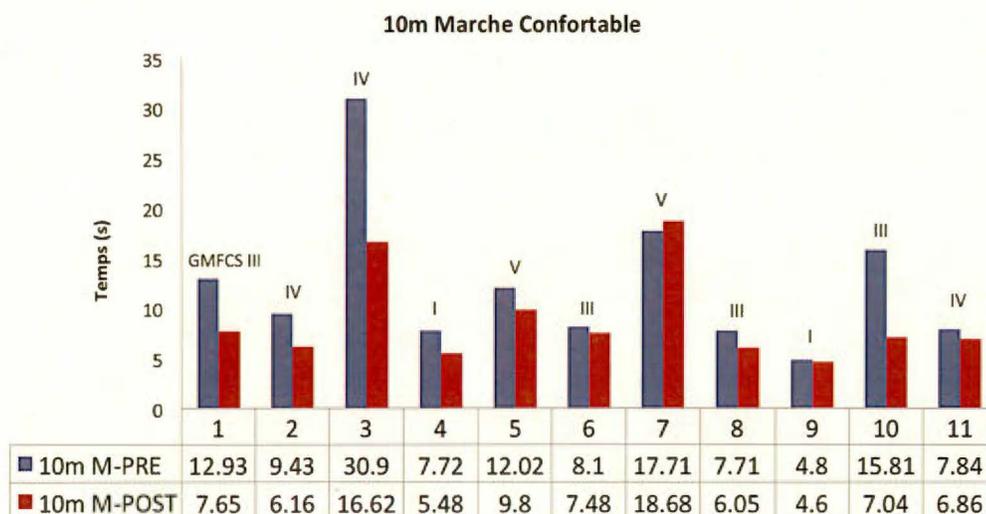


Figure 4.5 Temps au test de 10m marche en PRE et POST entraînement, données individuelles.

4.2.4 10 mètres marche rapide

La performance au test de 10m marche rapide s'est améliorée de manière significative (pré : $8,03 \pm 3,52$ s ; post : $6,14 \pm 3,09$ s ; $p=0,03$). Le participant P5 avec un niveau GMFCS V a présenté l'amélioration la plus importante, soit un gain de 6 secondes pour parcourir 10 m (voir figure 4.6). Le participant P2 (GMFCS IV) quant à lui a amélioré sa performance de 3,4 secondes et le participant P10 (GMFCS III) de 3,7 secondes au terme des 12 semaines d'entraînement intensif. Nous constatons une fois de plus que les sujets avec un niveau fonctionnel plus faible (III à V) ont eu une plus grande amélioration de la performance au test.

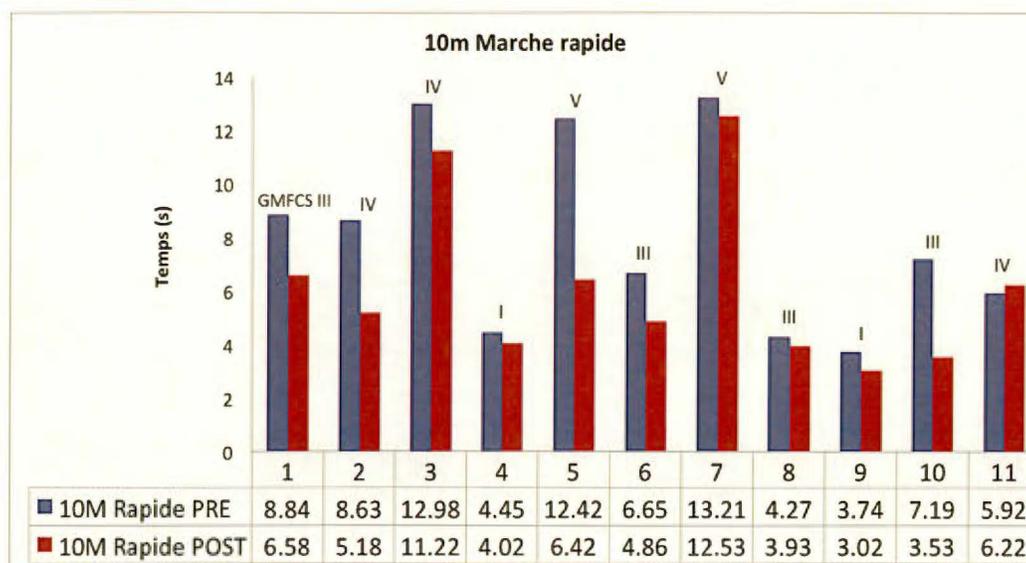


Figure 4.6 Temps au test de 10m marche rapide en PRE et POST entraînement, données individuelles.

4.2.5 50 mètres sprint

La performance au 50 mètres sprint s'est améliorée de manière significative (pré : $47,69 \pm 30,05$ m/s ; post : $38,00 \pm 17,72$ m/s ; $p=0,01$). Les résultats montrent une amélioration de la performance au test de 50m sprint chez 9 participants sur 11 (voir figure 4.7). Il est important de noter que le participant P2 a complété le test de 50 mètres pré avec l'aide d'une marchette et celui du post entraînement sans aide. Le participant P11 a changé la hauteur de sa marchette durant la période d'entraînement. Les enfants ont amélioré leur performance au 50m sprint de (23,6%). Les deux plus grandes améliorations ont été mesurées chez les enfants avec le plus faible niveau fonctionnel (GMFCS IV et IV, voir figure 4.7). Très peu de changement a été observés chez les deux participants avec un niveau fonctionnel élevé.

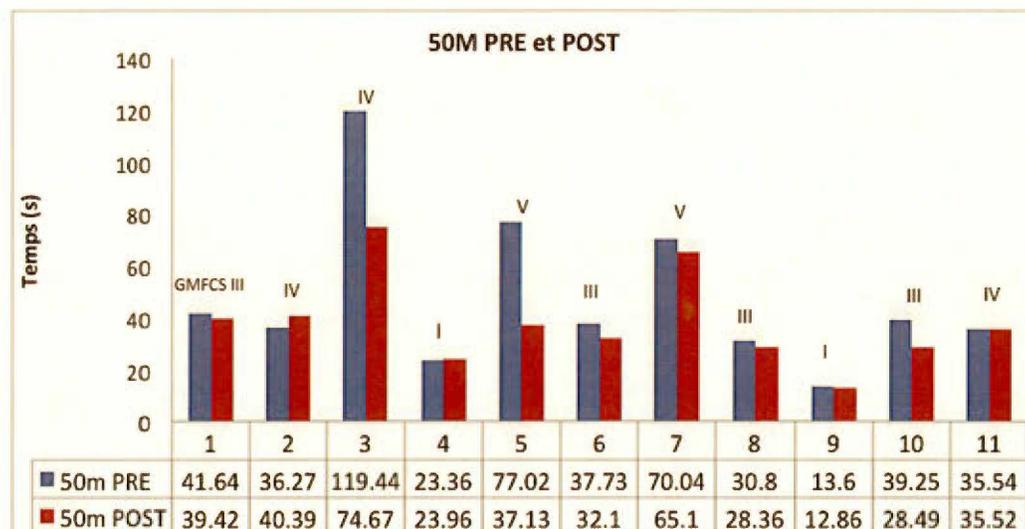


Figure 4.7 Temps au test 50m sprint en PRE et POST entrainement, données individuelles.

4.3 Force musculaire

Les résultats montrent une amélioration significative de la force globale (pré : $25,06 \pm 21,53$; post : $25,41 \pm 20,0$; $p=0,01$) (figure 4.8-4.9).

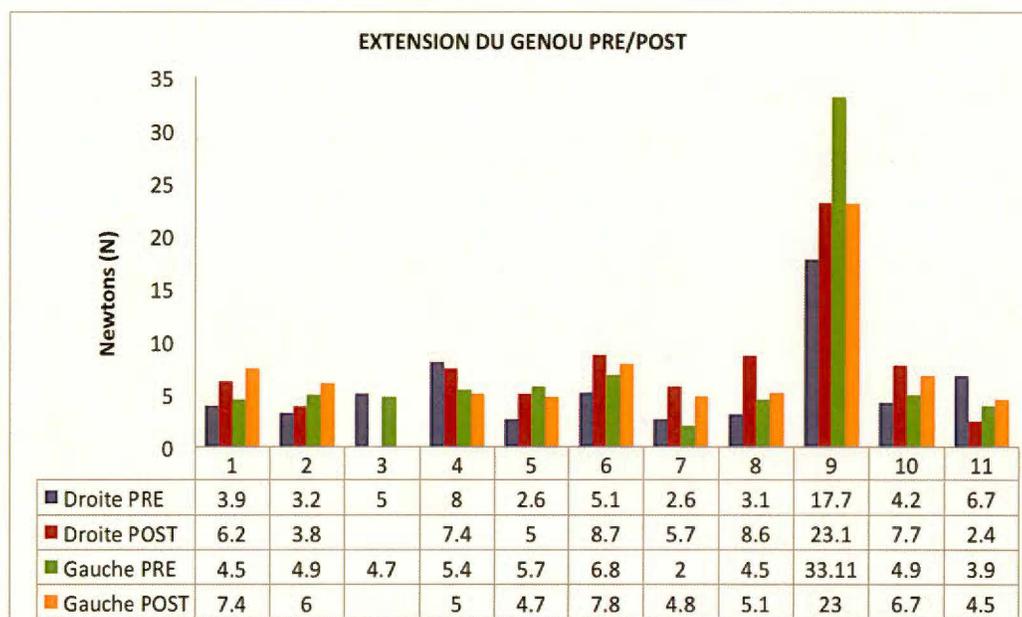


Figure 4.8 Données individuelles au test de force Extension du genou en PRE et POST entraînement.

