

Université de Montréal

**Développement et évaluation d'un programme d'exercice incluant l'entraînement
par intervalles à intensité élevée en prévention secondaire de la maladie
cérébrovasculaire ischémique**

Par Thalia Lapointe

Programme de sciences biomédicales

Faculté de médecine

en extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph. D.)

en sciences biomédicales

Mai 2022

© Thalia Lapointe, 2022

Université de Montréal
Programme de sciences biomédicales, Faculté de médecine
en extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières

Cette thèse intitulée
**Développement et évaluation d'un programme d'exercice incluant l'entraînement
par intervalles à intensité élevée en prévention secondaire de la maladie
cérébrovasculaire ischémique**

Présentée par

Thalia Lapointe

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Benjamin Boller

Président-rapporteur

François Trudeau

Directeur de recherche

Julie Houle

Codirectrice de recherche

Louis Bherer

Membre du jury

Martin Brochu

Examineur externe

RÉSUMÉ

Il est reconnu que les survivants d'accident vasculaire cérébral (AVC) présentent un important déconditionnement physique ainsi qu'une grande prévalence de comorbidités cardiovasculaires qui augmente considérablement le risque de subir un autre événement cardiovasculaire. En prévention secondaire, mis à part le traitement pharmacologique, il existe actuellement très peu de prise en charge de ces facteurs de risque lors de la phase de retour en communauté des patients. Pourtant, les lignes directrices recommandent l'activité physique de type aérobie comme moyen efficace de prévention cardiovasculaire. Par ailleurs, il existe de plus en plus de données probantes suggérant que l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) représenterait une forme d'exercice efficace pour améliorer la capacité cardiorespiratoire et le profil de santé chez différentes populations symptomatiques. La littérature demeure, toutefois, limitée quant à l'utilisation de cette méthode post-AVC. L'objectif général de cette thèse était de développer et d'évaluer un programme d'exercice incluant le HIIT en combinaison avec l'entraînement continu à intensité moyenne (MICT) pour les personnes ayant vécu un AVC ischémique ou une ischémie cérébrale transitoire (ICT) en prévention secondaire dans la phase chronique de la maladie.

Les différentes étapes de cette recherche ont permis la rédaction de quatre articles scientifiques. Premièrement, la faisabilité et l'acceptabilité du protocole d'exercice élaboré incluant le HIIT ont été évaluées de façon favorable à la suite d'une intervention de trois mois. Cette première étude aura permis d'optimiser notre protocole pour développer les étapes subséquentes. En second lieu, l'efficacité du protocole lors d'une intervention de six mois a été évaluée dans une étude contrôlée randomisée en démontrant notamment une amélioration de la capacité cardiorespiratoire ainsi que des marqueurs d'anxiété et de dépression qui persistaient six mois après l'arrêt du programme supervisé comparativement à un groupe contrôle. Cette deuxième étude a également permis de comparer notre programme combiné contenant du HIIT à un programme d'activité physique standard comprenant seulement du MICT, sans toutefois démontrer aucune supériorité du protocole expérimental sur les variables cliniques mesurées. En troisième lieu, les réponses aiguës de la mesure ambulatoire de la pression artérielle à la suite d'un entraînement HIIT et à un

entraînement MICT ont démontré un effet hypotenseur perdurant jusqu'à huit heures post-exercice, lequel était comparable pour les deux types d'entraînement. Finalement, une quatrième étude qualitative a permis de mettre en lumière une acceptabilité favorable des participants au programme comprenant du HIIT en plus de permettre de comprendre leur expérience afin de bonifier et d'optimiser des recherches futures.

Cette thèse a contribué à l'avancement des connaissances en lien avec l'utilisation de la méthode HIIT chez les victimes d'AVC ischémique ou d'ICT dans la phase de réintégration et de maintien en communauté du continuum de soins post-AVC. Cette recherche a démontré un effet favorable sur des variables cliniques en plus d'avoir mis de l'avant l'acceptabilité positive du projet par les participants. Toutefois, les résultats ne supportent pas de supériorité d'inclure la méthode HIIT par rapport à l'utilisation du MICT seulement. Cette thèse soutient donc que l'ajout du HIIT pourrait être une alternative efficace dans un objectif de prévention secondaire en phase chronique de l'AVC ischémique et de l'ICT. Ce qui importe réellement est de rendre l'activité physique aérobie accessible, faisable et acceptable pour améliorer la santé et la qualité de vie des survivants d'AVC.

Mots clé : Accident vasculaire cérébral, ischémie cérébrale transitoire, exercice, HIIT, capacité cardiorespiratoire

ABSTRACT

Stroke survivors have significant physical deconditioning and a high prevalence of cardiovascular comorbidities that significantly increase the risk of another cardiovascular event. In secondary prevention, apart from pharmacological treatment, there is currently little management of these risk factors during the phase of community reintegration. However, guidelines recommend aerobic exercise as an effective method of cardiovascular protection. In addition, there is growing evidence to suggest that high-intensity interval training (HIIT) is an effective form of exercise for improving cardiorespiratory fitness and health profile in different symptomatic populations. However, the literature remains limited on the use of this method post-stroke. The overall objective of this thesis was to develop et evaluate a realistic physical activity program including a combination of HIIT and moderate intensity continuous training (MICT) for people with ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA) for secondary prevention in the chronic phase of the disease, thus addressing a clinical need.

The different steps of this research led to the writing of four scientific articles. First, the feasibility and acceptability of the protocol developed were favorably evaluated following a three-month intervention. This first study allowed us to optimize our protocol to develop the subsequent steps. Secondly, the effectiveness of our protocol during a six-month intervention was evaluated in a randomized controlled study by demonstrating an improvement in cardiorespiratory capacity as well as markers of anxiety and depression that persisted six months after the program supervision was stopped compared to a control group. This second study also compared our program containing HIIT to a standard physical activity program with MICT without, however, showing any superiority of our combined protocol on our variables. Third, the acute responses of ambulatory blood pressure measurement following HIIT training and MICT training demonstrated a hypotensive effect lasting up to eight hours post-exercise that was comparable for both types of intervention. Finally, a fourth qualitative study revealed a favorable acceptability of the participants to the combined program including HIIT and allowed us to understand their experience in order to improve and optimize future research.

This thesis has contributed to the advancement of knowledge related to the use of HIIT post-stroke or TIA. Our research has demonstrated a positive effect on clinical variables and has highlighted the positive acceptability of the project by the participants. However, our results do not support a superiority of including the HIIT method over the use of MICT alone. This thesis therefore argues that the addition of HIIT could be an effective alternative in a secondary prevention goal in the chronic phase of ischemic stroke and TIA, but what really matters is making aerobic physical activity accessible to improve the health and quality of life of stroke survivors.

Key words: stroke, transient ischemic attack, exercise, HIIT, cardiorespiratory fitness

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT.....	v
TABLE DES MATIÈRES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES	xiii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xiv
DÉDICACE	xvi
REMERCIEMENTS.....	xviii
INTRODUCTION	19
CHAPITRE I – PROBLÉMATIQUE	23
1.1 L’accident vasculaire cérébral.....	23
1.1.1 Définition et physiopathologie.....	23
1.1.2 Facteurs de risque	24
1.1.3 Conséquences de l’AVC	27
1.1.4 Prise de charge au Québec et au Canada	35
1.2 Activité physique et AVC	40
1.2.1 Recommandations d’activité physique	40
1.2.2 Portrait de la situation	43
1.2.3 Problématiques et objectifs de recherche.....	45
CHAPITRE II – ASSISES THÉORIQUES ET RECENSION DES ÉCRITS	49
2.1 Prévention secondaire de l’AVC par l’activité physique	49

2.1.1 Facteurs de risque cardiovasculaire	51
2.1.1.1 Capacité cardiorespiratoire	51
2.1.1.2 Sédentarité.....	52
2.1.1.3 Pression artérielle.....	54
2.1.1.4 Bilan lipidique et glycémique	56
2.1.2 Fonctions cognitives	56
2.1.3 Anxiété et dépression.....	66
2.2 Entraînement par intervalles à intensité élevée	68
2.2.1 HIIT et réadaptation cardiaque	73
2.2.2 HIIT et AVC	77
2.3 Adhésion à l'activité physique	80
 CHAPITRE III – MÉTHODOLOGIE	 90
3.1 Le cœur de la recherche : un programme d'exercice incluant le HIIT.....	90
3.2 La posture de recherche.....	91
3.3 Les étapes de la recherche	93
3.3.1 Étude I – Faisabilité et acceptabilité.....	93
3.3.2 Étude II – Étude contrôlée randomisée.....	96
3.3.3 Étude III – Effet aigu sur la pression artérielle.....	98
3.3.4 Étude IV – Acceptabilité qualitative	100
3.4 Considérations éthiques.....	101
3.5 Structure de présentation des résultats	102
 CHAPITRE IV – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE I.....	 103
Résumé	105
Abstract	106

Introduction	107
Methods	108
Results	111
Discussion	113
Clinical message.....	116
Conflict of interest.....	116
Funding.....	116
References	122
 CHAPITRE V – RÉSULTATS DE L’ÉTUDE II.....	 126
Résumé	128
Abstract	129
Introduction	131
Materials and methods	133
Results	139
Discussion	141
Conclusion.....	146
Data Availability	147
Acknowledgments.....	147
References	148
 CHAPITRE VI – RÉSULTATS DE L’ÉTUDE III	 164
Résumé	166
Abstract	167
Introduction	168
Materials and methods	169

Results	172
Discussion	173
Conclusion.....	175
References	177
Tables	182
Figures.....	184
 CHAPITRE VII – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE IV	 187
Résumé	189
Abstract	190
Introduction	191
Methods.....	192
Results	195
Discussion	200
Conclusion.....	203
Acknowledgments.....	203
Declaration of Interest.....	204
References	208
Appendix 1	213
 CHAPITRE VIII – DISCUSSION GÉNÉRALE	 214
7.1 Rappel de l'objectif général de la recherche	214
7.2 Synthèse des principaux résultats de la recherche	216
7.3 Bénéfices de l'entraînement HIIT post-AVC.....	217
7.4 Contributions de la recherche.....	222
7.5 Forces et limites de la recherche	223

7.6 Perspectives cliniques	224
7.7 Perspectives de recherche.....	226
CONCLUSION.....	227
RÉFÉRENCES	228
ANNEXE A – JOURNAL DE RECHERCHE – ÉTUDE 1	264
ANNEXE B – QUESTIONNAIRE D’ACCEPTABILITÉ – ÉTUDE 1	288
ANNEXE C – JOURNAL DE RECHERCHE – ÉTUDE 2	290
ANNEXE D – QUESTIONNAIRE D’ACCEPTABILITÉ – ÉTUDE 2.....	308
ANNEXE E – JOURNAL DE SUIVI DES ACTIVITÉS – ÉTUDE 3	311
ANNEXE F – GUIDE D’ENTREVUE – ÉTUDE 4	312
ANNEXE G – APPROBATION ÉTHIQUE UQTR – ÉTUDE 1	314
ANNEXE H – APPROBATION ÉTHIQUE UQTR – ÉTUDES 2, 3 ET 4.....	315
ANNEXE I – APPROBATION ÉTHIQUE CIUSSS-MCQ – ÉTUDE 1	317
ANNEXE J – APPROBATION ÉTHIQUE CIUSSS-MCQ – ÉTUDES 2, 3 ET 4.....	318
ANNEXE K – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDE 1.....	320
ANNEXE L – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDES 2 ET 3	327
ANNEXE M – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDE 4.....	335

LISTE DES TABLEAUX

Table 1. Participants characteristics.....	118
Table 2. Program acceptability	120
Table 3. Baseline characteristics of participants.....	155
Table 4. Change in primary and secondary outcomes	157
Table 5. Acceptability of HIIT+MICT and MICT program assessed by TAPQ.....	160
Table 6. Baseline Characteristics of the participants	182
Table 7. Participants characteristics.....	205
Table 8. Themes and sub-categories.....	205

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Prévalence des facteurs de risque du syndrome métabolique post-AVC.	27
Figure 2. Principales conséquences de l'AVC.	29
Figure 3. VO ₂ peak chez des survivants d'AVC et demande énergétique des activités de la vie quotidienne.	31
Figure 4. Déconditionnement post-AVC.	33
Figure 5. Continuum de services de l'AVC au Québec.	37
Figure 6. Campagne de sensibilisation sur l'AVC au Canada	37
Figure 7. Cheminement selon le guide pratique avec la nomenclature et les statistiques propres au Québec.	38
Figure 8. Cadre théorique pour développer et évaluer une intervention complexe.	47
Figure 9. Modèle théorique de l'association entre la maladie cardiovasculaire et le déclin cognitif.	58
Figure 10. Mécanismes de l'exercice aérobic sur la santé du cerveau.	59
Figure 11. Modèle du développement de notre recherche basé sur le cadre théorique du développement d'une intervention complexe.	92
Figure 12: Aerobic program over weeks	117
Figure 13: Flow chart of recruitment and follow-up process	119
Figure 14. Timeline for HIIT+MICT group	161
Figure 15. Flow chart.	162
Figure 17. Comparison the effects of exercises programs on A) VO ₂ peak and B) peak power output.	163
Figure 18. Individual and mean deltas of systolic blood pressure pre and post exercise	184
Figure 19. Mean hourly delta of systolic blood pressure post-exercise compared to pre-exercise and mean hourly heart rate.	185
Figure 20. Mean hourly delta of diastolic blood pressure post-exercise compared to pre-exercise	186

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACSM: American College of Sport Medicine

AHA: American Heart Association

AIT: Accident ischémique transitoire

ANOVA : Analysis of variance

Bpm : Battements par minutes

AVC : Accident vasculaire cérébral

CNS: Canadian Neurological Scale

CRF: Cardiorespiratory fitness

FMD: flow-mediated dilatation

HIIT: High intensity interval training

ICT: Ischémie cérébrale transitoire

IMC : Indice de masse corporelle

INESSS : Institut national d'excellence en santé et en services sociaux

MAPA: Mesure ambulatoire de pression artérielle

MET : Équivalent métabolique

MICT : Moderate intensity continuous training

MIF : Mesure de l'indépendance fonctionnelle

MMSE: Mini-Mental State Examination

MoCA : Montreal Cognitive Assessment

MRC: Medical Research Council

NIHSS: National Institute of Health Stroke Scale

NO: Oxyde nitrique

OMS: Organisation mondiale de la santé

PAM : Puissance aérobie maximale

PPO: Peak power output

SNC: Système nerveux central

SPPB: Short Physical Performance Battery

TAPQ: Treatment Acceptability and Preferences Questionnaire

VFC: Variabilité de la fréquence cardiaque

VO₂peak: Peak oxygen uptake

WHO: World Health Organization

DÉDICACE

À M. Veilleux (1932-2016)

Sans le savoir, il a été l'étincelle à l'origine de ce projet.

À mes enfants Alexis, Antoine et Léanne

Avec détermination, cœur et courage vous arriverez à tout.

« En vérité, le chemin importe peu, la volonté d'arriver suffit à tout. »

Albert Camus

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier mes directeurs de recherche, François Trudeau et Julie Houle. Avec votre générosité, votre engagement, votre expérience riche et votre côté humain, vous avez su m'épauler et me guider à travers cet incroyable parcours tout en comprenant ma réalité de jeune maman. Merci pour votre écoute, votre présence bienveillante et vos judicieux conseils qui m'ont amené à me dépasser à chacun de mes défis et à soumettre, aujourd'hui, le fruit d'un long travail dont je suis fière. Merci d'avoir cru en moi. Vous êtes des personnes inspirantes.

Je désire également remercier tous mes collaborateurs qui ont été d'une précieuse aide pour mener à bien cette recherche. Je pense entre autres à Dr Ying-Tong Sia et Dr Carl-Éric Gagné pour leur importante contribution aux évaluations cliniques ainsi qu'à M. Louis Laurencelle pour son aide inestimable aux analyses statistiques. Je remercie aussi la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR ainsi le CIUSSS-MCQ pour leur immense soutien. Je remercie également les Fonds de Recherche en Santé du Québec pour leur soutien financier dans la réalisation de mes études. À tous les participants dévoués qui ont répondu à l'appel et qui ont collaboré à mes projets avec engagement, je veux vous dire merci. Vous m'avez appris bien plus que vous ne le pensez et mon plus grand cadeau a été les bénéfices que vous avez pu en retirer.

Mon parcours doctoral aura été une immense montagne à gravir où tant de gens merveilleux ont fait un bout de chemin avec moi et sans qui je ne serais pas au sommet aujourd'hui. Famille, collègues et amis, je vous dis merci. Je ne peux passer sous silence l'appui de mes parents qui m'ont aidé à traverser chacune des innombrables étapes et qui sont, depuis toujours, mon plus grand modèle de persévérance et de courage. Steven, à toi qui me tiens la main et qui m'a souvent supportée dans les chemins plus difficiles, je suis si fière de partager ce sommet avec toi. C'est un parcours que nous avons débuté à deux et que nous partageons aujourd'hui à cinq! Alexis, Antoine et Léanne, vous qui avez déjà fait tant d'université avant même de voir le jour, vous êtes, sans aucun doute, ma plus grande fierté. Merci d'avoir été ma source de motivation et de m'avoir aidé à garder le sourire à chaque étape (jour et nuit)! Suivez votre cœur et soyez fiers de votre parcours.

INTRODUCTION

L'accident vasculaire cérébral (AVC) touche 12,2 millions de personnes dans le monde annuellement et est responsable d'approximativement 6,5 millions de décès (Feigin et al., 2021). Au Canada, il représente la troisième principale cause de mortalité avec 6 % de tous les décès et il s'agit de la première cause d'incapacité sévère (Statistique Canada, 2022). Les coûts directs et indirects engendrés par l'AVC représentaient environ 3,6 milliards de dollars annuellement au pays (Agence de santé publique du Canada, 2009), ce qui en fait un important problème de santé publique. De plus, l'incidence de l'AVC est en hausse en raison de l'augmentation du nombre de personnes âgées et de l'importante prévalence des facteurs de risque modifiables de la maladie cardiovasculaire, incluant l'hypertension artérielle, le diabète, la fibrillation auriculaire, l'obésité et l'inactivité physique (Mozaffarian et al., 2015). Les deux tiers des survivants d'un AVC, sont aux prises avec d'importantes limitations motrices, cognitives, psychologiques ou langagières (Hankey et Warlow, 1999; McKeivitt et al., 2011). Par ailleurs, l'amélioration des traitements médicaux et en particulier du traitement en phase aigüe ont fait en sorte qu'il y a de plus en plus de survivants. Les survivants vivent plus longtemps qu'avant avec les séquelles de la maladie augmentant ainsi l'importance de mettre en place des stratégies pour améliorer la qualité de vie et la fonctionnalité à long terme de ces personnes (van Wijck et al., 2019).

Dans cet objectif, l'American Heart Association (AHA) recommande l'activité physique chez les survivants de l'AVC en prévention secondaire de la maladie (Billinger et al., 2014). La littérature a démontré que l'activité physique chez ces patients avait le potentiel d'améliorer la capacité cardiorespiratoire (MacKay-Lyons et al., 2019), la capacité ambulatoire (Macko et al., 2005) et la force musculaire (Veldema et Jansen, 2020). D'ailleurs, il est reconnu que les survivants de l'AVC sont très déconditionnés physiquement avec une capacité cardiorespiratoire en moyenne deux fois inférieure à celle de sujets sédentaires du même âge (Ivey et al., 2005). Cette information apparaît très préoccupante sachant que la capacité cardiorespiratoire est un des meilleurs déterminants de la santé permettant de réduire le risque de maladies chroniques, de maladies cardiovasculaires et de mortalité, en plus d'améliorer considérablement la qualité de vie

(Kaminsky et al., 2013). Shephard suggère que la perte d'autonomie survient lorsque la capacité cardiorespiratoire d'un individu chute à moins de 18 ml d'O₂/kg/min chez un homme et 15 ml d'O₂/kg/min chez une femme (Shephard, 2009). Considérant qu'en moyenne les survivants d'AVC dans la soixantaine présentent une capacité cardiorespiratoire de 13,6 ml d'O₂/min/kg dans la phase chronique de la maladie, plusieurs activités de la vie quotidienne peuvent être très difficiles ou même impossibles à réaliser (Ivey et al., 2005). Cette faible condition physique combinée à un mode de vie très sédentaire limite la participation aux activités sociales, sportives ou de loisir, réduit l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne et engendre un cercle vicieux de déconditionnement associé à une augmentation du risque cardiovasculaire et des comorbidités (Saunders et al., 2014).

