

**Université de Montréal**

**Quantification des modifications du patron de marche et des  
paramètres cardiorespiratoires au cours du test de marche de six  
minutes chez le sujet hémiparétique**

**par**

**Fabiana Dias Antunes**

**École de Réadaptation**

**Faculté de Médecine**

**Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures**

**En vue de l'obtention du grade de**

**Maître ès sciences (M. Sc.)**

**en sciences biomédicales (option réadaptation)**

**Décembre, 2006**

**© Fabiana Dias Antunes, 2006**



W

4

U58

2007

v. 097

**Direction des bibliothèques**

**AVIS**

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

**NOTICE**

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres  
cardiorespiratoires au cours du test de marche de six minutes chez le sujet  
hémiparétique

présenté par :  
Fabiana Dias Antunes

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Denis Gravel, Ph.D.	Président Rapporteur
Sylvie Nadeau, Ph.D.	Directrice de la recherche
Rachel Brosseau, M.Sc.	Codirectrice de la recherche
Alain Comptois, Ph.D.	Membre externe du jury

Mémoire accepté le : \_\_\_\_\_

## ABRÉGÉ

Le test de marche de six minutes (TM6M) est un test fonctionnel sous-maximal fréquemment utilisé en clinique et en recherche pour évaluer la performance à la marche sur longue distance des personnes ayant une déficience physique. Malgré la popularité de ce test, il y a très peu d'études qui ont évalué le comportement de divers paramètres au cours de celui-ci. L'objectif principal de cette étude était de comparer les modifications du patron de marche et des paramètres cardiorespiratoires lors de l'exécution du TM6M des sujets ayant une hémiparésie chronique à celles d'un groupe témoin. Un second objectif a consisté à identifier les facteurs reliés au coût énergétique chez le groupe de sujets hémiparétiques.

Dix adultes sains (âgés de  $62.9 \pm 11.3$  ans) et 10 adultes hémiparétiques (âgés de  $61.0 \pm 14.1$  ans) ont participé à l'étude. Les participants hémiparétiques avaient un score moyen de 4.6/7 ( $\pm 1.3$ ) à la jambe au Chedoke McMaster Stroke Assessment et de 47.7/56 ( $\pm 6.6$ ) à l'échelle de Berg. Pour quantifier les modifications du patron de marche, les paramètres du cycle de marche, l'activité des muscles des membres inférieurs et l'excursion angulaire à la hanche ont été enregistrés avec le système d'acquisition de signaux Noraxon (Telemetry System). Les réponses cardiorespiratoires ( $VO_2$ ,  $VCO_2$ , fréquences cardiaque et respiratoire, etc.) ont été collectées avec l'appareil Cosmed K4 b<sup>2</sup>. Tous les signaux ont été transmis par télémétrie en temps réel pour toute la durée du test pendant que le sujet marchait dans un corridor de 25 mètres. Les données au repos et à chaque minute du TM6M ont été retenues pour les analyses statistiques, lesquelles incluaient des analyses de variance et des corrélations de Spearman ( $r_s$ ).

Les résultats ont montré que la distance et la vitesse de marche au TM6M chez les sujets hémiparétiques étaient diminuées ( $274.6 \pm 163.7$  m et  $0.76 \pm 0.45$  m/s respectivement) par comparaison à celles des sujets sains ( $565.5 \pm 64.9$  m et  $1.57 \pm 0.18$  m/s). Les différences du patron de marche entre les deux groupes correspondent à celles rapportées pour la marche sur courte distance au cours du TM6M. En général, les paramètres du patron de marche variaient peu dans le temps tandis que les réponses cardiorespiratoires ont montré une augmentation graduelle jusqu'à un peu plus de la 2<sup>e</sup> minute du test et se stabilisaient par la suite. Le coût énergétique ( $VO_2$  par mètre), correspondant à l'énergie requise pour marcher un mètre, est en moyenne 40% plus élevé chez les sujets hémiparétiques. Les analyses corrélatives ont montré que, chez les sujets hémiparétiques, le coût énergétique est associé à plusieurs déficiences physiques dont la force musculaire globale du membre inférieur parétique ( $r_s = -0.71$ ), la fonction motrice ( $r_s = -0.62$ ), l'équilibre ( $r_s = -0.73$ ) et à des variables reliées au patron de marche telle que l'excursion à la hanche bilatérale ( $r_s = -0.66$ ) et le pourcentage d'appui du côté non parétique ( $r_s = 0.64$ ).

Les deux groupes de sujets ne montrent pas de changements du patron de marche au cours du TM6M. De plus, leurs périodes d'adaptation à l'exercice sont comparables. Les résultats indiquent que les déficiences physiques sont associées à la diminution de la distance de marche et de l'augmentation du coût énergétique lors du TM6M et que les sujets des deux groupes adoptent un patron de marche qu'ils conservent durant toute la durée du test.

**Mots clés:** marche, AVC, endurance, coût énergétique, EMG.

## ABSTRACT

The six-Minute Walk Test (6-MWT) is a functional submaximal test which is frequently used in clinical settings and research to evaluate the gait performance over long distance in persons with physical disabilities. Despite the popularity of the 6-MWT, only few studies have evaluated the changes in various parameters during the test. The main objective of this study was to compare the walking pattern modifications and cardiorespiratory parameters during the execution of the 6-MWT in subjects with chronic hemiparesis after stroke as opposed to able-bodied subjects. The second objective consisted on identifying the factors linked to the energy cost among the stroke subjects.

Ten healthy adults (mean age,  $62.9 \pm 11.3$  [SD] years) and ten stroke adults (mean age,  $61.0 \pm 14.1$  [SD] years) participated in the study. The stroke participants had an average Chedoke-McMaster Stroke Assessment score of  $4.6/7$  ( $\pm 1.3$ ) in the leg and  $47.7/56$  ( $\pm 6.6$ ) at the Berg scale. To quantify the gait pattern modifications, the gait cycle parameters, the activity of the lower limb muscles and the hip excursion angles were registered with the Noraxon Signals Acquisition System (Telemetry System). The cardiorespiratory responses ( $VO_2$ ,  $VCO_2$ , heart and respiratory rate, etc.) were collected with the Cosmed K4 b<sup>2</sup> portable metabolic system. All the signals were transmitted by telemetry in real time during the entire test, while the subject was walking in a 25-meter corridor. The data at resting time and at each minute of the 6-MWT were kept for statistics analyses, those including analysis of variance (ANOVA) and Spearman correlations ( $r_s$ ).

The results showed that walking distance and speed of the 6-MWT among the stroke subjects were decreased ( $274.6 \pm 163.7$  m and  $0.76 \pm 0.45$  m/s respectively) compared to those in the able-bodied subjects ( $565.5 \pm 64.9$

m and  $1.57 \pm 0.18$  m/s). The differences in gait pattern between the two groups correspond to those previously reported for short distance walking. In general, during the 6-MWT, the parameters of the gait pattern varied a little whereas the cardiorespiratory responses showed gradual increase until the second minute into the test and stabilized right after. The energy cost ( $\text{VO}_2$  per meter) corresponding to the required energy to walk one meter is on average 40% higher in the stroke subjects. The correlative analyses showed that among the stroke subjects, the energy cost is associated to many physical disabilities such as the global muscular strength of the affected lower limb ( $r_s = -0.71$ ), the motor function ( $r_s = -0.62$ ), the balance ( $r_s = -0.73$ ) and to the variables linked to the gait pattern, for instance, the bilateral hip excursion ( $r_s = -0.66$ ) and the percentage of stance time of the unaffected side ( $r_s = 0.64$ ).

The two groups of subjects do not show any changes in the gait pattern during the 6-MWT. Furthermore, their periods of adaptation to the exercise are comparable. The results indicate that the physical disabilities are associated for the decrease in the walking distance and the increase in the energy cost during the 6-MWT and that, the subjects in both groups adopt a gait pattern which they maintain during the entire test.

**Keywords:** gait, stroke, endurance, energy cost, EMG.



**TABLE DES MATIÈRES**

<b>ABRÉGÉ .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DÉDICACE .....</b>	<b>xv</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>CHAPITRE 1: PROBLÉMATIQUE.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Objectifs de l'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Hypothèses .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Pertinence de l'étude .....</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 2: REVUE DE LA LITTÉRATURE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 L'accident vasculaire cérébral (AVC).....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1 Définition et statistiques .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Signes cliniques .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 Capacité à la marche chez les sujets hémiparétiques       suite à un AVC .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Marche normale .....</b>	<b>10</b>

2.2.1	Définition .....	10
2.2.2	Cycle de marche et variables spatio-temporelles.....	10
2.2.3	Cinématique de la marche normale .....	13
2.2.4	Cinétique de la marche normale .....	15
2.2.5	Activité électromyographique lors de la marche normale.....	15
2.2.6	Coût énergétique de la marche normale .....	18
2.3	Marche chez le sujet hémiparétique .....	21
2.3.1	Variables spatio-temporelles.....	21
2.3.2	Variables cinématiques.....	23
2.3.3	Études électromyographiques (EMG).....	24
2.3.4	Coût énergétique de la marche anormale .....	25
2.3.5	Coût énergétique de la marche chez le sujet hémiparétique..	26
2.4	Réponses physiologiques normales à l'exercice .....	27
2.4.1	Réponses cardiorespiratoires .....	28
2.4.2	Réponses métaboliques .....	29
2.5	Test de marche de 6 minutes (TM6M).....	31
2.5.1	Description.....	32
2.5.2	Qualités psychométriques.....	33
2.5.3	Facteurs influençant la distance de marche .....	35
2.5.4	Paramètres cardiorespiratoires mesurés lors du test.....	37
<b>CHAPITRE 3: MÉTHODOLOGIE.....</b>		<b>42</b>
3.1	Population à l'étude .....	42
3.2	Critères d'inclusion et d'exclusion des sujets.....	43
3.3	Séances d'évaluation .....	44
3.3.1	Évaluation des caractéristiques sociodémographiques (première séance).....	45
3.3.2	Évaluation clinique (première séance).....	45
3.3.2.1	Sévérité de l'atteinte motrice .....	45
3.3.2.2	Tonus musculaire .....	46

3.3.2.3	Coordination.....	46
3.3.2.4	Mobilité articulaire .....	47
3.3.2.5	Sensibilité .....	47
3.3.2.6	Équilibre .....	48
3.3.2.7	Qualité de vie.....	48
3.3.2.8	Perception du niveau des activités .....	49
3.3.2.9	Fréquence des activités physiques.....	49
3.3.2.10	Capacités locomotrices.....	50
3.3.3	Évaluation de la force musculaire (deuxième séance).....	50
3.3.3.1	Genou .....	51
3.3.3.2	Cheville .....	52
3.3.3.3	Hanche.....	52
3.3.4	Test de marche de 6 minutes instrumenté (TM6Mi; troisième séance) .....	54
3.3.4.1	Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires .....	55
3.3.4.2	Système d'acquisition des paramètres reliés au patron de marche.....	57
3.3.5	Test de force des muscles fléchisseurs plantaires pré et post-TM6Mi.....	59
3.4	Traitement des données du TM6Mi.....	59
3.5	Analyses statistiques .....	61
<b>CHAPITRE 4: RÉSULTATS .....</b>		<b>63</b>
4.1	Caractéristiques des participants .....	63
4.2	Évaluation clinique des participants hémiparétiques .....	64
4.2.1	Perception de la qualité de vie .....	67
4.2.2	Perception du niveau et fréquence des activités physiques ..	67
4.3	Évaluation de la force musculaire au membre inférieur .....	68
4.4	Test de marche de 6 minutes instrumenté (TM6Mi) .....	69

4.4.1	Quantification des paramètres cardiorespiratoires.....	69
4.4.2	Quantification des variables reliées au patron de marche .....	72
4.5	Test de force musculaire des muscles fléchisseurs plantaires .....	74
4.6	Variables associées au coût énergétique chez les sujets hémiparétiques .....	74
<b>CHAPITRE 5: DISCUSSION.....</b>		<b>77</b>
5.1	Résumé des principaux résultats .....	77
5.2	Population étudiée et évaluation clinique .....	78
5.3	Changements au cours du TM6Mi .....	80
5.4	Comparaisons entre les groupes.....	85
5.5	Variables associées au coût énergétique chez les sujets hémiparétiques.....	89
5.6	Limites de l'étude .....	93
<b>CHAPITRE 6: CONCLUSION.....</b>		<b>96</b>
<b>CHAPITRE 7: BIBLIOGRAPHIE.....</b>		<b>98</b>
<b>ANNEXE A: CERTIFICAT D'ÉTHIQUE .....</b>		<b>xviii</b>
<b>ANNEXE B: FORMULAIRE DE CONSENTEMENT .....</b>		<b>xxi</b>
<b>ANNEXE C: QUESTIONNAIRE MAISON SUR LE TABAGISME .....</b>		<b>xxviii</b>
<b>ANNEXE D: QUESTIONNAIRE MAISON UNIFORMISÉ SUR LES     CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES.....</b>		<b>xxx</b>
<b>ANNEXE E: QUESTIONNAIRE DE PARTICIPATION À DES     ACTIVITÉS PHYSIQUES SANTÉ.....</b>		<b>xxxv</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I :	Contre-indications pour une épreuve d'effort .....	40
Tableau II :	Indications générales pour arrêter une épreuve d'effort .....	41
Tableau III :	Moyennes ( $\pm$ écart-types) et étendues (min-max) des caractéristiques des participants .....	64
Tableau IV :	Résultats de l'évaluation clinique des participants hémiparétiques .....	66
Tableau V :	Résultats aux huit domaines du SF-36 .....	67
Tableau VI :	Moyennes ( $\pm$ écart-types) et étendues (min - max) de l'évaluation de la force musculaire des participants hémiparétiques .....	68
Tableau VII :	Moyenne ( $\pm$ écart-types) des paramètres du TM6Mi chez les sujets hémiparétiques et les sujets sains .....	71
Tableau VIII :	Moyenne ( $\pm$ écart-types) de la force musculaire (Nm) des muscle fléchisseurs plantaires pré et post-TM6Mi chez les sujets hémiparétiques et les sujets sains .....	74
Tableau IX :	Corrélations de Spearman de diverses variables avec le coût énergétique .....	75

## LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Évaluation de la force musculaire maximale des fléchisseurs et extenseurs au genou .....	53
Figure 3.2 : Évaluation de la force musculaire maximale en flexion plantaire et en flexion dorsale à la cheville .....	53
Figure 3.3 : Évaluation de la force musculaire maximale des fléchisseurs et extenseurs à la hanche .....	53
Figure 3.4 : Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires (Cosmed K4 b <sup>2</sup> Portable Metabolic System).....	56
Figure 3.5 : Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires installé sur le sujet.....	56
Figure 3.6 : Système d'acquisition des paramètres reliés au patron de marche (signaux d'EMG et signaux d'électrogoniomètres).....	58
Figure 4.1 : Paramètres cardiorespiratoires en fonction du temps lors du TM6Mi pour les deux groupes de sujets .....	70
Figure 4.2 : Variables reliées au patron de marche au cours duTM6Mi.....	73
Figure 4.3 : Diagrammes de dispersion montrant les relations entre la variable coût énergétique et certaines variables cliniques.....	76

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AVC	-	Accident vasculaire cérébral
bpm/min	-	Battement par minute
EMG	-	Électromyographie
FC	-	Fréquence cardiaque
FR	-	Fréquence respiratoire
HAP	-	Human Activity Profile
kg	-	Kilogramme
L	-	Litre
m	-	Mètre
ml	-	Millilitre
m/s	-	Mètres par seconde
min	-	Minutes
Nm	-	Newton mètre
MPOC	-	Maladie pulmonaire obstructive chronique
O <sub>2</sub>	-	Oxygène
pas/min	-	Pas par minute
PE	-	Perception de l'effort
QdV	-	Qualité de vie
s	-	Secondes
SAA	-	Score d'activité ajusté

SAM	-	Score d'activité maximale
SatO <sub>2</sub>	-	Saturation d'oxygène
TAD	-	Tension artérielle diastolique
TAS	-	Tension artérielle systolique
TM6M	-	Test de marche de six minutes
TM6Mi	-	Test de marche de six minutes instrumenté
VCO <sub>2</sub>	-	Production de dioxyde de carbone
VE	-	Ventilation-minute
VO <sub>2</sub>	-	Taux de consommation d'oxygène
VO <sub>2</sub> max	-	Consommation maximale d'oxygène
VT	-	Volume courant



## DÉDICACE

Ce mémoire est dédié à mon époux Eros, pour sa complicité, témoignée par sa présence, par son amour et soutien dans les moments les plus difficiles.

## REMERCIEMENTS

Je remercie Dre Sylvie Nadeau, directrice de ce projet, pour sa supervision et ses précieux enseignements tout au long de ma maîtrise, pour ses conseils pertinents, sa disponibilité sans borne et son dévouement pour ce projet et pour la recherche. Je remercie également ma co-directrice Madame Rachel Brosseau pour son assistance, ses judicieux conseils et le partage de son expertise. Je tiens à souligner ses encouragements soutenus et surtout la confiance qu'elle m'a toujours témoignée.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers le personnel du Centre de Recherche Interdisciplinaire en Réadaptation (CRIR), site Institut de Réadaptation de Montréal. Je remercie particulièrement M. Michel Goyette, ingénieur, pour sa grande disponibilité, sa patience et surtout, pour son implication dans le développement des programmes informatiques requis pour ce projet. Je tiens à exprimer toute ma gratitude envers M. Daniel Marineau, technicien en électronique, pour son implication respectueuse à la mise au point de l'équipement et Mesdames Denise D'Anjou, de l'école de réadaptation de Montréal, Denise Varennes et Lyne Malbœuf, du programme de Sciences Biomédicales de l'Université de Montréal, pour leurs petites attentions qui m'ont facilité la vie. Je suis également reconnaissante à Dr. Daniel Lajeunesse, directeur du programme de Sciences Biomédicales de l'Université de Montréal, pour sa grande disponibilité, sa patience, ses encouragements et surtout sa générosité et compréhension dans les moments les plus difficiles. Merci aussi à tous les sujets qui ont accepté de participer à ce projet de recherche.

Je souhaite également remercier tous les étudiants du laboratoire de pathokinésiologie et d'analyse des activités fonctionnelles pour leurs encouragements et leur aide à la révision du français tout au long de ma maîtrise. Je remercie plus particulièrement M. Dany Gagnon, étudiant au doctorat, et Madame Carole Tardif, physiothérapeute à l'hôpital de réadaptation Lindsay, pour leur participation aux collectes des données. Merci également à Mesdames France Piotte, Julie Lecours et Alexandra Duranceau pour m'avoir aidée lors du traitement de mes données.

J'adresse aussi des remerciements particuliers à mes amis ; Dre Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela et Dre Stella Michaelsen, Mesdames Carole Fortin, et Sibeles Melo et Messieurs Robert Raymond, Joseph-Omer Dyer et Luis Fernando Requiao, pour m'avoir soutenue, aidée et surtout pour le partage de leurs connaissances.

Finalement, j'aimerais remercier toutes les personnes qui m'ont toujours encouragée au cours de cette étape de ma vie particulièrement mes parents et surtout mon époux Eros De Oliveira Junior, pour son dévouement, sa patience, sa compréhension et son aide dans la réalisation de ce mémoire.

# CHAPITRE 1

## PROBLÉMATIQUE

### 1.1 Introduction

Au Canada, chaque année, environ 50 000 personnes sont victimes d'un accident vasculaire cérébral (AVC) (Fondation des maladies du coeur, 2003). Plusieurs des ces victimes vont survivre avec des déficits variés comme par exemple des problèmes sensori-moteurs, émotionnels, de langage, de perception, et des problèmes cognitifs, lesquels nécessiteront des traitements spécialisés (O'Sullivan, 1994; Mayo et al., 1999). En réadaptation physique, une partie importante des traitements visent à redonner au client une capacité fonctionnelle acceptable en facilitant la récupération de la fonction sensori-motrice avec le but principal de regagner la capacité de marcher. En raison de la faiblesse musculaire (hémiparésie), des problèmes d'équilibre, de l'incoordination motrice et des déficits sensitifs, seulement une minime proportion des sujets hémiparétiques pourront remarcher normalement (Wade et al., 1987) et moins de 25% des personnes hémiparétiques récupéreront une vitesse normale de marche (Bohannon, 1989).

Plusieurs auteurs ont développé différents tests avec l'objectif d'évaluer la capacité fonctionnelle comme par exemple le test de marche de 6 minutes (TM6M). Le TM6M est un test fréquemment utilisé en clinique et en recherche pour évaluer la performance à la marche sur longue distance ( $\geq 25$  m) (endurance) des personnes ayant des déficiences physiques (Finch et al., 2002). Le test, décrit initialement par Butland et al. (1982), consiste en une marche d'une durée de 6 minutes pendant laquelle le patient doit couvrir la plus grande distance possible. Contrairement au test de marche sur courte distance (5 ou 10 mètres), le TM6M exige un effort sous-maximal soutenu. En

général, l'effort cardiorespiratoire se situe entre 50% et 80% de la capacité aérobie maximale ( $VO_2$  max) ou entre 65% et 90% de la fréquence cardiaque maximale (Kervio et al., 2003; Troosters et al., 1999; Pohl et al., 2002; Eng et al., 2002; Guyatt et al., 1985a).

Chez les patients avec une atteinte cardiorespiratoire, la distance au TM6M est déterminée en grande partie par la capacité maximale à l'exercice. La distance totale de marche est corrélée avec les résultats des paramètres cardiaques ou respiratoires obtenus lors de méthodes traditionnelles d'évaluation des capacités maximales à l'effort (tapis roulant ou bicyclette; Onorati et al., 2003; Solway et al., 2001). Même si peu d'entre eux ont examiné les modifications des paramètres cardiorespiratoires lors de l'exécution même du TM6M, les chercheurs s'entendent sur le fait que le TM6M est un bon indicateur des capacités à l'exercice chez les patients avec une atteinte cardiorespiratoire (Solway et al., 2001). Toutefois, chez les patients qui ne présentent pas d'atteinte cardiorespiratoire ou de maladie vasculaire périphérique, le TM6M serait davantage un test de mesure de la capacité fonctionnelle, principalement de l'habilité à entreprendre des activités de la vie quotidienne (AVQ) exigeantes physiquement et le résultat serait partiellement expliqué par les déficiences du système neuro-musculaire (Bean et al., 2002; Troosters et al., 1999; Eng et al., 2002; Lord et Menz, 2002). Par exemple chez le sujet hémiparétique, la distance de marche est influencée par les atteintes physiques (i.e. faiblesse, spasticité) associées à l'AVC en plus du niveau d'atteinte de l'endurance cardiorespiratoire (Pohl et al., 2002; Potempa et al., 1995; Eng et al., 2002; Enright et al., 2003; Cunha et al., 2002; Water et Mulroy, 1999). De même, chez les sujets âgés avec des problèmes de mobilité, la distance au TM6M serait fortement associée aux mesures fonctionnelles mais ne serait pas associée aux mesures de la capacité aérobie (Bean et al., 2002).

À notre connaissance, très peu d'études se sont intéressées à quantifier les paramètres physiologiques lors de l'exécution du TM6M. Kervio et al. (2003) ont étudié les échanges gazeux avec le système Cosmed K4 télémétrique chez un petit groupe de 12 personnes en santé (âge entre 60-70 ans). Ils ont montré que la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) et la fréquence cardiaque (FC) augmentaient au cours des deux premières minutes du TM6M pour se stabiliser par la suite à un niveau modéré d'essoufflement. Des observations semblables pour la fréquence cardiaque ont été relevées chez les sujets hémiparétiques (Eng et al., 2002). Ces résultats, bien que peu nombreux et limités, suggèrent que l'adaptation cardiorespiratoire s'effectue rapidement soit dans les deux premières minutes du test. En ce qui a trait aux adaptations du système neuromusculaire au cours du TM6M, il y a très peu d'informations. Chez le sujet sain, la vitesse de marche diminuerait légèrement par rapport à la vitesse initiale dans la première minute du test puis elle se stabiliserait (Kervio et al., 2003). Selon Dean et al. (2001) et Eng et al. (2002), les sujets hémiparétiques ne présenteraient aucune modification de la vitesse de marche au cours du test, mais ceux-ci adopteraient au départ une vitesse inférieure à leur vitesse naturelle de marche. Aussi invraisemblable que cela puisse paraître et en dépit de l'usage important de ce test en milieu clinique et en recherche, il n'y a aucune étude qui a tenté de quantifier d'autres paramètres de la marche au cours du TM6M. Il est présumé que ces informations pourraient permettre de mieux comprendre les exigences imposées au système neuro-musculaire et cardiorespiratoire lors d'une marche sur longue distance.

## **1.2 Objectifs de l'étude**

La présente étude a pour but de quantifier divers paramètres neuro-musculaires et cardiorespiratoires lors de l'exécution du TM6M chez un

groupe d'adultes ayant eu une atteinte vasculaire cérébrale (hémiparésie) et un groupe d'adultes en santé. Les objectifs spécifiques de cette étude sont de : 1) documenter les changements au cours du TM6M des paramètres cardiorespiratoires et des variables reliées au patron de marche, 2) comparer les résultats des deux groupes de sujets à l'étude et 3) identifier les variables cliniques et reliées au patron de marche explicatives du coût énergétique chez les sujets hémiparétiques.

### **1.3 Hypothèses**

Pour le premier objectif, l'hypothèse principale est que les paramètres cardiorespiratoires et les variables reliées au patron de marche montreront des changements au cours du TM6M chez les deux groupes de sujets. Pour les paramètres cardiorespiratoires, ces changements seront observés lors des deux premières minutes du TM6M et se stabiliseront par la suite. Cette hypothèse est formulée en se basant sur les travaux de Kervio et al. (2003) qui ont montré que les plus grands changements cardiorespiratoires étaient observés dans la première partie du TM6M. Pour les variables reliées au patron de marche, la vitesse de marche sera constante durant le TM6M chez les deux groupes de sujets en accord avec les résultats de Kervio et al. (2003) et Eng et al. (2002). Cependant, les autres variables quantifiant le patron de marche (excursion à la hanche, électromyographie, pourcentage d'appui) montreront des adaptations visant à maintenir constante la vitesse de marche chez les deux groupes de sujets en dépit de la fatigue. Entre autres, il est postulé que, durant le TM6M, les sujets hémiparétiques montreront des stratégies compensatoires illustrant une sur-utilisation du côté non-parétique pour palier à la fatigue du côté parétique.

Pour le deuxième objectif, l'hypothèse est que les résultats des sujets sains seront différents de ceux des sujets hémiparétiques. La distance de marche au TM6M sera plus élevée chez le groupe témoin et les paramètres cardiorespiratoires seront donc, dans l'ensemble, plus élevés chez ce groupe de sujets à l'exception du coût énergétique qui sera supérieur chez les sujets hémiparétiques. Pour les variables reliées au patron de marche, elles seront aussi différentes entre les deux groupes et ces différences seront conformes aux modifications décrites pour la marche sur courte distance (Olney et Richards, 1996).

Pour le troisième objectif, il est proposé que les variables reliées aux déficiences motrices et aux capacités fonctionnelles seront explicatives de l'augmentation du coût énergétique de la marche. Les études de Waters et Lunsford (1985) et de Corcoran et Brengelmann (1970), entre autres, supportent cette hypothèse.

#### **1.4 Pertinence de l'étude**

Il y a peu d'études qui ont évalué l'exécution du TM6M dans le but de documenter les exigences physiques de ce test afin de mieux établir le lien entre la performance lors de la marche sur longue distance et le statut fonctionnel des sujets. L'étude montrera si les sujets ont une réorganisation neuro-musculaire pour maintenir la vitesse de marche et réduire la fatigue lors du TM6M. Les changements des paramètres spatio-temporels et l'utilisation de compensations entre les membres inférieurs ou entre les muscles d'un même membre inférieur pourront, entre autres, être examinés. Cette étude montrera aussi si le niveau de faiblesse musculaire affecte la distance de marche au TM6M et si l'atteinte motrice plus globale chez les sujets hémiparétiques entraîne davantage de fatigue musculaire et une plus



grande dépense énergétique que chez les sujets sains. Par ailleurs, nous pourrons aussi montrer s'il existe des liens entre les modifications du patron de marche incluant l'apparition de fatigue musculaire et les modifications des paramètres cardiorespiratoires chez les sujets hémiparétiques. Nous pensons que cette étude apportera des données pertinentes et novatrices pour la réadaptation de la marche sur longue distance des sujets avec atteintes physiques.

## **CHAPITRE 2**

### **REVUE DE LA LITTÉRATURE**

Ce chapitre comprend trois sections. La première section définit l'accident vasculaire cérébral et son impact sur la vie quotidienne principalement sur la marche. La seconde partie de ce chapitre présente une revue de la littérature sur la marche normale, la marche chez les sujets hémiparétiques incluant une description de l'activité électromyographique des muscles aux membres inférieurs et du coût énergétique lors de la marche chez ces deux groupes de sujets. La section suivante traite du test de marche de 6 minutes chez les sujets sains, les sujets hémiparétiques et ceux ayant une atteinte du système cardiorespiratoire. Cette dernière partie présente aussi, les principaux changements des paramètres cardiorespiratoires lors du TM6M.

#### **2.1 L'accident vasculaire cérébral (AVC)**

##### **2.1.1 Définition et statistiques**

L'accident vasculaire cérébral est défini comme l'apparition soudaine d'un déficit neurologique focal dû à une perturbation du flot sanguin, causée par une lésion cérébrale ischémique ou hémorragique (O'Sullivan et Schmitz, 1994). L'AVC occupe le quatrième rang parmi les causes de décès dans la population canadienne (Fondation des maladies du coeur, 2003). Au Canada, environ 40 000 à 50 000 personnes chaque année sont affectées par un AVC, 20% meurent avant d'avoir quitté l'hôpital, 50% retournent chez elles, 10% suivent un programme de réadaptation en milieu hospitalier et 15% nécessitent des soins de longue durée (Fondation des maladies du coeur,

2003). Selon Petrasovits et Nair (1994), au Canada, le taux de décès suite à un AVC ne cesse de diminuer depuis le début des années 50. De sorte que, le Canada enregistre l'un des taux de mortalité le plus faible du monde suite à cette maladie.

### 2.1.2 Signes cliniques

L'AVC résulte en une entité clinique caractérisée par une constellation de symptômes neurologique qui s'installent rapidement et persistent plus de 24 heures après la lésion (Walker et al., 1981). Les signes cliniques incluent des problèmes sensori-moteurs et perceptuels, la perte de la parole ainsi que des dérangements d'ordre cognitif (Mayo et al., 1999). L'atteinte motrice altère la posture, l'équilibre, le tonus, la coordination, les mouvements volontaires et la force de plusieurs groupes de muscles (Wood-Dauphinee, 1985). L'atteinte de la force musculaire, du côté controlatéral à la lésion cérébrale, peut être complète (paralysie) ou partielle (parésie) (O'Sullivan et Schmitz, 1994). La faiblesse musculaire et les autres déficiences motrices ont des répercussions sur l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne, les loisirs et le travail de la personne ayant eu un AVC (Dombovy, 1991). En réadaptation physique, une partie importante des traitements visent à redonner au client une capacité fonctionnelle acceptable en facilitant ou optimisant la récupération sensori-motrice. Un des buts principaux, autant pour le client que le clinicien, est de récupérer la capacité de marcher (Bohannon et al., 1988).