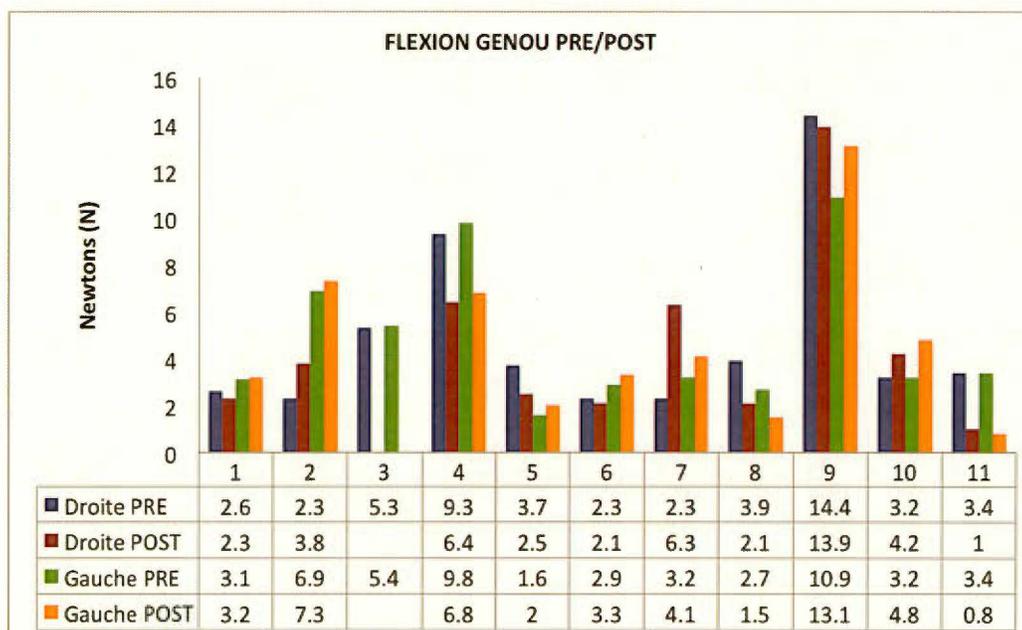


Figure 4.9 Données individuelles au test de force Flexion du genou en PRE et POST entraînement.

4.4 Estime de soi Piers Harris

Les scores exposés dans le tableau sont à comparer entre eux et non au total théorique du test de PHSCS2. Nous observons une faible augmentation du total en moyenne. Cependant ses résultats ne sont issus d'analyses statistiques. Nous avons observé une légère augmentation des scores de l'apparence physique, de l'absence d'anxiété et du bonheur et de la satisfaction de soi (voir tableau 4.1).

Tableau 4.1 Représentation du test d'Estime de soi

	PRE	POST	Δ
Comportement	3(0)	3(0)	0
Intellectuel scolaire	13(2,29)	13(2,45)	0,7(1,73)
Apparence physique	10,1(1,05)	10,3(0,82)	0,1(0,6)
Absence d'anxiété	4,2(1,09)	4,7(0,49)	0,4(0,88)
Popularité	1,8(0,44)	1,8(0,41)	-0,1(0,6)
Bonheur et satisfaction	9,4(1,01)	9,8(0,41)	0,2(0,83)
Total	27,8(3,53)	28,9(2,42)	1,1(2,42)

* une augmentation du score indique une meilleure estime de soi.

CHAPITRE V

DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif premier de déterminer la faisabilité d'un programme d'entraînement intensif intégré dans un cours d'éducation physique au sein d'une école spécialisée pour enfants polyhandicapés. Elle avait aussi pour but d'évaluer les effets de cet entraînement sur l'efficacité de la marche et la locomotion chez des enfants PC avec un niveau de déficiences motrice élevé (GMFCS III-V).

La séance d'entraînement avait comme finalité d'entraîner les enfants au 50 mètres sprint du Défi Sportif. Durant le projet, le Défi Sportif a été un vecteur de motivation important. Le 50 mètres sprint étant un exercice très intense et difficile pour les enfants avec des niveaux fonctionnels sévères, la source de motivation intrinsèque qu'a représenté le défi a été déterminant.

5.1 Faisabilité de l'entraînement

Cette étude de faisabilité met de l'avant les conditions permettant la mise en place d'un entraînement intensif en milieu scolaire pour des enfants avec une PC. Nous avons notamment dû faire face à plusieurs contraintes pour mettre en place ce programme d'entraînement de 12 semaines en milieu scolaire. Celles-ci sont développées dans les prochains paragraphes.

5.1.1 Contraintes temporelles

Les séances d'entraînements ont été intégrées dans le cours d'éducation physique d'une durée de 50 minutes, et ce, trois fois par semaine. Les 50 minutes de cours prennent en compte la mise en place, l'échauffement, ainsi que le retour au calme des élèves.

Les transferts : les enfants devaient être transférés de leur fauteuil roulant à leur marchette si nécessaire : 9 enfants sur 11 devaient être transférés à la marchette pour chaque cours d'activité physique puis devaient être transféré à leur fauteuil à la fin du cours. Sur les 9 enfants, deux utilisaient des fauteuils électriques pour leurs déplacements dans l'école, cinq des fauteuils manuels. Les transfère doivent être faits avant la fin de l'horaire du cours pour ne pas retarder le fonctionnement scolaire. La

réalisation de ces transferts imposait la présence d'une personne supplémentaire habilitée pour le faire, soit l'éducatrice spécialisée, soit l'infirmière.

Les soins/santé : Entraîner des enfants atteints de PC nécessite de composer avec plusieurs impondérables relatifs avec leurs soins et leur santé. Ainsi, les contraintes en liens avec la santé de ces enfants ont pu limiter le temps de pratique à l'entraînement physique. De plus, ces enfants ont une santé plus fragile que les enfants avec un développement normal ce qui peut augmenter le taux d'absentéisme. Pour des raisons de santé, un enfant a dû abandonner l'entraînement.

5.1.2 Homogénéité de groupe

Les onze participants étaient divisés en deux groupes selon leur classe (voir tableau 5.1). En milieu scolaire adapté, les classes sont établies en prenant en compte le niveau académique des élèves. Le niveau cognitif de l'enfant avec une PC n'étant pas en lien avec son niveau fonctionnel, les classes sont très hétérogènes du point de vue des capacités physiques des enfants.

Tableau 5.1 Répartition des groupes d'entraînement en fonction du niveau fonctionnel.

Groupe 1	
GMFCS I	1 enfant
GMFCS III	2 enfants
GMFCS IV	1 enfant
GMFCS V	1 enfant
Groupe 2	
GMFCS I	1 enfant
GMFCS III	2 enfants
GMFCS IV	2 enfants
GMFCS V	1 enfant

Avec l'aide d'une kinésologue nous avons donc dû adapter les séances en mettant en place des exercices différents pour les élèves GMFCS IV et V et GMFCS I à III d'un même groupe.

5.1.3 Contraintes motivationnelles

Le challenge était de proposer des exercices stimulants et ludiques qui soient adaptés aux déficiences des enfants. Les intensités d'exercice ciblées étant importantes, il était très important de proposer des exercices suscitant de la motivation et l'implication des enfants. Les points suivants détaillent comment nous avons adapté les jeux habituellement mis en place pendant les séances pour qu'ils soient réalisables par tous les enfants avec une PC.

- *Chaise musicale* : Nous avons remplacé les chaises par des cerceaux. Les enfants étaient stimulés par la musique et participaient à l'exercice proposé.
- *Basketball* : Série de sprint de 12 mètres avec pour objectif de marquer des paniers à l'issue de chaque sprint.
- *Circuit* avec différents ateliers : atelier slalom, atelier sprints, atelier course sans arrêt pour travailler l'endurance.
- *Salle vestibulaire* : parcours incluant de la marche sur des surfaces instables, trampoline, escaliers, balançoire, baignoire remplie de ballon.

Ses ateliers ont été efficaces pour maintenir la motivation des enfants puisqu'aucun ne s'est arrêté durant les séances ou n'a abandonné l'entraînement intensif, excepté l'enfant qui a dû mettre fin à son entraînement pour raison médicale. De manière informelle, nous avons remarqué beaucoup de motivation et de plaisir de la part des enfants lorsqu'ils participaient aux séances d'entraînement.

5.1.4 Fatigabilité

Les exercices proposés pendant la séance d'activité physique permettaient de favoriser un entraînement par intervalle. Nous nous sommes inspirées du « high intensity interval training » et nous l'avons adapté pour les enfants PC (Verschuren et al., 2007). Dans chaque exercice il y a un temps réduit à intensité élevée et un temps de récupération active. Le temps de récupération active a été ajusté en fonction de la fatigabilité de l'enfant. Prenons pour exemple le basketball, l'enfant devait effectuer un sprint de 12 mètres pour atteindre le ballon et shooter au panier, son temps de récupération active se faisait au retour en marchant sur la ligne de départ.

5.1.5 Contraintes matérielles

Comme décrit précédemment nous avons deux scénarios pour les entraînements :

- Scénario A : Le contenu du cours d'éducation physique était suffisamment intense.
- Scénario B : Le contenu du cours d'éducation physique n'était pas suffisamment intense, alors un entraînement en groupe (demie classe) de 20 min par groupe était mis en place.

Dans les deux cas de figure nous devons composer avec les installations sportives disponibles. Dans chaque séance nous pouvions disposer du gymnase, du couloir et de la salle vestibulaire. Cependant deux cours d'éducation physique ont lieu en même temps, nous devons donc mettre en place une entente avec les professeurs pour l'utilisation des salles d'activité physique (partager le gymnase, utilisation de la salle vestibulaire, utilisation du couloir).

A ce niveau il est important de noter que l'école adaptée offre aux élèves des aides techniques dédiés au cours d'éducation physique. Ainsi l'objectif est de rendre l'enfant le plus indépendant possible dans ces déplacements tout en privilégiant une position debout. Pour ce faire les enfants les moins fonctionnels étaient installés sur des marchettes offrant un soutien du bassin. De cette façon il a été possible de mettre en place une locomotion autonome chez des enfants avec un niveau GMFCS V qui ne sont pas considérés comme des enfants marchants.