Les recommandations les plus récentes d'activité physique aérobie suggèrent des exercices d'intensité faible à moyenne dans la phase chronique de la maladie (Billinger et al., 2014). Bien que la capacité cardiorespiratoire soit reconnue comme un facteur clé dans la réadaptation post-AVC et dans la prévention secondaire de la maladie, l'activité aérobie est très peu utilisée dans les milieux cliniques et les recommandations en matière d'intensité se basent sur des niveaux d'évidence scientifiques modérés (MacKay-Lyons et al., 2020). Par ailleurs, l'entraînement par intervalles à intensité élevée (HIIT) est de plus en plus reconnu comme une méthode sécuritaire et efficace pour maximiser les effets sur la santé et la capacité cardiorespiratoire chez les populations cliniques (Karlsen, Aamot, Haykowsky et Rognmo, 2017). Il s'agit d'une méthode d'entraînement qui consiste à alterner de courtes périodes d'effort à intensité élevée avec des périodes de récupération à faible intensité dans le but de maximiser les adaptations physiologiques (Buchheit et Laursen, 2013). Chez les survivants de l'AVC, des données préliminaires suggèrent que cette méthode serait sécuritaire et pourrait avoir un effet prometteur sur la santé (Crozier et al., 2018). Toutefois, la supériorité de cette approche par rapport aux soins standards ne semble pas démontrée à long terme (Gjellesvik et al., 2020), et les paramètres de prescription optimaux demeurent inconnus pour cette population. Considérant que le HIIT doit être réalisé sous supervision chez les patients à haut risque (MacKay-Lyons et al., 2020), une combinaison avec l'entraînement continu à intensité moyenne (MICT) pouvant être réalisée à domicile pourrait représenter une avenue intéressante à explorer dans

l'objectif clinique de rendre progressivement les patients responsables et autonomes à long terme dans leur pratique d'activité physique.

Un problème avec la réadaptation standard post-AVC est qu'elle se limite généralement à la période subaiguë et à l'amélioration des tâches fonctionnelles de base. Par ailleurs, comme il s'agit d'un processus de maladie chronique, un programme de gestion à long terme est nécessaire. Les professionnels de la santé doivent oublier l'idée simpliste des soins aigus seulement. Les autorités québécoises soutiennent que malgré que l'activité physique constitue la pierre angulaire de la phase de réintégration communautaire, il n'existe pratiquement aucune ressource de prise en charge lorsque le patient termine sa réadaptation (Richards, 2013). Il est mentionné dans ce rapport d'experts que « la personne et ses proches sont plutôt laissés à eux-mêmes, sans aide pour faire face à un défi qui surpasse de loin leur capacité de résilience ». Ainsi, il est nécessaire d'élaborer des stratégies d'intervention incluant l'activité physique dans la phase de réintégration et de maintien en communauté qui soient réalistes à long terme et qui tiennent compte des limitations de ces individus. Il est primordial de garder en tête que l'adhésion à un mode de vie actif à long terme est un facteur clé de réussite. Pour y arriver, l'écoute et la compréhension du patient sont essentielles. L'idée derrière tout cela n'est pas seulement de prolonger les années de vie de ces patients, mais plutôt d'en améliorer la qualité de celle-ci.

L'objectif principal de cette thèse est d'élaborer un programme d'activité physique réaliste pour les personnes ayant vécu un AVC ischémique ou une ischémie cérébrale transitoire (ICT) durant la phase chronique de la maladie. La présente recherche se fonde sur l'intégration de la méthode HIIT dans l'objectif de créer une stimulation cardiovasculaire plus grande pour potentialiser les effets de l'activité physique sur les facteurs de risque cardiovasculaire, en particulier la capacité cardiorespiratoire, combinée à la méthode MICT qui est facilement applicable à domicile. Pour ce faire, nous sommes appuyés sur le cadre méthodologique suggéré par le Medical Research Council (MRC) pour le développement et l'évaluation d'une intervention complexe (Skivington et al., 2021). Ce cadre suggère quatre phases soit : 1) le développement de l'intervention, 2) l'étude de la faisabilité, 3) l'évaluation de l'intervention ainsi que 4) la mise en œuvre. Les

trois premières étapes ont été réalisées dans le cadre de ce doctorat. De façon plus précise, la première étape se base sur la recension des écrits qui nous a permis de développer la recherche et le programme d'entraînement, la deuxième étape a été réalisée à l'aide d'une étude de faisabilité grâce à un projet pilote (étude 1), et finalement, l'étape trois comprend trois études ayant permis d'évaluer l'intervention développée selon différentes perspectives. Dans cette troisième phase, nous retrouvons une étude contrôlée randomisée permettant de comparer le programme d'exercice expérimental incluant une combinaison de HIIT et de MICT à un programme standard (MICT seulement) ainsi qu'à un groupe contrôle (intervention usuelle) avec un suivi à long terme pour évaluer son efficacité (étude 2). Cette phase comprend également une étude évaluant l'effet aigu du HIIT et du MICT sur la mesure de la pression artérielle ambulatoire (MAPA) qui représente un facteur clé en prévention secondaire de l'AVC (étude 3) ainsi qu'une étude d'acceptabilité qualitative du programme d'exercice développé (étude 4). Ainsi, quatre études ont été réalisées pour répondre à l'objectif initial de développer et évaluer un programme d'exercice incluant l'entraînement HIIT en prévention secondaire de la maladie cérébrovasculaire ischémique.

Cette thèse est présentée sous forme de huit chapitres; les trois premiers présentent la problématique de recherche, les assises théoriques et la méthodologie de recherche. Les chapitres quatre, cinq, six et sept présentent les résultats des quatre études sous forme d'articles. Le chapitre huit présente une discussion générale des résultats de recherche ainsi qu'une synthèse des contributions de la thèse. Les travaux ont été effectués dans le cadre du programme du Doctorat en sciences biomédicales, spécialité médecine expérimentale, de l'Université de Montréal, offert en extension à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

CHAPITRE I – PROBLÉMATIQUE

Dans ce chapitre, nous définissons l'AVC en abordant sa physiopathologie, ses facteurs de risque, ses conséquences ainsi que l'état de la prise en charge actuelle au Québec et au Canada afin de bien saisir l'ampleur de la maladie et des enjeux reliés. De plus, nous abordons le sujet principal de cette thèse, c'est-à-dire l'activité physique chez les survivants de l'AVC. Nous présentons globalement les recommandations actuelles en matière d'activité physique, les bénéfices potentiels ainsi que le portrait de la situation actuelle. Ceci nous mènera à la présentation des questions préliminaires qui sont à l'origine de cette recherche.

1.1 L'accident vasculaire cérébral

1.1.1 Définition et physiopathologie

L'AVC est défini comme le développement d'un syndrome de dysfonction cérébrale aiguë d'origine vasculaire (Agence de santé publique du Canada, 2009). Cette perte de fonctions soudaine peut être due à un manque d'irrigation sanguine dans le cerveau dû à une obstruction vasculaire (AVC ischémique), ou encore à une rupture d'un vaisseau sanguin à l'intérieur du cerveau (AVC hémorragique). Globalement, les AVC ischémiques représentent 87 % des cas d'AVC (Virani et al., 2021). Les cellules sont alors privées d'oxygène et de nutriments ce qui entraîne un effondrement des processus métaboliques et la mort des neurones de la région affectée. En phase aiguë, l'AVC représente une urgence médicale puisqu'une intervention rapide diminue les séquelles potentielles. L'ICT, également appelée accident ischémique transitoire (AIT), survient lorsque la circulation sanguine est interrompue dans une région du cerveau pour une courte période. L'ICT, tout comme l'AVC ischémique, est provoquée par un caillot sanguin ou par une plaque d'athérosclérose qui obstrue la circulation du sang au niveau du cerveau. Les symptômes

sont similaires, mais ils se résorbent après quelques minutes ou après quelques heures. Toutefois, ce type d'évènement ne doit pas être pris à la légère puisque les personnes qui subissent une ICT sont à risque très élevé d'être victime d'un AVC (Nguyen-Huynh et Johnston, 2007). L'ICT devrait être considérée comme un avertissement sérieux quant au risque imminent d'un évènement cérébro-vasculaire plus grave. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'AVC fait partie de l'un des six types de maladies cardiovasculaires (les cardiopathies coronariennes, les maladies cérébro-vasculaires, les artériopathies périphériques, les cardiopathies rhumatismales, les malformations cardiaques congénitales ainsi que les thromboses veineuses profondes et embolies pulmonaires). L'étude de Framingham révèle que les femmes ont une probabilité sur cinq et les hommes ont une probabilité sur six entre 55 et 75 ans d'être victime d'un AVC (Seshadri et al., 2006). En raison de la physiopathologie similaire de l'AVC ischémique et de l'ICT, cette thèse s'intéresse à ces deux types d'évènement cérébro-vasculaires et exclut l'AVC hémorragique pour lequel les causes peuvent différer.

1.1.2 Facteurs de risque

L'étiologie de l'AVC est multifactorielle. Les maladies cardiovasculaires, incluant l'AVC ischémique, sont des troubles partageant plusieurs prédispositions, mécanismes pathologiques et facteurs de risque potentiellement modifiables. L'identification et la compréhension de ces facteurs sont nécessaires à la mise en place de stratégies de prévention. L'AVC n'est généralement pas un évènement isolé puisque les victimes présentent habituellement une forte prévalence de problèmes médicaux et de facteurs de risque cardiovasculaire. Ceux-ci sont fréquemment divisés en deux catégories, soit les facteurs non modifiables et les facteurs modifiables. Parmi la première classe, on retrouve l'âge, le sexe et les antécédents familiaux. Le tabagisme, la sédentarité et l'inactivité physique, le surpoids (indice de masse corporelle (IMC) entre 25 et 29,9 kg/m²) et l'obésité (IMC de plus de 30 kg/m²), l'hypertension artérielle, le diabète de type II et la dyslipidémie font pour leur part partie des facteurs de risque modifiables. Au Canada, il est estimé que neuf personnes sur dix (soit 24 millions) ont au moins un de ces facteurs de risque (Agence

de santé publique du Canada, 2009). L'AHA a défini sept indicateurs comme étant des indices de santé cardiovasculaire idéale : ne pas fumer, avoir un IMC inférieur à 25 kg/m², atteindre les recommandations d'activité physique, avoir un taux de cholestérol total non traité inférieur à 5,14 mmol/L, une pression artérielle non traitée inférieure à 120/80 mmHg et une glycémie à jeun inférieure à 5,55 mmol/L (Lloyd-Jones et al., 2010). Une étude américaine a déterminé que le fait d'avoir au moins cinq de ces indicateurs est associé à une baisse de 88 % des risques de maladies cardiovasculaires et d'AVC (Ford et al., 2012).

L'importante étude INTERSTROKE comptant 10 388 cas d'AVC ischémiques comparés à des sujets contrôles dans 32 pays différents a conclu que 90 % des cas d'AVC dans le monde étaient attribuables à 10 facteurs de risques potentiellement modifiables (O'Donnell et al., 2016). C'est donc dire que neuf cas d'AVC sur 10 pourraient potentiellement être évités par une bonne prévention des facteurs de risque. Les 10 principaux facteurs recensés par l'étude INTERSTROKE sont l'hypertension artérielle, le tabagisme, l'obésité abdominale, le diabète de type II, la mauvaise alimentation (hypercalorique et riche en sel), la sédentarité, la dyslipidémie, l'alcool, le stress, la dépression et les troubles cardiaques (particulièrement la fibrillation auriculaire). Les cinq premiers seraient à eux seuls responsables de 80 % des cas d'AVC (O'Donnell et al., 2010).

L'athérosclérose est un processus pathologique caractérisé par l'accumulation de lipides dans les parois des artères entraîné par l'inflammation chronique et le stress oxydatif menant à des dysfonctions endothéliales (Gregersen et al., 2016). Les facteurs de risques menant à cette condition pathologique chronique sont, entre autres, l'hypertension artérielle, le diabète de type II, les dyslipidémies et le tabagisme. Par conséquent, ces éléments sont également de forts prédicteurs du risque d'AVC (Furie et al., 2011). L'hypertension artérielle représente le plus important facteur de risque de l'AVC ischémique et sa présence en multiplie le risque jusqu'à quatre fois (Arboix, 2015). La prévalence de l'hypertension artérielle parmi les survivants d'AVC est élevée et varie généralement entre 71 % et 87 % selon le critère utilisé (Leoo et al., 2008; Palm et al., 2012; Rother et al., 2008; Weimar et al., 2007). Le contrôle de la pression artérielle demeure d'ailleurs la première cible d'intervention en prévention primaire et secondaire de la maladie (Brickman et al., 2010). Toutefois, cet aspect semble souvent mal géré puisque

malgré le traitement pharmacologique, la moitié des patients présente une pression artérielle supérieure à 140/90 (Rother et al., 2008). Selon les données recensées par Arboix et al. (2008) sur 2704 patients ayant vécu leur premier AVC ischémique, l'hypertension artérielle était la comorbidité principale enregistrée à chaque tranche d'âge touchant 56 % des patients (Arboix et al., 2008). Selon ces données, les prévalences de fibrillation auriculaire, de diabète de type II et de dyslipidémie suivaient ensuite avec 30 %, 23 % et 18 % respectivement. Bien que le diabète de type II soit souvent associé à l'hypertension artérielle, l'obésité et la dyslipidémie, il représente également un facteur de risque indépendant de l'AVC (Arboix, 2015). Environ le tiers des survivants d'AVC seraient diabétiques de type II, mais une anomalie du métabolisme du glucose serait observable dans 60 % à 80 % des cas (Ivey et al., 2006; Urabe et al., 2009). L'obésité abdominale serait également un facteur de risque indépendant de l'AVC ischémique (plus que l'IMC) (Suk et al., 2003). Par ailleurs l'étude internationale REACH (n = 67 888) démontre que chez les patients avec une maladie athérosclérotique, que ce soit au niveau cérébral, coronarien ou périphérique, la prévalence des facteurs de risque traditionnels est très élevée; 82 % d'hypertension artérielle, 72 % d'hypercholestérolémie, 44 % de diabète de type II, 40 % d'obésité, 27 % d'obésité grade 1 et 2 et 6 % d'obésité morbide (Bhatt et al., 2006). Ces facteurs de risque communs sont largement sous-traités et mal contrôlés dans plusieurs régions dans le monde. Malgré l'importance de la prévention secondaire, des données épidémiologiques caractérisant le profil de risque post-AVC démontrent que la majorité des patients ont plusieurs facteurs de risque, ce qui contribue considérablement au risque de récurrences d'AVC (Weimar et al., 2007).

D'ailleurs, chez les patients participant à un programme de réadaptation post-AVC, il est rapporté que 61 % sont atteints d'un syndrome métabolique et que 97 % présenteraient au moins une composante du syndrome métabolique (Mackay-Lyons, Macdonald et Howlett, 2009). Le syndrome métabolique est défini comme une accumulation d'anomalies métaboliques qui accélèrent la progression de l'athérosclérose et qui augmentent le risque de développer une maladie cardiovasculaire (Gami et al., 2007). Le diagnostic est posé lorsqu'un individu présente au moins trois des facteurs suivants : circonférence de taille élevée, taux de triglycérides élevés, taux de lipoprotéines à haute densité (HDL) faible, pression artérielle élevée et glycémie à jeun élevée (Grundy et al., 2005). Selon les résultats

de Mackay-Lyons et al. (2009), 89 % des patients en réadaptation post-AVC étaient hypertendus (figure 1). Les auteurs mettent l'emphase sur la prise en charge des composantes du syndrome métabolique dans un objectif de prévention secondaire de la maladie.

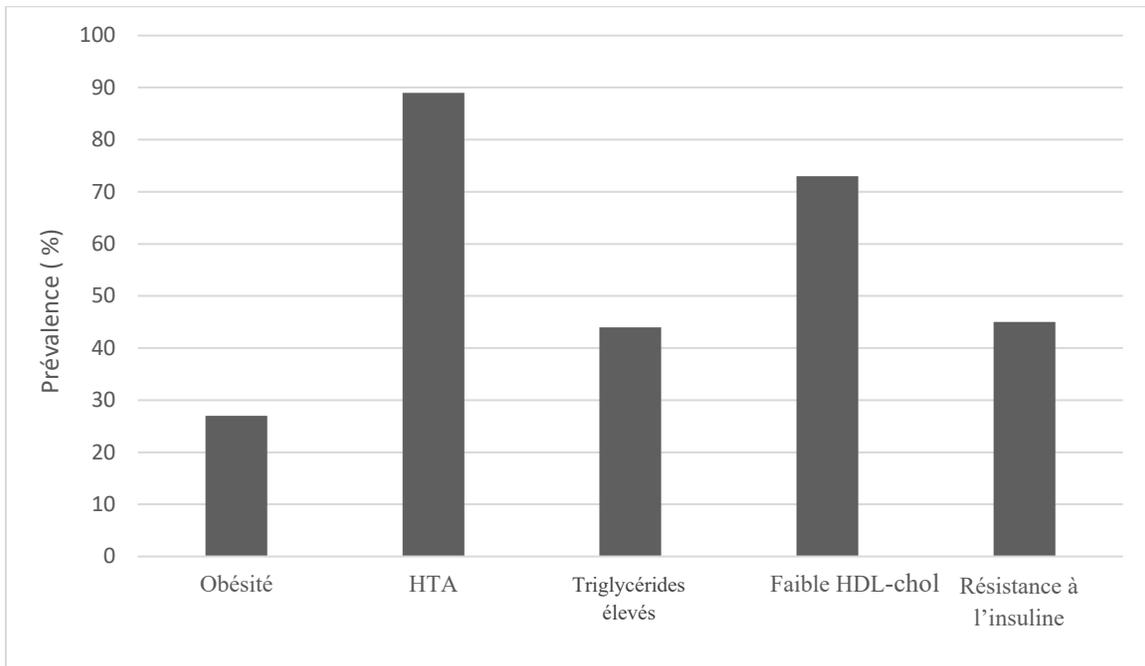


Figure 1. Prévalence des facteurs de risque du syndrome métabolique post-AVC.

Tiré de Mackay-Lyons et al. (2009)

1.1.3 Conséquences de l'AVC

Actuellement, plus de 400 000 Canadiens vivent avec des séquelles d'un AVC et il est estimé que ce nombre aura pratiquement doublé dans les 20 prochaines années (Fondation des maladies du coeur et de l'AVC du Canada, 2017). Chaque AVC est unique et chaque réadaptation est unique. Les conséquences sont très variables selon la zone de l'encéphale qui a été touchée lors de l'évènement, du type d'AVC, de l'état de santé préalable et des traitements reçus. L'AVC est une maladie dite chrono dépendante. C'est-

à-dire que la rapidité d'intervention de revascularisation en phase aigüe a un impact sur les conséquences et la réadaptation. L'expression anglophone *time is brain* est souvent utilisée pour représenter cette réalité. Il est estimé que pour chaque minute de délai de traitement, un patient peut perdre en moyenne 1,9 millions de cellules cérébrales, 13,8 million de synapses et 12 km de fibre d'axones (Saver, 2006). Comme rapporté par Saver (2006), la perte de neurones en une heure sans intervention représente une perte comparable à un vieillissement normal de 3,6 ans.