### 2.1.3 Capacité à la marche chez les sujets hémiparétiques suite à un AVC

Six mois après un AVC, 50% à 62% des personnes atteintes présentent une hémiparésie, mais seulement 9% ont une atteinte sévère (Bonita et Beaglehole, 1988). Selon Wade et al. (1987), 60% des patients

recupèrent dans une période de trois mois la capacité de marcher après l'avoir perdue. Cependant, en raison de la faiblesse musculaire, des problèmes d'équilibre, de l'incoordination motrice et des déficits sensitifs, seulement une minime proportion des patients hémiparétiques peut remarcher normalement (Wade et al., 1987). Certains patients, environ 13%, continuent de s'améliorer après un an (Dombovy, 1991). Parmi plusieurs facteurs évalués, l'étude de Bohannon (1989) a révélé que la force musculaire du côté atteint et l'équilibre étaient deux facteurs reliés à l'indépendance de la marche chez un groupe de 33 sujets hémiparétiques. Nadeau et al. (1999b) ont aussi montré que la force des muscles des fléchisseurs plantaires et des muscles fléchisseurs de la hanche du côté atteint était reliée à la vitesse de marche confortable et maximale chez les personnes ayant une hémiparésie.

Mayo et al. (1999) ont évalué des sujets hémiparétiques un an après leur AVC en utilisant la marche de 6 minutes. Des 46 sujets qu'ils ont recrutés, seulement 24 sujets ont été capables de marcher pendant 6 minutes. Les sujets ont parcouru, en moyenne, une distance de 250 m, seulement 40% de la distance parcourue normalement par les sujets sains. Ces résultats suggèrent que les personnes avec une hémiparésie ont des difficultés à réaliser une marche prolongée. Dans cette étude de Mayo et al. (1999), l'endurance à la marche, estimée par la distance de marche parcourue en 6 minutes, a été la seule mesure d'incapacité qui a montré une association significative avec la réintégration à la vie normale.

## 2.2 Marche normale

### 2.2.1 Définition

La marche est une activité dans laquelle le corps est alternativement supporté par une jambe puis par l'autre. Il y a deux périodes où les pieds sont en contact avec le sol (Saunders et al., 1953; Winter, 1991). Pélissier et Brun (1994) décrivent également la marche comme une combinaison de mouvements dans le temps et l'espace qui permettent le déplacement de l'individu. Judge et al. (1993) et Nadeau et al. (2001) mentionnent que la marche normale sollicite la force musculaire, l'amplitude articulaire, la coordination, la capacité aérobie, la proprioception, la sensibilité des membres inférieurs, l'équilibre, la posture, la vision et la planification de mouvements. Tous ces facteurs sont nécessaires pour marcher normalement. Les sections suivantes présentent les caractéristiques d'un cycle de marche et décrivent le patron de marche normale.

### 2.2.2 Cycle de marche et variables spatio-temporelles

Les caractéristiques de la marche normale et pathologique sont souvent présentées en se référant au cycle de marche et à ses différentes phases. Le cycle de marche à droite débute au moment où le pied droit (normalement le talon) fait contact avec le sol et se termine au contact suivant du même pied avec le sol. La durée d'un cycle normal est environ 1 à 1.5 seconde (Judge et al., 1993; Winter, 1991). Lors d'un cycle de marche à droite, le pied droit est d'abord en contact avec le sol (phase d'appui) puis dans les airs (phase d'oscillation). Dans un cycle de marche normalisé à 100%, l'appui débute lorsque le pied entre en contact avec le sol à 0% du cycle et se termine lorsque le pied quitte le sol (normalement les orteils) à ~60% du cycle. La phase d'oscillation début lorsque le pied droit quitte le sol

et correspond à la période où le pied n'est plus en contact avec le sol. Cette phase se termine lorsque le pied droit refait contact avec le sol à 100% du cycle de marche. Les caractéristiques d'un cycle gauche sont définies de la même façon (Winter, 1991). À la vitesse normale de marche, la phase d'appui occupe donc approximativement 60% et la phase d'oscillation 40% d'un cycle de marche normalisé (Winter, 1991; Nadeau et al., 1996). Il existe deux périodes du cycle où les deux pieds sont au sol; ces phases sont appelées les doubles appuis. La période où seulement un pied est en contact avec le sol est le simple appui. En général, à vitesse normale, chaque phase de double-appui occupe 8% à 11% du cycle de marche pour un total de 16% à 22% du cycle pour les deux phases. La durée des phases de double appui varie de façon opposée avec la vitesse de marche. Lors de la marche à vitesse lente, la durée (ou pourcentage) des doubles appuis augmente relativement à la durée de la phase de simple appui (ou appui unipodal), mais à mesure que la vitesse devient plus rapide, les périodes de double appui diminuent (Bouisset et Maton, 1995). La durée en seconde ou en pourcentage de la phase de simple appui est équivalente à la durée de la phase d'oscillation (~ 40%) du pied opposé (gauche pour un cycle à droite).

En plus de la durée du cycle de marche et de ses différentes phases, les variables spatio-temporelles incluent la vitesse de marche en mètres par seconde (m/s), la longueur du pas en mètres (m) et la cadence exprimée en nombre de pas par minute (pas/min). Il y a deux pas par cycle de marche (Larsson et al., 1980). La vitesse de marche peut être estimée à partir de la cadence et de la longueur du pas avec les formules suivantes (Winter, 1991).

$$\text{Vitesse (m/s)} = \frac{\text{longueur du cycle (m)} \times \text{cadence (pas/min)}}{120(\text{s})} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{longueur du cycle (m)}}{\text{temps du cycle (s)}}$$

Pour estimer la longueur du cycle, il faut connaître la distance parcourue par deux contacts successifs du même pied (par exemple du talon

droit au talon droit subséquent). En l'absence d'appareillage, cette distance ainsi que le temps pris pour la franchir peuvent être difficiles à mesurer précisément, particulièrement si le sujet marche à une vitesse rapide.

En clinique, c'est davantage la vitesse moyenne (par opposition à vitesse instantanée) du sujet qui est utilisée pour quantifier la capacité à marcher d'un individu. Par exemple, Bohannon (1986) et Bohannon et Andrews (1990) ont mesuré la vitesse et la cadence de marche lors d'un essai de marche chronométré sur une distance de huit mètres. La vitesse de marche a été calculée en divisant la distance de marche par le temps, en seconde, qui s'est écoulé pour couvrir cette distance tandis que la cadence a été calculée en comptant le nombre de pas faits par le sujet pour la période de temps et en extrapolant le résultat à une minute. Plusieurs tests de ce genre, tels que le test de marche naturelle ou maximale sur 5m ou 10m, sont fréquemment utilisés par les cliniciens pour estimer la vitesse moyenne de marche (Bohannon et al., 1996) de leurs patients. Il existe aussi des tests qui permettent d'estimer la vitesse de marche moyenne pour des distances plus longues ou pour un temps prolongé. Le test de marche de 6 minutes (voir section 2.5) est un des tests les plus utilisés en clinique pour estimer la capacité à marcher de façon prolongée chez les sujets ayant des déficiences physiques. La vitesse de marche est rapportée à des temps précis du test; par exemple, à deux et à six minutes à partir de la distance parcourue par le patient.

Selon Winter (1991) et DuChatinier et al. (1970), la vitesse de marche naturelle chez le sujet sain est environ 1.2 m/s, la longueur du cycle de 1.51 m et la cadence de 100 à 120 pas/min. La vitesse de marche est reconnue comme un indicateur de la performance à la marche, de la capacité physique, de l'indépendance, du niveau d'activités sociales et de l'état de santé (Andriacchi et al., 1977; Luukinen et al., 1995; Potter et al., 1995; Cwikel et al., 1995;

Engle, 1986). De plus, la vitesse de marche est fidèle et sensible aux changements de la récupération motrice, sans égard au niveau de fonction initiale des sujets (Collen et al., 1990; Richards et Olney, 1996).

La vitesse de marche est un facteur important à considérer dans l'analyse de la marche, parce que les altérations de la vitesse sont accompagnées par des changements sur tous les aspects de la marche, comme par exemple les mesures de temps et de distance, de dépenses d'énergie et d'activités musculaires. Néanmoins, chaque sujet a une vitesse libre ou confortable de marche sur un terrain plat, qui est la plus efficace énergiquement pour cet individu (Bard et Ralston, 1959).

### 2.2.3 Cinématique de la marche normale

La cinématique décrit le mouvement dans l'espace indépendamment des forces impliquées, internes et externes, qui causent le mouvement (Winter, 1991). La cinématique peut être décrite dans les trois plans de l'espace et elle inclut les déplacements linéaires et angulaires, les vitesses et les accélérations. Seuls les déplacements angulaires dans le plan sagittal seront décrits dans cette section.

De grands mouvements angulaires à la hanche, au genou et à la cheville sont produits dans le plan sagittal alors que selon Smidt (1971), le bassin reste relativement horizontal avec une variation moyenne de 3°. Au contact initial du pied avec le sol (début du cycle de marche), la hanche est fléchie (environ 20° à 30°) et va progressivement en extension pour atteindre une extension complète (environ 10°) à la fin de la phase d'appui, au moment de la poussée des orteils. La hanche revient par la suite de façon progressive en flexion jusqu'à la fin de la phase d'oscillation. Les résultats de l'étude de Smidt (1971), réalisée auprès de 31 sujets en utilisant un électrogoniomètre,



montre une influence de la vitesse de marche sur l'excursion totale à la hanche. L'amplitude de la flexion à l'extension maximale passait de 40° à 54° lorsque les sujets sains augmentaient leur vitesse de marche de lente (0.90 m/s  $\pm$  0.13) à rapide (1.90 m/s  $\pm$  0.67).

Le genou réalise deux mouvements de flexion et d'extension lors d'un cycle de marche. Le contact du talon au sol se produit avec le genou en extension. Il est immédiatement suivi par une légère flexion du genou ( $\sim$ 15°) (Winter, 1991). Selon Smidt (1971), cette flexion est importante pour réduire les forces d'impact causées par le contact rapide du pied avec le sol. Le genou réalise une première extension pendant la phase d'appui et commence à fléchir une deuxième fois quand le talon quitte le sol, pour atteindre une valeur maximale de flexion ( $\sim$ 70°) au milieu de la phase d'oscillation (Winter, 1991). Une deuxième extension du genou est ensuite observée. Celle-ci permet d'allonger le pas et de refaire contact avec le sol pour le prochain appui.

La cheville est dans une position neutre entre la flexion dorsale et la flexion plantaire au début du cycle de marche. Une flexion plantaire est ensuite observée (rabat du pied) et elle est suivie d'une flexion dorsale importante qui permet la progression du corps vers l'avant sur un pied fixe au sol. Pendant ce mouvement, le tibia avance sur le pied, et la cheville atteint environ 10° de flexion dorsale. Puis, le talon quitte le sol et une deuxième flexion plantaire est observée. Celle-ci est plus importante que la première ( $\sim$ 20°) et caractérise la phase de poussée de la marche. Pendant l'oscillation, la cheville est en légère flexion dorsale ou en position neutre (Winter, 1991).

#### 2.2.4 Cinétique de la marche normale

La cinétique réfère aux forces internes et externes qui causent le patron de marche observé. Selon Winter (1991), l'étude de la cinétique est fondamentale pour la compréhension du mouvement lors de la marche. L'analyse cinétique permet d'étudier les moments de force produits par les muscles autour d'une articulation et la puissance mécanique. Cependant, l'analyse cinétique requière des mesures en laboratoire et elle est habituellement restreinte à un ou deux cycles de marche que l'on répète à plusieurs reprises. L'analyse cinétique sur plusieurs cycles de marche consécutifs nécessite de connaître en tout temps la position des segments, par exemple, en plaçant des marqueurs sur le sujet, et les forces produites par les pieds sur le sol. Il est donc impossible actuellement d'utiliser l'analyse en laboratoire pour évaluer la cinétique sur une longue distance de marche telle que celle requise lors de l'évaluation d'un TM6M. L'enregistrement de l'activité des muscles est une approche qui permet d'obtenir des informations sur les efforts et l'action des muscles lors d'une marche prolongée.

#### 2.2.5 Activité électromyographique lors de la marche normale

L'électromyographie (EMG) est, au sens étymologique, l'enregistrement de l'activité électrique qui siège dans les muscles lorsqu'ils sont excités (Bouisset et Maton, 1995). Depuis les premiers enregistrements effectués par Piper en 1907, l'évolution des techniques a été telle que l'on dispose maintenant d'appareillages bien adaptés au besoin de l'EMG. La détection, l'enregistrement et le traitement du signal électromyographique constituent, de fait, trois aspects intimement liés de la technique électromyographique (Bouisset et Maton, 1995). Dans le domaine temporel de l'EMG, une mesure généralement exprimée en racine de la valeur moyenne du carré (Root Mean Square ou RMS) du signal myoélectrique, est

utilisée pour quantifier l'activité d'un muscle (Moritani et al., 1986). Il a été démontré que lors d'une augmentation progressive de la force (par recrutement de nouvelles unités motrices et modification de la fréquence de décharge des unités motrices déjà utilisées) (De Luca et al., 1982), il y a une augmentation proportionnelle de la valeur du RMS du signal EMG. Cette augmentation peut être linéaire ou non linéaire selon la stratégie utilisée par le muscle (Arsenault et Larivière, 2000; Moritani et al., 1986).

L'activité électromyographique des muscles du membre inférieur pendant la marche a fait l'objet de diverses études (Sutherland, 2001; Olree et Vaughan, 1995; Engardt et al., 1995; Ounpuu et Winter, 1989; Arsenault et al., 1986; Basmajian et De Luca, 1985; Olney et Winter, 1985). Cependant, il est pratiquement impossible d'enregistrer tous les muscles qui contribuent à un moment de force à une articulation en raisons de limitations associées à l'appareillage, à la profondeur de certains muscles qui exigent des électrodes implantées directement dans le muscle, à la possibilité d'interférence électrique ou diaphonie entre les muscles (Olney et Winter, 1985) et du temps nécessaire pour préparer le sujet. Selon Olney et Winter (1985), dans la pratique, l'activité EMG d'un muscle représentatif de chaque groupe musculaire est normalement enregistrée pour représenter l'activité de l'ensemble des muscles.

Parmi les muscles du membre inférieur mis en jeu lors de la marche, certains peuvent être considérés comme des muscles locomoteurs principaux: ce sont des muscles de la hanche, du genou et de la cheville, auxquels on peut éventuellement adjoindre certains muscles du pied (Bouisset et Maton, 1995). L'activité des muscles gastrocnémiens et du soléaire est prédominante entre ~10% à 50% du cycle de marche (Sutherland et al., 1980). Lors de la phase d'appui, la contraction excentrique de ces muscles permet de contrôler l'avancée du corps vers l'avant sur le pied fixe

au sol et à la fin de la phase d'appui, leur contraction concentrique permet la phase de poussée des orteils à ~ 50% du cycle de marche. Cette action se termine lorsque les orteils quittent le sol (Sutherland et al., 1988). Shiavi et al. (1981) ont démontré que les muscles gastrocnémiens et le soléaire sont activés plus rapidement avec l'augmentation de la vitesse de marche.

Lors de la marche à vitesse naturelle, le muscle tibial antérieur présente une première activité EMG sommet lors de la transition entre la période de décélération de la phase d'oscillation et le début du contact du talon au sol. La deuxième valeur sommet est présente au début de l'accélération de la phase d'oscillation (Dubo et al., 1976). L'activité du tibial antérieur à la phase d'oscillation aide à relever le pied par une contraction concentrique qui fait passer le pied (la cheville) d'une position de flexion plantaire à une position de flexion dorsale. Au début du cycle de marche, l'activité du tibial antérieur permet de contrôler la descente du pied sur le sol dans un mouvement harmonieux. Le muscle tibial antérieur présente une activité monophasique à vitesse lente et une activité multiphasique à vitesse rapide (Shiavi et al., 1981). Les muscles antagonistes fléchisseurs plantaires et fléchisseurs dorsaux agissent en alternance au cours de la marche à vitesse naturelle alors que le muscle quadriceps et ischio-jambiers montrent des périodes de co-activation plus importantes (Dubo et al., 1976; Shiavi et al., 1981).

Les muscles ischio-jambiers (semitendinosus et biceps femoris) montrent une valeur sommet importante à la fin du cycle de marche (~95% du cycle). Cette bouffée d'activité, qui diminue progressivement, se prolonge jusqu'à ~20% du cycle subséquent. Dans un premier temps, cette activité sert à décélérer la jambe oscillante afin de permettre un nouveau contact du talon avec le sol, requis pour assurer l'appui subséquent. Puis, dans un deuxième temps, elle assure, avec les extenseurs du genou, le support du poids sur le

membre inférieur en agissant comme extenseurs de la hanche (Kameyama et al., 1990; Winter, 1991; Dubo et al., 1976).

Les muscles extenseurs du genou, ceux qui constituent le muscle quadriceps, montrent des profils d'activité EMG différents au cours d'un cycle de marche. Les muscles vastus lateralis et medialis (monoarticulaires) sont surtout actifs au début du cycle de marche. En se contractant, ils aident à maintenir le genou en extension et assurent ainsi le support graduel du poids sur le membre inférieur en appui. En plus de montrer cette activité, le muscle rectus femoris, un muscle biarticulaire qui agit à la hanche comme fléchisseur et au genou comme extenseur, montre une deuxième période d'activité notable au début de l'oscillation. Cette activité permet d'une part de contrôler la flexion du genou en décélérant la rotation de la jambe. D'autre part, elle produit une partie de l'effort à la hanche qui contribue à avancer le membre inférieur vers l'avant lors de l'oscillation (Basmajian et De Luca, 1985; Winter, 1991).

#### 2.2.6 Coût énergétique de la marche normale

La dépense énergétique est une caractéristique de chaque individu. Il s'agit d'un aspect fondamental de l'autonomie locomotrice où les déficiences énergétiques viennent souvent se surajouter aux déficiences neurologiques, orthopédiques et cardiorespiratoires (Viel, 2000). La prise en compte de ce problème est à l'origine du développement des techniques de reconditionnement à l'effort, visant l'amélioration des performances énergétiques (Viel, 2000). La méthode de mesure de référence reste la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ), mais d'autres sont proposées (i.e. fréquence cardiaque, indice du coût physiologique). L'intérêt de la mesure de la consommation d'oxygène pour évaluer le coût énergétique d'une activité est reconnu depuis longtemps en ergonomie et a permis d'établir des normes de

travail en milieu professionnel en précisant la demande physiologique de différentes activités physiques comme le transport de charges (Garcin et al., 1996; Monod et al., 1985). La consommation d'oxygène est le volume d'oxygène consommé à chaque minute ( $\text{ml O}_2/\text{min}$ ) divisé par le poids corporel en kilogrammes ( $\text{ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) (Waters et Mulroy, 1999). De façon à disposer d'un rendement véritable de la bioénergétique au cours d'une activité (marche), il faut rapporter les résultats au mètre parcouru ( $\text{VO}_2 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{m}$ ), ce qui implique de mesurer la distance parcourue lors du test (Waters et Mulroy, 1999). Le coût énergétique rapporté au mètre parcouru est la consommation d'oxygène ( $\text{VO}_2 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ ) divisée par la vitesse de marche ( $\text{m}/\text{min}$ ). Cette valeur représente l'oxygène utilisé pour la tâche de marcher sur une distance de 1 mètre ( $\text{ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{m}$ ) (Waters et Mulroy, 1999). La dépense énergétique peut être exprimé en MET (équivalent métabolique), 1 MET correspondant à  $3.5 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $\text{VO}_2$  de l'adulte sain au repos) (Vandewalle, 2004). Une activité intense comme la course à 20 kilomètres par heure correspond ainsi à environ 20 fois la dépense énergétique de repos c'est-à-dire 20 METs (Vandewalle, 2004). Chez l'adulte sain, à vitesse libre de marche, la consommation d'oxygène pour la marche, se situe en moyenne à  $12 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ . Par comparaison, la  $\text{VO}_2$  chez le sujet immobile en décubitus est à  $3.5 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$ , alors qu'elle se situe à  $5 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{min}$  au cours de la position debout immobile (Viel, 2000). Il existe chez le sujet sain une relation linéaire entre la consommation d'oxygène et la vitesse de déplacement (Waters et al, 1988b; Waters et Mulroy, 1999).

Si la consommation d'oxygène est liée par une relation linéaire à la vitesse de marche, ce n'est plus le cas lorsque l'on rapporte cette valeur de  $\text{VO}_2$  au mètre parcouru (coût énergétique), il existe alors une relation hyperbolique entre le coût énergétique ( $\text{VO}_2 \text{ ml O}_2/\text{kg}\cdot\text{m}$ ) et la vitesse, la meilleure efficacité apparaissant pour la vitesse libre de marche aux alentours de  $80 \text{ m}/\text{min}$  ( $1.3 \text{ m}/\text{s}$ ) (Bard et Ralston, 1959). Le coût énergétique

se situe alors en moyenne à 0.15 ml O<sub>2</sub>/kg.m et il augmente pour des vitesses plus basses ou plus hautes (Viel, 2000). Dans l'étude de Waters et al. (1988b), les sujets de 20 à 60 ans qui ont marché à une vitesse moyenne confortable de 80 m/min (1.33 m/s), avaient une consommation d'oxygène moyenne de 12.1 ml O<sub>2</sub>/kg.min. Le coût énergétique moyen chez les adultes de plus de 60 ans, qui ont marché à une vitesse habituelle plus lente (74 m/min ou 1.23 m/s) que les sujets âgés de 20 à 60 ans, était légèrement plus haut (0.16 ml O<sub>2</sub>/kg.m) que les sujets plus jeunes (0.15 ml O<sub>2</sub>/kg.m). Les enfants et les adolescents ont été moins efficaces et ont obtenu des consommations d'oxygène (15.3 et 12.9 ml O<sub>2</sub>/kg.min) et des coûts énergétiques (0.22 et 0.18ml O<sub>2</sub>/kg.m) lesquels étaient plus hauts que les adultes et les personnes âgées à une vitesse de marche confortable (Waters et al., 1983).

En ce qui concerne la fréquence cardiaque, elle est liée à la consommation d'oxygène par une relation linéaire (en absence de maladie cardiaque) (Waters et Mulroy, 1999). Certaines études ont utilisé la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique durant la marche (Rose et al., 1991), pour prescrire des exercices (Gilman, 1996), pour évaluer l'efficacité d'orthèses (Davies, 1977), pour contrôler la charge de travail pendant l'entraînement aérobique des sujets âgés (Hamdorf et al., 1993) et pour déterminer la relation entre l'âge et la vitesse de marche (Himann et al., 1988). Il s'agit d'un indice basé sur la fréquence cardiaque qui renseigne sur l'endurance globale des sujets à la marche (Chen, 1997; Butler et al., 1984; Rose et al., 1985). L'indice est obtenu en calculant la différence entre la fréquence cardiaque au cours de la marche et au repos et en divisant le résultat par la vitesse de marche (distance parcourue en mètres par le temps en minutes) (MacGregor, 1979).

De façon à se dégager des contingences pratiques liées à la mesure de la consommation d'oxygène, d'autres critères évaluant la dimension énergétique ont été proposés, notamment la mesure d'un indice du coût physiologique de la marche. Cette mesure est obtenue en calculant la différence entre la fréquence cardiaque au cours de la marche et au repos et en divisant le résultat par la vitesse de marche (MacGregor, 1979).

### **2.3 Marche chez le sujet hémiparétique**

Le patron de marche des sujets hémiparétiques est modifié par rapport aux sujets en santé en raison des déficits moteurs et sensitifs résultant de l'AVC (Brandstater et al., 1983; Dettmann et al., 1987; Jorgensen et al., 1995). La vitesse de marche est diminuée (Holden et al., 1986; Nadeau et al., 1999a) et, étant donné l'atteinte unilatérale, la démarche est asymétrique (Dettmann, 1987; Titianova et Tarkka, 1995; Wall et Ashburn, 1979; Wall et Turnbull, 1986). Les modifications des variables spatio-temporelles, des mouvements et de l'activation des muscles dans le plan sagittal ainsi que les modifications des réponses cardiorespiratoires sont décrites dans les sections suivantes.

#### **2.3.1 Variables spatio-temporelles**

Les vitesses de marche mesurées chez les sujets hémiparétiques varient d'une étude à l'autre selon le niveau d'atteinte des sujets évalués. En général, les vitesses moyennes de marche confortable s'étendent de 0.23 m/s à 0.73 m/s chez ces personnes (Olney et Richards, 1996). La vitesse maximale moyenne se trouve aussi diminuée suite à un AVC étant même inférieure à la vitesse naturelle moyenne des personnes non atteintes (Bohannon, 1992). Lindmark et Hamrin (1995) ont montré que la vitesse



moyenne de marche rapide chez les sujets hémiparétiques du sexe masculin était de 69 m/min (1.15 m/s) et 75.6 m/min (1.25 m/s), respectivement 3 mois et un an après l'AVC. Chez les sujets hémiparétiques du sexe féminin, les valeurs correspondantes étaient de 59.4 m/min (0.99 m/s) et 58.8 m/min (0.98 m/s). Dans l'étude de Hesse et al. (1994), la vitesse de marche rapide des sujets hémiparétiques était de 71.4 m/min (1.19 m/s). Ces vitesses de marche rapide sont toujours inférieures par comparaison aux sujets sains, lesquels ont des vitesses qui peuvent atteindre 120 m/min (2.0 m/s) (Murray et al., 1970). Par ailleurs, Turnbull et al. (1995) ont montré que les personnes hémiparétiques présentent une difficulté à adapter leur vitesse de marche et qu'elles ont de plus petites étendues de vitesses que les personnes en santé (Turnbull et al., 1995).

La diminution de la vitesse de marche observée chez les sujets hémiparétiques est caractérisée par une réduction de la cadence et de la longueur des pas. Ozgirgin et al. (1993) rapportent respectivement des valeurs moyennes de la vitesse, de la cadence et de la longueur des pas de 0.42 m/s, 80 pas/min et 0.67m chez ces sujets. Ces valeurs sont similaires à celles trouvées par Roth et al. (1997) (0.43 m/s, 62.5 pas/min, 0.77m). Cependant, d'autres auteurs ont rapporté des paramètres plus élevés chez cette population (Nadeau et al., 1999b; Olney et Richards, 1996). En résumé, les valeurs moyennes des paramètres spatio-temporels sont toujours inférieures à celles des sujets sains et elles témoignent bien de la diminution de la capacité locomotrice chez cette population de sujets.

En ce qui a trait aux phases de la marche, les personnes hémiparétiques présentent des différences au niveau des phases d'appui et d'oscillation en comparaison aux sujets témoins en santé. Suite à un AVC, le pourcentage de cycle passé en appui (côté sain et atteint) est plus grand que celui des personnes en santé lorsque les deux groupes de sujets marche à

leur vitesse naturelle respective (Olney and Richards, 1996; Lehmann et al., 1987). Les phases de double appui occupent un plus grand pourcentage du cycle de marche (Lehmann et al., 1987). La marche est aussi caractérisée par une plus grande variabilité entre les essais de marche et donc d'un pas à l'autre (Harris-Love et al., 2001). Wall et Turnbull (1986) ont calculé des ratios d'asymétrie chez 25 patients hémiparétiques à partir des temps d'appui du côté atteint et du côté sain. Les résultats ont révélé que tous les patients passaient plus de temps en appui sur la jambe saine que sur la jambe atteinte. Plusieurs autres chercheurs, dont Titianova et Tarkka (1995) et Harris-Love et al. (2001) ont aussi noté une asymétrie temporelle entre les deux jambes. Titianova et Tarkka (1995) rapportent par ailleurs que les patients les plus asymétriques sont ceux qui ont les plus faibles vitesses de marche maximale. Selon Wall et Turnbull (1986), une meilleure symétrie des phases d'appui s'accompagne d'une mise en charge plus symétrique sur chaque jambe.

### 2.3.2 Variables cinématiques

L'étude de la cinématique de la marche des sujets hémiparétiques montre que l'amplitude des mouvements est modifiée surtout du côté parétique. Selon Burdett et al. (1988), les principales caractéristiques cinématiques à la hanche, au genou et à la cheville lors de la marche chez le sujet hémiparétique sont: une diminution de la flexion à la hanche pendant la phase initiale du contact du talon au sol, une diminution de l'extension à la hanche pendant la phase de poussée et une diminution de la flexion à la hanche au milieu de la phase d'oscillation. Au genou, on observe une plus grande flexion du genou à la phase initiale du contact du pied au sol et une plus petite flexion à la phase de poussée et phase d'oscillation. À la cheville, la cinématique montre une plus grande flexion plantaire pendant le contact initial du pied au sol, à la phase de support et pendant la phase d'oscillation.

Par contre, lors de la poussée des orteils, l'amplitude de flexion plantaire est diminuée. Contrairement à ces observations, Lehmann et al. (1987) et Cozean et al. (1988) ont rapporté une diminution de la flexion au genou au contact du pied avec le sol. Les différences entre les auteurs sont probablement dues à des différences de la vitesse de marche et du niveau d'atteinte des sujets évalués (Olney et Richards, 1996). Les déviations ont tendance à augmenter lors de la marche rapide (Lehmann et al., 1987; Cozean et al., 1988).

### 2.3.3 Études électromyographiques (EMG)

Les études EMG montrent que les patrons d'activation musculaire sont modifiés du côté parétique. Les problèmes touchent l'intensité et la coordination de l'activation musculaire. L'EMG de surface de différents muscles du membre inférieur atteint chez les sujets hémiparétiques a été enregistrée par Peat et al. (1976). En comparaison avec les sujets sains, le muscle gastrocnémiens a présenté un niveau d'activité moins élevé pour toutes les phases du cycle de marche chez les sujets hémiparétiques. Peat et al. (1976) ont montré une activation simultanée de plusieurs groupes de muscles du côté parétique dès le début du cycle de marche avec une co-contraction maximale lors de la phase d'appui. L'EMG des muscles tibial antérieur, quadriceps (vastus lateralis), ischio-jambier médial et triceps sural (gastrocnémiens et soléaire) est généralement plus élevée lors de la phase d'appui. L'activité EMG observée au niveau des fléchisseurs du genou (ischio-jambier médial) à la transition de la phase d'oscillation à la phase d'appui n'était pas présente chez les sujets hémiparétiques, probablement en raison de la diminution de la vitesse de marche. Lamontagne et al. (2002) ont noté une co-contraction plus importante à la cheville du côté non-parétique par rapport au côté parétique lors de la marche. Selon les auteurs, une

demande posturale plus élevée du côté non-parétique pourrait expliquer cette observation.

La présence de spasticité est aussi un aspect qui influence l'activité EMG des muscles. Par exemple, une activation prématurée du triceps sural peut être observée au début du cycle de marche chez les individus présentant une hyperactivité des muscles fléchisseurs plantaires. En raison de l'activité précoce de ces muscles, les sujets présentent une hyperextension du genou lors de la phase d'appui (Knutsson, 1994, Richards et Knutsson, 1974).

#### 2.3.4 Coût énergétique de la marche anormale

Les déficiences de l'appareil locomoteur entraînent une augmentation du coût énergétique au cours de la marche. Ceci peut être à l'origine d'une saturation des capacités du métabolisme aérobie du sujet, ce qui réduit son autonomie de déplacement et entraîne une adaptation spontanée qui est la réduction de la vitesse de marche (Viel, 2000). Selon Viel (2000), cette relation entre les déficiences motrices et les capacités endurantes d'adaptation peut donner à la composante bioénergétique la première place dans la limitation de la marche. Parfois, c'est la déficience motrice qui sera trop importante (i.e. amputation de cuisse bilatérale, paraplégie ou polyhandicap). Dans d'autres cas, ce sont les capacités aérobies qui seront globalement réduites (i.e. insuffisance cardiaque, insuffisance respiratoire) (Viel, 2000).