Malgré ces contraintes nous avons pu mettre en place un programme intensif en milieu scolaire adapté. Cet entraînement incluait des enfants avec un niveau de déficience varié, avec une majorité d'enfants avec un niveau GMFCS III à V. Nos résultats confirment les données de la littérature montrant la faisabilité d'un programme d'entraînement physique chez ces enfants (O'Brien et al., 2016 ; Fragala-Pinkham et al., 2005 ; Van Vulpen et al., 2017 ; Lauruschkus et al., 2017). Lauruschkus et al. (2017) ont rapporté qu'il était faisable de mettre en place un programme d'entraînement pour des enfants CP de niveaux GMFCS I à V. Ils avaient participé à une activité physique de leur choix pendant 60 minutes par jours pour une durée de 3-6 mois. Fragala-Pinkham et al. (2005) ont également démontré qu'il était faisable de mettre en place un programme d'entraînement de 12 semaines en toute sécurité chez des enfants CP. Plus récemment, Van Vulpen et al. (2017) ont rapporté qu'il était possible, et bénéfique d'un point de vue fonctionnel, d'entraîner en puissance des enfants avec une PC. Cependant ces deux dernières études ont inclus seulement des niveaux GMFCS I-III. Enfin, O'Brien et al. (2016) ont effectué une méta-analyse pour démontrer la faisabilité d'un programme d'entraînement physique adapté pour des enfants et adolescent en chaises roulantes <25 ans. Ses résultats démontrent que les enfants en chaise roulante peuvent participés à un programme d'entraînement adapté tout en bénéficiant de gains fonctionnels. Une fois de plus, il

est important de noter que la méta-analyse incluse seulement des niveaux GMFCS I-III et que les programmes d'entraînement ont été effectuée au domicile.

Les études décrites précédemment démontrent la faisabilité de mettre en place un programme d'entraînement. Les entrainements proposés sont souvent réalisés au domicile chez des enfants avec des niveaux GMFCS I-III. De plus, dans ces études, l'intensité des entrainements n'a pas été mesurée.

La présente étude montre la faisabilité d'un entraînement intensif en milieu scolaire adapté chez des enfants avec un niveau GMFCS I à V puisque 10 enfants sur 11 ont terminé l'entraînement. Un autre enfant ayant subi une chirurgie d'urgence n'a pas pu réaliser les évaluations en post entraînement. Les enfants ayant participés au programme n'ont jamais été absents.

5.2 Intensité de l'entraînement

Les entrainements avaient une durée de $23,2 \pm 6,3$ minutes, dont 43% à une intensité modérée ($> 40\%$ de la FCR) et 38% à une intensité élevée ($> 60\%$ de la FCR) (voir figure 5.1). Seulement 19% de l'exercice soit $5,6 \pm 3,1$ minutes était à une intensité faible $<40\%$ de la FCR. D'après la littérature, 20 minutes d'entraînement à intensité élevé (entre 40% et 80% FCR) pour une durée de 8 semaine est suffisait pour améliorer les capacités cardiorespiratoires (Verschuren et al., 2016 ; Anish, 2005).

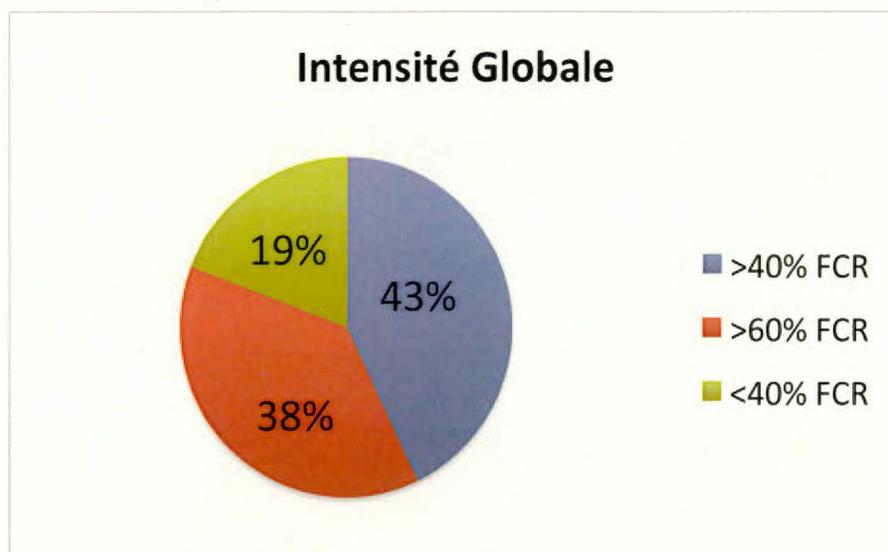


Figure 5.1 Intensité globale de la séance d'entraînement en %.

Ainsi, L'entraînement proposé rencontre les objectifs en termes d'intensité et de durée d'exercice. Dans les paragraphes suivant les effets de l'entraînement sur les capacités de marche et de courses sont discutés.

5.3 L'efficacité de la marche

Au-delà de la problématique de faisabilité, l'objectif de cette étude était de mettre en évidence les effets d'un entraînement intensif sur l'efficacité de marche. Celle-ci a été mesurée à l'aide de l'indice de dépense énergétique (IDE) calculé à partir de la fréquence cardiaque lors du test de six minutes de marche confortable. Les résultats obtenus valident nos hypothèses en laissant apparaître une amélioration significative de l'efficacité de la marche (diminution de l'IDE) suite à l'entraînement intensif. Une amélioration de l'efficacité de marche signifie une dépense d'énergie moins importante pour une vitesse de marche donnée.

Ses résultats sont en accord avec ceux de Damiano et al. (1995), Veschuren et al. (2007) et Peungsuwan et al. (2017) qui ont rapporté une amélioration de l'efficacité de marche et du système cardiorespiratoire après un entraînement en puissance. Tous les participants ont eu une amélioration de l'efficacité de marche à l'exception du participant P5 avec un niveau fonctionnelle élevé (GMFCS niveau I). Au contraire, la plus grosse amélioration a été observée chez le participant P8 qui a un niveau GMFCS III. Il est également intéressant de remarquer une nette amélioration de

l'IDE chez deux participants avec une atteinte sévère (GMFCS niveau V) grâce notamment à une augmentation importante de la distance parcourue durant le 6MWT post entraînement (+151,1 mètres, soit une amélioration de 103,3% en post évaluation pour le participant P5 ; et +40,23 mètres, soit une amélioration de 36,7% en post évaluation pour le participant P7). Ces résultats individuels suggèrent que les effets ont été d'autant plus importants que le niveau initial de l'enfant était faible. Ces adaptations mettent l'accent sur la possibilité d'améliorer l'efficacité locomotrice de ces enfants par l'activité physique adaptée.

Tel que mentionné précédemment, l'amélioration de l'efficacité locomotrice peut être liée aux adaptations du système cardiorespiratoire ou par un gain de force spécifique. Les adaptations cardiorespiratoires influencent la FC à la marche alors qu'une augmentation de la vitesse de marche est avant tout liée au gain de force spécifique.

5.3.1 Fréquence cardiaque

Nous n'avons pas observé de variation significative de la FC (FCmarche_pre : $168,87 \pm 17,69$ bat./min ; FCmarche_post : $163,79 \pm 20,44$ bat./min ; $p=0,64$) ainsi que la FC de repos (FC repos_pre : $104,4 \pm 12,70$ bat./min ; FCrepos_post : $101,8 \pm 12,30$ bat./min ; $p=0,94$). L'absence de diminution de la FC au repos et à l'effort peut s'expliquer par le petit nombre de participants à l'étude et de ce fait par un manque de puissance statistique. Lauglo et al. (2016) avaient rapporté une diminution de la FC à l'effort après un entraînement par intervalle à haute intensité pour des enfants CP avec un niveau GMFCS à IV.

5.3.2 Vitesse de marche

L'amélioration de l'IDE est associée à une amélioration la vitesse de marche et donc de la distance parcourue lors du 6MWT. En moyenne, les enfants ont amélioré leur vitesse de marche de 29,27%. En observant les valeurs individuelles, nous remarquons une très grande augmentation pour un niveau GMFCS III (pré : 37,8 m/s ; post : 49,8 m/s). Ses résultats confirment ceux de Van Vulpen et al. (2017) ainsi que ceux de Oudenhoven et al. (2017) qui démontrent une amélioration de la vitesse de marche après un entraînement en puissance. Ses résultats sont également en accord avec ceux de Lewis (2017) rapportant suite à un entraînement spécifique à la course une amélioration des capacités de marche et du niveau fonctionnel chez des enfants avec une PC et un niveau GMFCS II.

Dans la présente étude, la force musculaire a été mesurée en pré et en post pour chaque enfant atteint de PC. Basé sur la littérature, il n'y a pas de groupe musculaire qui prédomine dans la relation entre la force et le niveau fonctionnels des enfants avec une PC (Ballaz et al., 2010 ; Ferland et al., 2012 ; Dallmeijer et al., 2017). Nous avons donc analysé la force globale (global strength index GSI) de flexion/extension des genoux (Sison-Williamson et al., 2014). Cependant aucune amélioration significative n'a été relevée sur le niveau de force.

De façon générale, nos résultats ne mettent pas en avant des adaptations significatives du système cardiorespiratoire et musculaire. Pourtant, suite à l'entraînement les enfants ont une meilleure efficacité à la marche et une vitesse de marche plus rapide. Les enfants avec une CP dépensent donc moins d'énergie pour une même distance parcourue suite à un programme d'entraînement en puissance. L'absence d'effet significatif sur les variables musculaires (force maximale isométrique) et cardiorespiratoire (FC marche et FC repos) peut s'expliquer par le manque de spécificité de ces mesures.

5.4 L'estime de soi

Nous n'observons pas d'amélioration de l'estime de soi tel qu'évalué par le questionnaire Piers Harris. Un effet plafond pourrait expliquer l'absence de différence significative sur l'estime de soi. En effet, à l'école adaptée Jean Piaget, les enfants évoluent dans un environnement très favorable avec des infrastructures adaptées à et du personnel spécialisé pour répondre à leurs besoins. Il est donc possible que leur qualité de vie et leur estime de soi soient particulièrement élevées dans ce milieu scolaire adapté. Le haut score rapporté en pré entraînement pourrait donc expliquer qu'aucune amélioration significative de l'estime de soi n'ait été constatée.