Les séquelles consistent en des incapacités de gravité faible à sévère. Ainsi, les survivants de l'AVC peuvent être aux prises avec de multiples conséquences telles des troubles émotionnels, de l'équilibre, de la parole, du mouvement, de la mémoire ou de la cognition. Ces conséquences physiques et psychologiques sont persistantes et peuvent limiter les activités quotidiennes. À long terme, parmi les plus fréquentes, on retrouve les problèmes de mobilité (58 %), la fatigue (52 %), la concentration (45 %) et les chutes (44 %) qui sont présentés à la figure 2 (McKevitt et al., 2011). Même quatre ans après l'évènement, 78 % des survivants d'AVC rapportent ne pas s'être complètement remis et 42 % présentent des limitations à faire leurs activités de la vie quotidienne (Gadidi, Katz-Leurer, Carmeli et Bornstein, 2011). Au Canada, les échelles National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) ou Canadian Neurological Scale (CNS) sont utilisées pour mesurer le degré de l'atteinte neurologique et la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) est utilisée pour mesurer les incapacités. Les patients peuvent ainsi être classés avec des atteintes légères, modérées ou sévères (INESSS, 2011). Selon l'échelle utilisée, il est estimé qu'environ 45 % des survivants d'AVC ont des atteintes légères, 40 % des atteintes modérées et 15 % des atteintes sévères (INESSS, 2011).

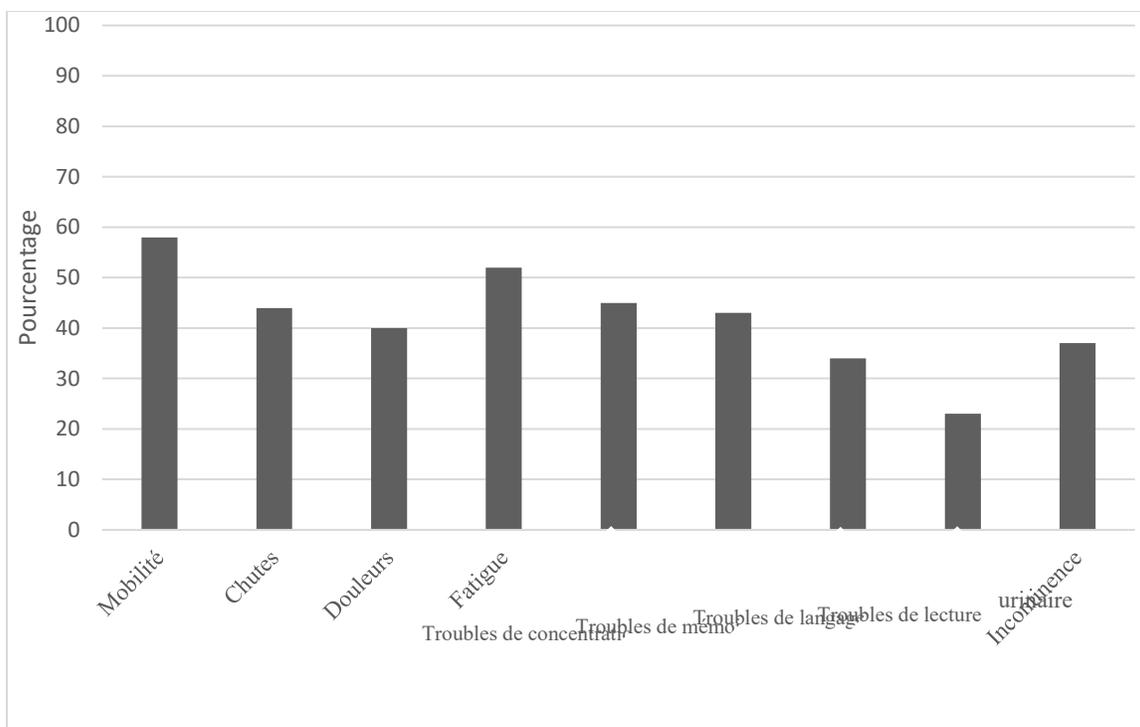


Figure 2. Principales conséquences de l'AVC.

Tiré de McKevitt et al. (2011)

Une étude montréalaise a comparé la qualité de vie chez des personnes vivant en communauté avec des séquelles d'un AVC à celles de personnes sans AVC (Mayo, Wood-Dauphinee, Cote, Durcan et Carlton, 2002). Un total de 434 personnes de 68 ans en moyenne ont participé à une entrevue six mois après un événement ischémique ou hémorragique et celles-ci ont été comparées à 486 personnes du même âge et vivant dans des endroits similaires. Plus de la moitié des survivants d'AVC ont rapporté d'importantes limitations et difficultés dans les activités de la vie quotidienne. Un questionnaire a fait ressortir que les sphères les plus affectées étaient les tâches domestiques (48 %), le magasinage (36 %), les déplacements de courtes distances (32 %), la préparation des repas (29 %). L'utilisation du téléphone ainsi que la gestion de la médication et de l'argent ont été rapportées comme étant problématique dans moins de 15 % des cas. Les auteurs soulignent que ces limitations peuvent diminuer la participation aux activités de la vie quotidienne, entraîner l'isolement social et ainsi nuire à la santé globale de cette population.

Parmi les conséquences importantes de l'AVC, on note la détérioration de la capacité cardiorespiratoire. La capacité cardiorespiratoire est un des meilleurs déterminants de la santé. Shephard suggère que la perte d'autonomie survient généralement lorsque la capacité cardiorespiratoire d'un individu chute à moins de 18 ml d'O₂/kg/min (5,1 METs) chez un homme et 15 ml d'O₂/kg/min chez une femme (Shephard, 2009). Une revue de la littérature regroupant 41 études a démontré que les survivants d'AVC dans la soixantaine avaient une capacité maximale (VO₂peak) entre 8 et 22 ml d'O₂/kg/min (Smith et al, 2012). En moyenne, les sujets avec AVC avaient des valeurs de VO₂peak deux fois plus faibles que des sujets du même âge. Considérant que les activités de la vie quotidienne nécessitent une consommation d'oxygène équivalente à approximativement entre 3 et 5 METs et que les survivants d'AVC atteignent en moyenne 5,6 METs à leur capacité maximale, la figure 3 représente bien les limitations de ces gens comparativement au reste de la population (Ivey et al., 2005). Ainsi, plusieurs activités de la vie quotidienne peuvent représenter un effort insoutenable pour ces patients. Lorsque comparé à des données normatives de l'American College of Sports Medicine (ACSM), Billinger et al. (2012) ont démontré que pour chaque tranche d'âge, les survivants d'AVC ont une capacité cardiorespiratoire sous le premier percentile, les classifiant ainsi de « très faible » (Billinger et al., 2012). Cette condition exercerait une influence négative sur les comorbidités qui limitent considérablement la qualité de vie de cette population en plus d'augmenter le taux de mortalité prématurée (Gordon et al., 2004).

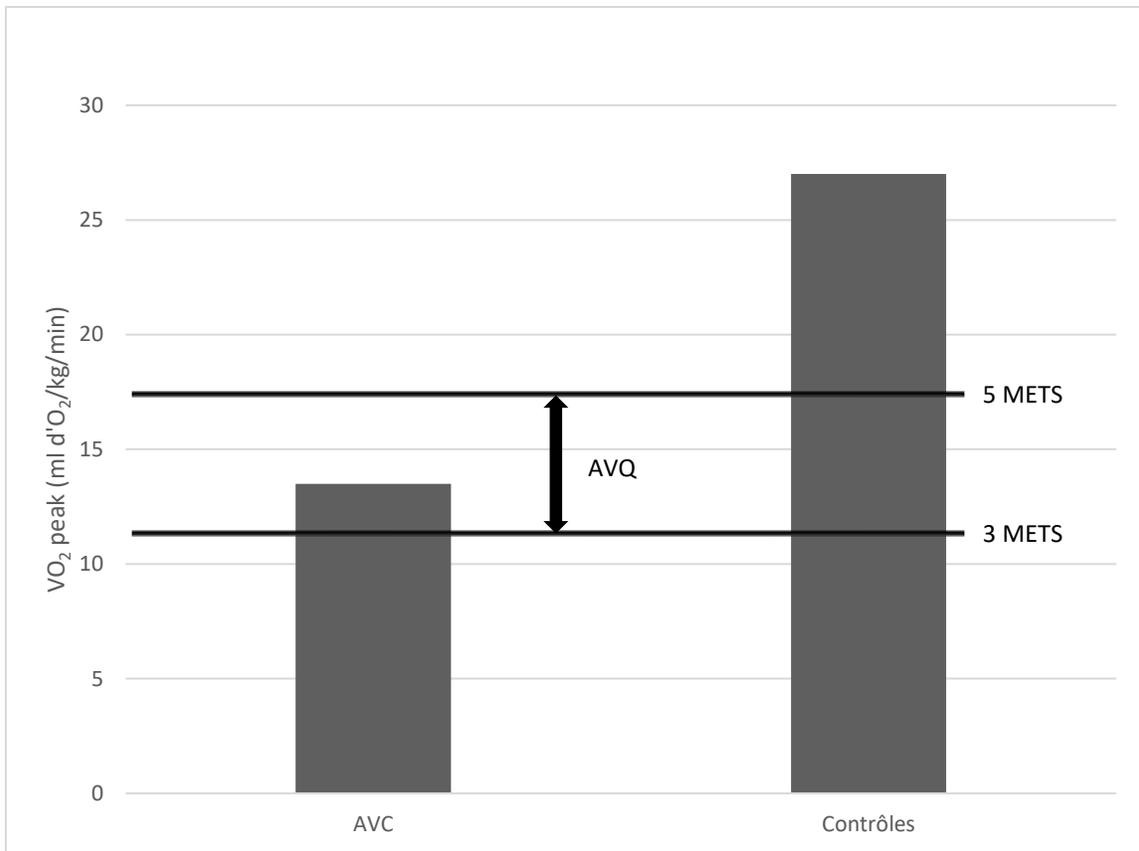


Figure 3. VO₂peak chez des survivants d'AVC et demande énergétique des activités de la vie quotidienne.

AVQ : activités de la vie quotidienne. Adaptée de Ivey et al. (2005)

Cette diminution de la capacité cardiorespiratoire est en partie due à la perte de masse musculaire qui limite les habiletés à utiliser l'oxygène. D'ailleurs, la VO₂peak semble être fortement corrélée avec la masse musculaire des cuisses mesurée par DEXA (Ryan et al., 2000). Il est donc important de considérer que le coût énergétique d'une activité comme la marche est environ 1,5 fois plus élevé chez des survivants d'AVC que des sujets contrôles (Mackay-Lyons et al., 2013). Ainsi même des activités ambulatoires de faible intensité requièrent un niveau d'effort moyen à élevé pour ces patients. Au niveau musculaire, la transition des fibres musculaires de type I vers des fibres de type II du côté atteint joue aussi un rôle dans la diminution de la capacité oxydative entraînant l'apparition plus rapide de la fatigue et une augmentation de la résistance à l'insuline (De Deyne et al.,

2004). L'AVC entraîne aussi une réduction du nombre de capillaires par fibre musculaire limitant le métabolisme du glucose (Prior et al., 2009). D'autres changements biologiques influencent la capacité cardiorespiratoire post-AVC comme le taux élevé de marqueurs d'inflammation systémique (TNF-alpha et interleukine 6), l'altération du métabolisme du glucose et de l'insuline, les dysfonction du système nerveux autonome et du système respiratoire (Billinger et al., 2012). Conséquemment, les survivants d'AVC sont généralement déconditionnés et prédisposés à un mode de vie sédentaire (Hornnes et al., 2010); ce qui contribue à l'augmentation des risques d'AVC récurrent ou d'autres maladies cardiovasculaires. Ce processus de déconditionnement associé à l'AVC a bien été illustré par Saunders en 2014 (figure 4). Cette figure est d'ailleurs au cœur des enjeux présentés dans cette thèse puisque nous avons comme objectif d'aborder la problématique avec une perspective très clinique.

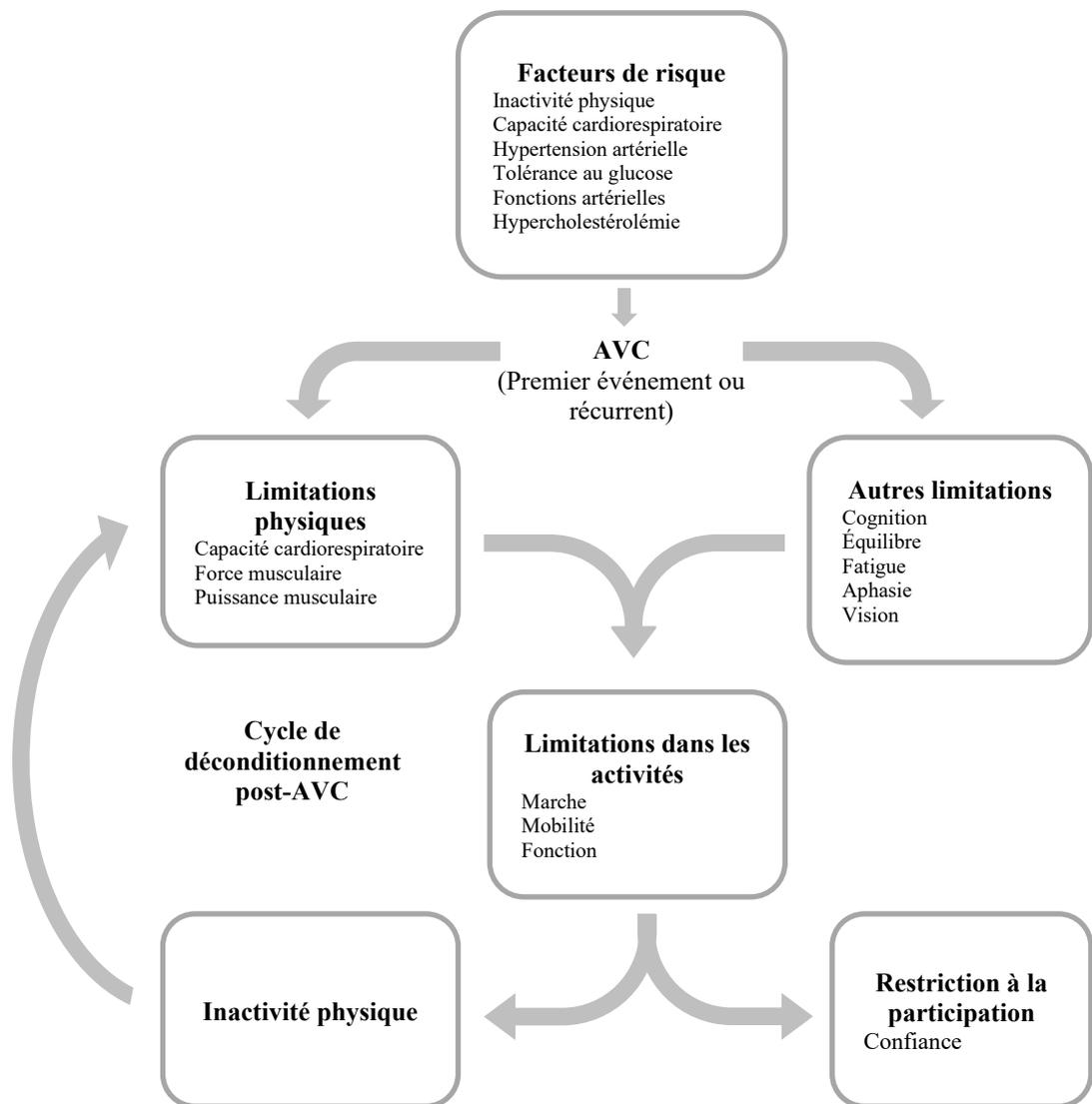


Figure 4. Déconditionnement post-AVC.

Adaptée le modèle de Saunders et al. (2014)

Par ailleurs, les patients victimes d'un AVC présentent souvent des limitations importantes, mais non seulement dues à l'événement cérébral en soi. En effet, la présence d'autres maladies cardiovasculaires concomitantes est fréquente et peut représenter un enjeu au niveau clinique. Les maladies cardiovasculaires ischémiques, incluant l'AVC, la maladie artérielle périphérique et la maladie coronarienne, partagent des caractéristiques épidémiologiques, des facteurs de risque très similaires et leur étiologie est commune. Leur manifestation représente le résultat du même processus physiopathologique

d'athérosclérose à des endroits différents (Adams et al., 2003). Comme l'athérosclérose est une maladie systémique, il n'est pas surprenant de voir que des occlusions des artères coronaires et carotides sont souvent concomitantes (Craven et al., 1990; Kallikazaros et al., 1999; Sollberg et al., 1968). D'ailleurs la maladie coronarienne est reconnue comme une cause significative de morbidité et de mortalité après l'AVC. En fait, même si les récurrences d'AVC sont plus communes à long terme, les événements cardiaques représentent une plus grande proportion de la mortalité chez les personnes ayant vécu un AVC (Dhamoon et al., 2006). La maladie coronarienne représente également une des trois principales causes de ré-hospitalisation après un AVC ou une ICT (Zhong et al., 2016). Quelques études ont aussi démontré que les patients ayant subi un ICT ou un AVC ont une importante prévalence de maladies coronariennes non symptomatiques (Di Pasquale et al., 1986; Di Pasquale et al., 1988; Rokey et al., 1984). Ces études suggèrent la présence d'une ischémie cardiaque silencieuse chez 20 % à 40 % des survivants d'AVC. Les comorbidités cardiovasculaires peuvent limiter la participation à des activités physiques, compliquer la réadaptation et les soins à long terme, limiter la fonctionnalité dans les activités de la vie quotidienne et augmentent le risque de complications médicales et de mortalité prématurée. Selon l'étude de Framingham, l'hypertension artérielle à elle seule diminue le taux de survie de 85 % à 51 % chez les hommes cinq ans après l'évènement (Sacco et al., 1982). Combiné à une autre comorbidité cardiovasculaire (insuffisance cardiaque ou maladie coronarienne), ce taux baisse à 35 %. Il apparaît donc difficile de les dissocier et la prise en charge des survivants d'AVC devrait aussi considérer les facteurs de risque cardiovasculaire. L'American Heart Association soutient qu'une intervention pour réduire les facteurs de risque cardiovasculaire est recommandée chez tous les patients post-AVC et ICT, et ce, peu importe la décision d'effectuer une évaluation cardiovasculaire non invasive (Smith et al., 2001).

Les gens qui ont subi un premier événement vasculaire cérébral ont une augmentation considérable du risque d'un second épisode dans la période qui suit. Malgré qu'il y ait beaucoup d'hétérogénéité dans les résultats (expliquée en bonne partie par le type de prise en charge aux services d'urgence), une revue de la littérature a estimé le risque d'une récurrence d'AVC à 3,1 % après 2 jours et 5,2 % à sept jours suivant un ICT (Giles et Rothwell, 2007). Selon l'étude *Oxford Vascular Study*, après un AVC léger, les risques

seraient aussi très élevés avec 11,5 % après sept jours, 15 % à 30 jours et 18,5 % après 90 jours (Coull, Lovett et Rothwell, 2004). La rapidité de traitement de revascularisation apparaît essentielle pour minimiser les conséquences. Dans l'étude *EXPRESS Study*, le traitement rapide des AVC légers et des ICT entraînerait une réduction de 80 % de la récurrence à trois mois (Rothwell et al., 2007). Certaines études ont évalué le pronostic à long terme après une ICT. Après 10 ans, le risque d'AVC, d'infarctus du myocarde ou de mortalité coronarienne et de tout événement vasculaire majeur est respectivement de 18,8 %, 27,8 % et 42,8 % (Clark et al., 2003). Cette étude souligne l'importante prévalence du risque combiné qui est plus élevée que dans la population générale, et la nécessité d'établir un plan de prévention secondaire pour améliorer la qualité de vie et la survie à long terme de cette population. Dans un même ordre d'idées, l'étude *Life Long after Cerebral Ischemia Study* a évalué la survie 10 ans après un ICT ou un AVC léger (van Wijk et al., 2005). Après cette période, 60 % des participants étaient décédés et 54 % avaient vécu au moins un événement vasculaire. Les études ayant évalué la survie après un AVC estiment le risque de mortalité entre 41 % et 72 % cinq ans après l'événement (Pendlebury et Rothwell, 2009b).