Les conséquences bioénergétiques associées à des pertes de mobilité aux articulations des membres inférieurs ont été évaluées par Waters et al. (1988a) et Didier et Casillas (1986). Lorsqu'elles concernent la cheville, il existe un surcoût modéré se situant à environ 5% de la  $VO_2$  au cours de la

marche normale. Si la limitation articulaire atteint le genou, la dépense énergétique est beaucoup plus importante, se situant à environ 40% de la  $VO_2$  de la marche normale chez le sujet sain, alors que les atteintes de la hanche sont moins invalidantes avec une augmentation de la  $VO_2$  ne dépassant pas 20%.

Les atteintes neurologiques centrales ont été évaluées sur le plan bioénergétique avec des difficultés méthodologiques liées à la grande hétérogénéité des tableaux cliniques. Il est évident que, pour des paraplégies, il existe une assez bonne corrélation entre l'augmentation du coût énergétique et la sévérité de l'atteinte (Waters et Lunsford, 1985). L'hémiplégie est également à l'origine d'une augmentation du coût énergétique corrélée au ralentissement de la vitesse de marche (Corcoran et Brengelmann, 1970).

### 2.3.5 Coût énergétique de la marche chez le sujet hémiparétique

La mesure de la consommation d'oxygène a aussi été appliquée à l'étude du coût énergétique dans le cas d'un handicap (i.e hémiplégie) (Bjuro et al., 1975; Dresen et al., 1982). Chez les sujets hémiparétiques, la consommation d'oxygène à la marche est inférieure à celui des sujets normaux marchant à leur vitesse de marche naturelle parce que la vitesse de marche des sujets hémiparétiques est diminuée (Zamparo et al., 1995; Hash, 1978). Cependant, à une vitesse lente de marche, celle habituellement choisie par les patients, cette consommation est plus élevée que celle des sujets sains marchant à la même vitesse (Zamparo et al., 1995). Selon Rose et al. (1991), la vitesse naturelle de marche correspond à un coût énergétique minimal et ceci correspond à 0.15 ml  $O_2$ /kg.m chez les sujets sains (Waters et al., 1988b). À l'opposé, chez les sujets hémiparétiques, la vitesse confortable de marche est moins efficace avec un coût énergétique de 0.27

ml O<sub>2</sub>/kg.m (Hash, 1978). De plus, bien que l'incapacité primaire soit une vitesse de marche lente, le coût énergétique associé à cette vitesse de marche correspond à un plus grand pourcentage de la capacité maximale chez le sujet hémiparétique qu'elle ne l'est pour un sujet sain, et ce, en raison du déconditionnement et du vieillissement (Waters et Mulroy, 1999). Potempa et al. (1995) ont démontré que la majorité des survivants d'un AVC n'était pas physiquement en forme et ceci influence leurs habiletés fonctionnelles. Vraisemblablement, à cause des atteintes neurologiques et d'un déconditionnement physique, les sujets hémiparétiques sont incapables de marcher à la même vitesse naturelle que les sujets sains sans augmenter le coût d'énergie (Waters et Mulroy, 1999; Bard, 1963). Des travaux anciens ont ainsi montré une augmentation du coût énergétique de 1.5 à 2 fois chez les personnes hémiparétiques par comparaison avec le sujet normal lors d'activités comme la marche (Bard, 1963; Corcoran et al., 1970). L'utilisation d'aides à la marche résulte en une augmentation importante, proche du double, de la consommation d'oxygène en raison de l'utilisation des membres supérieurs (Fisher et Patterson, 1981). En effet, la consommation d'oxygène dépend de la dépense énergétique non seulement aux niveaux des muscles directement impliqués dans la production de travail utile mais aussi au niveau des muscles assurant la stabilisation des segments corporels et des muscles antagonistes cocontractés (Vandewalle, 2004).

#### **2.4 Réponses physiologiques normales à l'exercice**

Au cours d'un effort, les besoins en oxygène (O<sub>2</sub>) de l'organisme augmentent. Ce sont les réponses des systèmes cardiovasculaire et respiratoire qui assurent l'apport suffisant pour les besoins en O<sub>2</sub>. L'O<sub>2</sub> ainsi fourni au muscle est utilisé pour produire l'adénosine triphosphate (ATP) requis pour supporter la contraction musculaire (Robergs et Keteyian, 2003).

### 2.4.1 Réponses cardiorespiratoires

Au cours d'un exercice, la  $VO_2$  augmente de façon linéaire avec l'augmentation de l'effort (Davis et al., 1976). Cette augmentation dépend de la réponse du débit cardiaque et de l'extraction d' $O_2$  par les fibres musculaires qui sont sollicitées. Jusqu'à 50% de la  $VO_{2max}$ , le débit cardiaque augmente grâce à l'augmentation de la fréquence cardiaque (FC) et du volume d'éjection systolique, qui est la quantité de sang éjecté par le ventricule gauche à chaque systole (Mitchell et Blomqvist, 1971). Pour des intensités supérieures à 50% de la  $VO_{2max}$ , l'augmentation du débit cardiaque dépend presque exclusivement de l'augmentation de la FC (Mitchell et Blomqvist, 1971). L'augmentation de la FC varie de façon linéaire avec l'augmentation de l'intensité de l'effort. Cependant, la relation chez les sujets en bonne condition physique diffère de celle des sujets en mauvaise condition, en raison du plus grand volume d'éjection systolique (Waters et Mulroy, 1999). Par opposition à un effort progressif, lors d'un effort sous maximal et continu, la FC varie peu (Robergs et Keteyian, 2003). Ceci définit l'état stable, tout comme le maintien de la  $VO_2$  pour ce même type d'effort (Robergs et Keteyian, 2003).

De plus, lors d'un effort progressif, la ventilation-minute (VE), qui est le produit du volume courant (VT) par la fréquence respiratoire (FR), augmente proportionnellement à l'augmentation de la  $VO_2$  (Jensen et al, 1980). La tension artérielle systolique (TAS) augmente de façon exponentielle avec l'augmentation de l'intensité de l'effort (Irwin et Tecklin, 1995), environ de 8 à 12 mmHg par équivalent métabolique (MET), où 1 MET= 3.5 ml  $O_2$ /kg.min (Vandewalle, 2004). Quant à la tension artérielle diastolique (TAD), elle reste relativement stable tout au long de l'effort, qu'il soit progressif ou sous maximal et continu (Irwin et Tecklin, 1995). La variation de la TAD est généralement de cinq à 10 mmHg autour de la valeur de repos (ACSM, 2000; Irwin et Tecklin, 1995). Tout comme pour la FC, il faut distinguer la réponse normale de la TAS

au cours d'un effort qui augmente progressivement d'intensité de celui qui est sous maximal et continu. Dans ce dernier cas, la TAS varie peu tout au long du maintien de l'effort (Irwin et Tecklin, 1995).

Lorsque les réponses cardiovasculaires et ventilatoires sont normales, l'apport en oxygène est suffisant pour répondre aux besoins en oxygène et les différentes cellules de l'organisme sollicitées par l'exercice n'ont pas besoin de puiser dans la réserve d'O<sub>2</sub> liée à l'hémoglobine en circulation (Robergs et Keteyian, 2003). Ainsi, la saturation de l'hémoglobine en O<sub>2</sub> (SatO<sub>2</sub>) ne varie pas et reste à l'intérieur des valeurs normales de 95% à 98% (Jones, 1984). Une désaturation est dite significative cliniquement lorsqu'elle est supérieure à 3% ou 4% (ACSM, 2000).

#### 2.4.2 Réponses métaboliques

Quand les fibres musculaires ont besoin d'énergie, elles doivent rapidement activer la destruction de molécules d'ATP et ainsi, libérer l'énergie par le retrait d'un groupement phosphate (Robergs et Keteyian, 2003). Le muscle a peu de réserves énergétiques immédiatement disponibles sur demande. En effet, la quantité totale d'énergie accumulée dans les molécules d'ATP ne suffit aux besoins que pendant environ 90 secondes (Widmaier et al., 2004). C'est pourquoi l'énergie doit continuellement passer des molécules de phosphocréatine et des autres substrats énergétiques (glucides, lipides, acides aminés et protéines) à la synthèse de l'ATP, à partir d'une ou de la combinaison de trois voies métaboliques (Robergs et Keteyian, 2003) :

- le système phosphagène qui réfère au transfert d'un phosphate de la phosphocréatine (CrP) à l'adénosine diphosphate (ADP);
- la voie glycolytique : glycolyse ou glycogénolyse;
- la respiration mitochondriale qui réfère à l'utilisation de l'oxygène dans la mitochondrie.



La synthèse d'ATP à partir de la glycolyse (ou glycogénolyse) ne requière pas d'O<sub>2</sub> et réfère à la filière anaérobique (Robergs et Keteyian, 2003). L'ATP produit à partir de la respiration cellulaire dans la mitochondrie correspond à la filière aérobie (Robergs et Keteyian, 2003). Quant à l'utilisation de l'infime quantité d'ATP en réserve dans la fibre musculaire et à la synthèse d'ATP à partir de la phosphocréatine, elles réfèrent aussi à la filière anaérobique, mais elles sont dites alactique, puisqu'elles n'ont pas pour conséquence la production d'acide lactique, contrairement au catabolisme des glucides (glycolyse et glycogénolyse) qui peut mener à ce sous-produit et qui est donc appelé filière anaérobique lactique (Robergs et Keteyian, 2003).

Durant un exercice, la contribution des sources énergétiques anaérobiques au métabolisme musculaire est inversement reliée à la durée et directement reliée à l'intensité de l'exercice (Robergs et Keteyian, 2003). Dans la transition entre l'état de repos et d'exercice, l'apport en oxygène s'élève selon une courbe exponentielle, atteignant un état stable entre la 1<sup>e</sup> et la 4<sup>e</sup> minute (Hagberg et al, 1978; Hagberg et al, 1980; Hickson et al, 1978; Hughson et al, 1993; Whipp et Wasserman;1972). Le temps requis pour atteindre l'état stable est variable selon l'intensité de l'exercice et la condition physique de l'individu, celui-ci étant plus long pour des activités plus intenses et plus court pour les individus plus en forme (Carter et al, 2000a; Carter et al, 2000b; Hagberg et al, 1978; Hickson et al, 1978). Puisque la VO<sub>2</sub> n'augmente pas de façon instantanée à l'état stable, dès le début de l'exercice, ce sont les voies métaboliques anaérobiques qui fournissent les molécules d'ATP nécessaires pour compenser la consommation d'oxygène des voies métaboliques aérobie qui serait requise pour cet exercice (Robergs et Keteyian, 2003). La filière anaérobique alactique débute avec l'arrivée dans la fibre musculaire des premiers stimuli émanant du motoneurone correspondant. Cette phase, très brève, fournit de l'énergie pour une durée inférieure à la première minute de marche (Viel, 2000). De façon progressive

et plus prolongée (entre 30 et 120 secondes de marche), intervient la filière anaérobie lactique qui correspond à la glycolyse (Viel, 2000). Une fois l'état stable obtenu, les besoins en ATP sont rencontrés par la filière aérobie (Robergs et Keteyian, 2003). Le terme déficit en oxygène est utilisé pour décrire cette phase au début d'un exercice où la consommation d'oxygène est inadéquate (Robergs et Keteyian, 2003). Tout comme pour les exercices brefs et intenses, c'est le glycogène qui est le principal substrat catabolisé durant cette phase qui caractérise un déficit en oxygène (Robergs et Keteyian, 2003).

## **2.5 Test de marche de 6 minutes (TM6M)**

Les auteurs ont développé différents tests avec l'objectif d'évaluer la capacité fonctionnelle des personnes ayant des atteintes physiques. Les premières évaluations de la capacité fonctionnelle comportaient de simples questions aux patients, comme par exemple combien de marches d'escalier pouvez-vous monter ou combien de pâtés de maison pouvez-vous marcher? (ATS, 2002). Cependant, les patients répondaient selon leur mémoire et ils pouvaient rapporter des valeurs plus grandes ou plus petites que leur véritable capacité fonctionnelle (ATS, 2002). En 1968, Cooper a développé un test de course de 12 minutes pour évaluer le niveau d'activité physique des sujets sains. Ce test de 12 minutes a été adapté par McGavin et al. (1976) pour évaluer la tolérance à l'exercice chez les sujets atteints de bronchite chronique. Dans un effort pour inclure plus de patients avec des maladies respiratoires puisque le test de marche de 12 minutes était un peu exhaustif, un test de marche de 6 minutes a été développé par Butland et al. (1982). Le TM6M est un test fonctionnel fréquemment utilisé en clinique et en recherche. Il évalue la performance à la marche sur longue distance (endurance) des personnes ayant des déficiences physiques (Finch et al.,

2002) et des personnes ayant une atteinte pulmonaire (Barthelemy et al., 1990) ou cardiaque (Guyatt et al., 1985a). Étant donné que les tests de terrain applicables aux sujets sains âgés de plus de 60 ans sont peu nombreux, le TM6M est aussi utilisé pour mesurer la capacité à marcher sur une longue distance chez les sujets âgés (Kervio et al., 2003).

### 2.5.1 Description

Le TM6M consiste en une marche d'une durée de 6 minutes pendant laquelle le participant doit couvrir la plus grande distance possible. Lors du TM6M, il est demandé au sujet de parcourir la plus grande distance possible en 6 minutes, de préférence sans s'arrêter. Des encouragements standardisés sont prodigués toutes les 30 secondes au sujet et le temps est indiqué toutes les 2 minutes (Kervio et al., 2003). Pour la réalisation du TM6M, la plupart des études ont utilisé un corridor de 30 m (Enright et al., 2003; Pohl et al., 2002; Barthelemy et al., 1990) alors que d'autres ont utilisé 20 m ou 50 m (Onorati et al., 2003; Lipkin et al., 1986; Stevens et al., 1999; Troosters et al., 1999). Une étude sur les tests fonctionnels de marche a conclu que le TM6M est facile à appliquer, plus tolérable et plus proche des activités de la vie quotidienne que les autres tests de marche (Solway et al., 2001).

Dû au fait que la majorité des activités de la vie quotidienne correspondent à un niveau d'effort sous maximal, le TM6M reflète bien le niveau d'exercices fonctionnel des activités physiques du quotidien (ATS, 2002). En général, l'effort cardiorespiratoire se situe entre 50% et 80% de la  $VO_2$ max ou de 65% à 90% de la fréquence cardiaque maximale (Kervio et al., 2003; Eng et al., 2002; Troosters et al., 1999; Pohl et al., 2002; Guyatt et al., 1985a). Ainsi, la grande majorité des patients n'atteignent pas leur capacité maximale d'exercices lors du TM6M puisque les patients choisissent leur propre intensité d'exercice et qu'il leur est permis d'arrêter pour récupérer

pendant le test. Le TM6M évalue les réponses globales et intégrées de tous les systèmes impliqués lors de l'exercice, incluant les systèmes pulmonaire et cardiovasculaire, la circulation pulmonaire et périphérique, le sang, l'unité neuromusculaire et le métabolisme musculaire (ATS, 2002). Cependant, si seule la distance de marche est mesurée, le TM6M ne fournit pas d'informations spécifiques sur la fonction de chacun des différents organes et systèmes impliqués dans l'exercice ou dans le mécanisme qui limite l'exercice (ATS, 2002).

### 2.5.2 Qualités psychométriques

La fidélité test-retest du TM6M a été évaluée pour divers groupes de participants. En général, les résultats des études montrent une très bonne fidélité test-retest pour la distance de marche au TM6M. Par exemple, Harada et al. (1999) ont obtenu des coefficients de corrélation intra-classes (CCI) allant de 0.93 à 0.95 chez des groupes d'adultes âgés en santé. Chez les personnes ayant une insuffisance cardiaque, les valeurs des CCIs étaient similaires (0.91, O'Keefe et al. (1998); et 0.85, Demers et al. (2001). Guyatt et al. (1985b) ont aussi obtenu une très bonne fidélité (CCI=0.92) pour les personnes ayant une maladie pulmonaire obstructive chronique. Par contre, chez les individus atteints de fibromyalgie, certains coefficients étaient moins élevés (Pankoff et al. (2000) CCI entre 0.73 et 0.98). Toutefois, plusieurs auteurs dont Noonan et al. (2000) et Guyatt et al. (1985a, 1985b) ont montré une augmentation significative de la distance de marche entre le premier et le deuxième TM6M et plus rarement jusqu'au troisième test (Steele et al., 2000).

En ce qui concerne la validité de contenu, il y a peu d'informations disponibles. Cependant, selon Finch et al. (2002), les patients ayant une atteinte cardiaque considèrent que ce test représente bien les activités physiques quotidiennes. La validité de critère a été évaluée en comparant la

distance de marche parcourue au TM6M à des mesures physiologiques. Notamment, la  $VO_2$ max a souvent servi de mesure étalon (gold standard). Les études ont montré des corrélations de faibles à modérées et parfois les associations ne se sont pas avérées significatives (Finch et al., 2002). Il faut préciser, qu'à notre connaissance, il ne semble pas y avoir d'études qui ont évalué les qualités psychométriques chez des sujets ayant une hémiparésie chronique.

Pour ce qui est de la validité de convergence qui détermine si les résultats de deux tests qui mesurent des composantes similaires sont inter-reliés, les études montrent chez les gens âgés une relation avec la force du quadriceps ( $r= 0.62$ ; Troosters et al., 1999), les mesures d'équilibre et fonctionnelles ( $r= 0.52$  à  $0.73$ ; Harada et al., 1999) et le SF-36 (version courte; Harada et al., 1999). Chez les personnes avec atteinte artérielle périphérique, les résultats du TM6M ont été reliés à la dépense énergétique lors des activités physiques, aux résultats d'un questionnaire d'incapacité à la marche et à des mesures d'équilibre (rapportés dans Finch et al., 2002). De plus, une association a aussi été montrée avec le questionnaire SF-36 (composante physique) et un questionnaire (WOMAC) évaluant l'état de santé chez les personnes ayant une ostéoarthrite de la hanche (Boardman et al., 2000). L'ensemble de ces études supporte le fait que le TM6M évalue diverses composantes de la performance fonctionnelle et de l'état de santé chez les personnes n'ayant pas ou peu d'atteintes cardiorespiratoires.

En ce qui trait à la sensibilité aux changements, Finch et al. (2002) rapportent que le TM6M est capable de détecter des changements suite à un programme de réadaptation visant une amélioration de la fonction locomotrice chez le sujet hémiparétique. Les changements varient de 42 mètres à plus de 100 mètres selon les études. Malgré que les caractéristiques psychométriques n'aient pas été évaluées spécifiquement

chez les sujets hémiparétiques chroniques, les résultats des études précitées permettent de supporter l'utilisation de ce test en clinique.

### 2.5.3 Facteurs influençant la distance de marche

Selon Troosters et al. (1999), l'utilisation d'un corridor court (20 m par comparaison à 50 m) pour accomplir le TM6M implique une diminution de la distance de marche parcourue reliée à un nombre plus élevé de virages. Par contre, selon ATS (2002), aucune différence significative n'a été mise en évidence entre la distance parcourue sur un corridor de 20 m ou 50 m. C'est seulement avec une voie continue ovale que la ATS (2002) rapporte une distance de marche plus grande (environ 28 m) par comparaison avec la distance parcourue dans un corridor.

L'utilisation du tapis roulant pour le TM6M exige un petit espace et permet une surveillance constante pendant l'exercice, mais le tapis roulant n'est pas recommandé car les patients sont parfois incapables de marcher en suivant la vitesse du tapis roulant (ATS, 2002). Barthelemy et al. (1990) ont comparé la distance de marche parcourue au cours du TM6M réalisé sur tapis roulant à celle obtenue lors d'un test utilisant un corridor de 30 m chez un groupe de patients avec une maladie pulmonaire sévère. Les résultats ont révélé que la distance de marche parcourue était 14% inférieure sur le tapis roulant à celle parcourue lors du TM6M en utilisant le corridor de 30 m.

Dans l'étude de Kervio et al. (2003) sur les performances obtenues lors du TM6M chez des sujets sains, hommes et femmes, âgés de 60 à 70 ans, les hommes ont parcouru une plus grande distance que les femmes ( $614.9 \pm 29.8$  m vs  $525.3 \pm 24.1$  m,  $p < 0.05$ ). Il en est de même pour l'étude de Miyamoto et al. (2000) où la moyenne de la distance parcourue lors du TM6M par des personnes saines a été de 580 m pour les hommes et 500 m

pour les femmes. Ces résultats démontrent que le sexe est un facteur de variation de la performance réalisée lors du TM6M. Les différences dans les échantillons de la population (âge, grandeur et poids), le type et la fréquence d'encouragements lors du test, la longueur du corridor et la quantité d'essais du test sont d'autres facteurs qui peuvent influencer la moyenne de la distance parcourue lors du TM6M (Troosters et al., 1999; Enright et al., 2003). Ces facteurs doivent être considérés lors de l'interprétation des résultats pour déterminer la capacité fonctionnelle à marcher sur une distance prolongée (Enright et Sherrill, 1998). Afin de prévoir la distance de marche lors d'un premier TM6M chez le sujet adulte en santé, Enright et Sherrill (1998) ont utilisé des équations de référence. Ces équations sont basées sur l'âge, la taille et la masse corporelle des sujets car, selon les auteurs, ces variables sont capables d'influencer la distance de marche. La masse corporelle et l'âge sont corrélés négativement avec la distance de marche, tandis que la taille du sujet a une corrélation positive (Enright et Sherrill, 1998). Selon les auteurs, ces équations permettraient d'expliquer 42% et 38% (valeur du  $R^2$ ) de la variation de la distance de marche durant le TM6M pour les hommes et pour les femmes respectivement. La distance totale en fonction du genre est estimée par les équations suivantes :

$$\text{Hommes} = (7.57 \times \text{taille}_{cm}) - (5.02 \times \text{âge}_{ans}) - (1.76 \times \text{masse}_{kg}) - 309 \text{ m.}$$

$$\text{Femmes} = (2.11 \times \text{taille}_{cm}) - (5.78 \times \text{âge}_{ans}) - (2.29 \times \text{masse}_{kg}) + 667 \text{ m.}$$

Les déficiences sensori-motrices secondaires à un AVC influencent aussi la distance de marche lors du TM6M. En effet, la moyenne de la distance parcourue au cours du TM6M a été de 215 m chez les sujets hémiparétiques (Pohl et al., 2002) en opposition avec l'étude de Stevens et al. (1999) qui ont rapporté, chez des personnes saines mais âgées, une moyenne de distance parcourue de 630 m. Chez le sujet sain, la vitesse de marche diminue légèrement par rapport à la vitesse initiale dans la première

minute du TM6M puis elle se stabilise (Kervio et al., 2003). Selon Dean et al. (2001) et Eng et al. (2002), les sujets hémiparétiques ne présenteraient aucune modification de la vitesse de marche au cours du test, mais ceux-ci adopteraient au départ une vitesse inférieure à leur vitesse naturelle de marche. Chez les patients avec un AVC, la performance lors du TM6M est influencée par l'atteinte motrice du membre inférieur et par la diminution de l'équilibre (Pohl et al., 2002).

#### 2.5.4 Paramètres cardiorespiratoires mesurés lors du test

Comme la plupart des traitements post lésion prévoit un entraînement en endurance cardiorespiratoire, une évaluation clinique de la performance est nécessaire au préalable (Pohl et al., 2002). Duncan et al. (1998) ont suggéré que le TM6M puisse être utilisé comme mesure clinique de l'endurance cardiorespiratoire chez les sujets avec un AVC. Selon Pohl et al. (2002), la distance parcourue, de même que les modifications de la FC et de la tension artérielle observées chez le sujet hémiparétique au cours du TM6M démontrent que ce test fournit une mesure clinique de l'endurance cardiorespiratoire pour les adultes avec un AVC. L'utilisation répandue de la FC pour connaître l'effort imposé au système cardiovasculaire repose sur des principes physiologiques bien établis. La FC augmente avec l'intensité du travail, et il existe, pendant le travail, une relation linéaire étroite entre cette fréquence et la consommation d'oxygène. L'échelle de la perception de l'effort modifiée (0-10) est complémentaire à la FC pour mesurer l'intensité physiologique d'un exercice (Skinner et al., 1973; ACSM, 2000).

Chez les sujets normaux, la tension artérielle systolique (TAS) augmente avec l'augmentation du niveau de l'exercice, environ de 8 à 12 mmHg par équivalent métabolique (MET). Par contre, la tension artérielle diastolique (TAD) peut diminuer légèrement ou rester la même (ACSM,



2000). La  $\text{SatO}_2$  ne varie pas au cours du TM6M à la condition que les réponses cardiorespiratoires fournissent l' $\text{O}_2$  requis pour les besoins de l'organisme. Selon Pohl et al. (2002), lors du TM6M chez le sujet hémiparétique, la FC et la TAS ont augmenté significativement du pré au post test, soit 75.5 bpm à 92.3 bpm et 143.5 mmHg à 150.1 mmHg, respectivement. La TAD, quant à elle, est restée relativement la même (76.2 mmHg en pré test et 77.1 mmHg en post test).

Selon Kervio et al. (2003), la consommation d' $\text{O}_2$  et la FC augmentent au cours des deux premières minutes du TM6M pour se stabiliser par la suite à un niveau modéré d'effort chez les sujets en santé. Ces résultats, bien que peu nombreux et limités, suggèrent que les réponses cardiorespiratoires s'effectuent rapidement soit dans les deux premières minutes du test. Des observations semblables pour la FC ont été relevées chez les sujets hémiparétiques (Eng et al., 2002). Cet état stable observé au cours du TM6M est en lien avec la vitesse de marche constante observée pendant le test (Robergs et Keteyian, 2003). En effet, la vitesse de marche est représentative de l'intensité physiologique de l'exercice (Dill, 1965). C'est pourquoi, plusieurs équations de calculs métaboliques pour estimer la  $\text{VO}_2$  utilisent la vitesse de marche comme variable (ACSM, 2000).

Malgré la simplicité du TM6M, les mêmes contre-indications et critères d'arrêt que pour toute épreuve d'effort s'appliquent (ACSM 2000; Tableau I et Tableau II). Parmi les contre-indications absolues, on retrouve l'angine instable. Quant aux contre-indications relatives, une FC au repos supérieure à 120/min, une TAS plus grande que 180 mmHg et une TAD plus grande que 100 mmHg en font partie. Les critères d'arrêt du TM6M sont la douleur d'angine, la dyspnée sévère, la claudication intermittente, la marche chancelante, la diaphorèse, et la pâleur ou le teint grisâtre (ATS, 2002; Tableau I). À partir du moment où les patients possèdent un seul facteur de

risque de maladie cardiorespiratoire (hérédité, hypertension artérielle, dyslipidémie, diabète, tabac, âge, sexe, sédentarité, obésité), les risques d'arythmie ou autre complication cardiorespiratoire sont plus élevées lors du TM6M (ACSM, 2000). Néanmoins, puisque chaque patient détermine l'intensité de leur marche, le test (sans la surveillance de l'électrocardiogramme) a été réalisé par des milliers de personnes âgées et des milliers de patients avec défaillance cardiaque ou cardiomyopathie et ce, sans avoir d'événements sérieux ou défavorables (Enright et Sherrill, 1998; Miyamoto et al., 2000).

Tableau I

**CONTRE-INDICATIONS POUR UNE ÉPREUVE D'EFFORT**

- Angine instable
- Tension artérielle systolique au repos > 200 mmHg
- Tension artérielle diastolique au repos > 110 mmHg
- Hypotension orthostatique > 20 mmHg avec symptômes
- Sténose aortique critique (gradient de pression systolique de pointe > 50 mmHg avec un orifice de la valve aortique < 0.75 cm<sup>2</sup> environ) chez l'adulte
- Maladie systémique aiguë ou fièvre
- Arythmie ventriculaire ou auriculaire non contrôlée
- Tachycardie sinusale (> 120 bpm)
- Insuffisance cardiaque congestive non compensée
- Bloc auriculo-ventriculaire du 3<sup>e</sup> degré (sans stimulateur cardiaque)
- Péricardite ou myocardite active
- Embolie récente
- Thrombophlébite
- Déplacement significatif du segment ST au repos (>2 mm)
- Diabète non contrôlé (glucose sanguin au repos >22.2 mmol/L)
- Problème musculo-squelettique sévère empêchant l'exercice
- Autres problèmes métaboliques, tel que problème aiguë de la thyroïde, hypo- ou hyperkalémie, hypovolémie, etc.

Tableau II

**INDICATIONS GÉNÉRALES POUR ARRÊTER  
UNE ÉPREUVE D'EFFORT**

- Début d'angine ou symptômes compatibles avec l'angine
- Diminution significative (20 mmHg) de la tension artérielle systolique ou absence d'élévation de la tension artérielle systolique avec l'augmentation de l'intensité de l'exercice
- Augmentation excessive de la tension artérielle systolique > 260 mmHg
- Augmentation excessive de la tension artérielle diastolique > 115 mmHg
- Signes de mauvaise perfusion : étourdissement, confusion, ataxie, pâleur, cyanose, nausée, peau moite et froide
- Absence d'élévation de la fréquence cardiaque avec l'augmentation de l'intensité de l'exercice
- Apparition d'arythmies cardiaques significatives (i.e. tachycardie)
- À la demande du sujet
- Manifestations physiques ou verbales de fatigue sévère
- Équipement défectueux

## **CHAPITRE 3**

### **MÉTHODOLOGIE**

L'objectif principal de cette étude était de quantifier les modifications cardiorespiratoires et celles du patron de marche lors du TM6M chez les adultes sains et ceux ayant une hémiparésie chronique et de comparer leurs résultats. L'étude a été acceptée par le comité d'éthique à la recherche des établissements du Centre de recherche Interdisciplinaire en Réadaptation (CRIR) (Annexe A) et a été réalisée au laboratoire de pathokinésiologie et d'analyse des activités fonctionnelles à l'Institut de réadaptation de Montréal (IRM). Ce chapitre décrit les populations étudiées, les critères d'inclusion et d'exclusion des sujets, les séances d'évaluation, les variables à l'étude, le traitement des données et les analyses utilisées pour les interpréter.

#### **3.1 Population à l'étude**

Deux groupes de 10 sujets âgés ont participé à l'étude. Le premier groupe (groupe expérimental) était composé de 10 personnes atteintes d'une hémiparésie chronique à la suite d'un accident vasculaire cérébral (AVC). Ces participants ont été recrutés parmi la clientèle du programme d'AVC de l'IRM. À cet effet, des contacts ont été faits avec les physiothérapeutes cliniciens de ce programme. Ceux-ci ont montré un grand intérêt pour cette étude et ont facilité le recrutement des sujets hémiparétiques. Le deuxième groupe de sujets (groupe témoin), était constitué de 10 sujets en bonne santé, appariés pour l'âge et le genre avec les sujets hémiparétiques. Ils ont été recrutés à l'aide d'affiches placées à l'IRM et par des communications verbales. Des explications concernant l'étude ont été données à chaque

participant et ils ont tous signé un formulaire de consentement avant le début de l'expérience (Annexe B).