5.5 Limitations

Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence les effets positifs d'un entraînement en puissance sur l'efficacité de la marche pour les enfants atteints de PC. Cependant, dans ce projet, nous avons été confrontés à plusieurs limitations qui demandent d'interpréter les résultats avec précaution. Tout d'abord des limitations temporelles et spatiales. Il a fallu s'adapter à l'environnement et l'espace disponible, à savoir le gymnase et le couloir, pour effectuer tous les tests en pré et post entraînement.

La deuxième limitation concerne l'évaluation de la force maximale isométrique. Il serait intéressant d'analyser la force isométrique de façon plus précise en évaluant la force des Extenseurs/Fléchisseurs du genou, plantaires, et de la hanche. Une évaluation de la force isocinétique, plus spécifique, aurait été intéressante. Une telle mesure aurait pu mettre en avant des gains de puissance musculaire.

Ces limites sont en partie liées au fait que ce projet de recherche se soit concentré sur les enfants CP avec un faible niveau fonctionnel. Chez cette population, les tests de force et d'analyse de marche sont particulièrement difficiles à mettre en place. Le fait que toutes les évaluations se soient déroulées à l'école Jean Piaget a également limité l'utilisation de certains outils de mesure.

5.6 Bénéfices du projet de recherche

Au-delà des de l'amélioration de l'efficacité de la marche, et de manière plus générale de la locomotion, il permet de mettre de l'avant la faisabilité de ce type d'entraînement intensif chez les enfants CP. D'autres études doivent être menées pour montrer qu'un entraînement intensif est faisable dans un cours d'éducation physique et surtout pour tous types de niveaux fonctionnelles (GMFCS I à V).

Bien que ne s'appuyant sur aucune mesure, il est intéressant de relever les points suivants. Ce projet a permis d'échanger davantage avec les parents d'élèves en leur expliquant le but de la recherche. Ainsi, ils se sont impliqués dans cette recherche prenant place dans l'école de leur enfant. Ceci a permis de susciter de la curiosité et certains sont venus à l'école pour observer quelques séances. Ils étaient très nombreux à venir nous supporter lors de l'évènement sportif Défi Sportif AlterGo et ont été surpris de l'amélioration de leurs enfants. De plus le Défi Sportif nous a contacté pour avoir plus de renseignements sur le programme d'entraînement réalisé.

En dehors de l'école, il y a un vrai enjeu sur les impacts d'un entraînement intensif pour les enfants PC. Ce projet doit permettre de promouvoir l'entraînement en puissance chez l'enfant avec la PC, notamment ceux avec un faible niveau fonctionnel.

CONCLUSION

Pour conclure, les résultats de cette étude montrent la faisabilité et l'efficacité d'un programme d'entraînement à haute intensité pour des enfants atteints de paralysie cérébrale avec des niveaux fonctionnels faible (GMFCS I à V). La faisabilité a notamment été démontrée par un taux de participation et d'adhésion élevé, et un taux d'absence faible. Un programme d'entraînement en puissance de haute intensité permet à l'enfant avec une PC de profiter des adaptations du système cardiorespiratoire et musculaire et d'en tirer bénéfice sur le plan fonctionnel.

Il nous semble important de reconsidérer la place de l'entraînement intensif dans les écoles et dans les vies des enfants PC. Peu d'études ont démontré de telles améliorations pour des niveaux GMFCS III à V.

Les enfants ont remporté un grand nombre de médailles lors de l'évènement Défi Sportif Alter-Go 2017 avec 95% de participants médaillé contre 40% l'an passée.

CHAPITRE VI

ANNEXE

ANNEXE A LETTRE D'INFORMATION

ANNEXE B CONSENTEMENT

ANNEXE C QUESTIONNAIRE

ANNEXE D TEST FEUILLE DETAILLE

ANNEXE E AFFICHE OFFICIELLE DEFI SPORTIF

ANNEXE F TEST PIERS HARRIS

ANNEXE A

LETTRE D'INFORMATION

Cette lettre d'information a été approuvée par le comité d'éthique de centre hospitalier CHU Sainte-Justine

 <p>CHU Sainte-Justine Le centre hospitalier universitaire de Montréal</p>	<p>APPROUVÉ PAR LE COMITÉ D'ÉTHIQUE 23 JANV. 2017 #0215-055 CHU SAINTE-JUSTINE</p>	<p>Montréal, le 25 janvier 2017</p>
<p>Objet : Lettre d'information, évaluation des effets de l'entraînement physique au Défi Sportif 2017</p>		
<p>Chers Parents,</p>		
<p>Par la présente je veux vous informer que nous souhaiterions évaluer les effets de l'entraînement au défi sportif sur les capacités physiques et les fonctions cognitives de votre enfant. Ces évaluations seront réalisées lors des cours d'éducation physique et à la santé et ne modifieront pas les horaires de votre enfant.</p>		
<p>Ce projet est mené par Madame Sofia Smati étudiante à la Maîtrise en collaboration avec le professeur d'éducation physique Monsieur Toufik Dahdouh. Sofia travaille sous ma supervision, je suis moi-même professeur au département des sciences de l'activité physique de l'UQAM et chercheur au centre de réadaptation Marie Enfant du CHU Sainte-Justine. J'ai eu l'occasion de mener plusieurs projets sur les effets d'une pratique sportive sur le niveau fonctionnel des enfants, notamment dans les écoles Joseph Charbonneau et Victor Doré.</p>		
<p>Le présent projet souhaite évaluer les effets de l'entraînement prévu par le professeur d'éducation physique. Il permettra de mettre en évidence les bienfaits moteurs, cognitifs et psychosociaux de l'entraînement mis en place chaque année à l'école Jean Piaget. Si vous acceptez que votre enfant participe à ce projet cela implique qu'il réalise les tests suivants, avant et après la période d'entraînement (février-avril). De courtes évaluations cognitives (environ 10 minutes) sont aussi prévues avant et après quelques séances d'entraînement (2-3) afin d'évaluer l'impact à court terme de l'exercice sur les fonctions cognitives.</p>		
<p>Capacités physiques et fonctions motrices: (1) mesure des battements cardiaques lors d'un test de 6 minutes de marche. Pour ce faire, une petite ceinture élastique sera posée directement sur le torse et il portera une montre permettant d'enregistrer les battements de son cœur : (2) mesure de la vitesse de marche sur 10 mètres; (3) mesure de sa performance à la course sur 60 mètres et (4) mesure de la force de ses jambes, pour cela il sera demandé à votre enfant de pousser le plus fort possible avec sa jambe. L'ensemble de ces mesures est couramment réalisé, ne comporte aucun risque et n'entraînera pas de douleur autre que celle pouvant être liée à la réalisation d'une activité physique. Fonctions cognitives : Il sera demandé à votre enfant d'effectuer des tâches d'attention et de mémoire adaptée pour son âge. Il devra notamment mémoriser des séries de nombres, identifier des formes sur une feuille le plus rapidement possible ou écouter des extraits sonores et indiquer le nom de l'animal entendu pendant cet extrait. Enfin, nous souhaiterions évaluer les effets de la participation à un événement sportif d'ampleur sur l'estime de soi.</p>		
<p>Nous espérons que ce projet suscitera votre attention et que vous accepterez que votre enfant y participe. Si vous ne souhaitez pas que certaines évaluations décrites ci-dessus soient réalisées vous pouvez nous le mentionner. Si vous refusez que votre enfant soit évalué, bien entendu, cela ne modifiera en rien son entraînement et sa participation au Défi Sportif.</p>		
<p>Si vous acceptez, madame Sofia Smati se permettra de vous joindre par téléphone pour répondre à toutes les interrogations que vous pourriez avoir. Vous pouvez également nous joindre quand vous le souhaitez au 514 374 1710 (poste 8604) ou par courriel, laurent.ballaz@uqam.ca, sofia.smati@courrier.uqam.ca. Nous vous communiquerons également un formulaire approuvé par le comité d'éthique et de la recherche du CHU-Sainte-Justine afin d'officialiser la participation de votre enfant à ce projet.</p>		
<p>Cordialement, Laurent Ballaz</p>		
<p>Laurent Ballaz, Professeur au département des sciences d'activité physique de l'UQAM Chercheur au centre de réadaptation Marie Enfant du CHU Sainte-Justine</p>		

Montréal, le 25 janvier 2017

RÉPONSE

L'entraînement au défi sportif commençant cette semaine (31 janvier 2107) pouvez-vous transmettre votre réponse le plus rapidement possible.

- J'accepte que mon enfant, _____, soit évalué dans le cadre de sa participation à l'entraînement au défi sportif.
- Je n'accepte pas que mon enfant, _____, soit évalué dans le cadre de sa participation à l'entraînement au défi sportif.

Laurent Ballaz, Professeur au département des sciences d'activité physique de l'UQAM
Chercheur au centre de réadaptation Marie Enfant du CHU Sainte-Justine

ANNEXE B

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Le formulaire de consentement a été approuvé par le centre hospitalier CHU Sainte-Justine

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT POUR LA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE

Titre du projet : Impact sur la fonction motrice et la participation d'un entraînement en groupe chez des jeunes avec déficiences physiques variées dans un contexte de préparation au Défi Sportif AlterGo : Étude de faisabilité

Chercheurs : Marcoux I, Fortin C, Lemay M, Ballaz L, Maltais D

Institution : CHU Sainte-Justine – Centre de réadaptation Marie Enfant

Commanditaires : CHU Sainte-Justine – Centre de réadaptation Marie Enfant

Pour mieux comprendre les adaptations induites par la pratique d'une activité physique régulière, nous vous demandons de participer à un projet d'étude concernant les effets d'un entraînement physique en vue de participer au Défi Sportif AlterGo sur les capacités fonctionnelles d'enfants présentant une déficience motrice. Nous sollicitons aujourd'hui la participation de votre enfant et nous vous invitons à bien lire ce formulaire et à poser toutes les questions que vous jugez utiles aux chercheurs avant d'y apposer votre signature.