1.1.4 Prise de charge au Québec et au Canada

Selon le Réseau canadien contre les accidents vasculaires cérébraux, 50 000 personnes seraient victimes d'un AVC chaque année au pays. Ce qui représente un AVC à toutes les dix minutes. Au Québec, une personne est hospitalisée à chaque heure pour cause d'AVC (INESSS, 2011). Les impacts sur la qualité de vie sont très importants de sorte que parmi les 400 000 Canadiens qui vivent actuellement avec des séquelles d'un AVC, 80 % rapportent au moins une limitation dans leurs activités de la vie quotidienne (Agence de santé publique du Canada, 2009). En raison de cette importante prévalence, c'est en 2006 que la Stratégie canadienne de l'AVC publiait les premières recommandations canadiennes de pratiques optimales de soins de l'AVC. Les objectifs de ces lignes directrices sont de diminuer les variations dans la pratique et de combler l'écart entre les données probantes et la pratique.

Les recommandations québécoises et canadiennes sont présentées par six étapes distinctes, représentées à la figure 5 (Gouvernement du Québec, 2017). Celles-ci incluent la sensibilisation de la population, la prévention primaire de l'AVC, la prise en charge en phase hyperaiguë et aiguë, la réadaptation ainsi que la réintégration et le maintien dans la communauté. La sensibilisation du public vise à éduquer la population sur les symptômes et à savoir réagir rapidement en mettant l'accent sur le fait que l'AVC est une urgence médicale. En effet, le temps entre l'apparition des premiers symptômes et la présentation à un service d'urgence influence le pronostic et les possibilités de traitement du patient (Moon et al., 2008). La population devrait être en mesure d'identifier les signes avant-coureurs de l'AVC (visage affaissé, incapacité à lever les bras, trouble de la parole) présentés par la Fondation des maladies du cœur du Canada (Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada, 2021). Ces signes sont présentés sous la forme de l'acronyme VITE illustré à la figure 6. La prévention de l'AVC regroupe la prévention primaire visant à prévenir une première apparition de la maladie ainsi que la prévention secondaire qui vise à réduire le risque de récurrence d'événements vasculaires chez les gens ayant subi un AVC ou une ICT. Les recommandations en matière de prévention passent par l'adoption et le maintien de saines habitudes de vie (l'alimentation, la consommation de sodium, le tabagisme, l'activité physique, et la consommation d'alcool) ainsi que le dépistage et la gestion des facteurs de risque cardiovasculaire comme l'obésité, l'hypertension artérielle, le diabète et de la dyslipidémie. La prise en charge en phase hyperaiguë débute dès l'apparition des symptômes et elle se poursuit jusqu'à 24 heures après. Cette phase comprend la prise en charge sur la scène de l'incident, le transport du patient et la période à l'urgence qui inclue l'évaluation, le diagnostic et le choix de traitement. L'objectif est d'amorcer un traitement de revascularisation le plus rapidement possible. La prise en charge en phase aiguë comprend les jours un à sept suivant l'événement. Lors de celle-ci, le patient devrait être admis dans une unité de l'AVC. L'équipe interdisciplinaire devrait évaluer le patient dans les 48 heures après l'admission pour mesurer les incapacités liées à l'AVC et son état fonctionnel. La phase de réadaptation inclut les soins en hôpital de jour, en service de consultations externes et à domicile. Les besoins dépendent de l'évaluation réalisée lors de la phase aiguë et portent sur les limitations physiques, cognitives et communicationnelles. Cette phase dure jusqu'au jour 90 post-AVC. Finalement, la

dernière phase du continuum de soins consiste à faciliter la transition vers la communauté tout en tenant compte des différents facteurs physiques, émotionnels, environnementaux, financiers et sociaux. Elle vise à préparer le patient, la famille et les proches aidants en leur fournissant l'information, l'éducation et le soutien nécessaire. La planification de cette réintégration débute dès l'élaboration du plan d'intervention en phase aiguë et s'affine dans la phase de réadaptation. Les interventions portent sur la reprise sécuritaire des habitudes de vie, des loisirs et des activités, le soutien à domicile lorsque nécessaire, la prévention secondaire ainsi que le maintien de la qualité de vie et des habiletés. Il s'agit de la phase qui sera principalement ciblée par cette thèse doctorale. Le cheminement avec les statistiques propres au Québec est présenté à la figure 7 (Tessier, 2012).



Figure 5. Continuum de services de l'AVC au Québec.

Tirée de Gouvernement du Québec (2017)

Visage Est-il affaîssé?
Incapacité Pouvez-vous lever les deux bras normalement?
Trouble de la parole Trouble de prononciation?
Extrême urgence Composez le 9-1-1.

Apprenez à reconnaître les signes. Plus **VITE** vous réagissez, plus **VITE** vous sauvez la personne.

© Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada, 2018

Figure 6. Campagne de sensibilisation sur l'AVC au Canada

Tirée de la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC (2020)

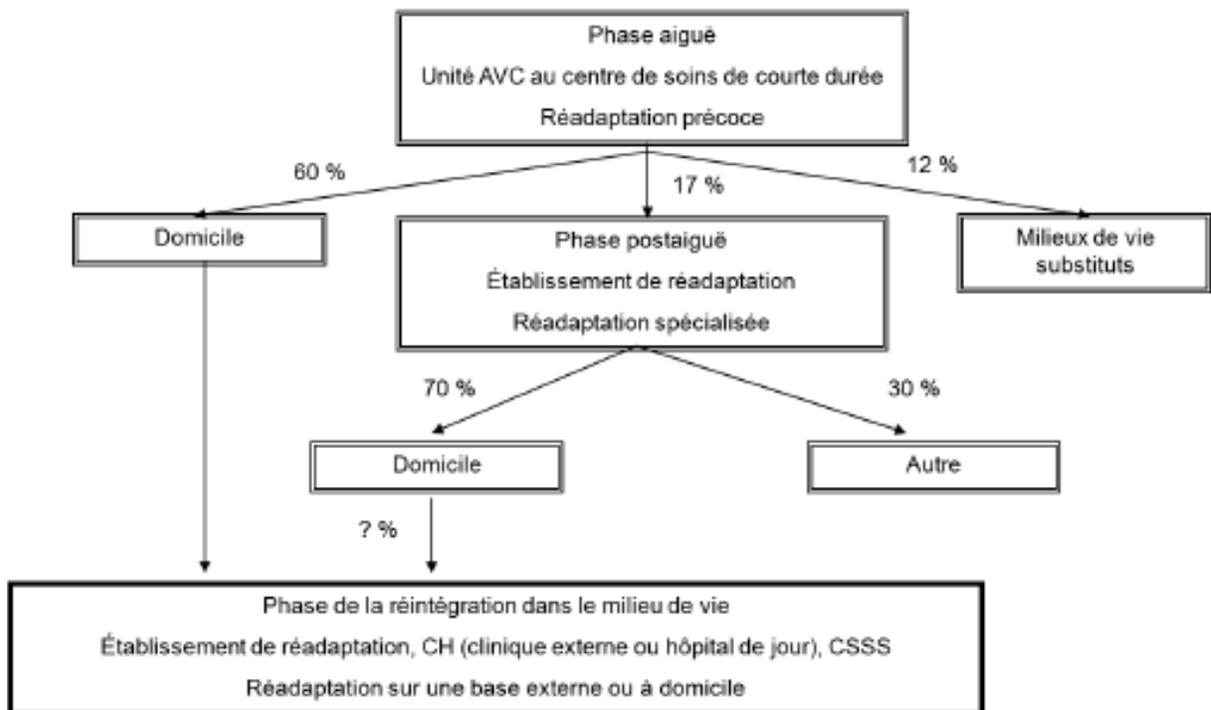


Figure 7. Cheminement selon le guide pratique avec la nomenclature et les statistiques propres au Québec.

Tirée de Tessier (2012)

La présente thèse s'intéresse particulièrement à la dernière phase de ce continuum de services. Au Québec, sauf quelques exceptions, il y a peu de prise en charge en prévention secondaire. Malgré les avantages connus de ces interventions, le rapport du comité d'expert post-AVC de 2013 souligne que ce type de soins est généralement manquant au Québec et au Canada (Richards, 2013).

La phase de réintégration sociale lors du retour en communauté serait particulièrement difficile. Les personnes post-AVC et leurs proches se heurtent à un système de santé qui les a en quelque sorte oubliés comme en témoignent les patients, leurs proches et les intervenants. Ces mêmes sources font ressortir que c'est aussi le cas des personnes présentant un profil atypique tel, des personnes ayant subi un AVC léger, ayant des troubles

cognitifs ou encore des personnes très âgées ayant un potentiel de réadaptation. (Richards, 2013, p.15)

Une analyse économique canadienne rapporte que si 80 % des gens qui n'ont pas reçu de soins optimaux en matière de prévention secondaire en avaient eu, l'économie des coûts annuels liés à l'hospitalisation ainsi qu'aux coûts directs et indirects seraient de l'ordre de 45,2 et de 309,6 millions de dollars respectivement (Krueger et al., 2012).

Face aux nombreux impacts persistants, l'optimisation des ressources à long terme représente un enjeu important pour améliorer la qualité de vie au quotidien des victimes d'AVC de même que celle de leurs proches. Considérant une population de 8 millions de personnes au Québec, il est estimé que 24 400 survivants d'AVC pourraient bénéficier de programmes organisés en communauté. De plus, le rapport du comité d'expert post-AVC mentionne que les interventions visant les habitudes de vie et le maintien des capacités physiques et cognitives sont encore plus rares. Les ressources investies ciblent davantage la phase aiguë et phase de réadaptation post-AVC. Cependant, comme les survivants d'AVC peuvent vivre plusieurs années après l'évènement, la phase de réintégration et de maintien dans la communauté doit être considérée. Afin de répondre à ce besoin, il est mentionné que des cliniques de prévention primaire et secondaire devront être développées en collaboration avec les services médicaux de première ligne. Ces cliniques permettraient de regrouper des gens avec des facteurs de risque similaires et d'intervenir sur leurs habitudes de vie. Le rapport mentionne aussi qu'il existe une insuffisance des ressources pour les gens ayant subi un AVC léger ou un ICT puisqu'environ 30 % de ceux-ci ne sont pas pris en charge. Cette lacune est expliquée par le manque de fonds, la difficulté d'accessibilité, l'insuffisance de publicité et la difficulté de transport (Richards, 2013). Afin de réduire le risque de récurrence et d'améliorer la qualité de vie à long terme, une étude ontarienne a évalué l'effet d'une prise en charge en prévention secondaire des patients ayant été victimes d'un ICT ou d'un AVC léger (Webster et al., 2011). Après un suivi d'un an, les patients ayant été référés à une clinique de prévention de l'AVC avaient un taux de mortalité de 28 % inférieur au groupe contrôle. Les deux groupes avaient un taux similaire de visite médicale pour cause d'AVC ou d'ICT, mais la durée d'hospitalisation était plus courte pour le groupe ayant été suivi en clinique de prévention. Considérant le risque

significativement plus élevé d'évènements cardiovasculaires dans cette population, il est nécessaire de s'intéresser à cette problématique.

1.2 Activité physique et AVC

La définition de l'activité physique la plus utilisée dans la littérature est celle qui a été proposée par Caspersen, en 1985 : «ensemble des mouvements corporels produits par la mise en action des muscles squelettiques entraînant une augmentation substantielle de la dépense énergétique au-dessus du métabolisme de repos» (Caspersen, Powell et Christenson, 1985). L'association entre l'activité physique, la santé et la longévité est reconnue depuis l'Antiquité. En effet, il y a plus de 2500 ans, le philosophe grec Hippocrate soutenait qu'un manque ou une surdose d'exercice était nuisible à la santé (Berryman, 1989). D'ailleurs, la pandémie de l'inactivité physique est reconnue aujourd'hui comme une des quatre principales causes de mortalité (Hallal et al., 2012). L'activité physique est recommandée chez toutes les personnes de tous les âges pour maintenir la santé, la condition physique et les capacités fonctionnelles à un niveau optimal. Toutefois, l'intégration de l'activité physique au quotidien est une habitude de vie complexe influencée par de multiples facteurs démographiques, biologiques, cognitifs, émotionnels, socioculturels et environnementaux (Bauman et al., 2002). Par conséquent, comme le démontre le haut taux élevé d'inactivité physique dans la population, les individus se retrouvent face à plusieurs barrières limitant l'adoption et le maintien de ce comportement (Bauman et al., 2002). Ce constat est d'autant plus vrai pour les survivants d'AVC qui se heurtent à d'innombrables barrières et qui présentent un taux de sédentarité encore plus élevé que des sujets en santé du même âge (Moore et al., 2013). Les prochaines sections s'intéressent à la place de l'activité physique post-AVC.

1.2.1 Recommandations d'activité physique

Maximiser la récupération fonctionnelle pour renverser les déficits causés par l'AVC et ainsi maintenir l'indépendance représente généralement le but premier de la

phase de réadaptation. Comme mentionné précédemment, les limitations post-AVC se manifestent fréquemment par des difficultés dans les activités de la vie quotidienne et domestique. Six mois après l'évènement, 39 % des survivants rapportent des difficultés dans leurs activités de la vie quotidienne et domestique (Mayo et al., 2002), et plus de 30 % éprouvent des restrictions importantes même quatre ans après l'évènement (Gadidi et al., 2011). Il existe de fortes évidences que la réadaptation physique en période subaiguë après un AVC est associée à une amélioration des capacités fonctionnelles (Teasell et al., 2009). L'objectif est alors de recréer des mouvements répétés reflétant le quotidien de l'individu. On fait référence ici à la récupération motrice incluant l'équilibre, la mobilité, la coordination, la force musculaire et la fonctionnalité des membres supérieurs et inférieurs ainsi que la fonction locomotrice. L'approche dite « orientée vers la tâche » est à prioriser. L'AHA soutient que cette phase permettrait 1) de renverser les limitations engendrées par l'AVC ou limiter leurs impacts, 2) de maximiser l'indépendance du patient et 3) d'optimiser la réintégration dans la communauté en plus d'améliorer la qualité de vie (Billinger et al., 2014). Cette phase de réadaptation devrait débuter rapidement après l'AVC et être adaptée à la tolérance du patient. Cette phase d'intervention fonctionnelle étant généralement bien intégrée dans le parcours de soins post-AVC dans la phase de réadaptation, nous nous intéresserons principalement à la suite des recommandations.

Dans un deuxième temps, bien que souvent oubliée, la prévention secondaire d'autres événements cardiovasculaires devrait aussi représenter une priorité d'intervention pour les cliniciens. L'activité physique est particulièrement importante pour cet aspect. Ainsi l'activité physique régulière de type aérobie chez les survivants d'AVC ou d'ICT permet d'améliorer les facteurs de risque cardiovasculaire comme la capacité cardiorespiratoire et certains facteurs de risque cardiovasculaire traditionnels (Billinger et al., 2012). D'ailleurs, l'activité physique fait également partie des lignes directrices dans la prise en charge de plusieurs facteurs de risque cardiovasculaire notamment les dyslipidémies (Pearson et al., 2021), le diabète (Diabète Canada, 2018) et l'hypertension artérielle (Hypertension Canada, 2020). L'AHA soutient que l'activité physique de type aérobie serait particulièrement importante en prévention des complications liées aux récurrences d'AVC ou d'autres maladies cardiovasculaires (Billinger et al., 2014). Une importante étude métaépidémiologique s'est intéressée à la comparaison entre l'efficacité

de la pharmacothérapie et de l'activité physique sur la mortalité prématurée à la suite de maladies cardiométaboliques (maladie coronarienne, AVC, insuffisance cardiaque et diabète) (Naci et Ioannidis, 2015). Malgré le peu de données recensées, l'exercice s'est révélé plus efficace sur la réduction de la mortalité prématurée post-AVC que le traitement pharmacologique seul (anticoagulants et antiplaquettaires). Ainsi, il semble bien reconnu dans la littérature que l'activité physique de type aérobie représente un élément clé dans la réadaptation post-AVC et l'optimisation de la qualité de vie à long terme. En fait, l'activité physique devrait être intégrée à une approche combinée en prévention secondaire. Une approche qui devrait également inclure une amélioration de l'apport alimentaire ainsi qu'une optimisation du traitement pharmacologique. Il est estimé qu'une combinaison des cinq stratégies suivantes: saine alimentation, activité physique, médication antihypertensive, aspirine et statine permettrait de réduire le risque relatif de récurrences de 80 % après un AVC ischémique ou une ICT. Les auteurs concluent qu'en prévention secondaire, quatre événements sur cinq pourraient être évités grâce à une approche globale et multifactorielle (Hackam et Spence, 2007).

Cette section se base principalement sur les recommandations de l'AHA « Physical activity and exercise recommendations for strokes survivors » qui font état des dernières lignes directrices et qui constituent un guide de pratique clinique complet pour encadrer les survivants d'AVC (Billinger et al., 2014). En se référant au continuum de l'AVC, l'activité physique de type aérobie devrait débuter progressivement durant la phase de réadaptation (si applicable) et se poursuivre lors du retour dans la communauté. On comprend alors qu'il s'agit d'un objectif qui s'inscrit davantage dans la phase chronique de la maladie et qui doit perdurer dans le temps. D'ailleurs, il est à noter que des adaptations seraient possibles même plusieurs années après l'AVC (Smith et al., 2012). L'objectif ultime est que le patient maintienne un mode de vie actif à long terme. L'adhésion à un mode de vie actif de façon régulière représentant un défi complexe de changement de comportement, il est recommandé de faire un suivi régulier avec les patients. Toutefois, la fréquence et la modalité idéales de ces suivis ne semblent pas encore bien déterminées. Dans la prescription des entraînements de type aérobie, il est nécessaire de prendre en considération la tolérance à l'effort du patient, son environnement, son soutien social, ses préférences ainsi que ses limitations ou restrictions spécifiques. Lorsque possible, il est recommandé

de débiter par un test d'effort limité par les symptômes avant le début du programme. Les paramètres principaux de la prescription d'activité physique comprennent la fréquence, l'intensité, le temps et le type d'exercice faisant souvent référence au principe FITT (ACSM, 2019). Le principe FITT représente la dose nécessaire d'activité physique pour améliorer la santé; un peu à la manière d'une prescription pharmacologique. La recommandation au niveau de la fréquence d'exercice est d'au moins trois fois par semaine avec une durée de 20 à 60 minutes par session, selon la tolérance du patient. Pour plusieurs patients, il peut être recommandé de fractionner ce temps d'effort par périodes de 10 à 15 minutes pour une meilleure tolérance, plutôt qu'une seule longue séance. En ce qui concerne l'intensité, la zone moyenne est généralement recommandée c'est-à-dire 40 % à 70 % de la fréquence cardiaque de réserve, 55 % à 80 % de la fréquence cardiaque maximale ou encore un score de 11 à 14 sur une échelle de perception de l'effort de Borg. D'un point de vue sécuritaire, il est recommandé de maintenir une fréquence cardiaque d'au moins 10 battements par minutes (bpm) sous le seuil ischémique ou angineux. Le type d'activité comprend toutes les activités utilisant les grandes masses musculaires comme la marche, l'ergocycle ou l'ergomètre manuel. L'utilisation du tapis roulant, lorsque possible, représente une option de choix puisqu'elle requiert les habiletés de marche qui sont nécessaires au quotidien du patient, permet un appui des membres supérieurs au besoin, en plus de solliciter l'équilibre. Cependant, les perturbations de l'équilibre et de la mobilité, en plus de l'hémiplégie chez certains survivants d'AVC, pourraient limiter l'utilisation de cet ergomètre.