### **3.2 Critères d'inclusion et d'exclusion des sujets**

Pour participer à l'étude, les sujets hémiparétiques devaient être âgés de plus de 40 ans, avoir subi un AVC depuis au moins 6 mois, et présenter une récupération motrice du pied et de la jambe permettant des mouvements volontaires (cote de 2 ou plus sur l'échelle du Chedoke McMaster Stroke Assessment, Gowland et al., 1993). Les sujets devaient pouvoir exécuter le TM6M sans orthèse et de préférence sans aide à la marche (cane). Pour les deux groupes de sujets, les critères d'exclusion étaient la présence de symptômes cardiorespiratoires ou de maladies cardiorespiratoires (profil cardiorespiratoire à risque élevé dans la population générale) (ACSM, 2000), de l'incontinence, des problèmes de compréhension, d'autres déficiences neuro-musculo-squelettiques et une incapacité à compléter le TM6M. De plus, les sujets qui rapportaient la présence de douleur à la marche n'ont pas été acceptés dans l'étude. Le dernier critère d'exclusion correspondait à la présence de problèmes respiratoires obstructifs comme par exemple une maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC). Ce dernier critère a été vérifié par les mesures du volume expiratoire maximal en une seconde (VEMs), de la capacité vitale forcée (CVF) et du ratio entre les deux valeurs (VEMs / CVF). Un ratio inférieur à 70% a été utilisé pour déterminer les sujets ayant une condition pulmonaire obstructive. Ce seuil est conforme aux recommandations de la Société canadienne de thoracologie sur la prise en charge de la MPOC (2003). Ce test a été réalisé à l'aide de l'option spirométrie de l'appareil Cosmed K4 (Cosmed K4 b<sup>2</sup> Portable Metabolic System, Rome, Italie). De plus, lors de cette évaluation, des informations sur

le tabagisme ont été collectées par l'intermédiaire d'un questionnaire maison (Annexe C).

### **3.3 Séances d'évaluation**

Pour les sujets hémiparétiques, trois séances d'évaluation, d'une durée d'environ 2 heures chacune, ont été réalisées sur deux jours, avec un intervalle de repos de 48 heures entre chaque journée d'évaluation. Lors de la première journée, deux séances d'évaluation ont été effectuées: une séance d'évaluation des caractéristiques sociodémographiques et cliniques (i.e. Chedoke McMaster, échelle de Berg, index de spasticité) et une deuxième séance visant l'évaluation de la force musculaire avec un dynamomètre instrumenté. Un intervalle de repos d'au moins une heure a séparé les séances. Lors de la deuxième journée d'évaluation (troisième séance d'évaluation), un test de marche de 6 minutes instrumenté (TM6Mi) et un test d'évaluation de la force musculaire maximale statique des muscles fléchisseurs plantaires pré- et post-TM6Mi ont été effectués par les participants. Pour les sujets sains, seulement la troisième séance d'évaluation a été complétée. Ils ont donc réalisé uniquement le TM6Mi et l'évaluation de la force pré et post-TM6Mi des fléchisseurs plantaires. Les caractéristiques sociodémographiques et d'autres informations pertinentes au projet (i.e. questionnaire de participation à des activités physiques santé; SCPE - Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice, 1999) ont été obtenues lors de cette séance.

### 3.3.1 Évaluation des caractéristiques sociodémographiques (première séance)

Les caractéristiques sociodémographiques habituelles (âge, sexe, état civil, principale occupation), les informations sur l'histoire de la maladie actuelle (localisation de l'atteinte, temps depuis l'AVC, utilisation d'aides techniques pour les déplacements, médication) ont été collectées par l'intermédiaire d'un questionnaire maison uniformisé (Annexe D).

### 3.3.2 Évaluation clinique (première séance)

Des tests et des questionnaires évaluant les déficiences physiques, les incapacités locomotrices et la qualité de vie ainsi que le niveau et la fréquence d'activités ont été utilisés afin de caractériser le groupe de participants avec une hémiparésie. Cette évaluation clinique a été réalisée par une physiothérapeute en utilisant des protocoles uniformisés et ayant de bonnes qualités métrologiques.

#### 3.3.2.1 Sévérité de l'atteinte motrice

La sévérité de l'atteinte motrice au membre inférieur a été évaluée avec le Chedoke-McMaster Stroke Assessment (Gowland et al., 1993). Ce test comprend six parties, chacune évaluée sur une échelle à 7 niveaux (7 indiquant le meilleur score et 0 le pire). Dans la présente étude, seules les parties du test évaluant le stade de la jambe et du pied ont été utilisées. Ce test a montré une bonne fidélité (CCI : 0.97 to 0.99) et une bonne validité pour identifier le stade d'atteinte motrice des personnes hémiparétiques (Gowland et al., 1993).



### 3.3.2.2 Tonus musculaire

Le tonus musculaire à la cheville a été évalué avec l'échelle composée de spasticité (Composite Spasticity Index) développé par Levin et Hui-Chan (1992). Cette échelle comprend trois mesures : l'excitabilité du réflexe achilléen (0 à 4 points; pas de réflexe à une réponse d'hyperactivité maximale), la résistance à un étirement passif des muscles fléchisseurs plantaires à vitesse modérée pour mesurer la réponse réflexe au mouvement (0 à 8 points : pas de résistance à une résistance maximale) ainsi que la présence de clonus à la cheville (0 à 4 points : pas de clonus à un clonus soutenu). Le score total indique un tonus normal (0 à 5), légèrement augmenté (6 à 9), modérément augmenté (10 à 12) et une spasticité sévère (13 à 16) à la cheville. Ce test a été montré valide pour évaluer le tonus à la cheville (Nadeau et al., 1998; 1999a).

### 3.3.2.3 Coordination

La coordination des membres inférieurs a été évaluée avec le test Lower Extremity Motor Coordination Test (LEMOCOT) (Desrosiers et al., 2005). Le sujet déplaçait son pied le plus rapidement possible entre 2 cibles pour une période de 20 secondes. L'évaluateur comptait le nombre de fois que le premier orteil touchait la cible. Il évaluait également la qualité de l'exécution du mouvement en terme de dysmétrie et de tremblements sur une échelle de 0 à 3. Ce test a démontré une bonne fidélité test-retest (CCI : 0.88 et 0.83) et une bonne validité de construit (Desrosiers et al., 2005). La moyenne de deux essais a été utilisée pour les analyses.

#### 3.3.2.4 Mobilité articulaire

Les amplitudes articulaires aux membres inférieurs qui semblaient limitées lors de l'observation ont été mesurées avec un goniomètre. Le protocole d'évaluation était conforme au bilan proposé par Norkin et White (1995).

#### 3.3.2.5 Sensibilité

Le seuil de perception du toucher-pression a été évalué sous la malléole externe avec les filaments de Semmes-Weinstein (Bell-Krotoski et Tomancik, 1987). La grosseur des filaments était de 4.17 (#1), 4.31 (#2), 5.18 (#3) et 6.65 (#4). Le seuil a été déterminé par la méthode des limites. L'absence de perception du filament #1, #2, #3 indiquait une anesthésie, un déficit sévère et une hypoesthésie respectivement alors que la détection du filament #4 indiquait une perception toucher-pression dans la limite de la normale.

Le sens de position a été évalué avec la sous-échelle de sensibilité du test Fugl-Meyer (Duncan et al., 1992). Les articulations de la hanche, du genou, de la cheville et du premier orteil ont été mobilisées tour à tour en flexion et extension. Un score de 0, 1 et 2 était alloué en fonction de la reproduction du mouvement du côté sain (aucune, reproduite à 75% et reproduction parfaite) lorsque le côté parétique était bougé par l'évaluateur. Le score maximal était de 8 et le score minimal de 0 pour l'ensemble des articulations.

### 3.3.2.6 Équilibre

L'équilibre a été évalué avec l'échelle de Berg (Berg et al., 1989). L'échelle d'équilibre de Berg comporte quatorze tâches fonctionnelles représentant trois dimensions de l'équilibre : le maintien de la posture, l'ajustement aux mouvements volontaires et la réaction aux perturbations externes (Berg et al., 1989). Chaque tâche est évaluée selon une échelle de cotation à cinq niveaux (0 à 4) dont l'addition génère un score de 0 à 56 points. Les études de fidélité et de validité pour l'ensemble de l'échelle ont montré des CCI de 0.98 (inter juges) et de 0.97 (test-retest), pour une population de personnes âgées vivant en communauté et une population de personnes âgées ayant eu un AVC (Berg et al., 1995). L'échelle de Berg démontre une validité concomitante avec des instruments de laboratoire (Berg et al., 1992).

### 3.3.2.7 Qualité de vie

La perception de la qualité de vie (QdV) a été évaluée avec le Short-Form Health Survey (SF-36) (Ware et Sherbourne, 1992). Ce questionnaire a été développé par John Ware dans les années 80 aux U.S.A. (Ware et al., 1980). Il comprend 36 questions divisées en huit domaines : l'activité physique (10 questions), les limitations dues à l'état physique (4 questions), la douleur physique (2 questions), la vie et relation avec les autres (2 questions), la santé psychique (5 questions), les limitations dues à l'état psychique (3 questions), la vitalité (4 questions) et la santé perçue (5 questions). Le calcul des scores a été effectué selon la procédure recommandée par l'auteur (Ware et al., 1993). Les scores du questionnaire général variaient de 0 (mauvaise QdV) à 100 (excellente QdV). La fidélité et validité de ce questionnaire ont été étudiées et sont jugées satisfaisante pour

en permettre l'utilisation (McHorney et al., 1994; Dorman et al., 1998; Leplège et al., 1995; Dorman et al., 1999).

#### 3.3.2.8 Perception du niveau des activités

La perception du niveau d'activité physique a été évaluée par le questionnaire Human Activity Profile (HAP) (Fix et Daughton, 1988). Ce questionnaire est composé de 94 questions (ou items) lequel débute par des questions exigeant un bas niveau fonctionnel (ex. s'asseoir dans une chaise ou monter dans un lit et s'en relever sans aide) et se termine par des questions associées à un haut niveau fonctionnel (courir ou faire du jogging sur une distance de 4,8 km en moins de 30 min). Les items sont ordonnés dans une suite de tâches de plus en plus difficiles. Chaque item doit être répondu par une des trois affirmations proposées:

- Je fais encore cette activité.
- J'ai cessé de faire cette activité.
- Je n'ai jamais fait cette activité.

Les scores du questionnaire HAP sont obtenus à partir de la réponse du sujet pour chaque question. Le score d'activité maximale (SAM) correspond au numéro du dernier item que le sujet est capable de réaliser. Pour calculer le score d'activité ajusté (SAA), le total du nombre d'items précédant le SAM auquel le sujet a répondu qu'il avait cessé de faire l'activité est soustrait du SAM.

#### 3.3.2.9 Fréquence des activités physiques

La fréquence des activités physiques des sujets sains et hémiparétiques a été évaluée par le questionnaire de participation à des

activités physiques santé (Annexe E) du guide canadien pour l'évaluation de la condition physique et des habitudes de vie (SCPE - Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice, 1999), lequel évalue la fréquence hebdomadaire des activités physiques vigoureuses et prolongées caractérisées par une sudation et un pouls rapide. L'évaluateur demandait au participant combien de fois il pratiquait une activité physique vigoureuse (échelle à trois niveaux), et la perception du niveau de l'effort lors de l'activité (effort intense, modéré ou léger). Une question concernait aussi la perception de leur condition physique (échelle à 5 niveaux allant de très bonne à très faible).

#### 3.3.2.10 Capacités locomotrices

Les aptitudes locomotrices ont été évaluées avec le test de marche sur 5m réalisé à vitesse naturelle et maximale (Salbach et al., 2001). La vitesse de marche au test de 5m a été mesurée en secondes. Deux essais ont été réalisés pour chacun des tests. Finalement, l'endurance à la marche a été estimée par le test de marche de 6 minutes. Mise à part l'appareillage qui n'a pas été utilisé à cette séance et la longueur du corridor qui était de 40m, le test a été en tout point identique au TM6M instrumenté (TM6Mi) complété lors de la troisième séance d'évaluation. La première séance a aussi permis d'expliquer aux participants les différentes composantes de matériel qu'ils devraient porter lors du TM6Mi.

#### 3.3.3 Évaluation de la force musculaire (deuxième séance)

L'évaluation de la force musculaire a été réalisée avec un dynamomètre Biodex. La force maximale des groupes de muscles fléchisseurs et extenseurs du côté parétique et non-parétique a été évaluée lors de tests dynamiques isocinétiques concentriques effectués à 30°/s à la cheville et à la hanche et à 60°/s au genou sur des amplitudes de mouvement prédéterminées. Des tests

de déplacements passifs à basse vitesse soit à 30°/s ont aussi été complétés dans le but de corriger les mesures pour la pesanteur des segments et des accessoires du Biodex. Avant chaque session d'évaluation, une vérification de la calibration du Biodex a été faite en conformité avec les recommandations proposées dans le manuel du fabricant. Lors des différents tests, les segments proximaux à l'articulation testée ont été stabilisés à l'aide de fixations externes (sangles). Avant l'évaluation de chaque mouvement, une période de familiarisation était allouée afin de s'assurer d'une bonne compréhension du participant des efforts et mouvements à effectuer.

Pour tous les mouvements, le côté parétique a été testé avant le côté non-parétique et une période de repos de deux minutes était allouée entre chaque effort. Des encouragements verbaux uniformisés étaient fournis lors de l'exécution des efforts. La moyenne de deux essais réussis (coefficient de variation < 10%) dans une direction a été calculée pour établir la courbe force-angle de chaque groupe musculaire et la valeur à un angle spécifique commun à tous les sujets a été extraite des courbes pour les analyses statistiques. Ces angles ont été choisis en se basant sur les angles où les muscles sont utilisés lors de la marche.

#### 3.3.3.1 Genou

La force maximale des muscles fléchisseurs puis celle des extenseurs à l'articulation du genou a été testée en position assise (hanche à 70° de flexion; Figure 3.1). L'axe du dynamomètre a été aligné avec l'axe de flexion/extension du genou du participant. L'amplitude articulaire allait de 90° de flexion du genou à l'extension maximale obtenue passivement sans douleur. Les valeurs de forces à 20° de flexion du genou ont été utilisées dans les analyses statistiques.

### 3.3.3.2 Cheville

Par la suite, la force en flexion plantaire et en flexion dorsale à la cheville a été testée en position assise (hanche à 70° de flexion et genou à ~0° d'extension; Figure 3.2). Le centre du dynamomètre Biodex a été aligné avec le centre de la cheville (partie inférieure de la malléole externe) et la cuisse, le bassin et le pied ont été stabilisés par des sangles. L'amplitude de mouvement de la cheville s'étendait de 35° de flexion plantaire jusqu'à 15° de flexion dorsale. L'angle retenu pour les analyses était respectivement de 0° et 10° de flexion plantaire pour les fléchisseurs plantaires et dorsaux.

### 3.3.3.3 Hanche

Finalement, la hanche a été évaluée en décubitus dorsal (genou immobilisé à 20° de flexion; Figure 3.3) avec le dossier du siège placé à l'horizontal. Un ajustement du centre de l'appareil avec le grand trochanter a été fait. La jambe opposée reposait sur un appui cousiné avec une légère flexion à la hanche et au genou. Les amplitudes de mouvement fixées étaient de 45° de flexion jusqu'à la limite confortable en extension. Les valeurs de forces à 20° de flexion de la hanche ont été utilisées dans les analyses statistiques.



**Figure 3.1 :** Évaluation de la force musculaire maximale des fléchisseurs et extenseurs au genou.



**Figure 3.2 :** Évaluation de la force musculaire maximale en flexion plantaire et en flexion dorsale à la cheville.



**Figure 3.3 :** Évaluation de la force musculaire maximale des fléchisseurs et extenseurs à la hanche.



### 3.3.4 Test de marche de 6 minutes instrumenté (TM6Mi; troisième séance)

Lors de la troisième séance d'évaluation, les sujets ont effectué le TM6Mi. Le test a été réalisé en suivant le protocole décrit par Guyatt et al. (1985a). Un corridor libre de 25m a été utilisé pour faire ce test. Deux cônes rouges ont été placés au début et à la fin du corridor de marche afin d'identifier la distance de 25m. Toutes les explications ont été données avant que les sujets débutent le test. Les consignes suivantes ont été utilisées: "Vous allez parcourir la plus grande distance possible en 6 minutes, sans courir et de préférence sans vous arrêter". Lors du TM6Mi, les sujets ont été suivis par une clinicienne qui, en plus d'assurer leur sécurité, leur indiquait le temps à 2, 4 et 6 minutes. Celle-ci prenait aussi des lectures de certains paramètres (distance de marche, saturation d'O<sub>2</sub>, échelle de Borg) à ces trois temps durant le test. Aucun encouragement verbal n'a été fourni afin de ne pas influencer le patron et la vitesse de marche des participants (Guyatt et al., 1984).

L'instrumentation comprenait un système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires (Cosmed K4 b<sup>2</sup> telemetry system, Hauswirth et al., 1997; McLaughlin et al., 2001), un système d'acquisition des paramètres reliées à la marche incluant les signaux électromyographiques (EMG; 8 canaux), les signaux d'électrogoniomètres (2 canaux) et de contacts pédestres (2 canaux) avec le système d'acquisition Noraxon Telemetry System. Tous ces signaux ont été enregistrés par télémétrie pendant que le sujet effectuait le TM6Mi dans le corridor. Un cardiofréquencemètre (Polar Electro Inc) a servi à enregistrer la fréquence cardiaque de façon continue alors que la tension artérielle a été prise au début et à la fin du test avec un sphygmomanomètre et un stéthoscope. Un oxymètre de pouls a permis d'avoir la saturation d'oxygène (SatO<sub>2</sub>) alors que l'échelle de Borg modifiée (0-10 points) a été

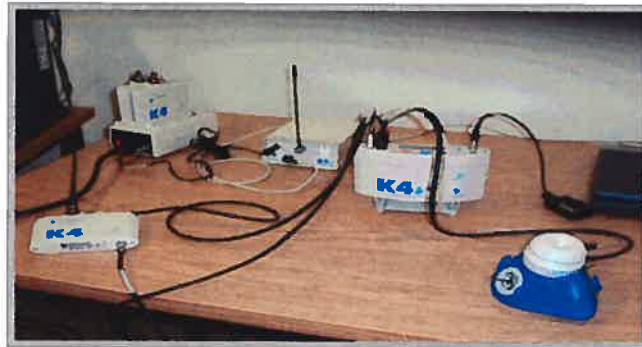
utilisée pour obtenir la perception de l'effort. Ces équipements et les paramètres enregistrés sont décrits dans les sections suivantes.

#### 3.3.4.1 Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires

Pour quantifier les paramètres cardiorespiratoires, un système portable d'acquisition des réponses cardiorespiratoires (Cosmed K4 b<sup>2</sup> Portable Metabolic System) a été utilisé (Figure 3.4). Ce système a montré une bonne validité lorsque comparé à la méthode des sacs de Douglas en mesurant des variables physiologiques (i.e. consommation d'oxygène;  $VO_2$ , production de dioxyde de carbone;  $VCO_2$ , McLaughlin et al., 2001). Le débitmètre (*flowmeter*), formé d'une turbine digitale bidirectionnelle et d'un lecteur optique et rattaché à un masque souple en caoutchouc qui englobe de façon hermétique la bouche et le nez, constitue la pièce principale de ce système. Grâce à son logiciel informatique, ce système permet l'acquisition par télémétrie de plusieurs paramètres à chaque cycle inspiration-expiration. La compatibilité de ce système avec le cardiofréquencemètre a permis l'acquisition de la fréquence cardiaque de façon simultanée avec plusieurs autres paramètres pendant le TM6Mi (Figure 3.5). Les paramètres retenus dans la présente étude sont la consommation d'oxygène ( $VO_2$  en ml/kg.min), la production de dioxyde de carbone ( $VCO_2$  en ml/min), la ventilation-minute (VE en L/min), la fréquence cardiaque (FC en bp/min), la fréquence respiratoire (FR en resp/min), le pouls oxygène ( $VO_2/FC$  en ml/bpmin), et le coût énergétique ( $VO_2$  en ml/kg.m). Avant chaque session d'évaluation, une calibration du système portable d'acquisition a été faite en conformité avec les recommandations du fabricant.

La tension artérielle, évaluée avec un sphygmomanomètre (Tycos®) et un stéthoscope (Littmann 3M Classic II) a été prise avant et immédiatement après le test et durant le période de récupération (2, 4 et 6 min; données non

rapportées) afin de s'assurer du retour graduelle à l'état pré-test. La saturation d'oxygène a été enregistrée de façon continue durant le test. Cependant, seule les données à 2, 4 et 6 min pendant le test ont été retenues. La perception de l'effort du sujet (échelle de Borg modifiée 0-10) a été prise avant et durant le test à 2, 4 et 6 min. L'enregistrement de la fréquence cardiaque a aussi permis de calculer l'indice du coût physiologique de la marche (Physiologic Cost Index; PCI).



**Figure 3.4 :** Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires (Cosmed K4 b<sup>2</sup> Portable Metabolic System)



**Figure 3.5 :** Système d'acquisition des paramètres cardiorespiratoires installé sur le sujet.

### 3.3.4.2 Système d'acquisition des paramètres reliés au patron de marche

L'instrumentation du sujet en vue de quantifier les paramètres du patron de marche regroupait l'acquisition de signaux d'EMG, de signaux d'électrogoniomètres installés au niveau de l'articulation de la hanche (Figure 3.6) et des contacts pédestres placés sous les chaussures du participant. Tous ces signaux ont été enregistrés par télémétrie grâce au système Noraxon Telemetry System. L'équipement d'EMG comprenait 8 canaux pour l'enregistrement bilatéral de 4 muscles aux membres inférieurs (tibial antérieur, gastrocnémien médial, droit antérieur, semi-membraneux). Des électrodes, avec une distance inter-électrodes de 2 cm ayant un gain de 1000x, ont été placées sur le sujet après préparation de la peau (rasage et friction à l'alcool pour diminuer l'impédance de la peau). L'activité de ces muscles a été enregistrée à une fréquence de 1200 Hz pour toute la durée du test en utilisant le logiciel Lab View 5.0 et une carte d'acquisition National Instruments. Une mise à la terre a été positionnée au niveau de la tête de la fibula. Deux électrogoniomètres flexibles (modèle SG 150, Biometrics Ltd., EUA) ont été installés sur la face latérale des hanches afin de mesurer les angles de flexion et d'extension à la hanche. Une des extrémités du goniomètre était placée sur la partie proximale latérale du bassin, au centre de la distance allant de l'épine iliaque antéro-supérieure à l'épine iliaque postéro-supérieure. L'autre extrémité du goniomètre était placée au centre de la face latérale de la cuisse en proximal. L'articulation de la hanche a été choisie parce que les études antérieures ont montré que l'extension de la hanche est un déterminant important de la vitesse de marche chez plusieurs groupes de sujets dont les personnes avec une hémiparésie (Nadeau et al., 2001).

Pour enregistrer les données temporelles du cycle de marche, quatre contacts pédestres ont été placés sous chacune des chaussures au niveau

du talon, du 5<sup>e</sup> métatarse, du 1<sup>er</sup> métatarse et au bout des orteils. Les paramètres retenus étaient la durée du cycle (en s) du côté droit et gauche et le temps d'appui droit et gauche, exprimé en pourcentage du temps total du cycle. Pour quantifier la vitesse de marche durant le TM6Mi, un signal électrique a été envoyé à l'ordinateur d'acquisition, à chaque cinq mètres de marche, par le clinicien qui suivait le participant. Un corridor balisé à chaque cinq mètres a permis l'identification de cette distance. La distance de marche à 2, 4 et 6 min a aussi été prise en note, et il était prévu de quantifier le nombre et le temps des arrêts lorsque nécessaire.



**Figure 3.6 :** Système d'acquisition des paramètres liés au patron de marche (signaux d'EMG et signaux d'électrogoniomètres).

### 3.3.5 Test de force des muscles fléchisseurs plantaires pré et post-TM6Mi

Afin de vérifier l'influence du TM6Mi sur la force des muscles fléchisseurs plantaires, un test dynamométrique statique maximal a été réalisé bilatéralement avant et immédiatement après le TM6Mi. La force a été mesurée selon le protocole décrit à la section 3.3.3.2 chez les deux groupes de sujets à l'étude. Le test de force statique a été réalisé à un angle de 10° de flexion plantaire. Pour l'évaluation de la force pré-TM6Mi, les sujets ont réalisé trois essais de chaque côté. La moyenne des trois essais a été retenue comme valeur pré-test pour les analyses statistiques. Pour les mesures post-TM6Mi, les sujets ont réalisé un seul essai d'effort maximal de chaque côté afin de minimiser l'impact de la récupération. Toutes les mesures post-TM6Mi ont été réalisées dans une période inférieure à 90 secondes après l'arrêt de la marche sauf pour un sujet hémiparétique pour lequel un problème technique (fermeture accidentelle du module d'acquisition) a empêché l'enregistrement de la force maximale post-TM6Mi. Les données de force pré et post-TM6Mi de même que le ratio de force pré-test sur post-test ont été retenus pour les analyses subséquentes.

### 3.4 Traitement des données du TM6Mi

Dans un premier temps, toutes les données ont été inspectées visuellement afin de s'assurer de la qualité des signaux enregistrés. Les paramètres cardiorespiratoires, enregistrés avec le logiciel du Cosmed K4, ont été exportés dans des fichiers Excel. Puis pour chaque paramètre, une moyenne a été calculée sur chaque période de 15 secondes durant le test et sur une période de repos (position assise) de 60 secondes avant le TM6Mi. Un marqueur dans le fichier a permis d'identifier le début du test.

Pour les données reliées à l'évaluation du patron de marche, une procédure similaire a été utilisée. Après inspection visuelle, le fichier de chaque sujet a été découpé en 24 intervalles de 15 s. Pour chacun de ces intervalles, les valeurs RMS (Root Mean Square ou racines de la valeur moyenne du carré) du signal myoélectrique ont été calculées. Chaque valeur RMS était le résultat du traitement sur 200 points successifs du signal EMG. Ce calcul était repris point après point sur l'ensemble de l'intervalle. Les données goniométriques ont été transformées en degré en utilisant le facteur de conversion voltage-angle. Par la suite, pour chacun des intervalles de 15 s, une période de 5 s de marche stable (excluant les périodes où le sujet tournait dans le corridor) a été identifiée et a permis de sélectionner un cycle de marche représentatif de cette période. Les paramètres d'excursion angulaire à la hanche, d'activité EMG, de données temporelles (temps total et temps d'appui) du cycle de marche ont été extraites et inscrites dans un fichier Excel. Le marqueur d'impulsion, envoyé à chaque 5 mètres du TM6Mi, a permis l'identification du temps requis pour parcourir cette distance et subséquemment le calcul de la vitesse de marche à chaque période de 5 m. Les périodes de 5 mètres qui incluaient les cycles de marche retenus précédemment ont été choisies pour caractériser la vitesse de marche à chaque intervalle de 15 s.

Dans un deuxième temps, des graphiques montrant chacun des paramètres cardiorespiratoires et de marche en fonction du temps (cycle de marche représentatif d'un intervalle de 15 s.) ont été établis. Ces graphiques ont permis de conclure que soit les données d'un intervalle unique de 15 s, soit les moyennes calculées à partir de quatre intervalles successifs s'avéraient adéquats pour représenter les paramètres à chaque minute du TM6Mi. Finalement, la moyenne de quatre intervalles de 15 s a été retenue pour les analyses statistiques reliées aux paramètres acquis en temps continu lors du TM6Mi. Pour les paramètres cardiorespiratoires, les données

de repos (moyenne sur une minute) ont aussi été retenues. Les autres paramètres acquis à des temps spécifiques du TM6Mi (ex. tension artérielle, saturation d'oxygène) ont été comparés à ces périodes. En plus, étant donné qu'aucune méthode de normalisation de l'EMG n'a été utilisée, ces signaux ont été exprimés relativement à leur valeur à une minute du TM6Mi. Ceci a permis d'apprécier les changements d'EMG au cours du TM6Mi et de comparer les résultats entre les deux groupes de sujets. Le traitement des données a été réalisé avec des programmes développés par les ingénieurs du centre de recherche à partir du Logiciel Lab View 5.0.

### **3.5 Analyses statistiques**

Des statistiques descriptives (moyennes, écart-types, étendues) ont été utilisées pour caractériser les groupes de sujets, de même que pour résumer l'ensemble des variables reliées à la force musculaire et aux mesures cliniques chez les sujets hémiparétiques ainsi que les données calculées à chaque intervalle d'une minute du TM6Mi. Des tests de  $t$  pour mesures indépendantes ont permis de comparer les deux groupes de sujets sur diverses caractéristiques (i.e. âge, poids). Des tests de  $t$  appariés ont servis à comparer la force musculaire du côté parétique à celle du côté non-parétique pour tous les groupes de muscles.

Les valeurs des paramètres à chacun des intervalles de une minute et celles des autres paramètres mesurées à des temps spécifiques ont été comparées entre les deux groupes avec des ANOVAs qui incluaient des mesures répétées sur le facteur temps (minutes du test). La normalité de la distribution des données et l'homogénéité des variances ont été vérifiées pour toutes les variables et des tests non-paramétriques (Mann-Whitney) ont été utilisés lorsque nécessaire. Un niveau de probabilité inférieur à 0.05 a été



considéré comme significatif pour toutes les analyses. Cependant, lorsque les ANOVAs étaient significatives et que des tests post-hoc ont été utilisés pour localiser les différences, le niveau de signification a été ajusté pour le nombre de comparaisons.

Dans le but d'identifier les variables cliniques prédictives du coût énergétique de la marche lors du TM6Mi chez les sujets hémiparétique, des corrélations de Spearman ont aussi été réalisées. Les données ont été intégrées dans des graphiques reliant chacune des variables cliniques au coût énergétique afin d'en évaluer la qualité du niveau d'association. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SPSS (version 10).

## CHAPITRE 4

### RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats obtenus dans ce projet de recherche. Ceux-ci sont rapportés dans les sections suivantes : caractéristiques des participants, évaluation clinique, évaluation de la force musculaire aux membres inférieurs, quantification des paramètres cardiorespiratoires et des variables reliées au patron de marche ainsi que les résultats du test de force des muscles fléchisseurs plantaires pré et post-TM6Mi. Finalement, la dernière section présente les variables associées au coût énergétique.

#### 4.1 Caractéristiques des participants

Le groupe de 10 sujets sains était composé de 4 femmes et 6 hommes dont l'âge moyen était de 62.9 ans ( $\pm$  11.3) et le groupe de 10 sujets hémiparétiques était composé de 3 femmes et 7 hommes dont l'âge moyen était de 61.0 ans ( $\pm$  14.1). Le test t de Student n'a pas révélé de différences significatives pour les variables âge, taille, masse corporelle et indice de masse corporelle entre les deux groupes de participants ( $p > 0.05$ ; Tableau III). Les sujets hémiparétiques avaient eu leur AVC au moins 6 mois avant la collecte de données et cette période variait de 8 mois à 5.5 ans. Trois de ces sujets avaient une atteinte du côté droit et sept du côté gauche. Certains sujets hémiparétiques prenaient des médicaments (anticoagulant :  $n = 1$ ; antiinflammatoire :  $n = 3$ ; antihypertenseur :  $n = 6$ ).