1. DESCRIPTION DU PROJET DE RECHERCHE :

1.1. Justification de la recherche :

La majorité des personnes avec une déficience physique ne pratique pas ou peu d'activité physique. Les jeunes avec déficience physique auraient 2 à 3 fois plus de risque de présenter des problèmes d'embonpoint et d'obésité que les enfants avec un développement normal. Afin d'encourager les jeunes avec une déficience physique d'augmenter leur taux de participation aux activités sportives, l'école Jean Piaget a créé un groupe d'entraînement physique axé sur un objectif concret : la participation à une compétition de sport adapté, le *Défi Sportif AlterGo*. Dans ce contexte, nous souhaitons évaluer la faisabilité d'un projet de recherche associé à cet entraînement. Cette étude de faisabilité entrera éventuellement dans le cadre d'un projet de recherche de plus grande envergure sur l'impact de cet entraînement sur la fonction motrice et sur la participation sociale et l'estime de soi des enfants.

1.2. Description de la recherche :

Les enfants participeront à un entraînement comprenant des exercices de renforcement global et des exercices de performance athlétique. L'entraînement se déroulera à l'école Jean Piaget durant les périodes d'éducation physique et à la santé. Chaque exercice sera adapté aux capacités physiques de l'enfant. L'objectif recherché est d'améliorer la performance athlétique de l'enfant et d'évaluer les impacts de cette amélioration sur le niveau fonctionnel

de l'enfant, sur sa participation sociale et sur son estime de soi. Ainsi, des tests d'évaluation seront faits à l'école avant, après et 6 mois après la période d'entraînement.

2. DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

2.1. Déroulement général de l'étude :

Pour l'étude de faisabilité, trente enfants présentant une déficience physique participeront à cette étude échelonnée sur 4 années. Pour intégrer l'étude, l'enfant doit être inscrit à l'école Jean Piaget et éligible pour participer au *Défi Sportif AlterGo*, c'est-à-dire avoir entre 5 et 18 ans au 1^{er} septembre de l'année en cours. Les entraînements auront lieu deux fois par semaine, pendant 60 minutes, durant une période de trois mois. Les séances d'entraînement seront encadrées par le professeur d'éducation physique et à la santé et par une étudiante en kinésiologie de l'UQAM. Les enfants seront regroupés en sous-groupes d'entraînement, en fonction de la discipline sportive à laquelle ils sont inscrits pour le *Défi Sportif AlterGo* et de leur âge. Les entraînements auront lieu dans le gymnase de l'école Jean Piaget.

Le contenu de l'entraînement suivra le modèle suivant :

- 5-10 minutes d'exercices d'échauffement et d'étirement;
- 10-25 minutes de renforcement global;
- 15-30 minutes de performance athlétique (course, jogging);
- 5 minutes de retour au calme.

Le temps associés à chaque modalité pourra être légèrement variable d'un groupe à l'autre, en fonction de la dynamique du groupe et du profil fonctionnel et psychologique de chaque jeune. Pendant la durée du bloc d'entraînement, les thérapies individuelles sont interrompues.

Pour évaluer les effets de l'entraînement en athlétisme, trois sessions d'évaluation seront mises en place : avant, après et 6 mois après la réalisation de l'entraînement. Les sessions d'évaluation comprendront des tests cliniques et paracliniques, réalisées par une étudiante en kinésiologie et le professeur d'éducation physique. L'étudiante en kinésiologie travaillera sous la responsabilité de Laurent Ballaz (Ph.D), chercheur au CHU Sainte-Justine, directeur du laboratoire d'analyse de la marche. Ces mesures cliniques et paracliniques sont habituellement faites afin d'évaluer le niveau de capacités motrices de votre enfant. L'ensemble des mesures fait à l'école sera réalisé en deux heures environ. Ces évaluations seront réalisées sur deux jours aux mêmes horaires que les sessions d'entraînement.

2.2. Évaluation réalisées avant et après l'entraînement

a) Évaluation clinique

- Le Gross Motor Function Measure (GMFM-66) sera réalisé pour déterminer la motricité globale de l'enfant. Il s'agit d'un test fonctionnel habituellement utilisé en physiothérapie afin d'objectiver les capacités de votre enfant, tel que les habiletés debout.

- Un test de navette qui consiste à évaluer le temps requis pour effectuer une course sur une distance de 60 mètres sera utilisé pour évaluer la performance à la course de votre enfant.
- Des questionnaires permettant d'évaluer le niveau de participation sociale et d'estime de soi de votre enfant seront également administrés.

b) Évaluation paraclinique

Force musculaire : La force maximale des membres inférieurs et supérieurs sera mesurée avec un dynamomètre portable par une personne expérimentée dans cette mesure chez des enfants atteints de DMC.

Évaluation de la marche : Pour analyser la marche de votre enfant il lui sera demandé de marcher sur une distance de 8 mètres sur un tapis mesurant le positionnement des pieds. Votre enfant réalisera trois trajets sur le tapis; une pause sera respectée entre chaque essai.

Il sera demandé à votre enfant de marcher pendant 5 minutes à sa vitesse de confort. Lors de ce test, le rythme cardiaque sera mesuré en continu par une ceinture placée sous ses vêtements, au niveau de la poitrine. Une quantification indirecte de la dépense énergétique pourra ainsi être réalisée.

Évaluation des fonctions cognitives : Les fonctions cognitives de votre enfant seront évaluées avant et après le programme d'entraînement (effets chroniques de l'exercice), mais également avant et après une séance d'exercice (effets aigus de l'exercice). Pour l'évaluation des effets aigus, votre enfant sera évalué à deux reprises pendant la durée du programme. Les évaluations cognitives des effets chroniques seront d'une durée d'environ 30 minutes, alors que les évaluations cognitives des effets aigus seront d'une durée d'environ 15 minutes. Les tests d'évaluation des fonctions cognitives incluent des tâches permettant d'évaluer les aptitudes de l'enfant à écouter deux choses à la fois, à compter en ordre inverse ou à lire un mot simple.

2.3. Information médicales :

L'équipe de recherche aura besoin de plusieurs informations pertinentes au projet. Un certain nombre de questions pourront vous être posées par téléphone concernant le passé médical de votre enfant, dans le but de permettre aux chercheurs de vérifier que l'ensemble des critères d'inclusion est respecté. Ces critères incluent un diagnostic du développement moteur et cognitif de l'enfant. Des questions concernant la médication de votre enfant pourront également vous être posées par téléphone.

3. BÉNÉFICES

Les résultats que nous obtiendrons nous permettront de faire avancer l'état des connaissances dans le domaine, et d'évaluer la faisabilité d'un projet de recherche de plus grande envergure. Les résultats de cette étude pourront être consultés par le médecin ou le physiothérapeute

traitant afin de mieux adapter la conduite du traitement de votre enfant. Sur simple demande, nous vous transmettrons les résultats généraux de cette recherche, une fois l'étude terminée.

4. RISQUES ET INCONVÉNIENTS :

Les évaluations liées à la présente recherche ne présentent aucun risque de douleur ou de blessure. Aucun risque physique, psychologique et social n'est susceptible d'affecter les participants à cette étude.

5. CONFIDENTIALITÉ

Tous les renseignements obtenus sur votre enfant seront traités de façon confidentielle, à moins d'une autorisation de votre part ou d'une exception de la loi. Ces renseignements seront rendus confidentiels par l'attribution de numéros de code et seuls les chercheurs impliqués dans l'étude auront accès à la clef de ce code. Les dossiers de recherche seront conservés pendant 20 années après la fin de la recherche, sous la responsabilité de Carole Fortin, Chercheure au centre de recherche du CHU Sainte Justine. La participation de votre enfant et les résultats de la recherche ne pourront pas être inscrits dans son dossier médical. Cependant, à des fins de contrôle du projet de recherche, le dossier de recherche de votre enfant pourra être consulté par des représentants du comité d'éthique de la recherche et des organismes subventionnaires. Tous adhèrent à une politique de stricte confidentialité. À des fins de protection, le Ministère de la santé et des services sociaux pourrait avoir accès à votre nom et prénom ainsi que ceux de votre enfant, ses coordonnées, la date de début et de fin de sa participation au projet jusqu'à un an après la fin de projet. Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés ou communiqués par d'autres moyens, mais il sera impossible d'identifier votre enfant.

6. ÉVENTUALITÉ D'UNE SUSPENSION DE L'ÉTUDE :

La participation à l'étude peut être interrompue par le chercheur s'il croit que c'est dans l'intérêt du participant ou si le participant ne répondait plus aux critères de sélection.

7. LIBERTÉ DE PARTICIPATION ET LIBERTÉ DE RETRAIT DE L'ÉTUDE :

La participation de votre enfant à cette étude est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre d'accepter ou de refuser qu'il y participe et vous pouvez le retirer de l'étude en tout temps, sur simple déclaration verbale, sans avoir à donner de raison et sans que cela n'affecte les traitements auxquels votre enfant a droit, ni ne nuise aux relations avec le médecin et autres intervenants.

8. PERSONNES-RESSOURCES :

Si vous avez des questions supplémentaires au sujet de la participation de votre enfant à cette étude, incluant les risques ou les réactions adverses possibles, vous pouvez contacter Carole Fortin, chercheure principale, au 514-374-1710 poste 8136.

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 de l'hôpital au 514-345-4749.

Une copie signée de ce formulaire de consentement vous sera remise.

9. RESPONSABILITE :

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.

CONSENTEMENT

Déclaration du participant :

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. 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 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 légal (particiant de moins de 18 ans) Nom du participant de plus de 18 ans (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
--	-----------	------

Le projet de recherche doit être décrit au participant et/ou à son parent/tuteur ainsi que les modalités de la participation. Un membre de l'équipe de recherche doit répondre à leurs questions et doit leur expliquer que la participation au projet de recherche est libre et volontaire. L'équipe de recherche s'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

Nom du chercheur responsable (Lettres moulées)	Signature	Date
---	-----------	------

ANNEXE C

QUESTIONNAIRE : ESTIME DE SOI

Ce questionnaire est une adaptation française du questionnaire de Piers Harris tiré du manuelle : *Piers-Harris Children's self-concept scale (2002)*.