1.2.2 Portrait de la situation

Au Québec, de façon générale, la phase de réintégration et de maintien dans la communauté n'est peu ou pas du tout encadrée (Richards, 2013). Selon ce rapport du comité d'experts sur l'offre de service de réadaptation post-AVC, la tenue de groupes de discussions avec des survivants d'AVC et leurs proches a fait émerger le fait que les patients se sentent « laisser à eux-mêmes devant un défi qui dépasse de loin leur capacité de résilience ». Ainsi, lors de son congé de la phase de réadaptation, le patient n'est pas

guidé dans sa prise en charge de sa santé en lien avec la prévention secondaire. De plus, on ne lui offre pas la possibilité de participer à des programmes pour aider au maintien de ses acquis ni de soutien aux aidants naturels qui l'accompagnent. Le rapport explique que le système de santé cible davantage les phases hyperaiguë et aiguës post-AVC entraînant ainsi un manque de fonds pour les activités communautaires (Richards, 2013).

Des études observationnelles ont répertorié une forte présence de temps sédentaires durant la réadaptation post-AVC. Durant cette période, il semble que les patients consacrent 76 % de leur temps (entre 8 heures et 17 heures) en position couchée ou assise (Bernhardt et al., 2008). Tiegues et al. (2015) ont pour leur part enregistré une moyenne de 81 % du temps (19,9 heures) consacré à des activités sédentaires dans la première année suivant l'AVC. Les auteurs soulignent que ce résultat est plus élevé que des personnes en santé du même âge (environ 17 heures par jour). Si on s'attarde principalement à l'activité physique dans la phase chronique de la maladie, on remarque que même trois ans après l'événement, les patients sont largement inactifs physiquement au quotidien (Kunkel et al., 2015). En moyenne, les survivants d'AVC feraient 4078 pas par jour et le temps moyen consacré à des activités sédentaires représenterait 78 % du temps d'éveil (Fini et al., 2017). De plus, il semble que l'adhésion aux recommandations d'activité physique tend à diminuer plus le temps passe après l'AVC (Fini et al., 2021).

La participation à des activités physiques est très complexe et multifactorielle. Elle inclut des déterminants personnels, sociaux et environnementaux. Ainsi, les raisons expliquant cette marge entre les recommandations d'activité physique et la pratique réelle sont, entre autres, liées au manque de ressources, de programme d'exercice et d'accès à un professionnel de la santé pour encadrer les patients (Banks et al., 2012). Dans une revue de la littérature, Nicholson et al. (2012) rapportent les barrières communes à l'activité physique chez les survivants d'AVC étaient la motivation, les facteurs environnementaux (transport, accès et coût des programmes d'exercice), limitations physiques ainsi que les craintes de santé (Nicholson et al., 2013). À l'inverse, les éléments motivateurs les plus rapportés par ces auteurs étaient le soutien social et le besoin d'être capable d'accomplir les tâches du quotidien.

1.2.3 Problématiques et objectifs de recherche

Comme présenté dans ce chapitre, les survivants d'AVC vivent avec des limitations importantes, sont très déconditionnés physiquement et présentent des facteurs de risque cardiovasculaire qui nuisent à leur état de santé et à leur qualité de vie, en plus d'augmenter les risques de récives et de complications. L'activité physique semble représenter un élément indispensable dans un objectif de prévention secondaire de la maladie. Malheureusement, les patients demeurent très sédentaires dans la phase chronique de la maladie et il existe actuellement très peu de ressources pour les accompagner dans ce cheminement lors de leur réintégration et maintien dans la communauté.

Les lignes directrices de l'AHA sur la pratique d'activité physique post-AVC mettent l'emphase sur l'utilisation de l'exercice aérobie pour améliorer le profil cardiovasculaire des patients (Billinger et al., 2014). Par ailleurs, les recommandations actuelles demeurent assez conservatrices en ce qui a trait à l'intensité de l'effort et elles se basent sur des niveaux d'évidences modérés (MacKay-Lyons et al., 2019). De plus, en s'attardant aux effets de l'entraînement à intensité moyenne sur les facteurs de risque cardiovasculaire traditionnels post-AVC, on remarque que la littérature est inconsistante sur le sujet. En effet, alors que certains auteurs ont observé des améliorations sur la sensibilité à l'insuline (Ivey et al., 2007), d'autres n'ont enregistré aucun effet sur le profil lipidique (Lennon et al., 2008); tandis que les effets sur la fréquence cardiaque et la pression artérielle de repos semblent plutôt mitigés (Katz-Leurer et al., 2006; Potempa et al., 1995; Rimmer et al., 2009). D'autre part, nous assistons à une émergence de la littérature sur l'utilisation de la méthode HIIT. Cette approche permet de maximiser le temps passé à haute intensité en l'alternant avec des périodes de récupération (passives ou de faible intensité). Tout d'abord utilisé chez les sportifs, puis avec les adultes en santé, on l'utilise maintenant, de plus en plus, avec des populations symptomatiques (Aamot et al., 2015; Adams et al., 2015; Boyne et al., 2013). En sollicitant des intensités d'effort plus élevées, il serait possible de créer une plus grande stimulation physiologique et d'augmenter les bénéfices potentiels de l'activité physique (Buchheit et Laursen, 2013). À ce jour, il existe encore peu de littérature sur l'utilisation de la méthode HIIT chez les

survivants d'AVC. Certaines études préliminaires démontrent des résultats prometteurs (Carl et al., 2017; Crozier et al., 2018), mais la supériorité de cette méthode et que les paramètres optimaux ne semblent pas bien décrits. La méthode HIIT sera décrite plus en détail dans le chapitre 2 portant sur les assises théoriques. Considérant les effets de la méthode HIIT sur d'autres populations ainsi que les quelques études disponibles post-AVC, il apparaît raisonnable de penser que ce type d'entraînement pourrait engendrer des bénéfices sur les facteurs de risque cardiovasculaire chez les survivants d'AVC. Par ailleurs, il est important de considérer que l'utilisation de l'activité physique à intensité élevée doit être supervisée cliniquement lorsque pratiquée par des populations à risque (MacKay-Lyons et al., 2019). Ainsi, toujours dans un objectif de développer une recherche clinique, la combinaison du HIIT – pour la forte stimulation physiologique – et du MICT – pour le potentiel de réalisation à domicile – semble être une option réaliste.

D'autre part, dans le développement d'un nouveau protocole d'exercice, il apparaît essentiel de s'intéresser au concept d'acceptabilité. En effet, pour qu'une intervention soit efficace à long terme, il est primordial que celle-ci soit bien acceptée par les participants. En consultant la littérature sur le sujet, on comprend qu'il existe une multitude de définitions qui varient selon les auteurs. Sidani et al. (2009) proposent que l'acceptabilité dépende de l'attitude des patients à l'égard des options de traitement et de leur jugement sur l'acceptabilité perçue avant de participer à une intervention. Les facteurs qui influencent l'acceptabilité perçue par les patients comprennent "l'adéquation de l'intervention au problème clinique, son adaptation au style de vie individuel, sa commodité et son efficacité dans la gestion du problème clinique" (Sidani et al., 2009). Sekhon et al. (2017) ont proposé un modèle d'un cadre théorique de l'acceptabilité qui peut être utilisé pour guider l'évaluation de l'acceptabilité du point de vue des prestataires et des bénéficiaires de l'intervention, prospectivement et rétrospectivement. Ces auteurs suggèrent que l'acceptabilité soit une construction à multiples facettes, représentée par sept composantes: l'attitude affective, la charge, l'efficacité perçue, l'éthique, la cohérence de l'intervention, les coûts d'opportunité et l'auto-efficacité (Sekhon et al., 2017).

À la lumière de ce qui précède, l'objectif général de cette thèse doctorale était de développer et d'évaluer un programme d'exercice aérobie incluant la méthode HIIT en

prévention secondaire dans la phase chronique de l'AVC ischémique et de l'ICT. Pour arriver à développer cette intervention complexe, nous nous sommes référés au cadre théorique du MRC présenté à la figure 8 (Skivington et al., 2021). Une intervention est définie comme complexe lorsqu'elle implique plusieurs composantes; l'éventail de comportements visés, l'expertise et les composantes requises par ceux qui fournissent et qui reçoivent l'intervention, le nombre de groupes et d'environnements ciblés ainsi que le niveau de flexibilité autorisé (Skivington et al., 2021). Le développement d'un tel type d'intervention va au-delà de la simple question de l'efficacité d'un traitement. En effet, il importe de s'assurer de la faisabilité et de l'acceptabilité de l'intervention pour améliorer, par le fait même, les perspectives cliniques.

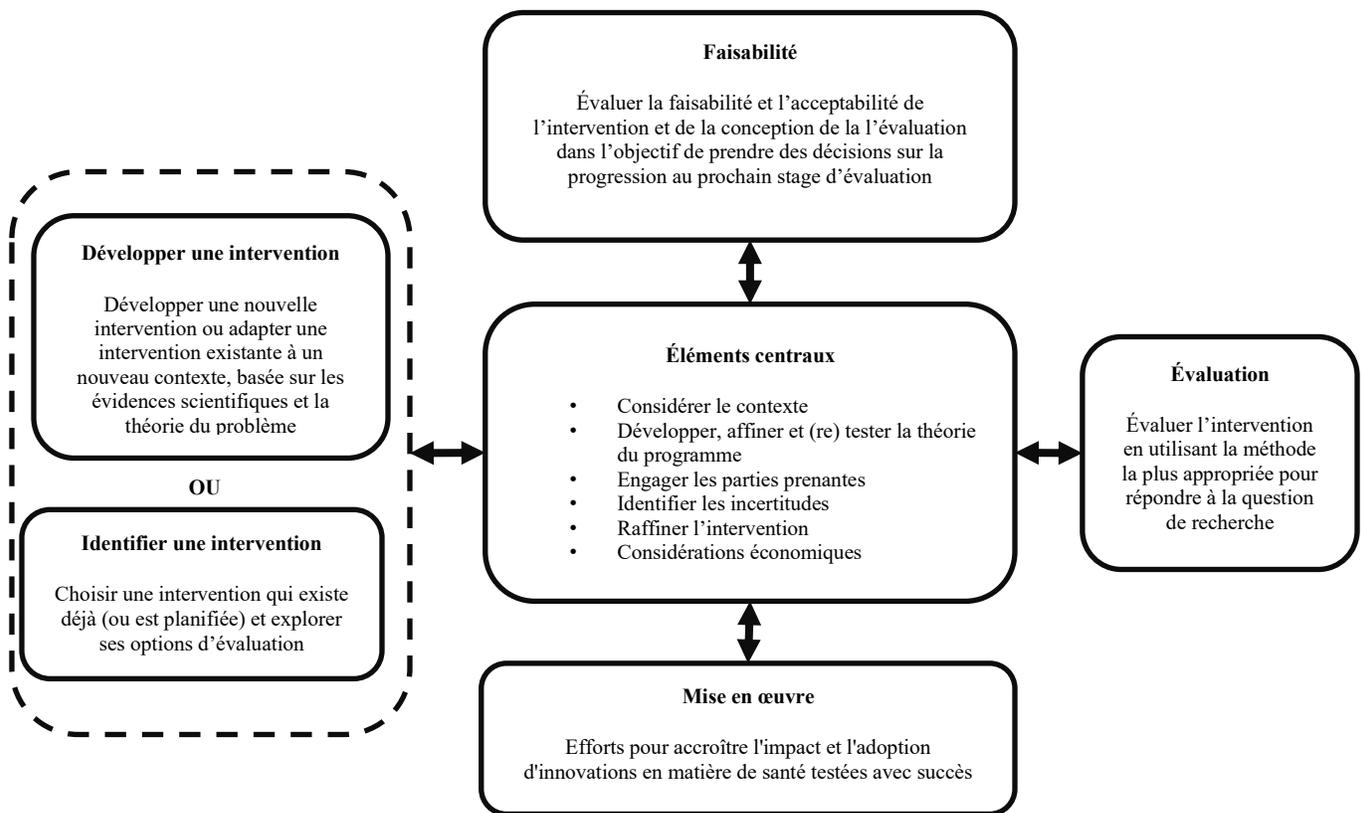


Figure 8. Cadre théorique pour développer et évaluer une intervention complexe.

Adaptée de Skivington et al. (2021)

Ce cadre théorique est donc au cœur des processus décisionnels qui ont orienté notre recherche. Quatre objectifs spécifiques sont donc émergés de cette réflexion sur le développement et l'évaluation programme d'exercice incluant le HIIT combiné au MICT.

Objectifs spécifiques

1. Évaluer la faisabilité et l'acceptabilité d'implanter un programme combiné de HIIT et de MICT avec un suivi régulier chez des patients en phase chronique de la maladie vivant en communauté en considérant le contexte.
2. Évaluer les effets d'un programme combinant HIIT et MICT sur la capacité cardiorespiratoire, les facteurs de risque cardiovasculaire, les fonctions cognitives, les marqueurs d'anxiété et dépression comparativement à un programme d'exercice avec MICT seulement et un groupe contrôle.
3. Évaluer l'effet des entraînements HIIT et MICT sur la réponse aiguë de la pression artérielle dans les heures suivant l'exercice.
4. Évaluer l'acceptabilité d'un programme d'entraînement combinant HIIT et MICT chez des patients ayant vécu un AVC ischémique ou une ICT.

Ces quatre objectifs spécifiques sont à la base de la réflexion menant à la réalisation de ces travaux de recherche. Pour y répondre et pour être en mesure de bâtir la méthodologie de recherche, les assises théoriques et la recension des écrits seront présentées dans le prochain chapitre. Ces objectifs seront par la suite reformulés pour établir les questions de recherche de chacun de nos articles et des hypothèses seront rédigées en tenant compte des concepts théoriques présentés dans le prochain chapitre.

CHAPITRE II – ASSISES THÉORIQUES ET RECENSION DES ÉCRITS

2.1 Prévention secondaire de l'AVC par l'activité physique

La littérature soutient que l'activité physique pratiquée de façon régulière procure un effet protecteur sur le système cardiovasculaire (Archer et Blair, 2011; Kodama et al., 2013; Oguma et Shinoda-Tagawa, 2004; Pols et al., 1997; Wannamethee et Shaper, 2002). C'est en 1953 que le professeur Morris a introduit ce concept en comparant le taux de mortalité cardiovasculaire d'individus ayant un travail sédentaire à ceux ayant un travail physiquement actif (Morris et al., 1953). Il a conclu qu'un travail actif permettait de réduire l'incidence d'infarctus du myocarde et repoussait la mortalité puisque les hommes actifs avaient près de 50 % moins de risque de maladies cardiovasculaires comparativement aux conducteurs d'autobus sédentaires. Malgré le fait que plusieurs facteurs confondants comme la pression artérielle, le cholestérol sanguin ou le poids corporel n'aient pas été contrôlés dans cette étude, les résultats ont stimulé un intérêt mondial pour le sujet. Plus de 60 ans plus tard, les preuves sur l'effet cardioprotecteur de l'activité physique sont irrévocables. Il est aujourd'hui suggéré qu'un minimum de 150 minutes d'activité physique d'intensité moyenne à élevée par semaine permettrait de retarder l'apparition ou la progression des maladies cardiovasculaires en ayant un effet bénéfique non seulement sur l'adiposité, mais aussi sur la sensibilité à l'insuline, le contrôle glycémique, l'incidence de diabète de type II, la pression artérielle, les fonctions endothéliales et le profil inflammatoire (ACSM, 2019).

En prévention primaire, l'effet protecteur de l'activité physique est d'ailleurs bien décrit sur l'AVC. Les résultats combinés de la *Nurse's Health Study* et de la *Health Professionals Follow-up Study* démontrent que des femmes adultes avec des habitudes de vie saines incluant la pratique régulière d'activité physique ont 80 % moins de risque de subir un AVC et ce taux est de 70 % pour les hommes (Chiuve et al., 2008). Lorsqu'on s'intéresse seulement à la composante « activité physique », plusieurs études ont rapporté

des diminutions allant de 17 % à 25 % de risque d'AVC chez les gens actifs comparativement aux personnes inactives (Li et Siegrist, 2012; Wendel-Vos et al., 2004). Les mécanismes sous-jacents cet effet protecteur contre l'AVC semblent en bonne partie expliqués par l'effet de l'activité physique régulière sur les facteurs de risque de l'AVC (Howard et McDonnell, 2015). En effet, lorsqu'on considère les 10 principaux facteurs de risque de l'AVC qui sont responsable de 90 % du risque d'AVC selon l'étude INTERSTROKE (l'hypertension artérielle, le tabagisme, l'obésité abdominale, le diabète, la mauvaise alimentation, la sédentarité, les dyslipidémies, l'alcool, le stress et les troubles cardiaques) (O'Donnell et al., 2010), on remarque que l'activité physique régulière à elle seule peut avoir un impact positif sur au moins six de ces facteurs : hypertension, poids corporel, dyslipidémies, stress et troubles cardiaques.

En ce qui a trait à la prévention secondaire de la maladie, le lien semble un peu moins évident à démontrer. La très forte relation dose-réponse avec l'apparition de la maladie (Li et Siegrist, 2012) laisse croire que des bienfaits seraient aussi possibles après l'évènement. Dans une étude de Faulkner et al. (2017), des patients ayant vécu un AVC ischémique léger ou une ICT ont été suivis 3,5 ans après avoir participé à un programme d'exercice et d'éducation ou aucune intervention (groupe contrôle) (Faulkner et al., 2017). Lors du suivi à long terme, les patients du groupe intervention présentaient moins de récurrences d'AVC ou ICT que le groupe contrôle (3 vs. 13 événements). De plus, il y avait moins de mortalité prématurée et d'admission à l'hôpital dans le groupe intervention. Un autre fait intéressant était que les coûts engendrés par une hospitalisation étaient inférieurs dans le groupe intervention. Cette étude démontre bien les effets bénéfiques à long terme d'une prise en charge en prévention secondaire. Les explications proposées font référence à l'amélioration de la capacité cardiorespiratoire, de la pression artérielle, du profil lipidique, de la régulation du métabolisme du glucose, en plus des effets psychologiques suggérant ainsi les mêmes mécanismes d'action qu'en prévention primaire. Considérant que 20 % à 40 % des AVC sévères sont précédés par un avertissement sous forme d'AVC mineur ou d'ICT (Wardlaw et al., 2014), la prévention secondaire devrait être une priorité d'intervention à la suite d'un tel événement. Comme la prévention secondaire de l'AVC par l'activité physique semble être médiée par l'effet sur les facteurs de risque

cardiovasculaire, il est nécessaire que s'intéresser aux principaux facteurs plus en détail. Ces derniers seront présentés dans la prochaine section.

2.1.1 Facteurs de risque cardiovasculaire

2.1.1.1 Capacité cardiorespiratoire

La capacité cardiorespiratoire est bien reconnue dans la littérature comme un des meilleurs déterminants de la santé. À elle seule, cette variable permet de démontrer l'efficacité de plusieurs systèmes à utiliser et transporter l'oxygène tels les poumons, le cœur, les vaisseaux sanguins et les muscles. Chez les populations cliniques, il est estimé qu'une augmentation de seulement un équivalent métabolique (MET) peut réduire la mortalité cardiovasculaire et de toutes causes de 13 % à 15 % (Kaminsky et al., 2013). De plus ces bénéfices seraient plus marqués chez les gens présentant une faible capacité cardiorespiratoire (Kaminsky et al., 2013). Après un AVC, une faible capacité cardiorespiratoire contribue à l'augmentation de la morbidité et la mortalité prématurée en plus de réduire la qualité de vie (Billinger et al., 2014). Tel que rapporté précédemment, les victimes d'AVC ont une capacité cardiorespiratoire deux fois inférieure à celle de sujets contrôles du même âge (Smith et al., 2012). Ainsi, même une amélioration très modeste pourrait avoir un impact majeur sur la santé de cette population.