**Tableau III:** Moyennes ( $\pm$  écart-types) et étendues (min-max) des caractéristiques des participants.

<b>VARIABLES</b>	<b>Sains (n=10)</b>	<b>Hémi-parétiques (n=10)</b>	<b>Valeur de p</b>
<b>Âge (années)</b>	62.9 $\pm$ 11.3 (46 – 82)	61.0 $\pm$ 14.1 (43 – 77)	0.74
<b>Genre (femme / homme)</b>	4 / 6	3 / 7	-
<b>Taille (m)</b>	1.66 $\pm$ 0.10 (1.55 – 1.83)	1.68 $\pm$ 0.08 (1.53 – 1.81)	0.63
<b>Masse corporelle (kg)</b>	70.6 $\pm$ 15.0 (57 – 103)	72.3 $\pm$ 6.5 (56 – 78)	0.75
<b>Indice de masse corporelle (kg/m<sup>2</sup>)</b>	25.5 $\pm$ 3.3 (19.4 – 30.8)	25.7 $\pm$ 2.0 (23.8 – 29.7)	0.84
<b>Tabagisme</b>	1 fumeur 5 ex-fumeurs 4 non-fumeurs	6 ex-fumeurs 4 non-fumeurs	

#### 4.2 Évaluation clinique des participants hémi-parétiques

L'évaluation clinique a révélé une atteinte motrice modérée au membre inférieur parétique avec un score moyen au Chedoke McMaster Stroke Assessment de 4.6/7 ( $\pm$  1.34) à la jambe et de 4.1/7 ( $\pm$  1.52) au pied. Le tonus musculaire à la cheville, évalué avec l'échelle composée de spasticité (Composite Spasticity Index) et l'équilibre, évalué avec l'échelle de Berg, ont montré une moyenne de 4.2/16 ( $\pm$  3.01) et 47.7/56 ( $\pm$  6.61) respectivement.

L'évaluation de la sensibilité a révélé une diminution de la sensibilité au pied chez 7 sujets hémi-parétiques. Parmi ceux-ci, cinq avaient un déficit

sévère, un avait une hypoesthésie et un sujet a montré une anesthésie au niveau de la malléole externe. Le test de coordination a montré une différence de 5 répétitions entre le côté non-parétique et parétique avec un score moyen de 17.1 ( $\pm$  9.1) et 12.2 ( $\pm$  7.4) en 20 secondes. Trois sujets ont présenté une dysmétrie sévère au membre inférieur parétique. En ce qui a trait à l'amplitude articulaire, aucune limitation importante n'a été notée à l'exception du mouvement de flexion dorsale à la cheville chez un sujet, lequel montrait un équinisme de 10° du côté parétique.

Les données reliées aux tests de marche sont présentées au Tableau IV pour chacun des participants. En moyenne, la distance au TM6M clinique était de 325.5 m ( $\pm$  175.2) alors que les vitesses de marche naturelle et rapide ont atteint des valeurs de 0.76 m/s ( $\pm$  0.33) et 1.0 m/s ( $\pm$  0.54) respectivement. En comparaison au TM6Mi où seulement un sujet a utilisé une aide à la marche (canne), lors du TM6M clinique, cinq sujets ont utilisé une canne et deux portaient une orthèse tibiale.

Sujets*	Chedoke McMaster		Index de spasticité à la cheville (/16)	Échelle de Berg (/56)	TM6M (m)	Teste de marche sur 5 m (m/s)		Aide à la marche	Orthèse
	jambe (/7)	pied (/7)				vitesse naturelle	vitesse maximale		
1 G	3	2	3	34	56	0.17	0.16	canne	tibiale
2 D	5	5	6	45	138	0.48	0.52	—	—
3 G	3	3	5	45	160	0.49	0.50	canne	—
4 D	3	3	9	45	225	0.49	0.60	canne	tibiale
5 G	5	4	3	50	320	0.71	1.06	—	—
6 G	5	4	2	54	356	0.92	1.61	canne	—
7 G	4	3	9	43	458	0.96	1.22	canne	—
8 G	5	6	3	51	360	0.98	1.14	—	—
9 G	7	7	0	55	568	1.19	1.77	—	—
10 D	6	4	2	55	614	1.20	1.47	—	—
<b>Moyenne</b>	4.6	4.1	4.2	47.7	325.5	0.76	1.00	—	—
<b>É-T</b>	1.34	1.52	3.01	6.61	175.2	0.33	0.54	—	—

Tableau IV: Résultats de l'évaluation clinique des participants hémi-parétiques.

\*Les sujets sont ordonnés en fonction de leur vitesse naturelle de marche

D : Atteinte à droite

G : Atteinte à gauche

#### 4.2.1 Perception de la qualité de vie

Les résultats pour la composante physique et la composante mentale de la qualité de vie (QdV) sont respectivement de 35.3% ( $\pm 7.5$ ; étendue de 24.8 à 46.9%) et de 53.1% ( $\pm 10.1$ ; étendue de 32.6 à 67%). Les résultats pour les huit domaines rapportés sur 100, où 0 correspond à une mauvaise QdV et 100 à une excellente QdV, sont présentés au Tableau V. Les scores reliés aux domaines limitations dues à l'état physique et santé perçue ont une valeur médiane inférieure à 50%.

**Tableau V** : Résultats aux huit domaines du SF-36

Domaines SF-36	Moyenne $\pm$ ET	Étendue	Médiane
<b>Activité physique</b>	59.0 $\pm$ 23.8	25-90	67.5
<b>Limitations dues à l'état physique</b>	35.0 $\pm$ 41.2	0-100	25
<b>Douleur physique</b>	63.1 $\pm$ 30.1	12-100	56.5
<b>Vie et relation avec les autres</b>	76.3 $\pm$ 28.5	12.5-100	81.3
<b>Santé psychique</b>	66.8 $\pm$ 18.6	40-100	66
<b>Limitations dues à l'état psychique</b>	90.0 $\pm$ 31.6	0-100	100
<b>Vitalité</b>	61.0 $\pm$ 14.3	35-90	62.5
<b>Santé perçue</b>	40.0 $\pm$ 19.1	20-75	35

#### 4.2.2 Perception du niveau et fréquence des activités physiques

Les résultats au HAP ont révélé, en moyenne, un score d'activité maximale (SAM) de 71.8 ( $\pm 11.0$ ) sur 94 et de 54.5 ( $\pm 15.6$ ) pour le score ajusté (SAA). En ce qui concerne la fréquence des activités physiques, seulement trois sujets hémiparétiques ont rapporté pratiquer des activités physiques, et ce une à trois fois/semaine. Les sujets sains questionnés sur cet aspect ont mentionné qu'ils exerçaient une à trois fois par semaine des activités physiques à l'exception de quatre personnes qui pratiquaient rarement une activité physique.

### 4.3 Évaluation de la force musculaire au membre inférieur

L'évaluation de la force musculaire bilatérale aux membres inférieurs chez les participants hémiparétiques a montré des différences significatives ( $p < 0.05$ ) entre les deux côtés (Tableau VI). Les tests de t appariés ont révélé qu'à l'exception de la force musculaire des fléchisseurs à la hanche, la force musculaire était plus élevée du côté non-parétique. Les angles communs où la force musculaire a été comparée étaient 20° de flexion à la hanche et au genou pour les deux groupes de muscles et 10° de flexion plantaire pour les fléchisseurs dorsaux et 0° pour les fléchisseurs plantaires.

**Tableau VI:** Moyennes ( $\pm$  écart-types) et étendues (min - max) de l'évaluation de la force musculaire des participants hémiparétiques.

Groupes musculaires		Côté parétique (Force en Nm)	Côté non-parétique (Force en Nm)	Valeur de p
Hanche	Fléchisseurs	73.4 $\pm$ 32.1 (18.1 – 121.8)	72.3 $\pm$ 29.1 (28.8 – 107.3)	0.77
	Extenseurs	65.1 $\pm$ 49.0 (6.7 – 139.2)	90.5 $\pm$ 45.9 (33.6 – 178.3)	0.03*
Genou	Fléchisseurs	28.7 $\pm$ 19.0 (4.6 – 54.7)	47.9 $\pm$ 21.3 (19.5 – 77.1)	0.00*
	Extenseurs	20.4 $\pm$ 18.0 (0 – 46.8)	36.2 $\pm$ 17.0 (10.7 – 61.7)	0.01*
Cheville	Fléchisseurs dorsaux	8.8 $\pm$ 8.5 (0 – 22.0)	17.7 $\pm$ 8.4 (6.9 – 36.2)	0.00*
	Fléchisseurs plantaires	44.2 $\pm$ 28.7 (12.5 – 94.4)	83.2 $\pm$ 30.4 (36.5 – 122.0)	0.00*

\* : Différence significative à 0.05

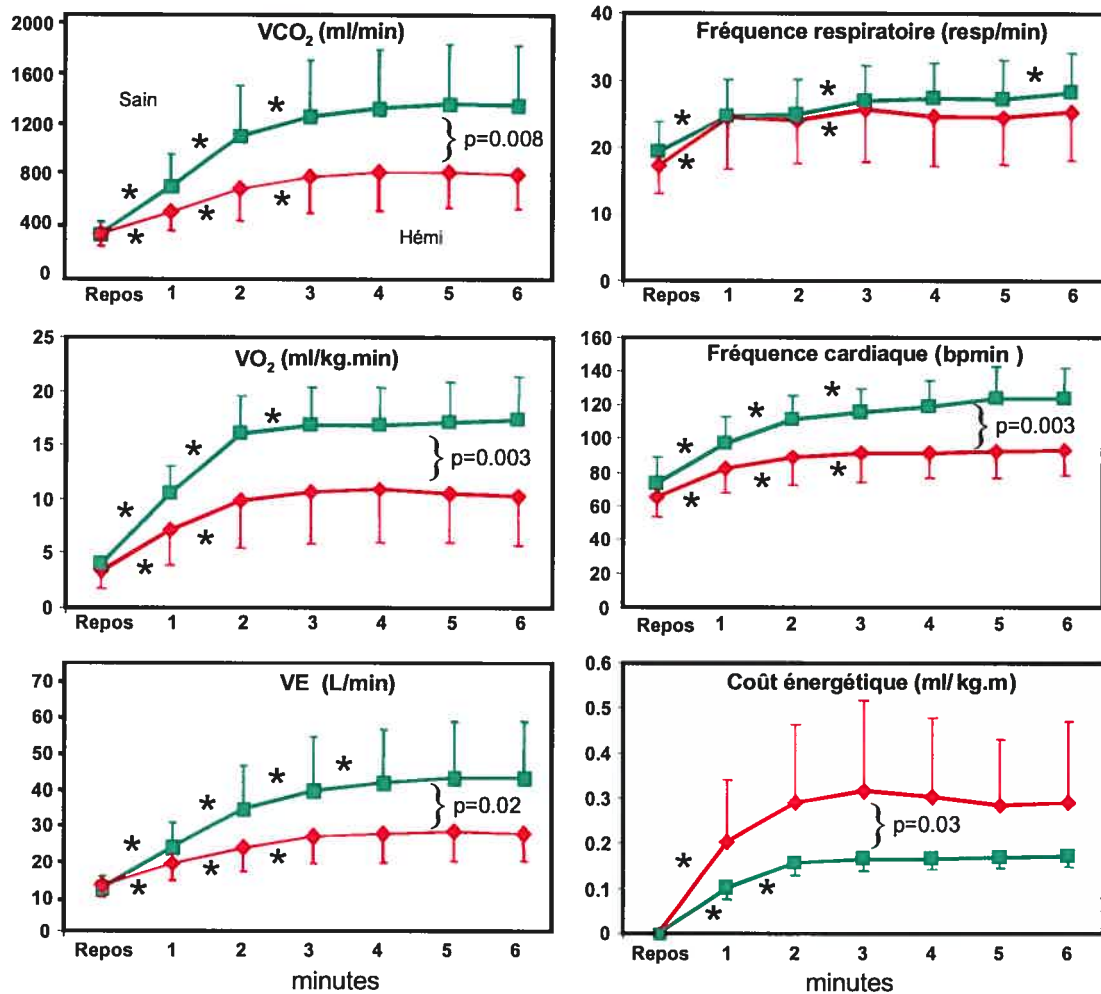
#### 4.4 Test de marche de 6 minutes instrumenté (TM6Mi)

La distance parcourue diffère nettement entre les deux groupes de sujets à 2, 4 et 6 minutes du TM6Mi (ANOVA;  $F = 25.21$ ;  $p = 0.000$ ). Pour ces temps respectifs du test, les sujets témoins ont parcouru, en moyenne, 95.6 m, 196 m et 291 m de plus que les sujets hémiparétiques (voir Tableau VII).

##### 4.4.1 Quantification des paramètres cardiorespiratoires

Lors du TM6Mi, les analyses statistiques (ANOVAs) ont révélé des différences significatives ( $p < 0.05$ ) entre les deux groupes de participants pour plusieurs variables cardiorespiratoires incluant la  $VCO_2$  ( $F = 8.77$ ;  $p = 0.008$ ), la  $VO_2$  ( $F = 11.67$ ;  $p = 0.003$ ), la FC ( $F = 12.17$ ;  $p = 0.003$ ) et le coût énergétique ( $F = 5.66$ ;  $p = 0.03$ ). Par contre, la fréquence respiratoire (FR) et le pouls oxygène ( $VO_2/FC$  en ml/bpmin; non présentés à la Figure 4.1) n'ont pas montré des différences significatives entre les deux groupes (FR:  $F = 0.512$ ;  $p = 0.483$ ;  $VO_2/FC$  :  $F = 0.821$ ;  $p = 0.377$ ). Tous les paramètres cardiorespiratoires ont présenté des différences significatives ( $p < 0.008$ ) en fonction du temps, principalement avant la 3<sup>e</sup> minute (Figure 4.1). Pour les deux groupes, les valeurs du paramètre  $VO_2/FC$  étaient différentes entre la valeur de repos et la première minute et entre la première et la deuxième minute.





**Figure 4.1 :** Paramètres cardiorespiratoires (moyenne  $\pm$  écart-type) fonction du temps lors du TM6Mi pour les deux groupes de sujets (losanges : sujets hémiparétiques; carrés : sujets sains). Les étoiles indiquent les intervalles de temps qui montrent des différences significatives avec l'intervalle suivant. Les valeurs de  $p$  indiquent la présence de différence entre les deux groupes.

Les résultats liés aux autres paramètres cardiorespiratoires dont la tension artérielle diastolique et systolique, la saturation d'O<sub>2</sub>, la perception de l'effort et l'indice du coût physiologique sont présentés au Tableau VII pour les deux groupes de participants. La tension artérielle diastolique (TAD), qui n'était pas significativement différente entre les deux groupes, n'est pas affectée par le TM6Mi. En contrepartie, chez les deux groupes de sujets, la

tension artérielle systolique (TAS) et l'index du coût physiologique étaient plus élevés à la 6<sup>e</sup> minute lorsque comparés respectivement au pré-TM6Mi et à 2 minutes. La saturation O<sub>2</sub> diminue entre la valeur de repos et la deuxième minutes chez les sujets sains. Le Mann-Whitney test a révélé une différence significative entre les deux groupes pour le variable échelle de Borg au repos ( $p= 0.013$ ) et à la 2<sup>e</sup> minute ( $p= 0.031$ ). L'effet du temps pour ce variable a été vérifié par le Wilcoxon Signed Ranks Test. Les sujets sains ont montré des différences significatives entre la 2<sup>e</sup> et la 4<sup>e</sup> minute ( $p= 0.01$ ) et les sujets hémiparétiques entre le repos et la 2<sup>e</sup> minute ( $p= 0.01$ ). En moyenne, les sujets des deux groupes ont coté leur effort à 3.5/10 à la fin du TM6Mi.

**Tableau VII :** Moyenne ( $\pm$ écart-type) des paramètres du TM6Mi chez les sujets hémiparétiques et les sujets sains

PARAMÈTRES	Sujets Hémiparétiques (n=10)			
	Repos Moy. $\pm$ ÉT	2 min Moy. $\pm$ ÉT	4 min Moy. $\pm$ ÉT	6 min Moy. $\pm$ ÉT
Distance de marche (m)		88.9 $\pm$ 56.4	183.1 $\pm$ 114	274.6 $\pm$ 172.6
Saturation d'O <sub>2</sub>	98.7 $\pm$ 1.3	96.9 $\pm$ 2.4	96.6 $\pm$ 4.4	96.6 $\pm$ 4.6
TAS/TAD(mmHg)	127/83 $\pm$ 12/6			153/92 $\pm$ 27/7
PE (Borg/10)	0.8 $\pm$ 1.1	2.8 $\pm$ 1.2	3.1 $\pm$ 1.8	3.5 $\pm$ 2.1
Indice coût physiologique		37.3 $\pm$ 25.6	36.8 $\pm$ 22.8	40.6 $\pm$ 25.6
PARAMÈTRES	Sujets Sains (n=10)			
	Repos Moy. $\pm$ ÉT	2 min Moy. $\pm$ ÉT	4 min Moy. $\pm$ ÉT	6 min Moy. $\pm$ ÉT
Distance de marche (m)		184.5 $\pm$ 15.8	379.1 $\pm$ 50.3	565.5 $\pm$ 64.9
Saturation d'O <sub>2</sub>	97.7 $\pm$ 1.3	96.0 $\pm$ 3.4	95.7 $\pm$ 3.4	96.3 $\pm$ 3.6
TAS/TAD (mmHg)	129/82 $\pm$ 12/7			168/89 $\pm$ 17/20
PE (Borg/10)	0 $\pm$ 0	1.9 $\pm$ 0.9	2.9 $\pm$ 1.5	3.5 $\pm$ 1.9
Indice coût physiologique		26.4 $\pm$ 10.4	30.1 $\pm$ 12.0	33.1 $\pm$ 13.6

#### 4.4.2 Quantification des variables reliées au patron de marche

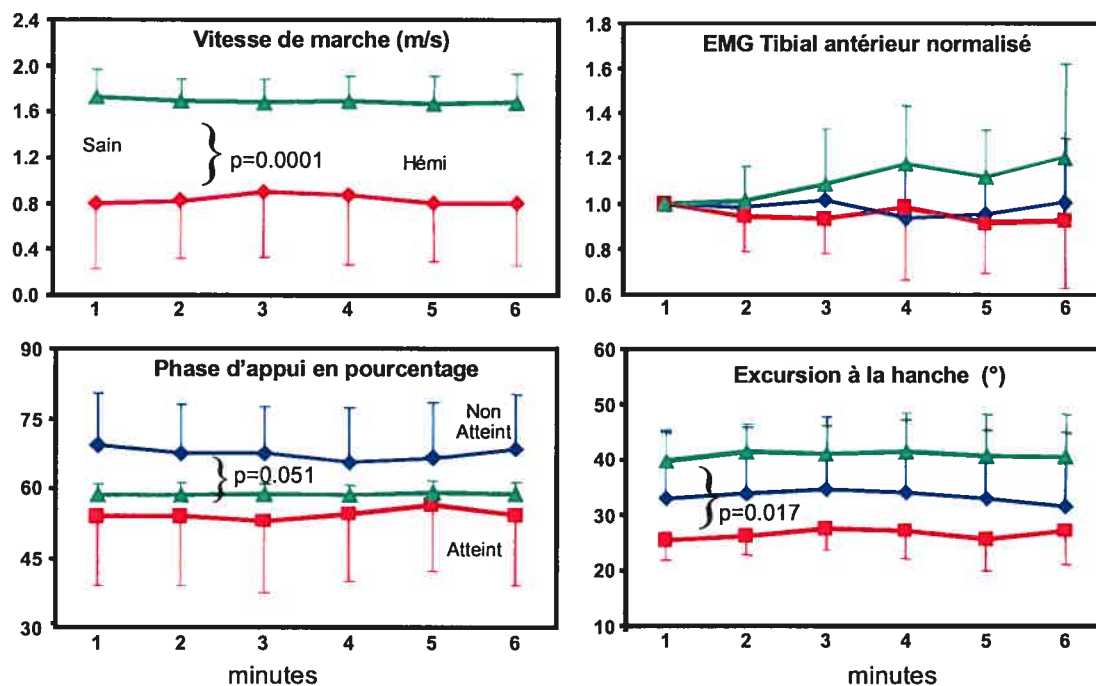
Plusieurs variables reliées au patron de marche ont été quantifiées dans cette étude. Certaines d'entre elles ont été transformées pour faciliter leur interprétation et réduire le nombre de variables. Ainsi, le temps d'appui est exprimé en pourcentage et l'excursion à la hanche dans le plan sagittal a été calculée à partir des angles « sommet » en flexion et extension à chaque cycle de marche représentatif pour la période de 15 secondes. De plus, étant donné que nous n'avons pas fait de test d'effort musculaire maximal pour normaliser les valeurs d'EMG et que seuls les changements dans le temps pour cette variable nous intéressaient, l'EMG a été exprimé relativement aux données de la première minute (i.e. pour la 2<sup>e</sup> minute :  $EMG_{norm} = EMG\ 2^{e}\ min / EMG\ 1^{er}\ min$ ) pour chacun des groupes de muscles. Certaines variables sont présentées à la Figure 4.2.

Pour les variables mesurées bilatéralement, les sujets témoins n'ont présenté aucune différence significative entre les deux côtés pour l'EMG, l'excursion à la hanche, le pourcentage d'appui et d'oscillation. La moyenne des deux côtés a donc été utilisée pour la comparaison avec les données des sujets hémiparétiques. Pour ces derniers, tel qu'attendu, plusieurs variables ont montré des différences entre le côté parétique et non-parétique ( $p < 0.05$ ): l'appui en pourcentage est plus long du côté parétique alors que l'oscillation est réduite de ce même côté et l'excursion à la hanche est moins grande du côté parétique. L' $EMG_{norm}$  n'a pas montré de différence entre les deux côtés. Les données des sujets hémiparétiques du côté parétique et non-parétique ont donc été comparées tour à tour avec les données moyennes (droite et gauche) des sujets témoins avec des ANOVAs afin d'en apprécier les changements dans le temps et les différences avec le groupe de sujets sains.

Plusieurs données du patron de marche diffèrent entre les deux groupes de sujets. La vitesse de marche est plus basse chez les sujets hémiparétiques

(ANOVA;  $F = 23.20$ ;  $p < 0.001$ ). Le côté non-parétique a présenté un pourcentage d'appui plus élevé que celui des sujets sains alors que l'excursion à la hanche montrait une tendance vers des valeurs plus basses que chez les sujets sains ( $p = 0.098$ ; Figure 4.2). Du côté parétique, l'excursion à la hanche était significativement réduite par comparaison à celle des sujets sains ( $p = 0.017$ ).

Pour ce qui est du facteur « temps », à l'exception de l' $EMG_{norm}$  du tibial antérieur chez les sujets sains qui montre une tendance à augmenter (ANOVA :  $F = 3.011$ ;  $p = 0.092$ ), aucune variable ne montre de changement significatif au cours du TM6Mi et les comportements des deux groupes sont similaires (absence d'interaction temps x groupe). La Figure 4.2 présente certaines de ces variables en fonction du temps pour les deux groupes de sujets.



**Figure 4.2 :** Variables liées au patron de marche au cours du TM6Mi. Les valeurs de  $p$  indiquent la présence de différence entre les deux groupes.

#### 4.5 Test de force musculaire des muscles fléchisseurs plantaires

L'évaluation de la force musculaire des muscles fléchisseurs plantaires n'a pas révélé de différences entre les valeurs pré et post TM6Mi pour les deux groupes de sujets (Tableau VIII). À noter que pour le côté dominant, la valeur de  $p$  (0.06) se situait très près du seuil de signification, ce qui montre une forte tendance vers une force musculaire plus élevée chez les sujets sains en post-TM6Mi. En exprimant la force post-TM6Mi relativement à la force pré, les ratios étaient de 0.93 ( $\pm$  0.11) du côté parétique et de 1.03 ( $\pm$  0.20) du côté non-parétique. Chez les sujets sains, les valeurs étaient de 1.04 ( $\pm$  0.15) et 1.12 ( $\pm$  0.17) pour le côté non-dominant et dominant.

**Tableau VIII:** Moyenne ( $\pm$ écart-types) de la force musculaire (Nm) des muscle fléchisseurs plantaires pré et post-TM6Mi chez les sujets hémiparétiques et les sujets sains.

GROUPE	Côté	Pré TM6Mi (Nm)	Post TM6Mi (Nm)	Valeur de $p$
Sain	Dominant	94.6 ( $\pm$ 30.6)	105.6 ( $\pm$ 34.3)	0.06
	Non dominant	93.2 ( $\pm$ 29.7)	96 ( $\pm$ 30.0)	0.50
Hémiparétique	Parétique	56.9 ( $\pm$ 29.9)	55.2 ( $\pm$ 25.8)	0.10
	Non-parétique	78.9 ( $\pm$ 25.4)	82.6 ( $\pm$ 32.0)	0.31

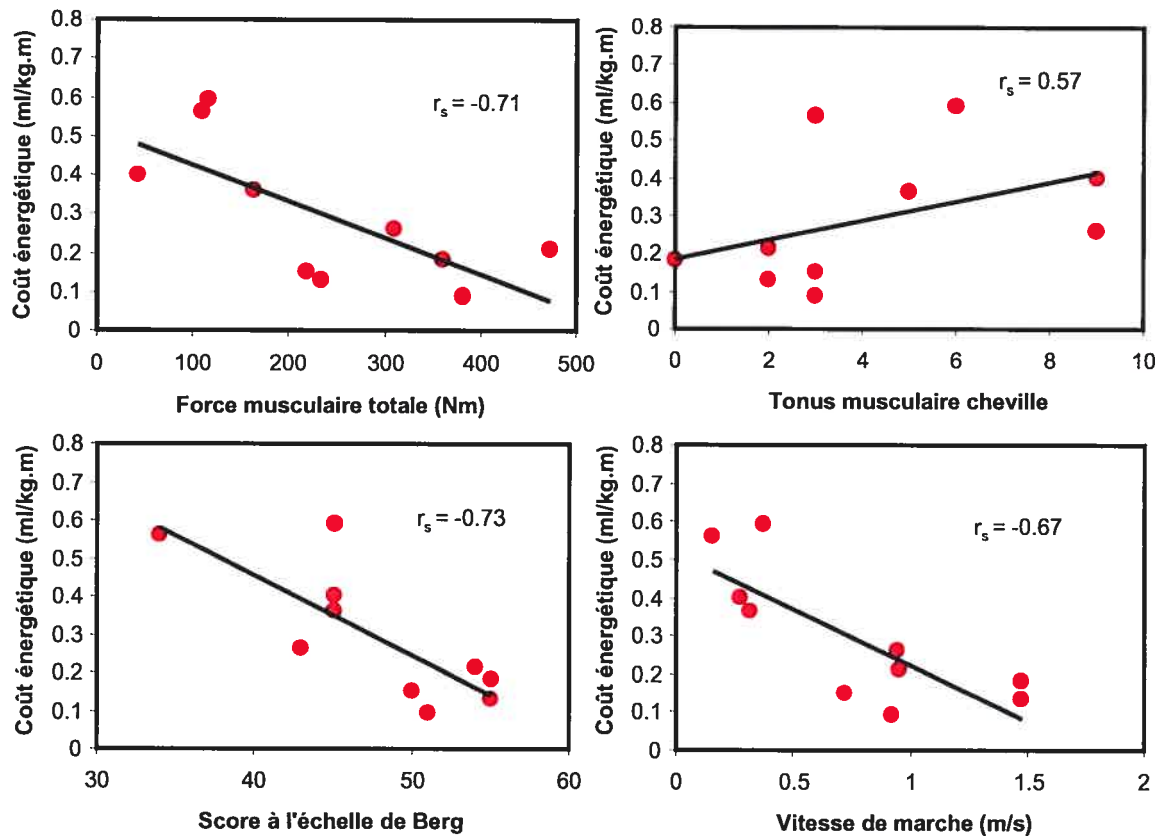
#### 4.6 Variables associées au coût énergétique chez les sujets hémiparétiques

Le Tableau IX et la Figure 4.3 montrent le niveau de relation obtenu entre les variables cliniques et celles reliées au patron de marche et le coût énergétique. Les coefficients de corrélations de Spearman les plus élevés ( $r_s > 0.70$ ) ont été observés pour la variable force musculaire des extenseurs du genou ( $r_s = -0.78$ ) et des fléchisseurs plantaires ( $r_s = -0.72$ ), la force musculaire totale du côté parétique ( $r_s = -0.71$ ) et le score d'équilibre ( $r_s = -0.73$ ). L'association négative révèle que les

sujets qui ont les pires scores sont ceux qui présentent les valeurs de coût énergétique les plus élevées. À noter que le tonus musculaire à la cheville (Tableau IX et Figure 4.3) et l'index de coût physiologique ne montraient qu'une faible corrélation avec le coût énergétique ( $r_s = 0.57$  et  $r_s = 0.32$ ). La Figure 4.3 montre les diagrammes de dispersion obtenu pour les variables force musculaire totale du côté parétique, tonus musculaire à la cheville, score à l'échelle de Berg et vitesse de marche.

**Tableau IX:** Corrélations de Spearman de diverses variables avec le coût énergétique pour le côté parétique (P) et non parétique (NP).

VARIABLES			Coût énergétique	Valeur de $p$
<b>Tests de déficiences</b>				
Chedoke McMaster	Fonction motrice	jambe	-0.62	0.05*
		pied	-0.52	0.13
Index de spasticité	Tonus musculaire	cheville	0.57	0.09
Force musculaire (Nm)	Hanche	Flexion	P -0.51	0.13
			NP -0.19	0.60
		Extension	P -0.61	0.06
			NP -0.65	0.04*
	Genou	Flexion	P -0.45	0.19
			NP -0.50	0.14
		Extension	P -0.78	0.01*
			NP -0.37	0.30
	Cheville	Fléchisseurs plantaires	P -0.72	0.02*
			NP -0.20	0.60
	Fléchisseurs dorsaux	P -0.29	0.41	
		NP -0.42	0.23	
	Hanche+genou+cheville	P -0.71	0.02*	
	Hanche+genou+cheville	NP -0.39	0.26	
<b>Tests des incapacités</b>				
Échelle de Berg	Équilibre		-0.73	0.02*
TM6Mi	Distance de marche à 6 min		-0.68	0.03*
	Vitesse de marche à 6 min		-0.67	0.03*
	Indice coût physiologique		0.32	0.36
<b>Variables reliées au patron de marche</b>				
Excursion à la hanche (°)	P		-0.66	0.04*
	NP		-0.66	0.04*
% d'appui	P		0.50	0.14
	NP		0.64	0.05*



**Figure 4.3:** Diagrammes de dispersion montrant les relations entre la variable coût énergétique et certaines variables cliniques (force musculaire totale du côté parétique, tonus musculaire à la cheville, score d'équilibre à l'échelle de Berg et vitesse de marche à la 6<sup>e</sup> minute du TM6Mi).

## **CHAPITRE 5**

### **DISCUSSION**

Ce chapitre discute des principaux résultats obtenus dans cette étude. Les différentes sections traitent des caractéristiques des populations étudiées, des changements des paramètres cardiorespiratoires et du patron de marche au cours du TM6Mi ainsi que des différences observées entre les deux groupes de participants. Les deux dernières sections abordent respectivement les variables cliniques explicatives de l'élévation du coût énergétique chez les sujets hémiparétiques et les limites de l'étude.

#### **5.1 Résumé des principaux résultats**

Dans cette étude, une comparaison a été effectuée entre des sujets ayant une hémiparésie chronique et un groupe des sujets témoins concernant les modifications du patron de marche et les paramètres cardiorespiratoires lors de l'exécution du TM6Mi. Les résultats obtenus ont montré que les deux groupes de sujets ne présentaient pas de changements des paramètres reliés au patron de marche au cours du TM6Mi. Il en a été autrement pour les réponses cardiorespiratoires qui ont révélé une augmentation graduelle jusqu'à un peu plus de la 2<sup>e</sup> minute du test suivi d'un état stable. Par ailleurs, les deux groupes de sujets ont montré des différences d'amplitudes sur divers paramètres incluant le coût énergétique qui s'est avéré plus élevé chez les sujets hémiparétiques. L'analyse des relations entre ce dernier paramètre et diverses variables cliniques a révélé que certaines déficiences physiques pouvaient expliquer en partie cette augmentation du coût énergétique.