NOM / PRENOM:		
DATE / HEURE:		
STATUT SCOLAIRE ET INTELLECTUEL		
1	Je suis intelligent(e)	Y / N
2	Je suis nerveux (se) quand l'enseignant m'appelle	Y / N
3	Je me comporte bien à l'école	Y / N
4	Je suis un membre important de ma famille	Y / N
5	Je suis bon dans mon travail scolaire	Y / N
6	Je suis lent à finir mon travail scolaire	Y / N
7	Je suis un membre important de ma classe	Y / N
8	Je peux donner un bon rapport devant ma classe	Y / N
9	A l'école je suis un rêveur	Y / N
10	Mes amis aiment mes idées	Y / N
11	Je suis souvent volontaire à l'école	Y / N
12	Mes camarades de classe pensent que j'ai de bonne idées	Y / N
13	Je suis stupide sur la plupart des choses	Y / N
14	Quand je serai grand, je serai une personne importante	Y / N
15	J'oublie ce que j'apprends	Y / N
16	Je suis un bon lecteur	Y / N
APPARENCE PHYSIQUE ET ATTRIBUTS		
17	Mon apparence me dérange	Y / N
18	Je suis un leader dans les jeux et les sports	Y / N
19	Je suis fort	Y / N
20	J'ai de beaux cheveux	Y / N
21	Je suis beau	Y / N
22	Je suis populaire avec les garçons	Y / N
23	J'ai un beau visage	Y / N
24	Je suis populaire avec les filles	Y / N
BONHEUR ET SATISFACTION		
25	Je suis une personne heureuse	Y / N
26	Je suis chanceux (se)	Y / N
27	J'aime être comme je suis	Y / N
28	Je souhaiterais être différent	Y / N
29	Je suis malheureux (se)	Y / N
30	Je suis joyeux	Y / N
31	Je m'entends bien avec les autres	Y / N
32	Je suis une bonne personne	Y / N

ANNEXE D

FICHE INDIVIDUELLE : TEST

a. Fiche individuelle : Efficience de la marche

Cette fiche comporte les différentes distances course ou marche effectués par chaque enfant : Test de marche de 6 minutes, 50 mètres course rapide, 10 mètres marche confortable et marche rapide.

NOM :	
AGE :	
DATE:	
EFFICIENCE DE MARCHÉ	
6 MIN-WALK TEST	DATE / H:
NUMERO DE	
CARDIO :	
H départ:	
TOURS / Mètres :	
NOTE :	
5MIN REPOS :	
NUMERO CARDIO :	
H départ :	
NOTE :	
10 METRE: MARCHE CONFORTABLE	10 METRE: MARCHE RAPIDE
Date / H :	
1er essai :	
TEMPS :	
2ème essai:	
TEMPS :	
3ème essai	
TEMPS :	
	50 METRES TEMPS (secondes)
NOTE :	

b. Force musculaire

**FICHE D'ÉVALUATION DE LA FORCE MUSCULAIRE
AVEC LE DYNAMOMÈTRE MANUEL**

Nom : _____ Physiothérapeute : _____
 Date de naissance : _____ Date : _____
 Numéro de dossier : _____ Heure : _____
 Diagnostic : _____ Dynamomètre utilisé : _____

Membres inférieurs (genoux et chevilles)

Muscles	Segment (m)		Force (lb kg)		Moment (Nm)*		Variations/Commentaires
	D	G	D	G	D	G	
Extenseurs du genou Position A Position B			1. _____	1. _____			
			2. _____	2. _____			
			3. _____	3. _____			
Fléchisseurs du genou			1. _____	1. _____			
			2. _____	2. _____			
			3. _____	3. _____			
Fléchisseurs plantaires Position A Position B			1. _____	1. _____			
			2. _____	2. _____			
			3. _____	3. _____			
Fléchisseurs dorsaux Position A Position B			1. _____	1. _____			
			2. _____	2. _____			
			3. _____	3. _____			
Autre(s)			1. _____	1. _____			
			2. _____	2. _____			
			3. _____	3. _____			

* Prendre la moyenne des deux essais (de la mesure de la force) les plus rapprochés;
 Pour transformer des kg en N : multiplier la valeur par 9,81;
 Pour transformer des lbs en N : diviser la valeur par 2,205 et multiplier par 9,81,
 Pour obtenir des Nm : multiplier la force en N par la longueur du segment en m.



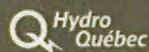
ANNEXE E

AFFICHE OFFICIELLE DEFI SPORTIF



DÉFI SPORTIF ALTERGO

Présenté par



5000 VICTOIRES | 5000 HISTOIRES

5000 athlètes de la relève et de l'élite se dépassent dans 14 sports.

• 24 AU 30 AVRIL 2017 •



#5000ETMOI
DEFISPORTIF.COM



ANNEXE F

ECHANTILLON DU TEST DE PIERS-HARRIS

ÉCHELLE PIERS-HARRIS II

p. 1

Nom : adam

Nais. : 10 ans

: 0

Date : post

PRESENTATION DES RESULTATS SELON LE DOMAINE

Les items précédés d'un X ont été répondus dans le sens d'une faible estime de soi.

COMPORTEMENT

- V - 12 - Je me conduis bien en classe
 - x 13 - C'est généralement ma faute quand quelque chose va mal
 - x 14 - Je cause des problèmes à ma famille
 V - 18 - Je suis bon en classe
 - x 19 - Je fais beaucoup de bêtises
 - x 20 - Je me comporte mal à la maison
 - x 27 - Je m'attire souvent des ennuis
 - x 30 - Mes parents attendent trop de moi
 - x 36 - Je déteste l'école
 - x 38 - Je suis souvent déplaçant avec les autres
 - x 45 - Je me bagarre souvent
 - x 48 - Ma famille est déçue de moi
 - x 58 - J'ai de sombres pensées
 V - 60 - Je suis une bonne personne

STATUT INTELLECTUEL ET SCOLAIRE

- V - 5 - Je suis intelligent
 F - 7 - Je deviens nerveux quand le professeur m'adresse la parole
 V - 12 - Je me conduis bien en classe
 V - 16 - Je suis un membre important de ma famille
 V - 18 - Je suis bon en classe
 F - 21 - Je suis lent pour terminer mes travaux scolaires
 V - 22 - Je suis un membre important de ma classe
 F x 24 - Je peux faire un bon exposé oral devant la classe
 F - 25 - En classe, je suis rêveur
 V - 26 - Mes amis aiment mes idées
 V - 34 - Je rends souvent service à l'école
 V - 39 - Mes camarades de classe trouvent que j'ai de bonnes idées
 F - 43 - Je suis ignorant dans presque tous les sujets
 V - 50 - Plus tard, je serai quelqu'un d'important
 F - 52 - J'oublie ce que j'apprends
 V - 55 - Je suis un bon lecteur

APPARENCE PHYSIQUE ET ATTRIBUTS

- V - 5 - Je suis intelligent
 F - 8 - Je n'aime pas mon apparence
 V - 9 - Je suis un meneur dans les jeux et dans les sports
 V - 15 - Je suis fort physiquement
 V - 26 - Mes amis aiment mes idées
 V - 33 - J'ai de beaux cheveux
 V - 39 - Mes camarades de classe trouvent que j'ai de bonnes idées
 V - 44 - J'ai une belle apparence

- V - 46 - Je suis populaire auprès des garçons
 V - 49 - J'ai un visage agréable
 V - 54 - Je suis populaire auprès des filles

ABSENCE D'ANXIÉTÉ

- x 4 - Je suis souvent triste
 - x 6 - Je suis timide
 F - 7 - Je deviens nerveux quand le professeur m'adresse la parole
 F - 8 - Je n'aime pas mon apparence
 - x 10 - Je deviens inquiet lorsque nous avons un examen en classe
 - x 17 - J'abandonne facilement
 - x 23 - Je suis nerveux
 - x 29 - Je m'inquiète beaucoup
 V - 31 - Je m'aime comme je suis
 - x 32 - Je me sens mis de côté
 F - 35 - J'aimerais être différent
 F - 40 - Je suis malheureux
 - x 56 - J'ai souvent peur
 - x 59 - Je pleure facilement

POPULARITÉ

- x 1 - Mes camarades de classe se moquent de moi
 - x 3 - J'ai du mal à me faire des amis
 - x 6 - Je suis timide
 - x 11 - Je ne suis pas populaire auprès de mes camarades
 - x 32 - Je me sens mis de côté
 - x 37 - Je suis l'un des derniers à être choisi dans un jeu d'équipe
 V - 39 - Mes camarades de classe trouvent que j'ai de bonnes idées
 - x 41 - J'ai beaucoup d'amis
 - x 47 - Les gens m'agacent souvent
 - x 51 - Dans les jeux ou dans les sports, je regarde au lieu de participer
 V - 54 - Je suis populaire auprès des filles
 - x 57 - Je suis différent des autres

BONHEUR ET SATISFACTION

- V - 2 - Je suis une personne heureuse
 F - 8 - Je n'aime pas mon apparence
 V - 28 - Je suis chanceux
 V - 31 - Je m'aime comme je suis
 F - 35 - J'aimerais être différent
 F - 40 - Je suis malheureux
 V - 42 - Je suis de bonne humeur
 V - 49 - J'ai un visage agréable
 V - 53 - C'est facile de bien s'entendre avec moi
 V - 60 - Je suis une bonne personne

ÉCHELLE PIERS-HARRIS II

p. 2

Nom : adam	Naiss. : 10 ans
# : 0	Date : post

INDICES DE VALIDITÉ

	Faking good (Total >57)	Response bias index (18 <vrai <40)	Inconsistency index (OK si <4)
Scores -->	31	23	1
OK ou ? -->	OK	OK	OK