Il a été démontré que l'activité physique permettait une amélioration significative de la capacité cardiorespiratoire, et ce, même chez les survivants d'AVC (Marsden et al., 2013; Pang et al., 2013; Smith et al., 2012). Ces effets seraient possibles grâce à un entraînement aérobie (40 % à 80 % de la fréquence cardiaque de réserve) de 20 à 40 minutes réalisé trois à cinq fois par semaine. Jin et son équipe ont enregistré une augmentation de 28 % de la capacité cardiorespiratoire après un programme d'entraînement sur ergocycle de 12 semaines chez des patients post- AVC (Jin et al., 2013). Les participants du groupe expérimental ont vu leur capacité cardiorespiratoire moyenne passer de 13,2 ml d'O₂/kg/min à 16,8 ml d'O₂/kg/min atteignant presque le seuil d'indépendance. Étant donné la très faible capacité cardiorespiratoire de cette population, même une petite amélioration peut entraîner d'importants bénéfices fonctionnels (Stoller

et al., 2012). D'ailleurs une revue de la littérature regroupant 28 études a permis de conclure que même une dose très modeste d'activité physique (aucune ne rencontrait les recommandations minimales de 30 minutes par jour) permettait d'améliorer significativement la condition cardiorespiratoire de 10 % à 15 % en moyenne (Marsden et al., 2013). Les chercheurs soulignent que le facteur clé est d'incorporer des activités de type aérobie, mais que les modalités d'entraînement exactes semblent moins importantes. De plus, la mesure de la capacité cardiorespiratoire semble être un prédicteur important du pronostic post-AVC (Kim, Han, Joo, Kim et Yoon, 2014). Ces adaptations post-AVC seraient possibles autant en période subaiguë qu'en phase chronique (plus de 6 mois après l'événement) (Billinger, Coughenour, et al., 2012). En plus d'améliorer la capacité cardiorespiratoire, l'entraînement aérobie permettrait de diminuer la demande en oxygène pour un même effort (Macko et al., 2001). Lentz et al. (2012) soutiennent que ces changements physiologiques permettraient d'améliorer la santé cardiovasculaire des patients.

Par ailleurs, la capacité cardiorespiratoire a été identifiée comme étant un indicateur important et indépendant de capacité fonctionnelle et de fragilité (Kaminsky et al., 2013). Il s'agit d'un point important puisque la capacité fonctionnelle et la fragilité sont directement reliées à la qualité de vie d'une personne et ont une implication majeure dans le maintien de l'indépendance. Des limitations fonctionnelles se définissent par une incapacité des tâches quotidiennes normales (Huang et al., 1998). Ainsi, des difficultés à la marche, à la montée d'escaliers ou à l'entretien ménager peuvent être des marqueurs de déclin fonctionnel. Considérant les limitations fonctionnelles vécues par les survivants d'AVC présentées au chapitre un, l'entraînement aérobie dans le but d'améliorer la fonctionnalité est aussi d'une grande importance pour ces patients.

2.1.1.2 Sédentarité

Tel que mentionné, la pratique d'activité physique fait partie intégrante des déterminants de la santé cardiovasculaire. Au-delà de ce paramètre, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à la contribution des comportements sédentaires sur la santé

des individus. Il est important de différencier ces deux composantes puisque certaines personnes peuvent être très actives et rencontrer les recommandations quotidiennes en matière d'activité physique en plus d'être à la fois très sédentaires le reste de la journée. Le temps sédentaire est défini comme une activité entraînant une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 METs (Pate et al., 2008). Ceci inclut la plupart des activités en position couchée ou assise comme regarder la télévision ou utiliser l'ordinateur. Il a été démontré qu'une grande présence de ces comportements est associée à un faible score de santé cardiovasculaire idéale (Crichton et Alkerwi, 2014) ainsi qu'à un haut niveau de mortalité prématurée (Warren et al., 2010). Ainsi, les comportements sédentaires ont un effet néfaste sur la santé, et ce, indépendamment du niveau d'activité physique (Owen et al., 2010; Wilmot et al., 2012). Ces dommages sur la santé métabolique sont d'autant plus présents lorsque les périodes sont prolongées sans interruption (Healy et al., 2008).

Le cercle vicieux du déconditionnement post-AVC limite la participation à la réadaptation, contribue à augmenter le risque d'évènements cardiaques à long terme et entraîne la sédentarisation de cette population. Les changements biologiques post-AVC entraînent aussi une augmentation de la demande énergétique à l'effort (coût en oxygène de la marche deux fois plus élevé) qui contribuerait à ce mode de vie sédentaire (Billinger et al., 2014). Askim et al. (2014) ont rapporté que le temps passé au lit après l'évènement était associé à une faible capacité fonctionnelle après trois mois. Une récente étude longitudinale a permis de quantifier le niveau d'activité physique à l'hôpital puis, un, deux et trois ans post-AVC (Kunkel et al., 2015). Entre l'hospitalisation et la troisième année, une augmentation du temps en position debout et de marche passant de 4 % à 18 % et de 2 % à 9 % respectivement a été observée. La majeure partie de cette amélioration est notée dans la première année et les gains deviennent minimales par la suite. Ces résultats laissent croire que l'encadrement après la première année post-AVC semble être insuffisant pour aider les patients à réduire leur temps sédentaire au quotidien.

2.1.1.3 Pression artérielle

Au Canada, près d'une personne sur quatre (24 % des hommes et 23 % des femmes) souffre d'hypertension artérielle (Statistique Canada, 2019), et parmi celles-ci, une sur six n'est pas consciente de son problème de santé (Wilkins et al., 2010). En prévention primaire, la pression artérielle est le facteur de risque d'AVC le plus important à contrôler puisque plus de la moitié des événements lui sont attribuables (Rodgers et al., 2000). Une forte relation existe entre la pression artérielle et le risque d'AVC. Chaque augmentation de 20 mmHg de la pression artérielle systolique ou de 10 mmHg de la pression artérielle diastolique double le risque de mortalité par AVC (Lewington et al., 2002). Cette importante méta-analyse regroupant 61 études et un total de plus d'un million de sujets avec un suivi moyen de 12 ans a aussi mis en évidence que chaque réduction de 2 mmHg de la pression artérielle systolique était associée à une baisse de 7 % de la mortalité par maladie cardiovasculaire ischémique et de 10 % de la mortalité par AVC. Ainsi, une diminution relativement faible de la pression artérielle est associée à une importante réduction d'évènements cardiovasculaires. Il est estimé que si l'on éliminait l'hypertension artérielle, il y aurait 35 % moins de cas d'AVC (O'Donnell et al., 2010). Basé sur les données de 30 études, l'hypertension artérielle serait le facteur de risque présentant la plus grande prévalence chez les survivants d'AVC et toucherait 64 % de ces patients (Feigin et al., 2017). D'ailleurs, la présence d'une pression artérielle élevée augmenterait le risque de récurrences de la maladie (Boan et al., 2014). En ce sens, il existe des évidences sur le fait que la réduction de la mortalité post-AVC des dernières années soit due en bonne partie au meilleur contrôle de l'hypertension artérielle (Lackland et al., 2014). La pression artérielle est un facteur de risque modifiable clé dans la prévention d'un second AVC. En effet, il existe de fortes évidences sur le fait que la réduction de la pression artérielle réduit le risque d'un second événement pour cette population (Teasell et al., 2009). Chez les victimes d'AVC, il est recommandé de maintenir une pression artérielle de repos inférieure à 140/90 (Lindsay, 2010).

Parmi les approches alternatives à la médication pour diminuer la pression artérielle, l'activité physique semble être une méthode efficace tant par son effet aigu que chronique (Hamer, 2006). Chez l'adulte, les études démontrent que l'entraînement aérobie est

efficace pour réduire la pression artérielle systolique, et ce, particulièrement chez ceux qui sont hypertendus (plus de 8 mmHg de réduction) (Cornelissen et Smart, 2013). L'effet hypotenseur de l'activité physique serait dû à une série de mécanismes complexes entraînant une diminution du débit cardiaque, de l'activité nerveuse sympathique, du taux de noradrénaline plasmatique et de la résistance périphérique totale (Cornelissen et Fagard, 2005; Seals et Reiling, 1991), ainsi qu'une amélioration des fonctions endothéliales (DeSouza et al., 2000).

Il existe de plus en plus de données dans la littérature permettant de croire que ces mécanismes d'adaptation à l'exercice seraient aussi possibles chez les survivants d'AVC (Billinger et al., 2012; Lentz et al., 2012; Rimmer et al., 2009). Billinger et al. (2012) ont démontré qu'un programme d'entraînement aérobic de huit semaines était suffisant pour obtenir une amélioration significative de la fonction vasculaire et une diminution de la pression artérielle systolique de repos chez des sujets victimes d'AVC en période subaiguë. Certains auteurs ont aussi observé une diminution de la pression artérielle diastolique (Rimmer et al., 2009) alors que d'autres n'ont observé aucun changement de ce paramètre (Lennon et al., 2008). À l'effort sous-maximal, l'équipe de Potempa a noté une pression artérielle systolique plus basse à la suite d'un entraînement de 10 semaines (Potempa et al., 1995). En réponse aiguë à l'exercice, il a été démontré dans une méta-analyse regroupant 65 études qu'une réduction moyenne de 4 mmHg de la pression artérielle systolique et de 3 mmHg de la pression artérielle diastolique était visible dans les heures suivant l'activité physique (Carpio-Rivera et al., 2016). Les auteurs rapportent que l'effet serait même possible chez les gens médicamenteusement traités contre l'hypertension artérielle. Chez la population post-AVC, Lai et al. (2015) soutiennent que la marche sur tapis roulant (à 70 % de la VO_2 max) devrait être considérée par les cliniciens comme un moyen non pharmaceutique pour aider à réguler la pression artérielle (Lai et al., 2015). Certains auteurs ont également suggéré que l'exercice à intensité élevée pourrait engendrer une réponse hypotensive plus grande que l'intensité moyenne (Perrier-Melo et al., 2020). Toutefois, cet effet aigu hypotenseur ne semble pas avoir été bien démontré chez les victimes d'AVC.

2.1.1.4 Bilan lipidique et glycémique

Le contrôle du diabète de type II et des dyslipidémies semble aussi contribuer au déclin de la mortalité chez les victimes d'AVC (Lackland et al., 2014). Il est d'ailleurs connu que l'activité physique peut jouer un rôle important dans la prévention et le traitement de ces pathologies. La littérature tend à démontrer que ces adaptations à l'exercice seraient aussi possibles à la suite d'un AVC. Un entraînement aérobic sur tapis roulant permet de réduire la résistance à l'insuline et agit en prévention du diabète de type II post-AVC (Ivey et al., 2007). Après une période d'entraînement de six mois, les participants présentaient une diminution de la résistance à l'insuline de 23 % comparativement au groupe contrôle. En plus de l'amélioration du métabolisme du glucose, Prior et al. (2011) ont noté une diminution du taux de cholestérol total et de la circonférence de la taille après un programme de 12 mois chez des survivants d'AVC. Des chercheurs ont aussi noté des améliorations au niveau de la fonction vasculaire par la mesure de l'index tibio-huméral (Takatori et al., 2012). Les mécanismes biologiques suggérés derrière ces adaptations vasculaires à l'entraînement concernent l'atténuation de la vasoconstriction causée par l'angiotensine II et une amélioration de la biodisponibilité de l'oxyde nitrique (NO), ce qui améliore les fonctions endothéliales (Rush et Aultman, 2008). Dans le même ordre d'idée, une méta-analyse de D'Isabella et al. (2017) regroupant 18 études contrôlées randomisées rapporte que l'activité physique avec ou sans autre intervention post-AVC permettrait une amélioration de la glycémie et de l'insuline à jeun en plus d'augmenter le taux de cholestérol HDL (D'Isabella et al., 2017). Encore une fois, les auteurs soulignent que la prescription optimale d'activité physique demeure inconnue et que l'effet à long terme sur l'incidence de nouveaux événements cardiovasculaires serait à vérifier.

2.1.2 Fonctions cognitives

Les troubles des fonctions cognitives touchent deux tiers des survivants d'AVC et il est reconnu que ceux-ci ont des conséquences majeures sur les capacités à effectuer les activités de la vie quotidienne (Hoffmann, 2001) en plus de présenter une forte corrélation

avec de faibles habiletés fonctionnelles (Jokinen et al., 2015). De plus, l'atteinte des capacités cognitives influence négativement la réadaptation post-AVC (Teasell et al., 2009). Étant donné l'importante prévalence de ces troubles et leurs répercussions, il est mentionné qu'un test de dépistage devrait toujours être fait en phase aiguë ainsi qu'en phase de réadaptation (Richards, 2013). Pour ce faire, le rapport du comité d'experts (Richards, 2013) suggère l'utilisation de l'outil *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) qui est conçu pour l'évaluation des déficits cognitifs légers de l'attention, de la concentration, des fonctions exécutives, de la mémoire, du langage, des capacités visuospatiales, des capacités d'abstraction, du calcul et de l'orientation. Ces aspects sont évalués sur une échelle de 30 points. Le test présente une bonne sensibilité (77 %) et une bonne spécificité (83 %) pour détecter les désordres cognitifs légers post-AVC; lesquels sont déterminés par un score de moins de 25 points (Pendlebury et al., 2012). Le test *Mini-Mental State Examination* (MMSE) est aussi fréquemment utilisé pour évaluer ce type de limitation. Toutefois, il est démontré que l'outil MoCA procure une meilleure sensibilité pour détecter les désordres d'ordre cognitif dans une population post-AVC ou ICT (Dong et al., 2010).

La prévalence des démences post-AVC varie selon la population étudiée allant de 7 % (premier AVC excluant les démences pré-événement) à 41 % (récidive d'AVC et inclusion des démences pré-événement) (Pendlebury et Rothwell, 2009a). La littérature semble incertaine sur le fait que l'AVC soit un facteur de risque indépendant du déclin cognitif ou qu'il accélère une condition préexistante (Brainin et al., 2015). En effet, une méta-analyse a démontré que les gens avec de faibles résultats aux tests cognitifs avaient 15 % plus de risque d'AVC (Rostamian et al., 2014). Environ 10 % des patients qui font un premier AVC auraient une démence préexistante, ce qui augmenterait substantiellement le risque d'un second événement (Pendlebury et Rothwell, 2009b). L'étiologie derrière la démence post-AVC semble encore être incertaine dans la littérature. À ce sujet, Jefferson et Thompson ont représenté un modèle théorique exprimant la relation complexe entre la maladie cardiovasculaire et le déclin cognitif (Yaffe, 2013). Ce modèle est présenté à la figure 9.

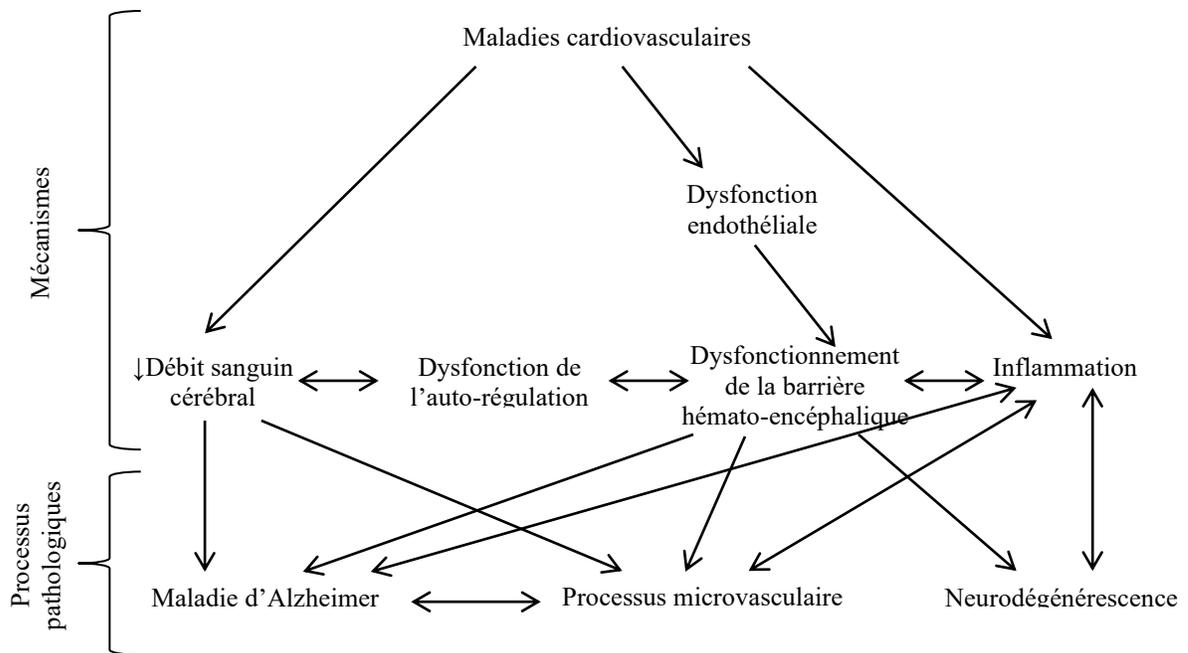


Figure 9. Modèle théorique de l'association entre la maladie cardiovasculaire et le déclin cognitif.

Adaptée de Jefferson et Thompson (2013)

La neuroplasticité est la capacité des neurones à se remodeler et s'adapter. Ainsi le cerveau humain possède l'habileté de se modifier constamment en fonction de l'environnement, des nouvelles informations et des expériences. La neuroplasticité représente un changement au niveau de la structure ou de la fonction des neurones via une adaptation du système nerveux central (SNC) (Warraich et Kleim, 2010). Afin de comprendre ce phénomène, plusieurs études ont été réalisées chez des rats qui ont été entraînés pour traverser des parcours d'obstacles. Comparativement à des rats contrôles, ceux-ci présentent plus de synapses dans le cortex moteur (Kleim, Lussnig, Schwarz, Comery et Greenough, 1996), une expansion de l'arborescence dendritique (Allred et Jones, 2004), une synaptogenèse (Kleim et al., 2004) et une amélioration des réponses synaptiques (Monfils et Teskey, 2004).

Cliniquement, il importe de trouver des stratégies favorisant la réadaptation fonctionnelle des patients et maximisant le processus de neuroplasticité. Puisque la taille de la lésion n'est pas toujours corrélée avec la récupération motrice, il a été suggéré que

d'autres mécanismes pouvaient avoir un rôle à jouer. Il existe de plus en plus d'évidences sur le fait que l'activité physique régulière permette d'améliorer l'apprentissage et la mémoire, diminue le déclin cognitif associé à l'âge et à la maladie, réduit les risques de neurodégénérescence et atténue la dépression (Cotman et Engesser-Cesar, 2002). L'exercice de type aérobie agit sur le fonctionnement cérébral par des mécanismes d'action indirects et directs (Mang et al., 2013) tel que présenté à la figure 10.

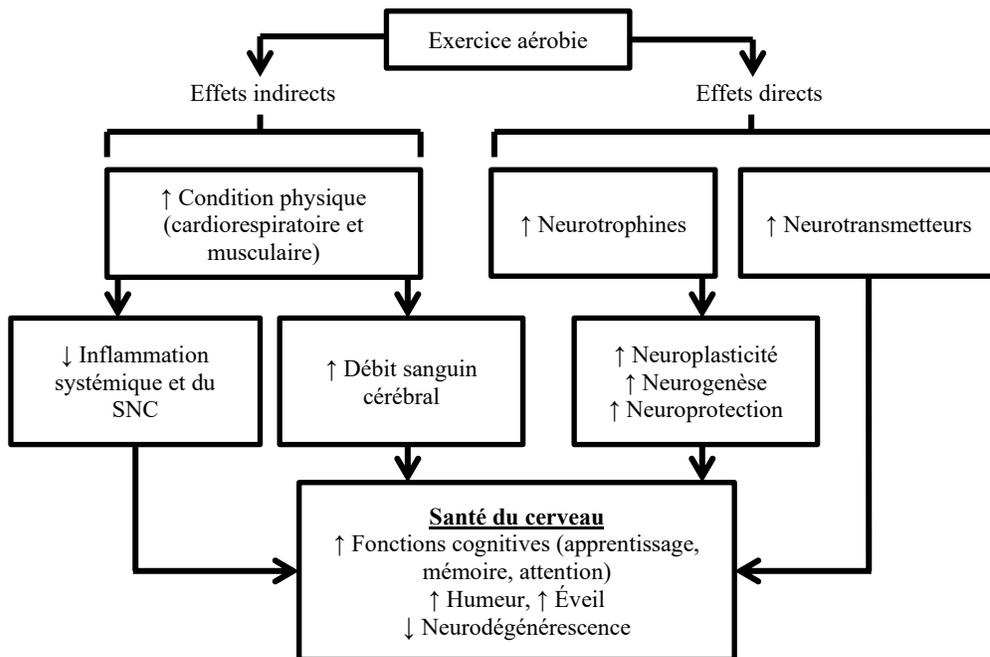


Figure 10. Mécanismes de l'exercice aérobie sur la santé du cerveau.