## 5.2 Population étudiée et évaluation clinique

Les sujets hémiparétiques chroniques évalués dans ce projet étaient âgés entre 43 et 77 ans. Les scores moyens de 4.6/7 à la jambe et de 4.1/7 au pied au test de Chedoke McMaster Stroke Assessment ont permis de qualifier de modérée l'atteinte motrice au membre inférieur. Les données de force musculaire ont montré une faiblesse musculaire du côté atteint. Les déficits moyens de la force musculaire, qui variaient de 28% à 50%, suggèrent une atteinte modérée au membre inférieur parétique. Il faut préciser que l'absence de différence de force musculaire au niveau des fléchisseurs de la hanche ne permet pas de conclure à une faiblesse de ce groupe de muscles du côté parétique mais il faut noter que les valeurs sont inférieures à celles qui ont été rapportées chez un groupe de sujets testés dans des conditions comparables (Requiao et al., 2005). Il semble que la force des fléchisseurs de la hanche du côté sain ait été sous-estimée en raison du manque de stabilisation du côté atteint. Ce point a été vérifié chez d'autres sujets que nous avons évalués après la fin de cette étude.

Du point de vue fonctionnel, les sujets hémiparétiques avaient une vitesse naturelle moyenne de marche de  $0.76 \pm 0.33$  m/s. Ces données sont comparables à celles rapportées par Eng et al. (2002) (0.80 m/s). Par contre, Ng et Hui-Chan (2005) ont trouvé une vitesse de marche confortable de  $0.49 \pm 0.22$  m/s chez un groupe de 11 sujets hémiparétiques chroniques. Les différences observées entre les auteurs sont probablement associées à des différences au niveau de la sévérité de l'hémiparésie. Notre groupe de sujets était autonome à la marche et à l'exception d'un sujet, tous ont pu réaliser le TM6Mi sans aide à la marche (canne et orthèse). Ces sujets ont présenté une moyenne de 71.80 ( $\pm 11.03$ ) sur 94 pour le SAM et de 54.50 ( $\pm 15.58$ ) pour le SAA au questionnaire d'évaluation de la perception du niveau d'activité physique (HAP). Le résultat du SAA est comparable à la moyenne

du SAA rapporté par l'étude de Teixeira-Salmela et al. (1999) ( $52.31 \pm 13.28$ ). Ces derniers auteurs ont enregistré une augmentation de 39.2% de ce score postérieurement à l'entraînement en endurance cardiorespiratoire et de force musculaire aux membres inférieurs (SAA=  $69.69 \pm 9.48$ ). Cependant, les valeurs du SAM pré et post entraînement n'ont pas été citées dans leur étude. L'étude de Hamdorf et al. (1992) a démontré une moyenne de 75.80 ( $\pm 6.60$ ) pour le SAM et de 69.60 ( $\pm 8.60$ ) pour le SAA chez les sujets âgés en bonne santé. La présente étude n'a pas administré l'évaluation du HAP chez le groupe de participants sains. En conclusion, les résultats obtenus aux divers tests cliniques suggèrent que le groupe des hémiparétiques, bien que restreint, semble assez bien représenter les personnes hémiparétiques chroniques ambulantes, relativement autonomes et capables d'assumer certains rôles dans la société.

Dans la présente étude, aucune différence significative n'a été observée entre les sujets hémiparétiques chroniques et les sujets sains par rapport à leurs caractéristiques (âge, genre, taille et masse corporelle). Donc, il est peu probable que les différences observées entre les deux groupes, tant pour les paramètres cardiorespiratoires que pour ceux reliées au patron de marche, aient été influencées par des différences de ces caractéristiques entre les deux groupes. Pour tenter de prédire la distance de marche lors du TM6M chez des sujets sains, plusieurs auteurs utilisent des équations de référence (Enright et Sherrill, 1998; Troosters et al., 1999). Ces équations diffèrent l'une de l'autre par rapport au genre mais dans les deux cas, elles sont basées sur l'âge, la taille et la masse corporelle des sujets (Enright et Sherrill; 1998). Selon ces auteurs, ces variables peuvent influencer la distance de marche. Ainsi, la masse corporelle et l'âge sont corrélés négativement avec la distance de marche, c'est-à-dire qu'une personne plus âgée ou plus lourde parcourt une distance de marche inférieure (Enright et Sherrill, 1998). De plus, les hommes parcourent une distance plus longue

comparativement aux femmes (Enright et Sherill, 1998; Troosters et al., 1999). Finalement, un sujet ayant une taille plus grande peut présenter une longueur de pas plus grande et donc, parcourir une plus grande distance lors du test (Enright et Sherill, 1998; Troosters et al., 1999). Dans la présente étude, il était donc important d'avoir des groupes comparables en terme de caractéristiques démographiques et physiques afin de réduire l'effet de ces variables sur les paramètres enregistrés lors du TM6Mi. Ainsi, les différences observées entre les groupes peuvent être attribuées principalement aux conséquences de l'ACV.

### **5.3 Changements au cours du TM6Mi**

Les résultats de cette étude ont démontré des changements des paramètres cardiorespiratoires au cours du TM6Mi chez les sujets sains et hémiparétiques, lesquels ont présenté le même comportement pour les deux groupes de participants. Ces résultats confirment l'hypothèse qui stipulait que les paramètres cardiorespiratoires  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE, FC, FR,  $VO_2/FC$  et coût énergétique augmenteraient significativement au cours des deux premières minutes du TM6Mi et se stabiliseraient par la suite chez les deux groupes de participants. Dans la présente étude, cette stabilisation s'est produite à un peu plus de deux minutes sauf pour  $VO_2/FC$  qui ne s'est plus modifié après la 2<sup>e</sup> minute. Pour les variables  $VO_2$  et FC, ces résultats sont corroborés par ceux obtenus par Kervio et ses collègues (2003) chez des personnes saines. Ces réponses pourraient être expliquées par les processus bioénergétique de la cellule musculaire.

Dans le cas du test de TM6Mi, où l'intensité n'excède généralement pas les capacités de maintenir un état stable, soit 50% à 80% de la  $VO_2max$  (Kervio et al, 2003; Eng et al, 2002; Troosters et al, 1999; Pohl et al; 2002;

Guyatt et al, 1985a), le niveau d'efficacité bioénergétique est optimal sur le plan du métabolisme oxydatif. Ainsi, les filières anaérobiques, alactique et lactique, bien que quantitativement moins importantes que le métabolisme aérobie, sont indispensables à l'initiation du mouvement (Vanderwalle, 2004). Finalement, la filière aérobie, correspondant à la respiration mitochondriale, débute après la première minute de marche et atteint un état stable en deux minutes environ (Viel, 2000). Selon Waters et Mulroy (1999), après quelques minutes d'exercices sous maximal et continu, un niveau suffisant d'O<sub>2</sub> est obtenu pour satisfaire l'énergie exigée par les tissus. La FC, la FR et les autres paramètres physiologiques atteignent un plateau. Cette phase correspond à une meilleure efficacité énergétique puisque la VO<sub>2</sub> équivaut à la production d'énergie (Viel, 2000). Par ailleurs, dans la présente étude, les données montrent que le taux d'augmentation des paramètres avant d'atteindre l'état stable est différent entre les deux groupes de sujets. Les sujets sains montrent des taux d'atteintes plus abruptes que les sujets hémiparétiques. Une plus grande attention devrait être portée à ces variables dans les études futures.

L'état stable noté est aussi expliqué par la vitesse de marche qui était constante dès la première minute du TM6Mi. En effet, les modifications des paramètres cardiorespiratoires dépendent de l'intensité de l'effort, lequel est directement lié à la vitesse de marche (Dill, 1965). Bien que ces résultats étaient attendus chez des sujets en bonne santé, il aurait été probable que les participants hémiparétiques atteignent l'état stable un peu plus tard que les participants sains et qu'en conséquence, le déficit en oxygène, au début de l'exercice, ait été plus grand (Robergs et Keteyian, 2003; Landin et al., 1977) dû à leur déficiences et incapacités, notamment leur faiblesse musculaire et leur manque d'endurance cardiovasculaire (Pohl et al., 2002; Corcoran et al., 1970) et leur niveau de sédentarité. En effet, les résultats du questionnaire de participation à des activités physiques santé (SCPE, 1999)

démontrent que les participants hémiparétiques avaient une fréquence hebdomadaire d'activités inférieure aux sujets sains.

Des observations semblables aux résultats de la présente étude pour la FC ont été relevées chez les hémiparétiques par Eng et al. (2002). Ces auteurs ont enregistré une augmentation de 36% de la FC au cours des deux premières minutes du test suivie d'une faible augmentation de 7% durant les dernières quatre minutes, ce qui reflète l'état stable. De plus, Pohl et al. (2002) et Potempa et al. (1995) ont enregistré une FC significativement plus élevée en post test en comparaison au pré test chez les hémiparétiques.

Pour les deux groupes de participants, la TAS est significativement plus élevée en post TM6Mi comparée à la valeur de repos. La TAD n'a pas été affectée par le TM6Mi. En ce qui concerne la TAS et TAD, Pohl et al. (2002) et Potempa et al. (1995) ont présenté des résultats comparables à ceux de cette étude chez les hémiparétiques. La SatO<sub>2</sub> a diminué à la 2<sup>e</sup> minute du test, comparativement à la valeur de repos. Ceci n'a pas été observé par Troosters et ses collègues (1999) qui ont mesuré la SatO<sub>2</sub> chez les sujets sains et qui n'ont observé aucune différence significative. Par contre, cette réponse de la SatO<sub>2</sub> remarqué dans la présente étude ne constitue pas une diminution significative cliniquement puisque cette diminution est inférieure à 3% ou 4% (ACSM, 2000).

Les résultats des paramètres cardiorespiratoires observés chez les sujets sains sont ceux attendus au cours d'un effort sous maximal et continu comme le TM6M (Kervio et al, 2003). Puisque les résultats obtenus pour les sujets hémiparétiques se sont comportés de la même façon que ceux du groupe témoin, il est permis de conclure que les participants hémiparétiques ont présenté des réponses physiologiques normales pour ce type d'effort. De plus, il est important de noter que les médicaments que certaines des

personnes de l'étude prenaient ne sont pas reconnus pour modifier les réponses physiologiques au cours d'un exercice.

L'échelle de la PE modifiée (0-10) est valide et fidèle pour vérifier l'intensité physiologique pendant l'exercice (Skinner et al., 1973; ACSM, 2000). Elle a une forte corrélation avec la  $VO_2$  ( $r= 0.82$ ), la  $VO_2$  ( $r= 0.85$ ), la FC ( $r= 0.80$ ) (Ueda et al., 2006) et la VE ( $r= 0.90$ ) (Grant et al., 1999). Dans la présente étude, la variable PE a montré un score de 3.5/10 à la fin du test pour les deux groupes de sujets. Cette valeur représente un niveau d'effort modéré (Kervio et al., 2003; Pollock et al, 1998). Selon l'American College of Sports Medicine (2000), la FC est une autre variable qui peut aussi mesurer l'intensité de l'exercice en calculant le pourcentage de la FC maximale prédite par 220 moins l'âge du sujet. Pollock et ses collègues (1998) ont déterminé qu'un exercice est considéré sous maximal et d'intensité modérée lorsque la FC se situe entre 55% et 69% et élevée entre 70% et 89% de la FC maximale. En se basant sur les calculs du pourcentage des valeurs moyennes de la FC maximale atteint au cours du TM6Mi, l'intensité de l'exercice de la présente étude peut donc être estimée modérée chez le groupe de sujets hémiparétiques (61% de la FC maximale prédite) et élevée chez les sujets sains (81% de la FC maximale prédite). Les sujets hémiparétiques perçoivent un niveau modéré d'effort avec une fréquence cardiaque plus faible. Conséquemment, ils perçoivent un effort plus grand pour une même fréquence cardiaque. Ainsi, selon les critères de Pollock et al. (1998) le score de la PE des sujets sains semble sous-estimé lorsque mis en relation avec la FC atteinte.

En ce qui concerne les variables reliées au patron de marche, l'hypothèse de la présente étude stipulait que la vitesse de marche serait constante durant le TM6Mi et que les autres variables quantifiant le patron de marche (i.e. excursion angulaire à la hanche et temps d'appui unipodal)

montreraient des changements permettant de conserver la vitesse de marche constante au cours du TM6Mi, chez les deux groupes de sujets. Cette hypothèse est partiellement confirmée puisque que tous les paramètres du patron de marche ont été constants pendant toute la durée du TM6Mi. L'explication la plus plausible des résultats semble être liée au fait que les deux groupes de sujets ont choisi une vitesse de marche assez confortable ( $0.76 \pm 0.45$  m/s chez les hémiparétiques et  $1.57 \pm 0.18$  m/s chez les sujets sains) pour minimiser la fatigue et réussir ainsi à garder constant leur patron de marche pendant toute la durée du TM6Mi. Kervio et al. (2003) ont démontré, qu'après la première minute du TM6M, la vitesse de marche se stabilisait chez un groupe de 12 adultes en santé âgés entre 60 et 70 ans. Chez un groupe de personnes hémiparétiques chroniques, Eng et al. (2002) ont révélé que ces sujets ont été capables de maintenir une vitesse de marche constante de 0.80 m/s pendant toute la durée du TM6M.

En accord avec les données d'EMG à la marche qui n'ont pas changé significativement au cours du TM6Mi, la comparaison des données post et pré-TM6Mi n'a pas montré de diminution de la force musculaire des fléchisseurs plantaires chez les deux groupes de sujets. Considérant que les niveaux d'effort sont élevés (50 à 60%) pour ces muscles lors de la marche (Requiao et al., 2005; Milot et al., 2006), il était attendu que ceux-ci allaient montrer une diminution de la force après le TM6Mi du côté parétique et/ou non-parétique. Par exemple, une diminution de la force du côté parétique, reflétant une fatigue de ce groupe de muscles au cours du test, aurait pu être compensée par une augmentation de l'utilisation de fléchisseurs de hanche étant donné que les niveaux d'effort sont moins élevés pour ce groupe de muscles (~40%). Ainsi, nous aurions dû observer un changement de l'excursion à la hanche. Il semble que les deux groupes de sujets ont adopté une vitesse de marche leur permettant d'avoir un cycle de contraction-repos convenable pour maintenir la même utilisation du groupe de muscles pendant

toute la durée du TM6Mi. La seule exception semble être au niveau des fléchisseurs dorsaux des chevilles chez les sujets sains. Ce groupe de muscles a montré une augmentation de l'EMG qui pourrait témoigner de l'apparition de fatigue. Cependant, étant donné que la cinématique (angles et vitesses angulaires) de la cheville, qui peut modifier l'EMG, n'a pas été enregistrée durant le test, il est impossible de conclure sur ce point.

La présente étude contribue donc à étendre les connaissances reliées au TM6Mi en suggérant que le peu de changement de vitesse de marche observée au cours du TM6M dans cette étude et les études précédentes (Kervio et al., 2003, Eng et al., 2002) n'est pas conséquente à une altération du patron de marche dans le temps visant à maintenir la vitesse constante. Cependant, les études futures devront montrer l'absence de changements au niveau des autres articulations des membres inférieurs avant de conclure définitivement sur ce point.

#### **5.4 Comparaisons entre les groupes**

Le profil de l'évolution des paramètres cardiorespiratoires ( $VO_2$ ,  $VCO_2$ , FC, FR, VE, coût énergétique) par rapport au temps était similaire pour les deux groupes de sujets. Cependant, plusieurs paramètres cardiorespiratoires et du patron de marche étaient significativement différents. La  $VO_2$ , le  $VCO_2$ , la FC, et le VE étaient plus faibles chez les sujets hémiparétiques dû au fait que ces sujets ont marché plus lentement. Par contre, le coût énergétique était plus élevé à cause des déficiences physiques présentées chez cette clientèle. La FR ne démontrait pas de différence significative entre les deux groupes. Cela confirme la deuxième hypothèse qui stipulait que les paramètres cardiorespiratoires seraient plus élevés chez le groupe témoin, à l'exception du coût énergétique qui serait supérieur chez les sujets



hémiparétiques. Ces résultats correspondent à ceux de Zamparo et al. (1995), Brinkmann et Hoskins (1979) et Bard (1963) qui ont démontré que le coût énergétique était supérieur chez les sujets hémiparétiques comparativement aux sujets sains. En plus de l'atteinte motrice (i.e. déficiences et incapacités) (Olgiati et al., 1988; Bard, 1963), ce résultat peut s'expliquer par le déconditionnement connu chez cette clientèle (Waters et Mulroy, 1999; Brinkmann et Hoskins, 1979; Potempa et al., 1995). Selon Waters et al. (1988b), il existe une relation linéaire entre les valeurs de la  $VO_2$  et la vitesse de marche. Plus le sujet marche vite, plus élevé est la  $VO_2$ . De ce fait, la valeur inférieure de la vitesse de marche qui a été trouvée chez le groupe hémiparétique entraîne donc une valeur de  $VO_2$  moins élevée. La consommation d'oxygène dépend de la dépense énergétique, non seulement au niveau des muscles directement impliqués dans la production de travail utile, mais aussi au niveau des muscles assurant la stabilisation des segments corporels et des muscles antagonistes cocontractés (Vandewalle, 2004). Selon Vandewalle (2004), l'hypothèse implicite est que la présence des cocontractions, l'augmentation du tonus musculaire, la sollicitation de muscles moins efficaces ainsi qu'une mauvaise coordination devraient se manifester par une élévation du coût énergétique lors de la marche chez les sujets hémiparétiques en comparaison aux sujets sains.

Dans la présente étude, malgré que la vitesse de marche confortable chez les hémiparétiques (0.76 m/s) ait été différente de celle présentée par Hash (1978) (0.50 m/s), la moyenne du coût énergétique a été similaire (0.28 ml  $O_2$ /kg.m et 0.27 ml  $O_2$ /kg.m, respectivement). Par ailleurs, chez le groupe de sujets sains, à une vitesse de marche confortable de 1.57 m/s, la moyenne des résultats du coût énergétique (0.16 ml  $O_2$ /kg.m) corrobore avec les études de Waters et al. (1988b) (0.15 ml  $O_2$ /kg.m) et Graham et al. (2005) (0.16 ml  $O_2$ /kg.m) à une vitesse de marche confortable de 1.33 m/s et 1.18 m/s respectivement. Donc, les résultats de la présente étude, conjointement

avec la littérature, ont vérifié une augmentation du coût énergétique chez les sujets hémiparétiques en comparaison au groupe témoin lors du TM6Mi, malgré la vitesse de marche inférieure chez les hémiparétiques.

En ce qui concerne les paramètres du patron de marche, la distance parcourue, la vitesse de marche et l'angle d'excursion à la hanche étaient inférieurs chez le groupe hémiparétique. Chez ces derniers soumis au TM6Mi, le pourcentage d'appui était plus élevé au membre inférieur non atteint, tandis que chez les sujets sains, le pourcentage d'appui était similaire au niveau des membres inférieurs. L'appui sur le membre inférieur non atteint chez les sujets hémiparétiques s'est avéré prolongé par rapport à celui des sujets sains. Ce résultat peut provenir d'une possible stratégie utilisée par les sujets hémiparétiques qui consiste à prolonger le temps d'appui sur le côté sain afin de compenser le manque d'équilibre et la difficulté de mouvement du corps sur la jambe atteinte et, par le fait même, minimiser la fatigue du côté atteint (Ng et Hui-Chan, 2005).

L'utilisation de stratégies ou adaptations compensatoires permettant de conserver une marche fonctionnelle est un fait bien reconnu chez les sujets hémiparétiques (Lamontagne et al., 2002; Nadeau et al., 1999b; Jeng et al., 1996; Mizrahi, 1984). Ce phénomène vise probablement à minimiser la dépense énergétique lors de la marche (Jeng et al. 1996; Mizrahi, 1984). En utilisant l'EMG chez les sujets post poliomyélite, lesquels présentaient une faiblesse musculaire des fléchisseurs plantaires, Perry et al. (1995) ont montré une augmentation de l'activité EMG des extenseurs au genou et à la hanche, lors de la phase d'appui. Les auteurs ont conclu que leurs sujets utilisaient cette stratégie afin de compenser la faible activité des fléchisseurs plantaires. Chez les sujets hémiparétiques, Olney et al. (1998) ont rapporté qu'en moyenne, le moment musculaire et la puissance des fléchisseurs plantaires étaient diminués lorsque comparés aux valeurs normales.

Cependant, les fléchisseurs à la hanche des deux côtés présentaient un plus grand moment musculaire probablement pour compenser la faiblesse des muscles distaux. Nadeau et al. (1999b) ont rapporté des données qui supportent ces faits en montrant que la force des fléchisseurs à la hanche était très fortement reliée à la vitesse naturelle et maximale de marche et que la faiblesse des muscles fléchisseurs plantaires était importante chez les sujets hémiparétiques.

Dans la présente étude, la distance ( $274.6 \pm 163.7$  m) et la vitesse de marche ( $0.76 \pm 0.45$  m/s) des sujets hémiparétiques pendant le TM6Mi sont comparables aux résultats rapportés par Eng et al. (2002), pour une population de 25 sujets hémiparétiques âgés entre 50 et 82 ans avec 1 an post AVC ( $268 \pm 90$  m;  $0.80 \pm 0.26$  m/s, respectivement). Les sujets sains ont présenté une moyenne de  $565.5 \pm 64.9$  m lors de l'exécution du TM6Mi. Chez ces sujets, ce résultat se compare assez bien avec celui des études de Ng et Hui-Chan (2005) et Troosters et al. (1999) qui ont obtenu une distance de marche de  $416.5 \pm 95.2$  m et  $631 \pm 93$  m, respectivement. La différence de distance parcourue entre les sujets sains et hémiparétiques pourrait dépendre de plusieurs facteurs. Ces facteurs sont la motivation, les fonctions respiratoires, les conditions cardiovasculaires, les fonctions neuromusculaires et la force musculaire des membres inférieures (Eng et al., 2002). Plusieurs études ont montré que la vitesse de marche est corrélée avec la force des membres inférieurs (Bohannon, 1986; Kim et Eng 2003; Nadeau et al., 1999b; Teixeira-Salmela et al, 2001). La vitesse de marche a été corrélée avec la force des muscles extenseurs à la hanche (Bohannon, 1986), des fléchisseurs à la hanche (Nadeau et al., 1999b; Kim et Eng, 2003), des fléchisseurs dorsaux à la cheville (Bohannon, 1986; Gronley et al., 1997) et des fléchisseurs plantaires à la cheville (Kim et Eng, 2003). Même si certains auteurs n'ont pas observé de corrélation significative entre la vitesse de marche et la force des muscles fléchisseurs plantaires (Nadeau et al., 1999b;

Gronley et al., 1997), il existe des évidences que la faiblesse musculaire des fléchisseurs plantaires pourrait être un facteur limitant de la performance à la marche (Nadeau et al., 1999b). Compte tenu que nos données ont révélé que le groupe des participants hémiparétiques avait une diminution de la force musculaire au membre inférieur parétique, la faiblesse est probablement aussi un facteur important à considérer dans cette étude pour expliquer la diminution de la vitesse et de la distance de marche.

### **5.5 Variables associées au coût énergétique chez les sujets hémiparétiques**

Dans la présente étude, des corrélations de diverses variables avec le coût énergétique (Tableau IX) ont été vérifiées afin de comprendre l'augmentation du coût énergétique observée chez les sujets hémiparétiques. L'hypothèse du troisième objectif de cette étude était que les variables reliées aux déficiences motrices et aux capacités fonctionnelles seraient explicatives de l'augmentation du coût énergétique lors de la marche chez cette population. Cette hypothèse a donc été confirmée puisque les résultats démontrent des corrélations du coût énergétique avec la force musculaire, le score au test de fonction motrice (Chedoke McMaster Stroke Assessment), le score au test d'équilibre de Berg et la distance de marche. De plus, quelques variables reliées au patron de marche ont été également corrélées avec le coût énergétique, tels que l'excursion à la hanche et le pourcentage d'appui.

Tel qu'expliqué antérieurement (section 2.2.6), le coût énergétique est la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) divisé par la vitesse de marche. Étant donné que lors de la marche, la  $VO_2$  démontre une corrélation linéaire avec la vitesse de marche (Waters et Mulroy, 1999), le coût énergétique serait influencé par la vitesse de marche (Waters et al., 1988b; Waters et Mulroy,

1999). De ce fait, tous les facteurs qui influencent la vitesse de marche peuvent influencer également le coût énergétique. Comme mentionné précédemment, plusieurs études ont montré que la vitesse de marche est corrélée à la force musculaire des membres inférieurs (Kim et Eng, 2003; Teixeira-Salmela et al., 2001; Nadeau et al., 1999b; Lindmark et Hamrin, 1995; Bohannon, 1991; Bohannon, 1986; Nakamura et al., 1985). Les résultats de la présente étude démontrent une corrélation du coût énergétique avec la force des muscles extenseurs à la hanche du côté non-parétique, extenseurs du genou du côté parétique et fléchisseurs plantaires du côté parétique. De plus, une tendance de corrélation a été observée pour les muscles extenseurs à la hanche du côté parétique ( $r = -0.61$ ;  $p = 0.06$ ). Les corrélations du coût énergétique avec la force des muscles antigravitaires extenseurs (hanche, genou et cheville) (Tableau IX) révèlent que la force globale du côté parétique, et non celle du côté non-parétique, est importante dans l'explication du coût énergétique.

Des corrélations entre la vitesse de marche et la fonction motrice (score de Chedoke McMaster Stroke Assessment), l'équilibre (échelle de Berg) et la distance de marche ont été démontrées par Eng et al. (2002). Dans notre étude, ces données cliniques étaient aussi reliées au coût énergétique. Selon Pohl et al. (2002), ceci pourrait s'expliquer par le fait que les atteintes motrices et l'altération de l'équilibre entraînent une réduction de la vitesse de marche, laquelle est toujours reliée à la  $VO_2$  et au coût énergétique.

En ce qui concerne l'association entre la spasticité et le coût énergétique, Brinkmann et Hoskins (1979) et Bard (1963) ont trouvé une corrélation entre ces variables. Contrairement à ces auteurs, la présente étude n'a pas trouvé de corrélation pour ces mêmes variables. En fait, les sujets hémiparétiques ont, en moyenne, présenté très peu d'augmentation du

tonus à la cheville lors de l'évaluation clinique, donc l'absence de cette corrélation pourrait s'expliquer par le fait que nos sujets ne présentaient pas de changements suffisants du tonus pour que celui-ci ressorte comme variable explicative du coût énergétique.

Chez les hémiparétiques, la diminution de la vitesse de marche est caractérisée par une réduction de la cadence et de la longueur des pas (Ozgirgin et al., 1993). Les études sur les variables spatio-temporelles et cinématique de la marche anormale montre que la vitesse de marche est diminuée et que l'excursion à la hanche est modifiée surtout du côté parétique avec une diminution des angles de flexion (phase initiale du contact du talon au sol), et d'extension (phase de poussée) (Burdett et al., 1988). Dans la présente étude, l'excursion à la hanche, autant pour le côté parétique que non-parétique, a été corrélée avec le coût énergétique. Le niveau des atteintes post-AVC (i.e. faiblesse musculaire, manque d'équilibre, spasticité) peuvent influencer la diminution de la vitesse, de la cadence, de la longueur du pas, de l'excursion à la hanche et de la mise en charge sur le côté parétique (Olney et Richards, 1996; von Schroeder et al., 1995; Nakamura et al., 1988). De ce fait, comme les altérations des variables spatio-temporelles et cinématiques de la marche sont liées à la sévérité de la lésion entraînant une diminution de la vitesse de marche, il est normal que l'excursion à la hanche et le pourcentage d'appui soient corrélés avec le coût énergétique. Dans l'étude de Roth et al. (1997), la vitesse de marche a été plus fortement corrélée avec le pourcentage d'appui du côté non atteint dû à l'influence des atteintes motrices du côté parétique. Puisque les sujets hémiparétiques supportent un plus grand pourcentage du poids du corps sur le côté sain (Wall et Turnbull, 1986), la corrélation enregistrée dans la présente étude entre le coût énergétique et le pourcentage d'appui du côté non-parétique pourrait s'expliquer par le fait que le pourcentage d'appui est associée au

niveau d'atteinte motrice et à la vitesse de marche (Ng et Hui-Chan, 2005; Roth et al., 1997; Brandstater et al., 1983).

En ce qui concerne l'indice du coût physiologique, plusieurs études ont utilisé le coût énergétique comme critère standard dans la validation de l'indice du coût physiologique (Bowen et al., 1998; Boyed et al., 1999; Ijzerman et Nene., 2002). Selon Ijzerman et Nene (2002), l'indice du coût physiologique est supposé d'être corrélé avec le coût énergétique car ces deux variables disposent du même dénominateur (vitesse en m/min). Par contre, chez le groupe des hémiparétiques de la présente étude, ainsi que chez les sujets sains de l'étude de Graham et al. (2005) et Hood et al. (2002), ces deux variables n'étaient pas corrélées. L'absence de corrélation entre l'indice du coût physiologique et le coût énergétique suggère que l'indice du coût physiologique n'est pas une mesure valide du coût énergétique chez un groupe de sujets sains lors d'une marche confortable (Graham et al., 2005). Selon ces derniers auteurs, ces deux variables pourront être corrélés uniquement lorsque les sujets présentent une grande difficulté à la marche due à l'augmentation de l'effort du système cardiovasculaire entraînant une importante élévation de la FC au cours de l'exercice (i.e. marche) en plus d'une diminution de la vitesse de marche afin de réduire l'effort. L'étude de Bowen et al. (1998) a trouvé une corrélation ( $r= 0.5$ ) entre l'indice du coût physiologique et le coût énergétique lors d'une évaluation de la marche chez des enfants atteints de paralysie cérébrale. De plus, les études de Ijzerman et Nene (2002) et de Boyd et al. (1999) ont démontré aussi une corrélation entre ces deux variables qui étaient enregistrés seulement chez les enfants avec paralysie cérébrale ou bien chez un groupe mixte (enfants sains et handicapés).

Selon Graham et al. (2005), il est possible que l'indice du coût physiologique puisse être plus significativement influencé par la vitesse de

marche que par la modification de la FC. Des études ont montré une diminution de l'indice du coût physiologique et une augmentation de la vitesse de marche après des interventions thérapeutiques chez les sujets avec atteintes neurologiques (Burrige et McLellan, 2000; Taylor et al., 1999). Sienko et al. (1996) ont enregistré une diminution de vitesse de marche associée à une augmentation de l'indice du coût physiologique postérieurement à une altération du patron de marche. L'augmentation ou la diminution de la vitesse de marche sans le changement de la FC pourra donc entraîner une importante modification de l'indice du coût physiologique.

En conclusion, dans la présente étude, l'indice du coût physiologique n'a pas montré une corrélation avec le coût énergétique chez les sujets hémiparétiques dû au fait que l'effort cardiovasculaire lors du TM6Mi a été modéré. Cet effort n'impose pas une augmentation excessive de la FC ni une diminution de la vitesse de marche.