INCONSISTENCY

Liste des questions comparées

		Incohérence(s) (inconsistency)		
		↓		
Rép.				Rép.
- x	1- Mes camarades de classe se moquent de moi	-	- x	47- Les gens m'agaçent souvent
V	2- Je suis une personne heureuse	-	V	42- Je suis de bonne humeur
- x	3- J'ai du mal à me faire des amis	-	- x	41- J'ai beaucoup d'amis
- x	4- Je suis souvent triste	-	F	40- Je suis malheureux
V	5- Je suis intelligent	-	F	43- Je suis ignorant dans presque tous les sujets
F	7- Je deviens nerveux quand le professeur m'adresse la parole	-	- x	10- Je deviens inquiet lorsque nous avons un examen en classe
V	9- Je suis un meneur dans les jeux et dans les sports	i	- x	51- Dans les jeux ou dans les sports, je regarde au lieu de participer
- x	14- Je cause des problèmes à ma famille	-	- x	20- Je me comporte mal à la maison
V	18- Je suis bon en classe	-	F	21- Je suis lent pour terminer mes travaux scolaires
- x	19- Je fais beaucoup de bêtises	-	- x	27- Je m'attire souvent des ennuis
V	26- Mes amis aiment mes idées	-	V	39- Mes camarades de classe trouvent que j'ai de bonnes idées
- x	29- Je m'inquiète beaucoup	-	- x	56- J'ai souvent peur
V	31- Je m'aime comme je suis	-	F	35- J'aimerais être différent
V	44- J'ai une belle apparence	-	V	49- J'ai un visage agréable
V	53- C'est facile de bien s'entendre avec moi	-	V	60- Je suis une bonne personne

ÉCHELLE PIERS-HARRIS II

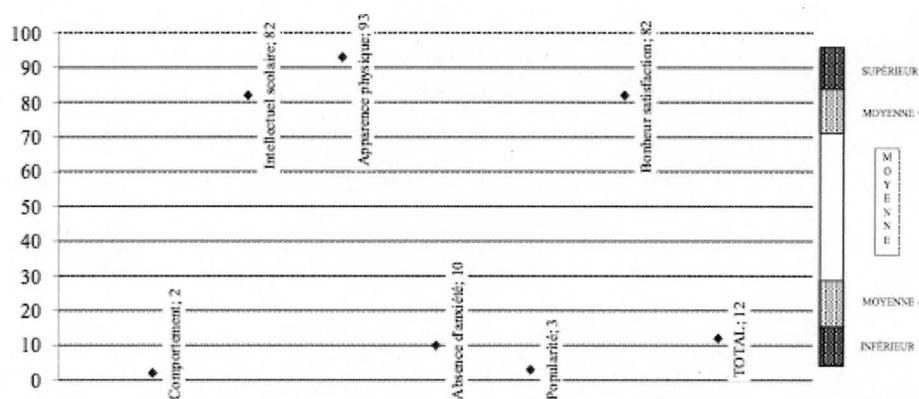
p. 3

Nom : adam	Naiss. : 10 ans
# : 0	Date : post

RÉSULTATS

	Comportement	Intellectuel scolaire	Apparence physique	Absence d'anxiété	Popularité	Bonheur satisfaction	TOTAL
Résultats du sujet->	3 /14	15 /16	11 /11	5 /14	2 /12	10 /10	31 /60
Rang centile du sujet->	2	82	93	10	3	82	12

REPRESENTATION GRAPHIQUE



INTERPRÉTATION DU PIERS-HARRIS 2

Interprétation des six domaines	Rang centile du score	Interprétation du score TOTAL
Au-dessus de la moyenne	≥ 98	Très haut
	84 - 97	Haut
	72 - 83	Moyenne supérieure
Moyenne	29 - 71	Moyenne
Moyenne inférieure	14 - 28	Moyenne inférieure
Bas	3 - 14	Bas
Très bas	≤ 2	Très bas

REFERENCES

- Badia, M., Longo, E., Orgaz, M. B., & Gomez-Vela, M. (2013). The influence of participation in leisure activities on quality of life in spanish children and adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, *34*(9), 2864-2871. doi: 10.1016/j.ridd.2013.06.017
- Ballaz, L., Plamondon, S., & Lemay, M. (2010). Ankle range of motion is key to gait efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, *25*(9), 944-948. doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.06.011
- Ballaz, L., Plamondon, S., & Lemay, M. (2011). Group aquatic training improves gait efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, *33*(17-18), 1616-1624. doi:10.3109/09638288.2010.541544
- Batshaw, M. (2002). *Children with disabilities* (5th ed., pp. 443-466). Baltimore: Brooks Publishing Co.
- Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., Damiano, D. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, april 2005. *Dev Med Child Neurol*, *47*(8), 571-576.
- Baxter, P., Morris, C., Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Colver, A., Damiano, D., Graham, H. (2007). The definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, *49*(s109), 1-44.
- Van den Berg-Emons, R. J., Saris, W. H., Westerterp, K. R., & van Baak, M. A. (1996). Heart rate monitoring to assess energy expenditure in children with reduced physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, *28*(4), 496-501.
- Berrin, S. J., Malcarne, V. L., Varni, J. W., Burwinkle, T. M., Sherman, S. A., Artavia, K., & Chambers, H. G. (2007). Pain, fatigue, and school functioning in children with cerebral palsy: A path-analytic model. *J Pediatr Psychol*, *32*(3), 330-337. doi: 10.1093/jpepsy/jsl017
- Blair, E., & Stanley, F. (1985). Interobserver agreement in the classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *27*, 615-622.

- Bonan, I., Luaute, J., & Marque, P. (2015). Trouble de la marche et de l'équilibre. 2016, from http://www.cofemer.fr/impression.php?id_article=883
- Butler, J. M., Scianni, A., & Ada, L. (2010). Effect of cardiorespiratory training on aerobic fitness and carryover to activity in children with cerebral palsy: a systematic review. *Int J Rehabil Res*, 33(2), 97-103. doi:10.1097/MRR.0b013e328331c555
- Carr, J., & Shepherd, R. (1998). Neurological rehabilitation. Oxford: Butterworth & Heinemann.
- Carroll, K. L., Leiser, J., & Paisley, T. S. (2006). Cerebral palsy: Physical activity and sport. *Curr Sports Med Rep*, 5(6), 319-322.
- Corry, I. S., Duffy, C. M., Cosgrave, A. P., & Graham, H. K. (1996). Measurement of oxygen consumption in disabled children by the Cosmed K2 portable telemetry system. *Dev Med Child Neurol*, 38(7), 585-593.
- Dahlback, G. O., & R. Norlin. The effect of corrective surgery on energy expenditure during ambulation in children with cerebral palsy. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54:67-70, 1985.
- Dallmeijer, A. J., Rameckers, E. A., Houdijk, H., de Groot, S., Scholtes, V. A., & Becher, J. G. (2017). Isometric muscle strength and mobility capacity in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, 39(2), 135-142. doi:10.3109/09638288.2015.1095950
- Damiano, D. L., Vaughan, C. L., & Abel, M. F. (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 37(8), 731-739.
- Damiano, D., Abel, M., Romness, M., Oeffinger, D., Tylkowski, C., Gorton, G., . . . Rogers, S. (2006). Comparing functional profiles of children with hemiplegic and diplegic cerebral palsy in GMFCS Levels I and II: Are separate classifications needed? *Dev Med Child Neurol*, 48(10), 797-803. doi:10.1017/s0012162206001733
- Damiano, D. L. & S. L. DeJong (2009). "A systematic review of the effectiveness of treadmill training and body weight support in pediatric rehabilitation." *J Neurol Phys Ther* 33(1): 27-44.

- Durstine, J. L., Painter, P., Franklin, B. A., Morgan, D., Pitetti, K. H., & Roberts, S. O. (2000). Physical activity for the chronically ill and disabled. *Sports Med*, 30(3), 207-219.
- Engel-Yeger, B., Jarus, T., Anaby, D., & Law, M. (2009). Differences in patterns of participation between youths with cerebral palsy and typically developing peers. *Am J Occup Ther*, 63(1), 96-104.
- Ferland, C., Lepage, C., Moffet, H., & Maltais, D. B. (2012). Relationships between lower limb muscle strength and locomotor capacity in children and adolescents with cerebral palsy who walk independently. *Phys Occup Ther Pediatr*, 32(3), 320-332. doi:10.3109/01942638.2011.631102
- Fragala-Pinkham, M. A., Haley, S. M., Rabin, J., & Kharasch, V. S. (2005). A fitness program for children with disabilities. *Phys Ther*, 85(11), 1182-1200.
- Gage, J. R., DeLuca, P. A., & Renshaw, T. S. (1996). Gait analysis: Principle and applications with emphasis on its use in cerebral palsy. *Instr Course Lect*, 45, 491-507.
- Ghai, A., Garg, N., Hooda, S., & Gupta, T. (2013). Spasticity – pathogenesis, prevention and treatment strategies. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 7(4), 453-460. doi: 10.4103/1658-354X.121087
- Ontario Brain Institute (2016). Cerebral palsy. Retrieved 16 november, 2016, from <http://www.braininstitute.ca/cerebral-palsy>
- Jones, M. W., Morgan, E., Shelton, J. E., & Thorogood, C. (2007). Cerebral palsy: Introduction and diagnosis (part i). *Journal of Pediatric Health Care*, 21(3), 146-152. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedhc.2006.06.007>
- Jung, J. W., Woo, J. H., Ko, J., & Kim, H. (2015). Cardiorespiratory endurance in children with and without cerebral palsy as measured by an ergometer: A case series study. *J Phys Ther Sci*, 27(5), 1571-1575. doi: 10.1589/jpts.27.1571
- Kay, R. M., Dennis, S., Rethlefsen, S., Reynolds, R. A., Skaggs, D. L., & Tolo, V. T. (2000). The effect of preoperative gait analysis on orthopaedic decision making. *Clin Orthop Relat Res*(372), 217-222.
- Koman AL, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet*. 2004;363:1619–28