Adaptée de Mang et al. (2013)

De façon indirecte, l'effet de l'exercice aérobie sur les fonctions cérébrales serait lié à l'amélioration de la condition cardiovasculaire induite par l'entraînement. L'évaluation de la capacité cardiorespiratoire de 349 personnes âgées de plus de 55 ans apparemment en bonne santé a démontré que les gens avec les plus faibles résultats initiaux voyaient leurs capacités cognitives (mMMSE) significativement réduites six ans plus tard (Barnes et al., 2003). Une bonne capacité cardiorespiratoire permettrait donc de limiter le déclin lié à l'âge. Par ailleurs, les études démontrent que des améliorations sont possibles

à tout âge puisqu'un entraînement aérobic d'intensité moyenne de seulement six mois serait suffisant pour induire des augmentations significatives du volume cérébral et du volume de matière grise et blanche chez des participants de 60 à 79 ans sédentaires (Colcombe et al., 2006). Ces améliorations seraient principalement localisées au niveau du cortex préfrontal et temporal, des régions qui présentent généralement le plus de détériorations liées à l'âge et qui affectent le fonctionnement quotidien (fonctions exécutives et mémoire).

Grâce à son action cardioprotectrice, l'activité physique permet d'améliorer les fonctions endothéliales en stimulant la libération de NO, un puissant vasodilatateur. Une faible réactivité vasomotrice cérébrale est liée avec une augmentation du risque de dépression (Tiemeier et al., 2002), de déclin cognitif (Vicenzini et al., 2007) et d'AVC (Markus et Cullinane, 2001). D'ailleurs après un AVC, le débit sanguin cérébral est réduit en raison de la fonction vasomotrice de la région ischémique qui est altérée (Pin-Barre et Laurin, 2015). Par conséquent, restaurer cette fonction est primordial pour fournir un apport adéquat en oxygène et en nutriments et par le fait même améliorer la récupération fonctionnelle. Gertz et al. (2006) ont démontré que des rats participant à un entraînement volontaire post-AVC présentaient une amélioration de la fonction vasculaire via une augmentation de la synthèse de NO (Gertz et al., 2006). Les sujets présentaient également une augmentation de cellules proangiogénèse et du débit sanguin cérébral; résultant aussi en une amélioration des fonctions motrices et une diminution de la lésion. Chez l'humain, un programme d'entraînement aérobic de 12 semaines a augmenté le volume sanguin dans la zone du gyrus dentelé de l'hippocampe (Pereira et al., 2007). Ces changements vasculaires permettent d'augmenter l'apport en nutriments et en oxygène contribuant à la neurogénèse et à la plasticité. Remarquablement, dans la phase aiguë, seulement trois jours d'exercice aérobic permettent de diminuer l'apoptose des cellules endothéliales cérébrales grâce à un effet modeste sur le débit sanguin (Tian et al., 2013). L'impact de l'exercice sur ces fonctions a aussi été évalué dans la phase chronique de l'AVC (Ivey et al., 2011). La réactivité vasomotrice de 38 patients a été mesurée par Doppler plus de six mois après l'événement et après un programme d'entraînement de six mois. Dans le groupe entraîné, une augmentation de la capacité cardiorespiratoire de 19 % était associée à une amélioration des fonctions vasomotrices cérébrales. Les chercheurs soulignent que ce

mécanisme pourrait être impliqué dans la protection de récurrences ou d'autres troubles neurologiques.

Dans les dernières années, le lien entre la santé du cerveau, les fonctions cognitives et l'interaction de différents facteurs centraux et périphériques a été étudié. Spécifiquement, les fonctions cérébrales seraient compromises par la présence de facteurs périphériques incluant l'hypertension artérielle, l'hyperglycémie, la résistance à l'insuline et la dyslipidémie (Yaffe et al., 2007). Ces facteurs de risque sont des composantes du syndrome métabolique qui augmente de façon considérable le risque de maladies cardiovasculaires et de diabète de type II; un phénomène qui est assez bien décrit par la littérature (Potenza et Mechanick, 2009). Il semble que les facteurs les plus reliés aux fonctions cognitives soient l'hypertension et l'hyperglycémie (Yaffe et al., 2007). La caractéristique commune de tous ces facteurs de risque est qu'ils entraînent un état d'inflammation systémique incluant l'inflammation du SNC. Bien que le processus inflammatoire ait un rôle à jouer dans la réponse normale à un agent pathogène, la neuro-inflammation chronique engendre des effets néfastes sur les fonctions neurologiques, la cognition et la structure cérébrale (Perry, 2004). Elle est impliquée, entre autres, dans les dysfonctions de la mémoire, le développement de la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique, la sclérose en plaques et plusieurs maladies neurodégénératives (Glass et al., 2010). Dans une étude regroupant 141 personnes âgées en « bonne santé neurologique », déterminée par le score au *MMSE*, les sujets présentant un niveau sanguin plus élevé de protéine C-réactive, important marqueur d'inflammation, ont obtenu des résultats plus faibles lors d'une évaluation de la mémoire (Bettcher et al., 2012). Parallèlement, l'imagerie a démontré que ceux-ci présentaient un plus petit lobe temporal médian lequel joue un rôle fondamental dans la mémorisation. Ces résultats suggèrent que l'inflammation serait présente avant l'apparition des symptômes cognitifs. Par ailleurs, il est connu que l'activité physique pratiquée de façon régulière améliore la santé cardiovasculaire, le contrôle des lipides, l'utilisation des glucides, la sensibilité à l'insuline et de fait même le niveau d'inflammation systémique, procurant ainsi une protection contre les facteurs du syndrome métabolique (Pedersen, 2006). Ainsi, durant l'exercice, la contraction musculaire stimule la production de cytokines anti-inflammatoires comme l'interleukine-6 (IL-6) qui inhibe la production de cytokines pro-inflammatoires comme le

facteur de nécrose tumoral (TNF) ou l'interleukine-18 (IL-18) (Pedersen, 2006). Cet effet sur la réduction de l'inflammation systémique a donc un impact sur l'inflammation centrale et par le fait même sur la santé cognitive. Après un événement ischémique, une phase d'inflammation se produit dans tout l'organisme et spécialement dans la région de la lésion menant à des dommages microvasculaires (Heiss, 2012). L'accumulation de cytokines pro-inflammatoires limite la production de neurotrophines; qui sont des facteurs essentiels à la survie des neurones et à la neurogenèse (Cotman et al., 2007). Dans une étude chez le rat 24 heures post-AVC, Zhang et al. (2012) ont évalué l'effet d'un programme aérobie de deux semaines sur la récupération fonctionnelle (Zhang et al., 2012). Les rats entraînés ont démontré une réponse inflammatoire beaucoup plus faible que le groupe contrôle qui était sédentaire. Cette atténuation de l'inflammation est associée à une réduction du volume de l'infarctus cérébral et à de meilleures performances fonctionnelles.

L'activité physique joue aussi un rôle direct sur le système nerveux central et sur la neuroplasticité en augmentant la libération de neurotrophines (Ploughman, 2008). Les neurotrophines sont des protéines impliquées dans le développement neuronal. Chacune d'elles régule un type de neurone spécifique. Elles agissent particulièrement durant le développement du cerveau, mais sont aussi impliquées à l'âge adulte dans la protection et la réparation des neurones à la suite de dommages engendrés par le vieillissement ou par un agent pathogène. Ce sont elles qui sont responsables de la plasticité neuronale et des modifications au niveau de la fonction et de la morphologie des neurones en plus de potentialiser la transmission synaptique (Schinder et Poo, 2000). Les paragraphes ci-dessous décrivent les trois principales neurotrophines influencées par la pratique d'activité physique.

Le facteur neurotrophique issu du cerveau (BDNF) est l'un des plus puissants modulateurs de plasticité et il est identifié comme le facteur clé dans l'apprentissage moteur et la réadaptation (Mang et al., 2013). Il contribue significativement à la prolifération et à la survie des neurones en plus d'assurer la plasticité des synapses et des axones en se liant au récepteur tyrosine kinase trkB. Il existe plusieurs données chez l'animal et l'humain supportant que le BDNF soit essentiel au fonctionnement de l'hippocampe, à l'apprentissage et à la modulation de la dépression (Kuipers et Bramham, 2006). Il exerce

son action en facilitant la potentialisation à long terme (LTP). La LTP est une augmentation durable de la force de connexion entre deux neurones lorsqu'ils sont activés à plusieurs reprises en remodelant et augmentant la taille des dendrites. À la suite d'une ischémie cérébrale modérée, l'expression de BDNF/trkB est naturellement augmentée durant les deux premières semaines, mais ce taux semble insuffisant pour optimiser la réadaptation motrice (Kim et al., 2005). Dans les études animales, il est bien documenté que l'exercice augmente le BDNF dans certaines régions cérébrales et la plus grande réponse se produit au niveau de l'hippocampe (Cotman et Berchtold, 2002). D'ailleurs, une détérioration et une atrophie de l'hippocampe sont reconnues comme des facteurs menant à des troubles de la mémoire et au développement de la maladie d'Alzheimer chez la personne âgée (Jack et al., 2010). Ces conséquences du vieillissement peuvent être prévenues et même renversées par l'activité physique régulière. En effet, l'exercice permet d'augmenter la neurogenèse de l'hippocampe et contribue au maintien des fonctions cognitives par l'action du BDNF (van Praag et al., 2005). En ce sens, chez les personnes âgées avec une meilleure capacité cardiorespiratoire, le volume de l'hippocampe est plus grand et est accompagné de meilleures performances lors de tâches de mémoire spatiale (Erickson et al., 2009). Chez le rat, après seulement quelques jours d'exercice, le niveau de BDNF est augmenté dans l'hippocampe et il perdure plusieurs jours après l'arrêt de l'activité (Berchtold et al., 2005). De plus, lorsque les rats reprennent l'exercice après un arrêt, le niveau de BDNF remonte très rapidement suggérant une « mémoire » de l'expérience de l'exercice. Chez l'humain, un entraînement aérobie de huit semaines a aussi démontré des effets positifs sur le BDNF après un AVC en plus d'une amélioration des fonctions cognitives (El-Tamawy et al., 2014).

Une autre neurophine impliquée dans la neuroplasticité est l'*insulin-like growth factor-1* (IGF-1). L'IGF-1 participe à la survie des neurones et des cellules gliales (environnement des neurones assurant l'homéostasie et produisant la myéline) et endothéliales. Elle est également impliquée dans la synthèse et la libération de neurotransmetteurs. Comme le BDNF, les récepteurs de l'IGF-1 sont très présents dans l'hippocampe. Son expression est d'ailleurs augmentée dans l'hippocampe dans les jours suivant l'activité physique et entraîne des actions similaires au BDNF (Ding et al., 2006). Dans cette étude, les chercheurs ont évalué l'effet réel de l'IGF-1 en réponse à l'exercice sur la plasticité. Pour

ce faire, les rats ont reçu une injection dans l'hippocampe d'une substance bloquant les récepteurs de l'IGF-1. Malgré l'augmentation induite par l'exercice, les sujets présentaient moins d'améliorations fonctionnelles et le niveau de BDNF était réduit; suggérant que l'IGF-1 contribue aussi à la régulation du BDNF et à la cascade d'événements qu'il déclenche. L'effet de l'IGF-1 est donc partiellement décrit par son action sur le BDNF. Par ailleurs, le niveau d'IGF-1 dans la circulation périphérique est rapidement augmenté en réponse à l'exercice (moins d'une heure) (Schwarz et al., 1996), et cette augmentation dans la circulation est essentielle à la neurogenèse (Carro et al., 2001). De plus, le niveau d'IGF-1 périphérique serait nécessaire au remodelage des vaisseaux dans le cerveau (Lopez-Lopez et al., 2004). Pour ce faire, il agit de pair avec le facteur de croissance de l'endothélium vasculaire (VEGF). Ce dernier est une protéine impliquée dans le processus d'angiogenèse. Cotman et al. expliquent que les rôles principaux de l'IGF-1 consistent à 1) augmenter le niveau de BDNF en réponse à l'exercice et 2) augmenter le niveau de trkB dans l'hippocampe (Cotman et al., 2007). Ces résultats suggèrent que l'IGF-1 et le BDNF agissent de concert dans le but de déclencher les effets sur la plasticité de l'hippocampe et l'apprentissage. À la suite d'un traumatisme neurologique, le taux d'IGF-1 est augmenté naturellement. Dans une étude post-AVC, De Smedt et al. (2011) ont analysé le niveau d'IGF-1 de 255 patients six heures après l'événement ischémique (De Smedt et al., 2011). Les chercheurs ont découvert une forte relation entre ce taux et les capacités fonctionnelles et la mortalité prématurée des patients après trois mois (bien que la sévérité de l'AVC soit semblable initialement). Ces résultats sont expliqués par le fait que l'IGF-1 joue un rôle antiapoptotique sur les cellules survivantes.

Une autre neurotrophine étudiée dans le processus de neuroplasticité est le facteur de croissance des nerfs (NGF). Bien qu'il existe moins de données à son sujet que pour les deux précédents, ce facteur joue un rôle dans la croissance des cellules et l'activité neuronale. Chez le rat, un entraînement aérobie de 28 jours consécutifs suivant un événement ischémique cérébral entraîne une augmentation du NGF et une réduction de la taille de l'infarctus (Matsuda et al., 2011). Ces auteurs soulignent que l'expression du NGF par l'activité physique pourrait contribuer à réduire les lésions cérébrales environ 4 semaines après un AVC. Chung et al. (2010) ont aussi observé une augmentation du NGF dans l'hémisphère controlatéral après 12 jours d'exercice post-AVC chez le rat en plus

d'une amélioration des fonctions motrices (Chung et al., 2010). Toutefois, cet effet a très peu été étudié dans la littérature.

Une meilleure capacité du système cardiovasculaire à distribuer et à utiliser l'oxygène entraîne des changements au niveau de la structure cérébrale en stimulant l'angiogenèse. L'angiogenèse cérébrale, processus de croissance de nouveaux vaisseaux sanguins, se produit généralement lors du développement de l'embryon et peut se produire à la suite d'une condition pathologique d'ischémie ou d'hypoxie. Le remodelage neurovasculaire joue un rôle important dans la récupération de AVC (Arai et al., 2009). Chez l'animal post-AVC, Zheng et al. (2011) ont démontré qu'un entraînement aérobie de deux semaines permettait l'expression de l'angiopoietine-1, protéine participant à l'angiogenèse ainsi que de son récepteur Tie-2 (Zheng et al., 2011). Leur interaction engendre la néovascularisation dans la zone victime d'ischémie. Ainsi, après l'entraînement, les rats du groupe exercice présentaient une diminution considérable du volume de l'infarctus grâce à la création d'un nouveau réseau de vaisseaux sanguins et une amélioration plus marquée des fonctions neurologiques. Les auteurs expliquent qu'une demande en oxygène plus grande lors de l'effort provoque un mécanisme compensatoire résultant d'un stress métabolique. Toutefois, ils soulignent qu'un exercice trop rapide ou encore trop intense pourrait entraîner une surcharge et de mauvais résultats. Matsuda et al. (2011) arrivent à une conclusion similaire suite à l'entraînement de rats post-AVC pendant 28 jours consécutifs (Matsuda et al., 2011). Après l'entraînement, le volume de l'infarctus ainsi que les déficits neurologiques étaient significativement plus faibles comparativement au groupe contrôle. Dans une autre étude chez l'animal, Sun et al. ont comparé trois différents niveaux d'intensité d'entraînement (faible, augmentation graduelle et élevée) durant sept jours post-AVC sur le taux de BDNF et l'amélioration des fonctions (Sun et al., 2014). Bien que les trois groupes entraînés présentent une meilleure récupération des fonctions motrices que le groupe contrôle, les sujets entraînés avec une augmentation graduelle (passant de l'intensité faible jusqu'à élevée) démontraient de meilleurs résultats que les deux autres. Ce groupe présentait aussi de plus hauts taux de BDNF dans l'hippocampe ainsi qu'un niveau de stress (corticotérocène) semblable au groupe à faible intensité. Les rats entraînés à intensité élevée démontraient quant à eux un niveau de corticotérocène beaucoup plus élevé et ce dernier inhibe la libération de BDNF. En plus de l'hippocampe, le mécanisme

d'angiogenèse a aussi été observé dans le striatum (Clark et al., 2009), le cervelet (Lopez-Lopez et al., 2004) et le cortex moteur (Swain et al., 2003).

Finalement, l'activité physique apparaît comme un bon complément à la pharmacothérapie pour améliorer la réorganisation cérébrale par un mécanisme d'action indirect sur le fonctionnement systémique ainsi qu'en agissant directement sur la plasticité du SNC, la neurogenèse et la neuroprotection. Ainsi, elle permet d'optimiser le processus de récupération et de limiter les séquelles et les comorbidités post-AVC. Toutefois, les paramètres de prescription d'exercices optimaux ne semblent pas bien décrits afin d'optimiser les bénéfices et de limiter les risques associés.

2.1.3 Anxiété et dépression

Un autre facteur qui semble positivement affecté par la participation à des activités physiques est la présence d'anxiété et de dépression. Dans un objectif de développement d'un projet d'intervention clinique post-AVC, il est nécessaire de s'intéresser à cet aspect puisque la dépression affecte plus d'un survivant d'AVC sur trois et plus de la moitié des cas ne seraient pas diagnostiqués (Esparrago et al., 2015). D'ailleurs, la prévalence des troubles dépressifs est largement plus élevée chez les gens ayant vécu un AVC que dans la population générale (Cumming et al., 2016). Une revue de la littérature regroupant 44 études a démontré que le niveau d'anxiété ne diminuait pas avec le temps et demeurerait élevé dans les six mois suivant l'événement (Campbell Burton et al., 2013). De plus, il semblerait même que le taux d'anxiété et de dépression augmenterait dans les années suivant l'AVC et serait encore plus marqué après cinq ans (Lincoln et al., 2013). Les lignes directrices de l'AHA reconnaissent que la dépression post-AVC est sous-estimée et trop peu investiguée et recommandent de porter une attention particulière à cet important problème de santé (Towfighi et al., 2017).

Par ailleurs, il apparaît nécessaire de s'intéresser à cet aspect puisqu'en plus de ses conséquences directes sur l'état psychologique des patients, la dépression augmenterait les risques de complications post-AVC incluant un plus haut taux de récurrences, une perte

d'indépendance et une augmentation de la mortalité prématurée (Johnson, 1991; Williams et al. 2004). Cette association entre la dépression et de faibles capacités fonctionnelles est démontrée par plusieurs études suggérant un processus de cercle vicieux entre les deux (Kutlubaev et Hackett, 2014). Ainsi, la présence de dépression post-AVC limite la capacité des patients à participer à la réadaptation physique, aux thérapies cognitives et à faire les changements nécessaires dans leurs habitudes de vie pour améliorer leur qualité de vie. Par ailleurs, le plus grand prédicteur de dépression post-AVC est en lien avec la sévérité de l'événement (Kutlubaev et Hackett, 2014). La physiopathologie de la dépression post-AVC semble être encore peu comprise et les causes sont multifactorielles (Towfighi et al., 2017).