## **5.6 Limites de l'étude**

Parmi les limites de l'étude, mentionnons que seulement 10 sujets ont été analysés dans chacun des groupes. Le petit effectif des sujets limite la portée de l'interprétation des résultats car il est possible que d'autres résultats aient pu être significatifs avec plus de sujets. La complexité du protocole expérimental et le temps d'analyses nécessaires à la réalisation de cette étude expliquent le nombre restreint de sujets évalués. Cependant, la comparaison des données cliniques avec celles d'autres études montre que nous avons une bonne représentation de la clientèle de personnes hémiparétiques chroniques en ce qui a trait au niveau de récupération motrice chez celle-ci.



La présente étude a permis de quantifier divers paramètres neuromusculaires et cardiorespiratoires lors de l'exécution du TM6M chez un groupe d'adultes ayant une hémiparésie chronique modérée. Ces résultats ne peuvent être applicable qu'à cette clientèle. Les données ne permettent pas de savoir si les sujets hémiparétiques plus sévèrement atteints ou encore ayant une hémiparésie aiguë se comportent de la même manière. L'analyse de ces groupes pourrait permettre de mieux interpréter les divers paramètres neuromusculaires et cardiorespiratoires lors de la marche chez les hémiparétiques.

Malgré que les muscles fléchisseurs dorsaux à la cheville des sujets sains ont montré une augmentation de l'EMG qui pourrait témoigner de l'apparition de fatigue, l'absence de l'enregistrement de la mesure cinématique (angles et vitesses angulaires) à la cheville lors de la marche de même que de la mesure dynamométrique de fléchisseurs dorsaux empêche d'explorer la véritable fatigabilité de ces muscles lors du TM6M chez les deux groupes de sujets.

Le poids supplémentaire de l'équipement d'acquisition par télémétrie (Cosmed K4, EMG, contact pedestre) pourrait influencer la performance des sujets lors du test à la marche. En effet, une moyenne de 4 kg de poids supplémentaire a été calculée. De plus, ce poids supplémentaire pourrait affecter et influencer les résultats des sujets hémiparétiques de façon plus importante que les sujets du groupe témoin.

Duncan et al. (1998) ont suggéré que le TM6M puisse être utilisé comme mesure clinique de l'endurance cardiorespiratoire chez les sujets hémiparétiques. Selon Pohl et al. (2002), la distance parcourue, les modifications de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle observées chez le sujet hémiparétique au cours du TM6M démontrent que ce test fournit une mesure clinique de la

performance pour les adultes avec un AVC. En ce qui concerne les qualités psychométriques (fidélité, validité), le TM6M est fidèle et valide pour les sujets avec une atteinte cardiorespiratoire (Guyatt et al., 1985; Demers et al., 2001; Finch et al., 2002). Par contre, aucune étude, à ce jour, n'a encore exploré les qualités psychométriques du TM6M chez les sujets hémiparétiques chroniques.

## CHAPITRE 6

### CONCLUSION

Cette étude a permis d'améliorer les connaissances sur la performance de sujets sains et hémiparétiques au cours du TM6M. Lors de ce test, l'utilisation d'un système d'enregistrement de variables cardiorespiratoires (Cosmed K4 b<sup>2</sup>), de signaux d'EMG, de signaux d'électrogoniomètres et des contacts pédestres ont quantifié les modifications des paramètres cardiorespiratoires et du patron de marche chez les deux groupes. L'objectif de cette étude a été de documenter les changements des ces deux types de paramètres ainsi que d'identifier les variables cliniques et celles reliées au patron de marche qui seraient explicatives de l'augmentation du coût énergétique.

Les résultats ont permis de démontrer que la distance et la vitesse de marche chez les sujets hémiparétiques étaient inférieures en comparaison aux sujets sains. Les deux groupes de sujets ont montré que les variables du patron de marche (excursion à la hanche, électromyographie et pourcentage d'appui) demeuraient constantes durant le TM6Mi tandis que les réponses cardiorespiratoires ont indiqué une augmentation graduelle jusqu'à un peu plus de la 2<sup>e</sup> minute du test et se sont stabilisés par la suite. Les différences reliées au patron de marche entre les deux groupes (diminution de la vitesse de marche, temps d'appui asymétrique, etc) sont en lien avec les déficits moteurs et correspondent probablement à une stratégie par les sujets hémiparétiques pour réduire les efforts et la fatigue du côté parétique lors de la marche.

En sachant que le coût énergétique est corrélé avec la vitesse de marche, il n'est pas étonnant que tous les facteurs qui influencent la vitesse

de marche puissent influencer également le coût énergétique. Ainsi, la faiblesse musculaire, la diminution de l'équilibre, les atteintes motrices ainsi que le manque d'endurance locale et cardiorespiratoire observées chez les hémiparétiques pourraient expliquer l'augmentation du coût énergétique malgré la vitesse de marche moins élevée.

Une plus grande attention doit être portée à la capacité aérobie et à tous les facteurs qui influencent la vitesse de marche (i.e. la faiblesse musculaire, les atteintes motrices, l'équilibre, la spasticité) lors d'un programme de réadaptation chez les sujets hémiparétiques puisque les résultats de cette étude confirment que ces facteurs augmentent le coût énergétique. De plus, des tests d'endurance locale pourraient aider à mieux comprendre le lien entre la fatigue musculaire et l'endurance cardiorespiratoire. Une meilleure connaissance de l'influence de ces facteurs en réadaptation pourrait augmenter la fonction motrice et améliorer le patron de marche, et ainsi minimiser le coût énergétique.

## CHAPITRE 7

### BIBLIOGRAPHIE

American College of Sports Medicine, (2000). Guidelines for exercise testing and prescription. 6<sup>th</sup> ed., Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.

Arsenault, A. B., Larivière, C., (2000). The reliability of different EMG indices used in the evaluation of back muscle fatigue. Paper presented at the XIV Congress of International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Sapporo, Japan.

Arsenault, A. B., Winter, D. A., Marteniuk, R. G., (1986). Is there a 'normal' profile of EMG activity in gait? Med Biol Eng Comput. 24, 337-343.

American Thoracic Society, (2002). Guidelines for the six-minute walk test. Am J Respir Crit Care Med. 166, 111-117.

Andriacchi, T., Ogle, J., Galante, J., (1977). Walking speed as a basis for normal and abnormal gait parameters . Biomech. 10, 261-268.

Bard, G., (1963). Energy expenditure of hemiplegic subjects during walking. Arch Phys Med Rehabil. 44, 368-370.

Bard, G., Ralston, H. J., (1959). Measurement of energy expenditure during ambulation, with special reference to evaluation of assistive devices. Arch Phys Med Rehabil. 40, 415-420.

Barthelemy, J. C., Geysant, A., Riffat, J., Antoniadis, A., Berruyer, J., Lacour, J. R., (1990). Accuracy of pulse oximetry during moderate exercise: a comparative study. Scand J Clin Lab Invest. 50, 533-539.

Basmajian, J. V., De Luca, C. J., (1985). *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*. 5<sup>th</sup> ed., Williams & Wilkins, Baltimore.

Bean, J. F., Kiely, D. K., Leveille, S. G., Herman, S., Huynh, C., Fielding, R., Frontera, W., (2002). The 6-minute walk test in mobility-limited elders: what is being measured? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 57, M751-M756.

Bell-Krotoski, J., Tomancik, E., (1987). The repeatability of testing with Semmes-Weinstein monofilaments. *J Hand Surg Am*. 12, 155-161.

Berg, K., Williams, J., Wood-Dauphinee, S., Maki, B., (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Pub Health*. 83,7-11.

Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J. I., (1995). The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 27, 27-36.

Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J. I., Gayton, D., (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 41, 304-311.

Bjuro, T., Fugl-Meyer, A. R., Grimby, G., Hook, O., Lundgren, B., (1975). Ergonomic studies of standardized domestic work in patients with neuromuscular handicap. *Scand J Rehabil Med*. 7, 106-113.

Boardman, D. L., Dorey, F., Thomas, B. J., Lieberman, J. R., (2000). The accuracy of assessing total hip arthroplasty outcomes: a prospective correlation study of walking ability and 2 validated measurement devices. *J Arthroplasty*. 15, 200-204.

Bohannon, R. W., (1986). Strength of lower limb related to gait velocity and cadence in stroke patients. *Physiotherapy Canada*. 38, 204-206.

Bohannon, R. W., (1991). Strength deficits also predict gait performance in patients with stroke. *Percept Mot Skills*. 73, 146.

Bohannon, R. W., (1989). Selected determinants of ambulatory capacity in patients with hemiplegia. *Clinical Rehabilitation*. 3, 47-53.

Bohannon, R. W., (1992). Walking after stroke: comfortable versus maximum safe speed. *Int J Rehabil Res*. 15, 246-248.

Bohannon, R. W., Andrews, A. W., (1990). Correlation of knee extensor muscle torque and spasticity with gait speed in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 71, 330-333.

Bohannon, R. W., Andrews, A. W., Smith, M. B., (1988). Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res*. 11, 181-182.

Bohannon, R. W., Andrews, A. W., Thomas, M. W., (1996). Walking speed: reference values and correlates for older adults. *J Orthop Sports Phys Ther*. 24, 86-90.

Bonita, R., Beaglehole, R., (1988). Recovery of motor function after stroke. *Stroke*. 19, 1497-1500.

Bouisset, S., Maton, B., (1995). *Muscles, posture et mouvements. Bases et applications de la méthode électromyographique*. Édit Hermann. Paris.

Bowen, T. R., Lennon, N., Castagno, P., Miller, F., Richards, J., (1998). Variability of energy-consumption measures in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 18, 738-742.

Boyd, R., Fatone, S., Rodda, J., Olesch, C., Starr, R., Cullis, E., Gallagher, D., Carlin, J.B., Nattrass, G.R., Graham, K., (1999). High or low technology measurements of energy expenditure in clinical gait analysis? *Dev Med Child Neurol.* 41, 676-682.

Brandstater, M. E., de, B. H., Gowland, C., Clark, B. M., (1983). Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 64, 583-587.

Brinkmann, J. R., Hoskins, T. A., (1979). Physical conditioning and altered self-concept in rehabilitated hemiplegic patients. *Phys Ther.* 59, 859-865.

Burdett, R. G., Borello-France, D., Blatchly, C., Potter, C., (1988). Gait comparison of subjects with hemiplegia walking unbraced, with ankle-foot orthosis, and with Air-Stirrup brace. *Phys Ther.* 68, 1197-1203.

Burrige, J. H., McLellan, D. L., (2000). Relation between abnormal patterns of muscle activation and response to common peroneal nerve stimulation in hemiplegia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 69, 353-361.

Butland, R. J., Pang, J., Gross, E. R., Woodcock, A. A., Geddes, D. M., (1982). Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed).* 284, 1607-1608.

Butler, P., Engelbrecht, M., Major, R. E., Tait, J. H., Stallard, J., Patrick, J. H., (1984). Physiological cost index of walking for normal children and its use as an indicator of physical handicap. *Dev Med Child Neurol.* 26, 607-612.

Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M., Williams, C., Doust, J. H., (2000a). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Appl Physiol.* 89(5), 1744-1752.



Carter, H., Jones, A. M., Barstow, T. J., Burnley, M., Williams, C., Doust, J. H., (2000b). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol.* 89(3), 899-907.

Chen, J., (1997). Evaluation of the reliability of the physiological cost index for normal older adults. M.Sc.Thesis.Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

Collen, F. M., Wade, D. T., Bradshaw, C. M., (1990). Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. *Int Disabil Stud.* 12, 6-9.

Cooper, K. H., (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 203, 201-204.

Corcoran, P. J., Brengelmann, G. L., (1970). Oxygen uptake in normal and handicapped subjects, in relation to speed of waing beside velocity-controlled cart. *Arch Phys Med Rehabil.* 51, 78-87.

Corcoran, P. J., Jepsen, R. H., Brengelmann, G. L., Simons, B. C., (1970). Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. *Arch Phys Med Rehabil.* 51, 69-77.

Cozean, C. D., Pease, W. S., Hubbell, S. L., (1988). Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 69, 401-405.

Cunha, I., Lim, P., Henson, H., Monga, T., Qureshy, H., Protas, E., (2002). Performance-based gait tests for acute stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 81, 848-856.

Cwikel, J., Fried, A., Galinski, D., Ring, H., (1995). Gait and activity in the elderly: implications for community falls-prevention and treatment programs. *Disabil Rehabil.* 17, 277-280.

Davies, J. B., (1977). Use of heart rate in assessment of orthoses. *Physiotherapy.* 63, 112-114.

Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., Kurtz, P., (1976) Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol.* 41, 544-550.

De Luca, C. J., LeFever, R. S., McCue, M. P., Xenakis, A. P., (1982). Control scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions. *J Physiol.* 329, 129-142.

Dean, C. M., Richards, C. L., Malouin, F., (2001). Walking speed over 10 metres overestimates locomotor capacity after stroke. *Clin Rehabil.* 15, 415-421.

Demers, C., McKelvie, R. S., Negassa, A., Yusuf, S., (2001). Reliability, validity, and responsiveness of the six-minute walk test in patients with heart failure. *Am Heart J.* 142, 698-703.

Desrosiers, J., Rochette, A., Corriveau, H., (2005). Validation of a new lower-extremity motor coordination test. *Arch Phys Med Rehabil.* 86, 993-998.

Dettmann, M. A., Linder, M. T., Sepic, S. B., (1987). Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. *Am J Phys Med.* 66, 77-90.

Didier, J. P., Casillas, J. M., (1986). Bioénergétique de la marche. *Ann Réad Méd Phys.* 29, 169-187.

Dill, D. B., (1965). Oxygen used in horizontal and grade walking and running on the treadmill. *J Appl Physiol.* 20, 19-22.

Dombovy, M., (1991). Stroke: clinical course and neurophysiologic mechanism of recovery. *Phys Med Rehabil.* 2, 171-188.

Dorman, P., Slattery, J., Farrell, B., Dennis, M., Sandercock, P., (1998). Qualitative comparison of the reliability of health status assessments with the EuroQol and SF-36 questionnaires after stroke. United Kingdom Collaborators in the International Stroke Trial. *Stroke.* 29, 63-68.

Dorman, P. J., Dennis, M., Sandercock, P., (1999). How do scores on the Euro Qol relate to scores on the SF-36 after stroke? *Stroke.* 30, 2146-2151.

Dresen, M. H., De Groot, G., Corstius, J. J., Krediet, G. H., Meijer, M. G., (1982). Physical work capacity and daily physical activities of handicapped and non-handicapped children. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 48, 241-251.

Dubo, H. I., Peat, M., Winter, D. A., Quanbury, A. O., Hobson, D. A., Steinke, T., Reimer, G., (1976). Electromyographic temporal analysis of gait: normal human locomotion. *Arch Phys Med Rehabil.* 57, 415-420.

DuChatinier K., Molen, N. H., Rozendal, R. H., (1970). Step length, step frequency and temporal factors of the stride in normal human walking. *Proc K Ned Akad Wet C.* 73, 214-227.

Duncan, P., Richards, L., Wallace, D., Stoker-Yates, J., Pohl, P., Luchies, C., Ogle, A., Studenski, S., (1998). A randomized, controlled pilot study of a home-based exercise program for individuals with mild and moderate stroke. *Stroke.* 29, 2055-2060.

Duncan, P. W., Goldstein, L. B., Matchar, D., Divine, G. W., Feussner, J., (1992). Measurement of motor recovery after stroke. Outcome assessment and sample size requirements. *Stroke*. 23, 1084-1089.

Eng, J. J., Chu, K. S., Dawson, A. S., Kim, C. M., Hepburn, K. E., (2002). Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke*. 33, 756-761.

Engardt, M., Knutsson, E., Jonsson, M., Sternhag, M., (1995). Dynamic muscle strength training in stroke patients: effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. *Arch Phys Med Rehabil*. 76, 419-425.

Engle, V., (1986). The relationship of movement and time to older adults functional health. *Res Nursing Health*. 9, 123-129.

Enright, P. L., McBurnie, M. A., Bittner, V., Tracy, R. P., McNamara, R., Arnold, A., Newman, A. B., (2003). The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. *Chest*. 123, 387-398.

Enright, P. L., Sherrill, D. L., (1998). Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 158, 1384-1387.

Finch, E., Brooks, D., Stratford, P., Mayo, N., (2002). *Rehabilitation Outcome Measures*. 2<sup>nd</sup> ed. Canada: Canadian Physiotherapy Association, Ontario, Canada.

Fisher, S. V., Patterson, R. P., (1981). Energy cost of ambulation with crutches. *Arch Phys Med Rehabil*. 62, 250-256.

Fix, A., Daughton, D., (1988). Human activity profile professional manual. Odessa, Florida: Psychological Assessment Resources Inc.

Fondation des maladies du coeur, (2003). Renseignements généraux - statistiques - accidents vasculaires cérébraux (AVC).

<http://www2.fmcoeur.ca/Page.asp?PageID=907&ArticleID=428&Src=Stroke&From=Subcategory>.

Garcin, M., Cravic, J. Y., Vandewalle, H., Monod, H., (1996). Physiological strains while pushing or hauling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 72, 478-482.

Gilman, M. B., (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med*. 21, 73-79.

Gowland, C., Stratford, P., Ward, M., Moreland, J., Torresin, W., Van, H. S., Sanford, J., Barreca, S., Vanspall, B., Plews, N., (1993). Measuring physical impairment and disability with the Chedoke-McMaster Stroke Assessment. *Stroke*. 24, 58-63.

Graham, R. C., Smith, N. M., White, C. M., (2005). The Reliability and Validity of the Physiological Cost Index in Health Subjects While Walking on 2 Different Tracks. *Arch Phys Med Rehabil*. 86, 2041-2046.

Grant, S., Aitchison, T., Henderson, E., Christie, J., Zare, S., McMurray, J., Dargie, H., (1999). A comparison of the reproducibility and the sensitivity to change of visual analogue scales, Borg scales, and Likert scales in normal subjects during submaximal exercise. *Chest*. 116, 1208-1217.

Gronley, J. K., Mulroy, S.J, Newsam, C.J., Perry, J., (1997). Lower extremity strength and gait performance in the acute stroke patient. *Gait & Posture*. 5(2), 159.

Guyatt, G. H., Pugsley, S. O., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Berman, L., Jones, N. L., Fallen, E. L., Taylor, D. W., (1984). Effect of encouragement on walking test performance. *Thorax*. 39, 818-822.

Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., Berman, L. B., (1985a). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J*. 132, 919-923.

Guyatt, G. H., Thompson, P. J., Berman, L. B., Sullivan, M. J., Townsend, M., Jones, N. L., et al., (1985b). How should we measure function in patients with chronic heart and lung disease? *J Chron Dis*. 38, 517-524.

Hagberg, H. A., Mullin, J. P., Nagle, F. J., (1980). Oxygen consumption during constant-load exercise. *J Appl Physiol*. 48, 218-244.

Hagberg, J. M., Hickson, R. C., Ehsani, A. A., Holloszy, J. O., (2000). Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in trained state. *J Appl Physiol*. 27 (3), 225-228.

Hamdorf, P. A., Withers, R. T., Penhall, R. K., Haslam, M. V., (1992). Physical Training Effects on the Fitness and Habitual Activity Patterns of Elderly Women. *Arch Phys Med Rehabil*. 73, 603-608.

Hamdorf, P. A., Withers, R. T., Penhall, R. K., Plummer, J. L., (1993). A follow-up study on the effects of training on the fitness and habitual activity patterns of 60- to 70-year-old women. *Arch Phys Med Rehabil*. 74, 473-477.

Harada, N. D., Chiu, V., Stewart, A. L., (1999). Mobility-related function in older adults: assessment with a 6-minute walk test. *Arch Phys Med Rehabil.* 80, 837-841.

Harris-Love, M. L., Forrester, L. W., Macko, R. F., Silver, K. H., Smith, G. V., (2001). Hemiparetic gait parameters in overground versus treadmill walking. *Neurorehabil Neural Repair.* 15, 105-112.

Hash, D., (1978). Energetics of wheelchair propulsion and walking in stroke patients. *Orthop Clin North Am.* 9, 372-374.

Hauswirth, C., Bigard, A. X., Le Chevalier, J. M., (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med.* 18, 449-453.

Hesse, S. A., Jahnke, M. T., Bertelt, C. M., Schreiner, C., Lucke, D., Mauritz, K. H., (1994). Gait outcome in ambulatory hemiparetic patients after a 4-week comprehensive rehabilitation program and prognostic factors. *Stroke.* 25, 1999-2004.

Hickson, R. C., Bomze, H.A., Holloszy, J., (1978). Faster adjustment of O<sub>2</sub> uptake to the energy requirement of exercise in the trained state. *J Appl Physiol.* 44(6), 877-881.

Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A., Paterson, D. H., (1988). Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc.* 20, 161-166.

Holden, M. K., Gill, K. M., Magliozzi, M. R., (1986). Gait assessment for neurologically impaired patients. Standards for outcome assessment. *Phys Ther.* 66, 1530-1539.

Hood, V. L., Granat, M. H., Maxwell, D. J., Hasler, J. P., (2002). A new method of using heart rate represent energy expenditure: the Total Heart Beat Index. *Arch Phys Med Rehabil* 83, 1266-1273.

Hughson, R. L., Cochrane, J. E., Butler, G. C., (1993). Faster O<sub>2</sub> uptake kinetics at the onset of supine exercise with and without lower body negative pressure. *J Appl Physiol.* 75 (5), 1962-1967.

Ijzerman, M. J., Nene, A. V., (2002). Feasibility of the physiological cost index as an outcome measure for the assessment of energy expenditure during walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 83, 1777-1782.

Irwin, S., Tecklin, J. S., (1995). *Cardiopulmonary Physical Therapy.* 3<sup>e</sup> édition, Mosby.

Jeng, S. F., Holt, K. G., Feters, L., Certo, C., (1996). Self-Optimization of Walking in Nondisabled Children and Children With Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy. *J Mot Behav.* 28, 15-27.

Jensen, J. I., Lyager, S., Pedersen, O. F., (1980). The relationship between maximal ventilation, breathing pattern, and mechanical limit of ventilation. *J Physiol (Lond).* 309, 521-532.

Jones, N. L., (1984). Normal values for pulmonary gas exchange during exercise. *Am Rev Respir Dis.* 129, S44-S46.

Jorgensen, H. S., Nakayama, H., Raaschou, H. O., Olsen, T. S., (1995). Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 76, 27-32.



Judge, J. O., Underwood, M., Gennosa, T., (1993). Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil.* 74, 400-406.

Kameyama, O., Ogawa, R., Okamoto, T., Kumamoto, M., (1990). Electric discharge patterns of ankle muscles during the normal gait cycle. *Arch Phys Med Rehabil.* 71, 969-974.

Kervio, G., Carre, F., Ville, N. S., (2003). Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 35, 169-174.

Kim, C. M., Eng, J. J., (2003). The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Phys Ther.* 83, 49-57.

Knutsson, E., (1994). Can gait analysis improve gait training in stroke patients. *Scand J Rehabil Med. Suppl* 30, 73-80.

Lamontagne, A., Malouin, F., Richards, C. L., Dumas, F., (2002). Mechanisms of disturbed motor control in ankle weakness during gait after stroke. *Gait & Posture.* 15, 244-255.

Landin, S., Hagenfeldt, L., Saltin, B., Wahren, J., (1977). Muscle metabolism during exercise in hemiparetic patients. *Clin Sci Mol Med.* 53, 257-269.

Larsson, L. E., Odenrick, P., Sandlund, B., Weitz, P., Oberg, P. A., (1980). The phases of the stride and their interaction in human gait. *Scand J Rehabil Med.* 12, 107-112.

Lehmann, J. F., Condon, S. M., Price, R., deLateur, B. J., (1987). Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. *Arch Phys Med Rehabil.* 68, 763-771.

Lepège, A., Mesbah, M., Marquis, P., (1995). Preliminary analysis of the psychometric properties of the French version of an international questionnaire measuring the quality of life: the MOS SF-36 (version 1.1). *Rev Epidemiol Sante Publique*. 43, 371-379.

Levin, M., Hui-Chan, C., (1992). Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 85, 131-142.

Lindmark, B., Hamrin, E., (1995). Relation between gait speed, knee muscle torque and motor scores in post-stroke patients. *Scand J Caring Sci*. 9, 195-202.

Lipkin, D. P., Scriven, A. J., Crake, T., Poole-Wilson, P. A., (1986). Six minute walking test for assessing exercise capacity in chronic heart failure. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 292, 653-655.

Lord, S. R., Menz, H. B., (2002). Physiologic, psychologic, and health predictors of 6-minute walk performance in older people. *Arch Phys Med Rehabil*. 83, 907-911.

Luukinen, H., Koski, K., Laippala, P., Kivela, S. L., (1995). Risk factors for recurrent falls in the elderly in long-term institutional care. *Public Health*. 109, 57-65.

MacGregor, J., (1979). The objective measurement of physical performance with long-term ambulatory monitoring. In *Proceedings of the Third International Symposium on Ambulatory Monitoring*. Scott F.D., Raftery E.B., Goulding L.Ed., London, Academic Press. 29-39.

Mayo, N. E., Wood-Dauphinee, S., Ahmed, S., Gordon, C., Higgins, J., McEwen, S., Salbach, N., (1999). Disablement following stroke. *Disabil Rehabil.* 21, 258-268.

McGavin, C. R., Gupta, S. P., McHardy, G. J., (1976). Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *Br Med J.* 1, 822-823.

McHorney, C. A., Ware, J. E., Jr., Lu, J. F., Sherbourne, C. D., (1994). The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Med Care.* 32, 40-66.

McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr., Ainsworth, B. E., (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int.J.Sports Med.* 22, 280-284.

Milot, M. H., Nadeau, S., Gravel, D., Requiao, L. F., (2006). Bilateral level of effort of the plantar flexors, hip flexors, and extensors during gait in hemiparetic and healthy individuals. *Stroke.* 37, 2070-2075.

Mitchell, J. H., Blomqvist, G., (1971). Maximal oxygen uptake. *N Engl J Med.* 284, 1018-1022.

Miyamoto, S., Nagaya, N., Satoh, T., Kyotani, S., Sakamaki, F., Fujita, M., Nakanishi, N., Miyatake, K., (2000). Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension. Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 161, 487-492.

Mizrahi, J., (1984). Adaptation phenomena and compensatory mechanisms in normal and pathological locomotion, in sensorimotor plasticity: Theoretical,

Experimental, and Clinical Aspects, Selected Edited Proceeding of the First International Symposium on Sensorimotor Plasticity. Ron, Schmid, and Jeannerod, Eds., Les éditions NSERM. 325-342.

Monod, H., Zerbib, Y., Vandewalle, H., Fernandez, J., (1985). Astreintes physiologiques lors d'épreuves combinées de soulèvement, transport et dépose de charge. *Trav Hum.* 48(3), 209-225.

Moritani, T., Muro, M., Nagata, A., (1986). Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 60, 1179-1185.

Murray, M. P., Kory, R. C., Sepic, S. B., (1970). Walking patterns of normal women. *Arch Phys Med Rehabil.* 51, 637-650.

Nadeau, S., Arsenault, A. B., Gravel, D., Bourbonnais, D., (1999a). Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* 78, 123-130.

Nadeau, S., Gravel, D., Arsenault, A. B., Bourbonnais, D., (1999b). Plantarflexor weakness as a limiting factor of gait velocity in hemiparetic subjects and the compensating role of the hip flexor muscles. *Clin Biomech.* 14, 125-135.

Nadeau, S., Gravel, D., Arsenault, A. B., Bourbonnais, D., (1996). A mechanical model to study the relationship between gait speed and muscular strength. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 4, 386-394.

Nadeau, S., Gravel, D., Olney, S. J., (2001). Determinants, limiting factors, and compensatory strategies in gait. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine.* 13, 1-24.

Nadeau, S., Olney, S. J., Teixeira, L., McBride, I., (1998). Analysis of the weight bearing strategy during gait using the support moment and contributions to the support moments. in Proceedings of the Third North American Congress on Biomechanics (NACOB 98), University of Waterloo, Ontario, Canada. 143-144.

Nakamura, R., Handa, T., Watanabe, S., Morohashi, T., (1988). Walking cycle after stroke. *Tohoku J Exp Med.* 154, 241-244.

Nakamura, R., Hosokawa, T., Tsuji, I., (1985). Relationship of muscle strength for knee extension to walking capacity in patients with spastic hemiparesis. *Tohoku J Exp Med.* 145, 335-340.

Ng, S. S., Hui-Chan, C. W., (2005). The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 86, 1641-1647.

Noonan, V. K., Dean, E., Dallimore, M., (2000). The relationship between self-reports and objective measures of disability in patients with late sequelae of poliomyelitis: a validation study. *Arch Phys Med Rehabil.* 81, 1422-1427.

Norkin, C., White, D., (1995). *Measurement of joint motion: A Guide to Goniometry.* Ed. FA Davis, Philadelphia.

O'Keeffe, S. T., Lye, M., Donnellan, C., Carmichael, D. N., (1998). Reproducibility and responsiveness of quality of life assessment and six minute walk test in elderly heart failure patients. *Heart.* 80, 377-382.

O'Sullivan, S., Schmitz, T., (1994). *Stroke: physical rehabilitation assessment and treatment (3<sup>ed</sup>).* Philadelphia: F.A.Davis Company. 327-360.

Olgiati, R., Burgunder, J. M., Mumenthaler, M., (1988). Increased energy cost of walking in multiple sclerosis: effect of spasticity, ataxia, and weakness. *Arch Phys Med Rehabil.* 69, 846-849.

Olney, S., Richards, C., (1996). Hemiparetic gait following stroke. Part I: characteristics. *Gait and Posture.* 4, 136-148.

Olney, S., Winter, D., (1985). Selecting representative muscles for EMG analysis of gait: a methodology. *Physiotherapy Canada.* 37, 211-217.

Olney, S. J., Griffin, M. P., McBride, I. D., (1998). Multivariate examination of data from gait analysis of persons with stroke. *Phys Ther.* 78, 814-828.

Olree, K. S., Vaughan, C. L., (1995). Fundamental patterns of bilateral muscle activity in human locomotion. *Biol Cybern.* 73, 409-414.

Onorati, P., Antonucci, R., Valli, G., Berton, E., De Marco, F., Serra, P., Palange, P., (2003). Non-invasive evaluation of gas exchange during a shuttle walking test vs. a 6-min walking test to assess exercise tolerance in COPD patients. *Eur J Appl Physiol.* 89, 331-336.

Ounpuu, S., Winter, D. A., (1989). Bilateral electromyographical analysis of the lower limbs during walking in normal adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 72, 429-438.

Ozgirgin, N., Bolukbasi, N., Beyazova, M., Orkun, S., (1993). Kinematic gait analysis in hemiplegic patients. *Scand J Rehabil Med.* 25, 51-55.

Pankoff, B., Overend, T., Lucy, D., White, K., (2000). Validity and responsiveness of the 6 minute walk test for people with fibromyalgia. *J Rheumatol.* 27, 2666-2670.

Peat, M., Dubo, H. I., Winter, D. A., Quanbury, A. O., Steinke, T., Grahame, R., (1976). Electromyographic temporal analysis of gait: hemiplegic locomotion. *Arch Phys Med Rehabil.* 57, 421-425.

Pélissier, J., Brun, V., (1994). *La marche humaine et sa pathologie.* Masson. Paris.

Perry, J., Fontaine, J. D., Mulroy, S., (1995). Findings in post-poliomyelitis syndrome. Weakness of muscles of the calf as a source of late pain and fatigue of muscles of the thigh after poliomyelitis. *J Bone Joint Surg Am.* 77, 1148-1153.