- King, G. A., Shultz, I. Z., Steel, K., Gilpin, M., & Cathers, T. (1993). Self-evaluation and self-concept of adolescents with physical disabilities. *Am J Occup Ther*, 47(2), 132-140.
- Kramer, J. F. & H. E. Ann MacPhail (1994). "Relationships Among Measures of Walking Efficiency, Gross Motor Ability, and Isokinetic Strength In Adolescents With Cerebral Palsy." *Pediatric Physical Therapy* 6(1): 3-9.
- Lance, J. W. (1980). The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert wartenberg lecture. *Neurology*, 30(12), 1303-1313.
- Lauruschkus, K., Hallström, I., Westbom, L., Tornberg, Å., & Nordmark, E. (2017). Participation in physical activities for children with cerebral palsy: feasibility and effectiveness of physical activity on prescription. *Archives of Physiotherapy*, 7(1), 13. doi:10.1186/s40945-017-0041-9
- Law, M., King, G., King, S., Kertoy, M., Hurley, P., Rosenbaum, P., . . . Hanna, S. (2006). Patterns of participation in recreational and leisure activities among children with complex physical disabilities. *Dev Med Child Neurol*, 48(5), 337-342. doi: 10.1017/s0012162206000740
- Lofterod, B., Terjesen, T., Skaaret, I., Huse, A. B., & Jahnsen, R. (2007). Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy: Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients. *Acta Orthop*, 78(1), 74-80. doi: 10.1080/17453670610013448
- MacGregor J (1979). The objective measurement of physical performance with long term ambulatory physiological surveillance equipment (LAPSE). Proceedings of 3rd International Symposium on Ambulatory Monitoring./edited by Stott FD, Raftery EB, Goulding L, London: *Academic Press* p29-39.
- MacGregor J (1981). The evaluation of patient performance using long term ambulatory monitoring technique in the domiciliary environment. *Physiotherapy* 67, 30-33.
- Magill, J., & Hurlbut, N. (1986). The self-esteem of adolescents with cerebral palsy. *Am J Occup Ther*, 40(6), 402-407.
- Majnemer, A., Shevell, M., Law, M., Birnbaum, R., Chilingaryan, G., Rosenbaum, P., & Poulin, C. (2008). Participation and enjoyment of leisure activities in school-aged children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 50(10), 751-

758. doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.03068.x

- Mockford, M. & J. M. Caulton (2010). "The Pathophysiological Basis of Weakness in Children With Cerebral Palsy." *Pediatric Physical Therapy* **22**(2): 222-233.
- Morris, C. (2007). Definition and classification of cerebral palsy: A historical perspective. *Dev Med Child Neurol Suppl*, *109*, 3-7.
- Morris, C., & Bartlett, D. (2004). Gross motor function classification system: Impact and utility. *Dev Med Child Neurol*, *46*(1), 60-65.
- Morton, J. F., Brownlee, M., & McFadyen, A. K. (2005). The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. *Clin Rehabil*, *19*(3), 283-289.
- Mutch, L., Alberman, E., Hagberg, B., Kodama, K., & Perat, M. V. (1992). Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going? *Dev Med Child Neurol*, *34*(6), 547-551.
- National Center for Health Statistics, Healthy People 2010. Final Review. 2012, U.S. Department of Health and Human Services: Washington.
- Naeye, R. L., Peters, E. C., Bartholomew, M., & Landis, J. R. (1989). Origins of cerebral palsy. *Am J Dis Child*, *143*(10), 1154-1161.
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, *39*(4), 214-223.
- Palisano, R. J., Hanna, S. E., Rosenbaum, P. L., Russell, D. J., Walter, S. D., Wood, E. P., . . . Galuppi, B. E. (2000). Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*, *80*(10), 974-985.
- Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol*, *50*(10), 744-750. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x
- Pate R, Trost S, Williams C. Critique of existing guidelines for physical activity in young children. In: Biddle S, Sallis J, Cavill N, Editors. Young and active? Young people and health-enhancing physical activity – evidence and implications. London, United Kingdom: Health Education Authority; 1998. pp 162–176.

- Perry, J., & Burnfield, J. M. (1992). Gait analysis: Normal and pathological function.
- Peterson, M. D., Ryan, J. M., Hurvitz, E. A., & Mahmoudi, E. (2015). Chronic Conditions in Adults With Cerebral Palsy. *Jama*, *314*(21), 2303-2305. doi:10.1001/jama.2015.11025
- Pitetti, K. H., Fernandez, J. E., & Lanciault, M. C. (1991). Feasibility of an Exercise Program for Adults with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *8*(4), 333-341. doi:10.1123/apaq.8.4.333
- Pouliot-Laforte, A., Parent, A., & Ballaz, L. (2014). Walking efficiency in children with cerebral palsy: Relation to muscular strength and gait parameters. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, *17 Suppl 1*, 104-105. doi: 10.1080/10255842.2014.931340
- Rimmer, J. H., Riley, B., Wang, E., Rauworth, A., & Jurkowski, J. (2004). Physical activity participation among persons with disabilities: Barriers and facilitators. *Am J Prev Med*, *26*(5), 419-425. doi: 10.1016/j.amepre.2004.02.002
- Rose, J., Gamble, J. G., Burgos, A., Medeiros, J., & Haskell, W. L. (1990). Energy expenditure index of walking for normal children and for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *32*(4), 333-340.
- Rose, J. & K. C. McGill (2005). "Neuromuscular activation and motor-unit firing characteristics in cerebral palsy." Developmental medicine and child neurology *47*(5): 329-336.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., Jacobsson, B. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy april 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, *109*, 8-14.
- Rosenbaum, P., & Stewart, D. (2004). The world health organization international classification of functioning, disability, and health: A model to guide clinical thinking, practice and research in the field of cerebral palsy. *Semin Pediatr Neurol*, *11*(1), 5-10.
- Russell, J. C., & Bjornson, K. (2016). Participation in daily life: Influence on quality of life in ambulatory children with cerebral palsy. *PM R*, *8*(9S), S151. doi: 10.1016/j.pmrj.2016.07.019
- Russo, R. N., Goodwin, E. J., Miller, M. D., Haan, E. A., Connell, T. M., & Crotty, M. (2008). Self-esteem, self-concept, and quality of life in children with

hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr*, 153(4), 473-477. doi: 10.1016/j.jpeds.2008.05.040

- Schenker, R., Coster, W. J., & Parush, S. (2005). Neuroimpairments, activity performance, and participation in children with cerebral palsy mainstreamed in elementary schools. *Dev Med Child Neurol*, 47(12), 808-814. doi: 10.1017/s0012162205001714
- Shephard, R. J., Allen, C., Benade, A. J., Davies, C. T., Di Prampero, P. E., Hedman, R., . . . Simmons, R. (1968). The maximum oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory fitness. *Bull World Health Organ*, 38(5), 757-764.
- Shikako-Thomas, K., Dahan-Oliel, N., Shevell, M., Law, M., Birnbaum, R., Rosenbaum, P., . . . Majnemer, A. (2012). Play and be happy? Leisure participation and quality of life in school-aged children with cerebral palsy. *Int J Pediatr*, 2012, 387280. doi: 10.1155/2012/387280
- Shikako-Thomas, K., Shevell, M., Schmitz, N., Lach, L., Law, M., Poulin, C., & Majnemer, A. (2013). Determinants of participation in leisure activities among adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, 34(9), 2621-2634. doi: 10.1016/j.ridd.2013.05.013
- Simon, S. R. (2004). Quantification of human motion: Gait analysis-benefits and limitations to its application to clinical problems. *J Biomech*, 37(12), 1869-1880. doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.02.047
- Sindou, M., Georgoulis, G., & Mertens, P. (2014). Spasticity in cerebral palsy *Neurosurgery for spasticity: A practical guide for treating children and adults* (pp. 161-165). Vienna: Springer Vienna.
- Stackhouse, S. K., Binder-Macleod, S. A., & Lee, S. C. (2005). Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle Nerve*, 31(5), 594-601. doi:10.1002/mus.20302
- Strax, T. E. (1988). Psychological problems of disabled adolescents and young adults. *Pediatric Annals*, 17, 756-761
- Stevenson, C. J., Pharoah, P. O., & Stevenson, R. (1997). Cerebral palsy--the transition from youth to adulthood. *Dev Med Child Neurol*, 39(5), 336-342.
- Taylor, N. F., Dodd, K. J., Baker, R. J., Willoughby, K., Thomason, P., & Graham, H. K. (2013). Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Dev Med*

Child Neurol, 55(9), 806-812. doi: 10.1111/dmcn.12190

- Van de Walle, P., Hallemans, A., Schwartz, M., Truijen, S., Gosselink, R., & Desloovere, K. (2012). Mechanical energy estimation during walking: Validity and sensitivity in typical gait and in children with cerebral palsy. *Gait Posture*, 35(2), 231-237. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.09.012
- Verschuren, O., Ketelaar, M., Gorter, J. W., Helders, P. J., Uiterwaal, C. S., & Takken, T. (2007). Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 161(11), 1075-1081. doi:10.1001/archpedi.161.11.1075
- Verschuren O., Maltais D.B., Takken T. (2011). The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescent. *Developpemental medecine & child neurology*, 53 : 861-864.
- Verschuren, O., Peterson, M. D., Balemans, A. C., & Hurvitz, E. A. (2016). Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 58(8), 798-808. doi: 10.1111/dmcn.13053
- Verschuren, O., & Takken, T. (2010). Aerobic capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, 31(6), 1352-1357. doi:10.1016/j.ridd.2010.07.005
- Van Vulpen, L. F., de Groot, S., Rameckers, E., Becher, J. G., & Dallmeijer, A. J. (2017). Improved Walking Capacity and Muscle Strength After Functional Power-Training in Young Children With Cerebral Palsy. *Neurorehabil Neural Repair*, 31(9), 827-841. doi:10.1177/1545968317723750
- Wiley, M. E., & Damiano, D. L. (1998). Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 40(2), 100-107.
- Williams, H. & T. Pountney (2007). "Effects of a static bicycling programme on the functional ability of young people with cerebral palsy who are non-ambulant." *Developmental Medicine & Child Neurology* 49(7): 522-527.
- Willoughby, K. L., Dodd, K. J., & Shields, N. (2009). A systematic review of the effectiveness of treadmill training for children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, 31(24), 1971-1979. doi:10.3109/09638280902874204
- Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley: New York; 1990. p. 114

Wren, T. A., Gorton, G. E., 3rd, Ounpuu, S., & Tucker, C. A. (2011). Efficacy of clinical gait analysis: A systematic review. *Gait Posture*, *34*(2), 149-153. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.03.027

Wu, M., Kim, J., Arora, P., Gaebler-Spira, D. J., & Zhang, Y. (2017). Effects of the Integration of Dynamic Weight Shifting Training Into Treadmill Training on Walking Function of Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *Am J Phys Med Rehabil*, *96*(11), 765-772. doi:10.1097/phm.000000000000007