Petrasovits, A., Nair, C., (1994). Epidemiology of stroke in Canada. *Health Rep.* 6, 39-44.

Piper, H., (1907). *Über den willkürlichen muskeltetanus.* *Pflügers Arch f d Ges Physiol.* 119, 301-336.

Pohl, P. S., Duncan, P. W., Perera, S., Liu, W., Lai, S. M., Studenski, S., Long, J., (2002). Influence of stroke-related impairments on performance in 6-minute walk test. *J Rehabil Res Develop.* 39(4), 439-444.

Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., et al., (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 30, 975-991.

Potempa, K., Lopez, M., Braun, L. T., Szidon, J. P., Fogg, L., Tincknell, T., (1995). Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke.* 26, 101-105.

Potter, J., Evans, A., Duncan, G., (1995). Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 76, 997-999.

Société Canadienne de Thoracologie, (2003). Recommandations sur la prise en charge de la maladie pulmonaire obstructive chronique. *Can Resp J.* 10, 37A-63A.

Requiao, L. F., Nadeau, S., Milot, M. H., Gravel, D., Bourbonnais, D., Gagnon, D., (2005). Quantification of level of effort at the plantarflexors and hip extensors and flexor muscles in healthy subjects walking at different cadences. *J Electromyogr Kinesiol.* 15, 393-405.

Richards, C., Knutsson, E., (1974). Evaluation of abnormal gait patterns by intermittent-light photography and electromyography. *Scand J Rehabil Med. Suppl 3*, 61-68.

Richards, C., Olney, S., (1996). Hemiplegic gait following stroke. Part II: recovery and physical therapy. *Gait and Posture.* 4, 149-162.

Robergs, R. A., Keteyian, S. J., (2003). *Fundamentals of exercise physiology: for fitness, performance, and health.* 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill, Boston.

Rose, J., Gamble, J. G., Lee, J., Lee, R., Haskell, W. L., (1991). The energy expenditure index: a method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 11, 571-578.

Rose, J., Medeiros, J. M., Parker, R., (1985). Energy cost index as an estimate of energy expenditure of cerebral-palsied children during assisted ambulation. *Dev Med Child Neurol.* 27, 485-490.



Roth, E. J., Merbitz, C., Mroczek, K., Dugan, S. A., Suh, W. W., (1997). Hemiplegic gait. Relationships between walking speed and other temporal parameters. *Am J Phys Med Rehabil.* 76, 128-133.

Salbach, N. M., Mayo, N. E., Higgins, J., Ahmed, S., Finch, L. E., Richards, C. L., (2001). Responsiveness and predictability of gait speed and other disability measures in acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 82, 1204-1212.

Saunders, J. B., Inman, V. T., Eberhart, H. D., (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *J Bone Joint Surg Am.* 35-A, 543-558.

SCPE, (1999). Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice. Guide canadien pour l'évaluation de la condition physique et des habitudes de vie. Questionnaire de participation à des activités physiques santé. 2<sup>e</sup> édition, Ottawa. 1-5.

Shiavi, R., Champion, S., Freeman, F., Griffin, P., (1981). Variability of electromyographic patterns for level-surface walking through a range of self-selected speeds. *Bull Prosthet Res.* 10-35, 5-14.

Sienko, T. S., Moore, C., Kelp-Lenane, C., Norris, C., (1996). Simulated gait patterns: the resulting effects on gait parameters, dynamic electromyography, joint moments and physiological cost index. *Gait & Posture.* 4, 100-107.

Skinner, J. S., Hutsler, R., Bergsteinova, V., Buskirk, E. R., (1973). The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion. *Med Sci Sports.* 5, 94-96.

Smidt, G. L., (1971). Hip motion and related factors in walking. *Phys Ther.* 51, 9-22.

Solway, S., Brooks, D., Lacasse, Y., Thomas, S., (2001). A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*. 119, 256-270.

Steele, B. C., Holt, L., Belza, B., Ferris, S., Lashminaryan, S., Bucher, D. M., (2000). Quantitative physical activity in COPD using a triaxial accelerometer. *Chest*. 117, 1359-1367.

Stevens, D., Elpern, E., Sharma, K., Szidon, P., Ankin, M., Kesten, S., (1999). Comparison of hallway and treadmill six-minute walk tests. *Am J Respir Crit Care Med*. 160, 1540-1543.

Sutherland, D. H., (2001). The evolution of clinical gait analysis part I: kinesiological EMG. *Gait Posture*. 14, 61-70.

Sutherland, D. H., Cooper, L., Daniel, D., (1980). The role of the ankle plantar flexors in normal walking. *J Bone Joint Surg Am*. 62, 354-363.

Sutherland, D. H., Olshen, R. A., Bide, E. N., Wyatt, M. P., (1988). The development of mature walking. London. UK: MacKeith Press.

Taylor, P., Burrige, J., Dunkerley, A., et al., (1999). Clinical use of the Odstock dropped foot stimulator: its effect on the speed and effort of walking. *Arch Phys Med Rehabil*. 80, 1577-1583.

Teixeira-Salmela, L. F., Nadeau, S., McBride, I., Olney, S. J., (2001). Effects of muscle strengthening and physical conditioning training on temporal, kinematic and kinetic variables during gait in chronic stroke survivors. *J Rehabil Med*. 33, 53-60.

Teixeira-Salmela, L. F., Olney, S. J., Nadeau, S. B. B., (1999). Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 80, 1211-1218.

Titianova, E. B., Tarkka, I. M., (1995). Asymmetry in walking performance and postural sway in patients with chronic unilateral cerebral infarction. *J Rehabil Res Dev.* 32, 236-244.

Troosters, T., Gosselink, R., Decramer, M., (1999). Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J.* 14, 270-274.

Turnbull, G. I., Charteris, J., Wall, J. C., (1995). A comparison of the range of walking speeds between normal and hemiplegic subjects. *Scand J Rehabil Med.* 27, 175-182.

Ueda, T., Nabetani, T., Teramoto, K., (2006). Differential Perceived Exertion Measured Using a New Visual Analogue Scale during Pedaling and Running. *J Physiol Anthropol.* 25, 171-177.

Widmaier, E. P., Raff, H., Strang, K. T., (2004). *Physiologie humaine: Les mécanismes du fonctionnement de l'organisme.* 4<sup>e</sup> édition, Maloine.

Vandewalle, H., (2004). Consommation d'oxygène et consommation maximale d'oxygène : intérêts et limites de leur mesure. *Ann Readapt Med Phys.* 47, 243-257.

Viel, É., (2000). *La marche humaine, la course et le saut. Le point en rééducation et en APS.* Masson. Paris.

von Schroeder, H. P., Coutts, R. D., Lyden, P. D., Billings, E. Jr., (1995). Gait parameters following stroke: a practical assessment. *J Rehabil Res Dev.* 32, 25-31.

Wade, D. T., Wood, V. A., Heller, A., Maggs, J., Langton, H. R., (1987). Walking after stroke. Measurement and recovery over the first 3 months. *Scand J Rehabil Med.* 19, 25-30.

Walker, A. E., Robins, M., Weinfeld, F. D., (1981). Clinical findings. The national survey of stroke. *Stroke.* 12, 113-144.

Wall, J. C., Ashburn, A., (1979). Assessment of gait disability in hemiplegics. Hemiplegic gait. *Scand J Rehabil Med.* 11, 95-103.

Wall, J. C., Turnbull, G. I., (1986). Gait asymmetries in residual hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 67, 550-553.

Ware, J. E., Brook, R. H., Williams, K. N., Stewart, A. L., Davies-Avery, A., (1980). *Conceptualization and Measurement of Health for Adults in the Health Insurance Study, Vol 1: Model of Health and Methodology.* Santa Monica, Calif: Rand Corp.

Ware, J. E., Sherbourne, C., (1992). The MOS 36 Item Short-Form Health Survey (SF-36). Conceptual framework and item selections. *Med Care.* 30, 473-483.

Ware, J. E., Snow, K. K., Kosinski, M., Gandek, B., (1993). *SF-36 Health Survey: Manual and Interpretation Guide.* Boston MA., The Health Institute, New England Medical Center.

Waters, R. L., Barnes, G., Husserl, T., Silver, L., Liss, R., (1988a). Comparable energy expenditure after arthrodesis of the hip and ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 70, 1032-1037.

Waters, R. L., Hislop, H. J., Thomas, L., Campbell, J., (1983). Energy cost of walking in normal children and teenagers. *Dev Med Child Neurol.* 25, 184-188.

Waters, R. L., Lunsford, B. R., (1985). Energy cost of paraplegic locomotion. *J Bone Joint Surg Am.* 67, 1245-1250.

Waters, R. L., Lunsford, B. R., Perry, J., Byrd, R., (1988b). Energy-speed relationship of walking: standard tables. *J Orthop Res.* 6, 215-222.

Waters, R. L., Mulroy, S., (1999). The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait & Posture.* 9, 207-231.

Whipp, B. J., Wasserman., (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol.* 33(3), 351-356.

Winter, D. A., (1991). The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. Waterloo: University of Waterloo Press.

Wood-Dauphinee, (1985). The epidemiology of stroke: relevance for physical therapists. *Physiotherapy Canada.* 37, 377-386.

Zamparo, P., Francescato, M. P., De Luca, G., Lovati, L., di Prampero, P. E., (1995). The energy cost of level walking in patients with hemiplegia. *Scand J Med Sci Sports.* 5, 348-352.

**ANNEXE A**  
**CERTIFICAT D'ÉTHIQUE**

## Certificat d'éthique

Par la présente, le comité d'éthique de la recherche des établissements du CRIR (CER) atteste qu'il a évalué le projet de recherche intitulé:

**« Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes (TM6M) chez l'adulte hémiparétique et l'adulte ayant une prothèse totale de hanche »**

Présenté par: Sylvie Nadeau, Ph.D.

Le comité d'éthique de la recherche composé de :

<u>NOM</u>	<u>POSTE</u>
Mme Isabelle Bilodeau	Une personne possédant une vaste connaissance du domaine psycho-social en réadaptation
Mme Nicol-Korner-Bitensky	Une personne possédant une vaste connaissance du domaine biomédical en réadaptation
Mme Julie-Anne Couturier	Clinicienne détenant une vaste connaissance des déficits sensoriel visuels ou auditifs
Mme Nancy Tremblay	Clinicienne détenant une vaste connaissance des déficits moteurs ou neurologiques
Mme Marie-Eve Bouthillier	Une personne spécialisée en éthique
Me Michel Giroux	Une personne spécialisée en droit
M. André Vincent	Une personne non affiliée à l'établissement et provenant de la clientèle des personnes adultes et aptes
Mme Kathleen Lamirande	Une personne non affiliée à l'établissement et provenant de la clientèle des personnes mineures ou inaptés

Mme Elizabeth Markakis

Une personne siégeant à titre de  
représentante du public

Michael J.L. Sullivan

Représentant de l'Université de Montréal

Frédérique Courtois

Représentante de l'UQAM

Membre non votant

Me Anik Nolet

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

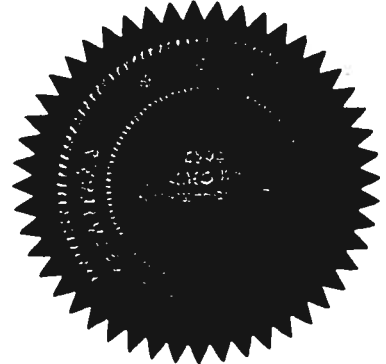
a jugé cette recherche acceptable sur le plan de l'éthique. Ce projet se déroulera dans le site du CRIR suivant: **Institut de réadaptation de Montréal.**

Le CER demande à être informé de tout futur changement qui pourrait être apporté à la présente recherche.

Ce certificat est valable pour un an.

  
Me Michel T. Giroux  
Président du CER

28 juillet 2003  
Date





**ANNEXE B**  
**FORMULAIRE DE CONSENTEMENT**

Formule de consentement pour ma participation à un projet de recherche  
n'impliquant ni prise de médicaments ou autres substances ni analyses de laboratoire

(Sujets hémiparétiques)

**TITRE DU PROJET :**

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes chez l'adulte hémiparétique et l'adulte ayant une prothèse totale de hanche.

**RESPONSABLES :**

Sylvie Nadeau : Chercheure, Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), site Institut de réadaptation de Montréal (IRM)

Hélène Moffet : Chercheure, Centre Interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale (CIRRIS), Institut de réadaptation en déficience physique de Québec (IRDPQ)

Rachel Brosseau: Clinicienne, Institut de Cardiologie de Montréal et professeur adjoint de clinique, Université de Montréal, École de réadaptation

Bertrand Arsenault : Chercheur, CRIR, site IRM

Fabiana Dias Antunes : Étudiante à la maîtrise, programme de Sciences Biomédicales Option réadaptation, Université de Montréal

**OBJECTIF DU PROJET :**

Le test de marche de 6 minutes (TM6M) est un test fonctionnel fréquemment utilisé en clinique et en recherche. Cette étude propose de quantifier, pendant le TM6M, les modifications du patron de marche et cardiorespiratoires chez les sujets hémiparétiques et ceux ayant une prothèse totale de hanche. Les paramètres du cycle de marche, l'activité des muscles des membres inférieurs, les angles à la hanche ainsi que les réponses cardiorespiratoires seront enregistrées par télémétrie afin de vérifier les liens entre ces variables lors du TM6M chez les deux groupes de patients et un groupe de 10 sujets sains.

### **NATURE DE MA PARTICIPATION : (sujets hémiparétique, site IRM)**

Si vous acceptez de participer à cette étude, nous vous demanderons de vous présenter à deux évaluations au laboratoire de pathokinésiologie de l'Institut de réadaptation de Montréal (IRM). Au cours de la première évaluation, qui durera environ 2 heures, nous évaluerons votre condition clinique par des tests (de la sensibilité, de l'équilibre, de la coordination, de la vitesse de marche) et des questionnaires sur votre état de santé et votre niveau d'activités physiques. Par la suite, nous évaluerons votre force musculaire maximale à la hanche (position couchée), au genou et à la cheville (position assise) avec un appareil appelé dynamomètre. A la fin de la première séance, vous aurez une pratique du test de marche de 6 minutes sans appareillage où on vous expliquera comment ce test sera évalué à la deuxième évaluation, généralement effectuée le lendemain ou une autre journée qui vous conviendra. Lors de la deuxième évaluation (30 minutes), nous vous demanderons d'effectuer le test de marche de 6 minutes sur un corridor libre de 25 mètres avec l'appareillage. Pour ce test, nous collerons des électrodes sur vos cuisses et vos jambes pour enregistrer l'activité de vos muscles et nous collerons aussi des petits appareils sur le côté de vos hanches afin d'enregistrer les mouvements lors de la marche. De plus, nous utiliserons un appareil pour mesurer votre effort cardio-respiratoire. Cet appareil est muni d'un masque relié à une petite boîte que vous porterez pendant le test. On vous demandera de marcher de façon à couvrir le plus de distance possible et un des évaluateurs vous suivra pendant toute la durée du test. On vous donnera toutes les informations avant de débiter le test. Les évaluations seront faites par l'équipe de recherche du laboratoire de pathokinésiologie et comprendra une physiothérapeute assistée du chercheur principal et d'un assistant de laboratoire.

### **AVANTAGES PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

En tant que participant, je ne retirerai aucun avantage personnel de ma participation à ce projet de recherche. Toutefois, il aura contribué à l'avancement de la science.

### **INCONVÉNIENTS PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

Il se peut que les efforts demandés provoquent tout au plus une certaine fatigue mais celle-ci ne sera que temporaire.

### **RISQUE :**

Il y a très peu de risques associés à votre participation à ce projet de recherche. Il n'y a aucun risque particulier associé aux techniques utilisées. Cependant, vous devez savoir qu'il y a un risque de chute lors du test de marche de 6 minutes. Ainsi, afin d'assurer votre sécurité, un des évaluateurs du projet vous suivra durant toute la durée du test de marche.

Dans quelques cas, une irritation cutanée pourrait survenir à l'endroit où ont été collées les électrodes. Si tel est le cas, une lotion calmante sera appliquée. Si l'irritation cutanée persiste plus de 24 heures, vous devrez nous en aviser et consulter un médecin.

Il est également entendu que votre participation n'aura aucun effet sur tout traitement médical ou de réadaptation auquel vous êtes ou pourrez éventuellement être soumis.

### **INFORMATIONS CONCERNANT LE PROJET**

On devra répondre, à ma satisfaction, à toutes questions que je poserai à propos du projet de recherche auquel j'accepte de participer.

## **.ACCÈS À MON DOSSIER**

J'accepte que les personnes responsables de ce projet aient accès à mon dossier médical.

## **AUTORISATION D'UTILISER LES RÉSULTATS :**

J'accepte que l'information recueillie puisse être utilisée pour fins de communication scientifique, professionnelle et d'enseignement. Il est entendu que l'anonymat sera respecté à mon égard.

## **RETRAIT DE MA PARTICIPATION :**

Il est entendu que ma participation au projet de recherche décrit ci-dessus est tout à fait libre ; il est également entendu que je pourrai, à tout moment, mettre un terme à ma participation sans que cela n'affecte les services de santé auxquels j'ai droit.

## **CONFIDENTIALITÉ :**

Il est entendu que les observations effectuées en ce qui me concerne, dans le cadre du projet de recherche décrit ci-dessus, demeureront strictement confidentielles.

Je déclare avoir lu et/ou compris les termes de la présente formule.

\_\_\_\_\_  
Signature de l'intéressé (e)

Date : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature d'un témoin

Date : \_\_\_\_\_

Je, soussigné(e), \_\_\_\_\_, certifie (a) avoir expliqué au signataire intéressé(e) les termes de la présente formule, (b) avoir répondu aux questions qu'il (elle) m'a posées à cet égard et (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus.

Si vous avez des questions sur vos droits et recours ou sur votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Me Anik Nolet, coordonnatrice à l'éthique de la recherche des établissements du CRIB au (514) 340-2085 poste 2233 ou par courriel à l'adresse:  
[REDACTED]

**(A ÊTRE COMPLÉTÉ EN TROIS EXEMPLAIRES)**

Formule de consentement pour ma participation à un projet de recherche  
n'impliquant ni prise de médicaments ou autres substances ni analyses de laboratoire

(Sujets sains)

**TITRE DU PROJET :**

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes chez l'adulte hémiparétique et l'adulte ayant une prothèse totale de hanche.

**RESPONSABLES :**

- Sylvie Nadeau : Chercheure, Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR), site Institut de réadaptation de Montréal (IRM)
- Hélène Moffet : Chercheure, Centre Interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale (CIRRIS), Institut de réadaptation en déficience physique de Québec (IRD PQ)
- Rachel Brosseau: Clinicienne, Institut de Cardiologie de Montréal et professeur adjoint de clinique, Université de Montréal, École de réadaptation
- Bertrand Arsenault : Chercheur, CRIR, site IRM
- Fabiana Dias Antunes : Étudiante à la maîtrise, programme de Sciences Biomédicales Option réadaptation, Université de Montréal

**OBJECTIF DU PROJET :**

Le test de marche de 6 minutes (TM6M) est un test fonctionnel fréquemment utilisé en clinique et en recherche. Cette étude propose de quantifier, pendant le TM6M, les modifications du patron de marche et cardiorespiratoires chez les sujets hémiparétiques et ceux ayant une prothèse totale de hanche. Les paramètres du cycle de marche, l'activité des muscles des membres inférieurs, les angles à la hanche ainsi que les réponses cardiorespiratoires seront enregistrées par télémétrie afin de vérifier les liens entre ces variables lors du TM6M chez les deux groupes de patients et un groupe de 10 sujets sains.

### **NATURE DE MA PARTICIPATION : (sujets sains, site IRM)**

Si vous acceptez de participer à cette étude, nous vous demanderons de vous présenter à deux évaluations au laboratoire de pathokinésiologie de l'Institut de réadaptation de Montréal (IRM). Au cours de la première évaluation, qui durera environ 2 heures, nous évaluerons votre condition clinique par des tests (de la sensibilité, de l'équilibre, de la coordination, de la vitesse de marche) et des questionnaires sur votre état de santé et votre niveau d'activités physiques. Par la suite, nous évaluerons votre force musculaire maximale à la hanche (position couchée), au genou et à la cheville (position assise) avec un appareil appelé dynamomètre. A la fin de la première séance, vous aurez une pratique du test de marche de 6 minutes sans appareillage où on vous expliquera comment ce test sera évalué à la deuxième évaluation, généralement effectuée le lendemain ou une autre journée qui vous conviendra. Lors de la deuxième évaluation (30 minutes), nous vous demanderons d'effectuer le test de marche de 6 minutes sur un corridor libre de 25 mètres avec l'appareillage. Pour ce test, nous collerons des électrodes sur vos cuisses et vos jambes pour enregistrer l'activité de vos muscles et nous collerons aussi des petits appareils sur le côté de vos hanches afin d'enregistrer les mouvements lors de la marche. De plus, nous utiliserons un appareil pour mesurer votre effort cardio-respiratoire. Cet appareil est muni d'un masque relié à une petite boîte que vous porterez pendant le test. On vous demandera de marcher de façon à couvrir le plus de distance possible et un des évaluateurs vous suivra pendant toute la durée du test. On vous donnera toutes les informations avant de débiter le test. Les évaluations seront faites par l'équipe de recherche du laboratoire de pathokinésiologie et comprendra une physiothérapeute assistée du chercheur principal et d'un assistant de laboratoire.

### **AVANTAGES PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

En tant que participant, je ne retirerai aucun avantage personnel de ma participation à ce projet de recherche. Toutefois, il aura contribué à l'avancement de la science.

### **INCONVÉNIENTS PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE MA PARTICIPATION :**

Il se peut que les efforts demandés provoquent tout au plus une certaine fatigue mais celle-ci ne sera que temporaire.

### **RISQUE :**

Il est entendu que votre participation à ce projet ne me fait courir, sur la plan médical, aucun risque que ce soit. Il n'y a aucun risque particulier associé aux techniques utilisées. Toutefois, dans quelques cas, une irritation cutanée pourrait survenir à l'endroit où ont été collées les électrodes. Si tel est le cas, une lotion calmante sera appliquée. Si l'irritation cutanée persiste plus de 24 heures, vous devrez nous en aviser et consulter un médecin.

Il est également entendu que votre participation n'aura aucun effet sur tout traitement médical ou de réadaptation auquel vous pourriez éventuellement être soumis.

### **INFORMATIONS CONCERNANT LE PROJET**

On devra répondre, à ma satisfaction, à toutes questions que je poserai à propos du projet de recherche auquel j'accepte de participer.

## **. ACCÈS À MON DOSSIER**

J'accepte que les personnes responsables de ce projet aient accès à mon dossier médical.

## **AUTORISATION D'UTILISER LES RÉSULTATS :**

J'accepte que l'information recueillie puisse être utilisée pour fins de communication scientifique, professionnelle et d'enseignement. Il est entendu que l'anonymat sera respecté à mon égard.

## **RETRAIT DE MA PARTICIPATION :**

Il est entendu que ma participation au projet de recherche décrit ci-dessus est tout à fait libre ; il est également entendu que je pourrai, à tout moment, mettre un terme à ma participation sans que cela n'affecte les services de santé auxquels j'ai droit.

## **CONFIDENTIALITÉ :**

Il est entendu que les observations effectuées en ce qui me concerne, dans le cadre du projet de recherche décrit ci-dessus, demeureront strictement confidentielles.

Je déclare avoir lu et/ou compris les termes de la présente formule.

\_\_\_\_\_  
Signature de l'intéressé (e)

Date : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Signature d'un témoin

Date : \_\_\_\_\_

Je, soussigné(e), \_\_\_\_\_, certifie (a) avoir expliqué au signataire intéressé(e) les termes de la présente formule, (b) avoir répondu aux questions qu'il (elle) m'a posées à cet égard et (c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus.

Si vous avez des questions sur vos droits et recours ou sur votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Me Anik Nolet, coordonnatrice à l'éthique de la recherche des établissements du CRIR au (514) 340-2085 poste 2233 ou par courriel à l'adresse:  
[REDACTED]

**(A ÊTRE COMPLÉTÉ EN TROIS EXEMPLAIRES)**

**ANNEXE C**

**QUESTIONNAIRE MAISON SUR LE TABAGISME**



Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes chez l'adulte hémiparétique

Sujet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Initiales <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Référence <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--

1) Êtes-vous fumeur? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	2) Êtes-vous ex-fumeur? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Depuis combien de temps est-ce que vous fumez? (en année) _____	Depuis combien de temps est-ce que vous avez arrêté? _____
Combien de paquets par jour? _____	Nombre d'années que vous avez fumé? _____
	Combien de paquets par jour vous fumiez? _____

---

---

---

---

---

Évaluateur du projet: \_\_\_\_\_

**ANNEXE D**

**QUESTIONNAIRE MAISON UNIFORMISÉ SUR LES  
CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES**

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres  
cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes  
chez l'adulte hémiparétique

Sujet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Initiales <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Référence <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--

**SECTION B : INFORMATION GÉNÉRALE**

<b>1. DONNÉES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES</b>	
<b>1.1 Sexe</b>	<input type="checkbox"/> Féminin <input type="checkbox"/> Masculin
<b>1.2 Langue usuelle</b>	<input type="checkbox"/> Français <input type="checkbox"/> Anglais
<b>1.3 Date de naissance (jj/mm/aa)</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>1.4 État civil</b>	<input type="checkbox"/> célibataire <input type="checkbox"/> marié(e) ou conjoint de fait <input type="checkbox"/> divorcé(e) <input type="checkbox"/> veuf(ve)
<b>1.5 Occupation</b>	<input type="checkbox"/> travail extérieur <input type="checkbox"/> études <input type="checkbox"/> bénévolat <input type="checkbox"/> retraite <input type="checkbox"/> aucune activité
Si vous travaillez, que faites-vous?	
<b>1.6 Vivez-vous seul?</b>	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si non avec qui? Personne à contacter en cas d'urgence?	
Téléphone : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>1.7 Quel type d'habitation ?</b>	<input type="checkbox"/> maison <input type="checkbox"/> logement <input type="checkbox"/> résidence
Précisez les particularités (ex. escalier)	

Coordonnateur du projet : \_\_\_\_\_

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres  
cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes  
chez l'adulte hémiparétique

Sujet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Initiales <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Référence <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--

<b>SECTION C : HISTOIRE DE SANTÉ</b>	
<b>1. HISTOIRE DE LA MALADIE ACTUELLE</b>	
<b>1.1 Date de l'AVC (jj/mm/aa)</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>1.2 Localisation de l'AVC (côté)</b>	<input type="checkbox"/> Droit <input type="checkbox"/> Gauche
<b>1.3 Avez-vous subi une opération pour ce problème?</b>	<input type="checkbox"/> Oui , précisez <input type="checkbox"/> Non
<b>1.4 Région de l'atteinte (artères)</b>	<input type="checkbox"/> cérébrale antérieure <input type="checkbox"/> cérébrale postérieure <input type="checkbox"/> cérébrale moyenne <input type="checkbox"/> vertébro-basilaire <input type="checkbox"/> communicante ant <input type="checkbox"/> communicante post <input type="checkbox"/> autre, spécifier
<b>1.5 Examen qui confirme l'atteinte</b>	<input type="checkbox"/> Ultrason (Doppler) <input type="checkbox"/> CT Scan <input type="checkbox"/> IRM <input type="checkbox"/> Angiographie <input type="checkbox"/> EEG <input type="checkbox"/> autre, spécifier
<b>1.6 Médicament</b>	<input type="checkbox"/> Oui, précisez <input type="checkbox"/> Non
<b>1.7 Avez-vous eu des traitements pour votre AVC?</b>	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Si oui avec qui et où?	
<b>1.8 Avez-vous des traitements présentement?</b>	<input type="checkbox"/> Oui, précisez <input type="checkbox"/> Non

Coordonnateur du projet : \_\_\_\_\_

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres  
cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes  
chez l'adulte hémiparétique

Sujet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Initiales <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Référence <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--

**SECTION C : HISTOIRE DE SANTÉ**

<b>2. CONDITION DE SANTÉ GÉNÉRALE</b>		
<b>2.1 Avez-vous une ou plusieurs des conditions suivantes ?</b>		
Problème cardiaque	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Problème pulmonaire	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Hypertension artérielle	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Problème rénale	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Problème musculo-squelettique	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Cancer	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Problème de vision	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Diabète	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Autre	<input type="checkbox"/> Oui, précisez	<input type="checkbox"/> Non
<b>2.2 Avez-vous déjà été hospitalisé(e)?</b>	<input type="checkbox"/> Oui, précisez	<input type="checkbox"/> Non
<b>2.3 Avez-vous d'autres informations sur votre santé dont nous devons être au courant?</b>	<input type="checkbox"/> Oui , précisez	<input type="checkbox"/> Non
<b>2.4 Êtes-vous ?</b>	<input type="checkbox"/> droitier(ère) <input type="checkbox"/> gaucher(ère)	

Coordonnateur du projet : \_\_\_\_\_

Quantification des modifications du patron de marche et des paramètres  
cardiorespiratoires au cours du test de marche de 6 minutes  
chez l'adulte hémiparétique

Sujet     Initiales    Référence    Visite

**SECTION D : CAPACITÉ LOCOMOTRICE**

**1. Marche**

**1.1 Actuellement, quel accessoire de marche utilisez-vous?**

Aucun, spécifiez depuis quand (jj/mm/aa)   /   /

Canne sur longue distance seulement

Canne en tout temps

Autres, spécifiez

---

**1.2 Actuellement, utilisez-vous une orthèse?**

Aucune, spécifiez depuis quand (jj/mm/aa)   /   /

AFO sur longue distance seulement

AFO canne en tout temps

Autres, spécifiez

---

**1.3 Niveau d'indépendance à la marche**

Indépendant sans accessoire

Indépendant avec accessoire

Avec supervision (non physique)

Avec supervision (physique)

---

**1.4 Escaliers**

Méthode utilisée lors de la montée	Méthode utilisée lors de la descente
<input type="checkbox"/> pied en alternance	<input type="checkbox"/> pied en alternance
<input type="checkbox"/> pied en alternance avec rampe	<input type="checkbox"/> pied en alternance avec rampe
<input type="checkbox"/> en alternance avec accessoire	<input type="checkbox"/> en alternance avec accessoire
<input type="checkbox"/> deux pieds sur la même marche	<input type="checkbox"/> deux pieds sur la même marche
<input type="checkbox"/> assistance physique	<input type="checkbox"/> assistance physique
<input type="checkbox"/> incapable	<input type="checkbox"/> incapable

Évaluateur du projet : \_\_\_\_\_

**ANNEXE E**

**QUESTIONNAIRE DE PARTICIPATION À DES  
ACTIVITÉS PHYSIQUES SANTÉ**

# QUESTIONNAIRE DE PARTICIPATION À DES ACTIVITÉS PHYSIQUES SANTÉ

## # 1 Fréquence

Sur une période représentative d'une semaine (sept jours), combien de fois pratiquez-vous une activité physique vigoureuse et prolongée caractérisée par une sudation et un pouls rapide?

- Au moins trois fois
- Normalement une ou deux fois
- Rarement ou jamais

## # 2 Intensité

Quand vous pratiquez une activité physique, avez-vous l'impression que vous faites :

- Un effort intense
- Un effort modéré
- Un effort léger

## # 3 Perception de la condition physique

De façon générale, diriez-vous que votre condition physique actuelle est :

- Très bonne
- Bonne
- Moyenne
- Faible
- Très faible