En traitement de l'anxiété et de la dépression, en plus de la pharmacothérapie et la thérapie psychologique, l'activité physique est reconnue comme un moyen efficace d'intervention (Carek, Laibstain et Carek, 2011). Le lien entre la santé mentale et l'activité physique est très bien démontré dans la littérature et sa pratique régulière permettrait de réduire les symptômes anxieux et dépressifs chez les adultes (De Moor et al., 2006). Cette association est également bien démontrée chez les personnes âgées physiquement actives qui présentent un niveau de qualité de vie plus élevée tandis que celles plus sédentaires démontrent un score d'anxiété et de dépression plus élevé évalué selon le Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) (de Oliveira et al., 2019). Non seulement le lien avec l'activité physique est démontré, mais également avec celui avec la capacité cardiorespiratoire qui aurait un effet protecteur sur les troubles de santé mentale (Kandola et al., 2019). Les mécanismes potentiels sous-jacents ces bienfaits sont expliqués par des effets physiologiques et psychologiques. Un des mécanismes potentiels serait en lien avec le rôle de l'activité physique sur la régulation de la réponse au stress via son action sur l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (Anderson et Shivakumar, 2013). Les effets de l'activité physique sur les processus propres au fonctionnement cérébral tel la régulation de BDNF, la stimulation de la neurogénèse et de l'angiogenèse comme présentés précédemment permettraient d'améliorer la gestion de l'anxiété, notamment via une amélioration des fonctions de l'hippocampe (Kandola et al., 2016). De plus, un autre mécanisme potentiel s'explique par l'effet de l'activité physique sur l'inflammation systémique chronique, notamment son effet sur la présence de protéines C-réactive qui est reliée à la sévérité des troubles anxieux (Vogelzangs et al., 2013). Aussi, l'activité physique

aurait un effet direct en réduisant la sensibilité à l'anxiété (Smits et al., 2008). Les mécanismes physiologiques et psychologiques ne semblent, toutefois, pas encore complètement compris dans la littérature ainsi que la dose optimale d'activité physique (Kandola et al., 2018).

Le lien favorable de l'activité physique sur l'anxiété et la dépression a été aussi étudié chez les survivants d'AVC. Une méta-analyse regroupant 13 études et 1022 participants a démontré que les symptômes dépressifs post-AVC étaient réduits à la suite de quatre semaines ou plus d'exercice (Eng et Reime, 2014). Les auteurs ont rapporté un effet favorable de l'exercice dans la phase subaiguë et chronique de la maladie. Toutefois, ces effets ne semblaient pas maintenus après l'arrêt des programmes. Comme certaines études incluaient des patients avec des symptômes cliniques de dépression alors que d'autres n'en avaient pas, les auteurs concluent que l'intervention par l'activité physique serait bénéfique en prévention et en traitement de la dépression post-AVC. Par ailleurs, en raison de la forte hétérogénéité des modalités d'exercice utilisées dans les différentes études, les auteurs soulignent qu'il serait difficile de déterminer la dose optimale à prescrire. De plus, le niveau d'anxiété serait aussi affecté positivement à la suite d'un programme d'activité physique comme le rapportent Aidar et al. (2018) après un programme de 12 semaines d'exercices aquatiques avec des patients ayant été victimes d'un AVC. Toutefois, les données sur ce sujet demeurent encore limitées dans la littérature chez les patients ayant vécu un AVC.

2.2 Entraînement par intervalles à intensité élevée

La méthode HIIT a énormément gagné en popularité dans les dernières années et il est fréquemment utilisé chez les sportifs. Cette méthode consiste à maximiser l'intensité de l'exercice avec des périodes d'effort concentrées en alternance avec des périodes de récupération passive ou à intensité faible. L'intérêt principal de cette modalité est qu'elle offre la possibilité de maintenir une intensité élevée pour une plus longue durée que l'entraînement en continu où la fatigue arrive plus tôt (Billat, 2001). C'est, en effet,

l'accumulation de plusieurs périodes courtes à intensité élevée qui détermine les bénéfices physiologiques. L'entraînement de type HIIT est aujourd'hui considéré comme la forme d'exercice aérobie la plus efficace pour améliorer les performances physiques chez l'athlète (Buchheit et Laursen, 2013). En stimulant l'organisme à sa consommation maximale d'oxygène (VO_2max), ou du moins à un très haut pourcentage de celle-ci, cet entraînement maximise le stress sur les systèmes de transport et d'utilisation de l'oxygène pour ainsi optimiser les gains sur la VO_2max (Helgerud et al., 2007; Laursen et Jenkins, 2002; Midgley et al., 2006). Par ailleurs, cette méthode est d'autant plus efficace puisque ces adaptations surviennent à un moindre volume d'entraînement que l'exercice en continu (Gibala et McGee, 2008). En fait, les bénéfices sur la VO_2max chez des hommes en santé sont supérieurs même lorsque comparés à un exercice isocalorique d'intensité plus faible, mais de plus longue durée (Helgerud et al., 2007). Son efficacité à augmenter la capacité cardiorespiratoire a été démontrée chez des sujets non entraînés, mais aussi chez des athlètes présentant initialement un haut niveau de condition physique (Laursen et Jenkins, 2002). Les mécanismes physiologiques sous-jacents à ce phénomène complexe sont liés principalement à des adaptations au niveau périphérique et central.

Au niveau périphérique, les mitochondries sont décrites comme le centre énergétique des cellules des muscles squelettiques puisqu'elles contribuent à l'essentiel de la production d'adénosine triphosphate (ATP). Certaines études ont démontré que même une seule séance de HIIT permettait de stimuler la biogenèse mitochondriale (Gibala et al., 2009; Little et al., 2011), et ce, même chez des athlètes (Psilander et al., 2010). De façon chronique, l'entraînement permet d'augmenter le nombre et la taille des mitochondries ce qui a pour effet d'augmenter la contribution de l'oxydation des lipides et de diminuer celle des glucides (Egan et Zierath, 2013). Ainsi, pour une même intensité, la dégradation du glycogène et la production de lactate sont moindres, augmentant le seuil lactique et permettant à l'individu de s'entraîner plus longtemps et à un plus haut pourcentage de sa VO_2max (Joyner et Coyle, 2008). Il est démontré que l'effet de l'exercice sur les changements mitochondriaux est dépendant de l'intensité de l'effort (MacInnis et Gibala, 2016). Les individus très entraînés peuvent donc voir leur seuil lactique autour de 75 % de leur VO_2max contrairement à environ 50 % pour les individus sédentaires (Gollnick et al., 1986). Un entraînement par intervalles à intensité supra maximale d'aussi peu que deux

semaines permet une augmentation de l'activité musculaire oxydative (mesurée par l'enzyme cytochrome c oxydase) similaire à celle d'un entraînement continu (65 % de la $VO_2\text{peak}$) pour un temps total de 2,5 heures et de 10,5 heures respectivement (Gibala et al., 2006). Cette équipe de recherche a démontré dans une étude similaire qu'un entraînement de deux semaines, cette fois à 100 % de la puissance maximale, permettait également une augmentation de l'activité oxydative de 29 % en plus d'engendrer une augmentation de 119 % de la protéine GLUT4 et du niveau de glycogène musculaire au repos de 17 % (Burgomaster et al., 2006). Il a été démontré qu'une seule séance de HIIT permet d'augmenter l'expression de du PGC-1 α jouant un rôle clé dans la biogenèse mitochondriale et la capillarisation des muscles squelettiques (Little et al., 2011). De plus, l'entraînement permet d'augmenter le nombre et la taille des capillaires via un processus d'angiogenèse au niveau des muscles entraînés, et cet effet est aussi dépendant de l'intensité (Gliemann, 2016; Jensen et al., 2004). Ce mécanisme permet de réduire les résistances périphériques, d'augmenter l'apport en oxygène aux muscles squelettiques et, en combinaison avec une meilleure utilisation au niveau cellulaire via les mitochondries, améliore la performance chez l'athlète.

Au niveau cardiovasculaire, certaines adaptations sont observées rapidement après seulement quelques séances telles que l'augmentation du volume sanguin et plasmatique (Graham et al., 2016). Ces changements contribuent à augmenter le volume d'éjection systolique (VES) ainsi que le débit cardiaque en plus de diminuer la fréquence cardiaque durant un effort sous-maximal. Ceci est dû, entre autres, à un plus grand retour veineux et une augmentation du volume télédiastolique (mécanisme de Frank-Starling) (Higginbotham et al., 1986). Par ailleurs, il est proposé que ces adaptations centrales au niveau du transport de l'oxygène seraient prédominantes dans les variations de la $VO_2\text{max}$ par rapport au processus d'extraction d'oxygène (différence artério-veineuse) (Bassett et Howley, 2000). Les adaptations centrales incluent également des changements au niveau de la structure du myocarde. Afin de mieux comprendre les effets sur les cardiomyocytes, des études expérimentales chez le rat ont démontré une hypertrophie de ces cellules après 10 semaines d'entraînement (Kemi et al., 2005). Ce phénomène induit par l'exercice est appelé hypertrophie physiologique et correspond à une augmentation de la taille des cardiomyocytes accompagnée d'une dilatation des compartiments. Les adaptations sont

dépendantes de l'intensité avec une hypertrophie de 14 % avec un entraînement à haute intensité (85 % à 90 % de la $VO_2\text{max}$) comparativement à 5 % pour un entraînement à intensité moyenne (65 % à 70 % de la $VO_2\text{max}$). Ainsi, les rats entraînés par HIIT présentaient aussi une augmentation marquée de la $VO_2\text{max}$ ainsi qu'une augmentation de la contractilité du ventricule gauche déterminée par la fraction de raccourcissement deux fois supérieure au groupe entraîné en continu. L'intensité élevée permet d'améliorer la fraction de raccourcissement de 40 % à 50 % par un effet sur la phase de contraction et de relaxation ainsi que sur la vitesse de contraction engendrant ainsi une augmentation de la puissance maximale jusqu'à 60 % (Wisloff et al., 2009). Ces adaptations au niveau de la contractilité sont dues à une augmentation de la vitesse de réabsorption du calcium par le réticulum sarcoplasmique (via une amélioration des fonctions de la protéine SERCA2a) agissant sur la phase de relaxation et permettant d'augmenter le temps de remplissage ventriculaire (Kemi et al., 2008). Un autre mécanisme responsable de l'augmentation de l'effet inotrope est expliqué par une augmentation de la sensibilité de la troponine C au calcium (Diffie et al., 2001). Ainsi, en déplaçant la relation force-pCa vers la gauche, une plus grande force de contraction est générée à un niveau sous-maximal de calcium. Chez l'humain, des échocardiographies ont aussi démontré qu'un entraînement à haute intensité (plus de 85 % de la $VO_2\text{max}$) d'aussi peu que sept à huit semaines permettait d'augmenter significativement le volume du ventricule gauche chez des sujets non entraînés (Cox et al., 1986; Slordahl et al., 2004).

En plus d'améliorer la performance, dans un objectif sportif, les adaptations physiologiques induites par le HIIT ont aussi un effet notable sur la santé cardiovasculaire. De façon chronique, il contribue à la prévention ou la gestion des facteurs de risque cardiovasculaire en ayant un effet sur la sensibilité à l'insuline, le niveau de cholestérol total et le taux de LDL (DiPietro et al., 2006; O'Donovan et al., 2005a; O'Donovan et al., 2005b). Dans une cohorte prospective de 5106 hommes et femmes apparemment en bonne santé, il a été démontré que l'intensité de l'effort dans un programme d'entraînement est le paramètre le plus lié avec le risque de mortalité coronarienne et de toutes causes confondues comparativement à la durée de l'effort (Schnohr et al., 2012). De plus, une seule session d'entraînement à haute intensité par semaine semblerait être suffisante pour

réduire considérablement le risque de mortalité cardiovasculaire à long terme (Wisloff et al., 2006).

Le contrôle de la glycémie est un facteur sur lequel l'activité physique a beaucoup d'impact. En fait, le HIIT permettrait d'engendrer des résultats comparables à ceux obtenus avec l'utilisation de la metformine (Cassidy, Thoma, Houghton et Trenell, 2016). Sachant qu'une hausse de 1 % de HbA_{1c} entraîne un risque accru de 21 % de décès liés au diabète, de 14 % du risque d'infarctus du myocarde et de 37 % de complications microvasculaires (Thomas, Elliott et Naughton, 2006), il est nécessaire de trouver des interventions efficaces. Au niveau musculaire, chez des diabétiques de type 2, un entraînement de type HIIT permet d'augmenter le taux de protéines GLUT4 de 369 % après seulement deux semaines (Little et al., 2011). Ces résultats suggèrent qu'il est possible d'améliorer la santé métabolique très rapidement en ciblant les bonnes intensités d'entraînement. Des biopsies du *vastus lateralis* démontrent également des adaptations au niveau du réticulum sarcoplasmique chez des patients atteints de syndrome métabolique (Tjonna et al., 2008). Après 16 semaines de HIIT, le taux maximal de rétention du Ca²⁺ était augmenté de 50 % et aucun effet n'était observé avec l'entraînement en continu. Les participants présentaient également une amélioration de leur capacité cardiorespiratoire, une diminution de pression artérielle systolique et diastolique, une amélioration de la fonction endothéliale via une hausse de la biodisponibilité d'oxyde nitrique (NO) en plus d'une amélioration du bilan glycémique et lipidique. Cette étude démontre bien l'efficacité de la méthode pour contrôler les facteurs de risque si bien qu'à la suite de l'entraînement, cinq participants sur 11 n'étaient plus considérés comme atteints du syndrome métabolique.

Il est bien documenté que les dysfonctions endothéliales sont au cœur du processus d'athérosclérose contribuant au développement et à la progression des maladies cardiovasculaires. L'activité physique de type aérobie permet de diminuer le stress oxydatif, d'augmenter la biodisponibilité de NO qui est un puissant vasodilatateur et de réduire la sensibilité aux agents vasoconstricteurs. La capacité d'adaptation de l'endothélium est alors améliorée, et ce, même chez des sujets atteints de maladie cardiovasculaire à l'aide d'un programme d'aussi peu que quatre semaines (Hambrecht et al., 2000; Walsh et al., 2003; Walsh et al., 2003). Une méta-analyse de 2015 regroupant

182 participants a démontré que l'effet du HIIT sur la *flow-mediated dilatation* (FMD) de l'artère brachiale serait deux fois plus important que l'effet de l'entraînement continu (Ramos et al., 2015). Par ailleurs, une autre méta-analyse rassemblant la mesure des fonctions endothéliales de 5547 participants a démontré que chaque augmentation de 1 % de la FMD (avec ajustement pour les facteurs confondants) entraînait une diminution du risque d'événements cardiovasculaires de 13 % (Inaba et al., 2010). De plus, les dysfonctions endothéliales sont fortement associées à la présence d'inflammation chronique dans la physiopathologie des troubles métaboliques (Esposito et Giugliano, 2004). L'entraînement de type HIIT a démontré un effet sur la réduction de la protéine interleukine 18 (IL18); important marqueur inflammatoire également impliqué dans le processus de remodelage cardiaque (Stensvold et al., 2012). Parallèlement, l'activité physique est bien reconnue comme moyen de prévention et de traitement de l'hypertension artérielle. Il semble que le HIIT aurait un plus grand impact sur ce facteur que ce soit pour les personnes hypertendues ou pour celles normotendues avec antécédents familiaux d'hypertension artérielle (Ciolac, 2012). Ce constat est d'autant plus important sachant que des baisses de la pression artérielle diastolique de 7,5 mmHg et de 10 mmHg sont associées à une réduction moyenne de 46 % et 56 % d'AVC et de 29 % et 37 % de maladies coronariennes, respectivement (MacMahon et al., 1990).

2.2.1 HIIT et réadaptation cardiaque

Pour faire suite à son grand succès chez les athlètes et les personnes en santé, la littérature démontre que l'entraînement de type HIIT a aussi gagné en popularité en réadaptation cardiaque. Débutant par les gens atteints de maladies coronariennes, puis avec les insuffisants cardiaques, cette méthode d'entraînement a connu un réel intérêt dans la dernière décennie. L'implication clinique vient du fait que la VO_2 peak est un important prédicteur indépendant de morbidité et de mortalité (plus que tout autre facteur de risque standard) chez les patients aux prises avec une maladie cardiovasculaire (Keteyian et al., 2008; Myers et al., 2002) et que le contrôle des facteurs de risques est une composante essentielle de la prévention secondaire (Kemi et Wisloff, 2010). Même si la VO_2 max est

généralement réduite post-infarctus comparativement aux individus en santé, l'adaptabilité à l'exercice demeure possible. En ce sens, des rats post-infarctus atteints d'insuffisance cardiaque peuvent démontrer un niveau de condition physique plus élevé que des rats sédentaires « en santé » (Wisloff et al., 2009). Keteyian et al. (2008) ont démontré chez une cohorte de 2812 patients coronariens qu'une augmentation de la capacité cardiorespiratoire de seulement 1 ml d'O₂/kg/min est associée à une réduction de la mortalité d'environ 15 % (Keteyian et al., 2008).

Les importants bénéfices associés au HIIT en réadaptation cardiaque seraient dus à des adaptations physiologiques semblables à celles des athlètes au niveau de la vascularisation, de la fonction du myocarde, des muscles squelettiques et de l'amélioration des fonctions endothéliales qui seraient plus prononcées que celles induites par l'entraînement continu où l'intensité ne semble pas être suffisante pour obtenir ces bénéfices (Arena et al., 2013). Dans une étude de Wisloff et al. (2007), après 12 semaines d'entraînement chez des patients insuffisants cardiaques, les participants du groupe entraîné par HIIT avaient augmenté leur VO₂peak de 46 % comparativement à 14 % pour le groupe en continu (Wisloff et al., 2007). De plus, des biopsies ont démontré que la fonction mitochondriale du vaste latéral était améliorée dans le groupe HIIT (mesure du PGC-1 α). Dans ce groupe seulement, les chercheurs ont aussi observé des changements au niveau du remodelage du ventricule gauche. Les volumes télédiastoliques et télésystolique ont diminué de 18 % et 25 % respectivement, la fraction d'éjection du ventricule gauche a augmenté de 35 % et la pro-BNP, marqueur de dilatation liée à l'étirement des fibres myocardiques et d'insuffisance cardiaques a diminué de 40 %. D'ailleurs, une relation a été notée entre la VO₂peak des participants et les fonctions endothéliales mesurées par FMD de sorte que le groupe entraîné par HIIT présentait une amélioration plus marquée que le groupe en continu (Wisloff et al., 2007). Un autre point intéressant de cette étude démontre que l'âge moyen des patients était de plus de 75 ans, ce qui signifie que les adaptations physiologiques sont possibles même à un âge avancé.

L'insuffisance cardiaque réduit la force de contraction du cœur et ralentit la phase de relaxation réduisant le volume télédiastolique du ventricule gauche. Bien que la littérature sur l'entraînement de type HIIT en réadaptation cardiaque en soit encore à ses

débuts, les effets sur la fonction du ventricule gauche semblent assez bien décrits. De façon aiguë, immédiatement après un HIIT, le volume téléstolique du ventricule gauche est diminué de 6 % et la vitesse du débit systolique est augmentée de 21 % (Tomczak et al., 2011). De plus, 30 minutes après la fin de l'exercice, il persiste une élévation de la fraction d'éjection de 2,4 %. Les mesures de la fonction diastolique de ventricule gauche démontrent également une amélioration avec une réduction du mouvement de torsion améliorant la phase de relaxation et de remplissage du ventricule immédiatement après et 30 minutes post-exercice. Johnsen et al. (2013) suggèrent l'entraînement de type HIIT permet de normaliser l'action du SERCA2a (qui est altérée dans l'insuffisance cardiaque) et ainsi améliorer la pompe du calcium ayant un effet notable sur la contractilité cardiaque (Johnsen, Hoydal, Rosbjorgen, Stolen et Wisloff, 2013). De façon chronique, après 12 semaines de HIIT, Fu et al. (2013) ont démontré une augmentation du débit cardiaque à l'effort et de la fraction d'éjection du ventricule gauche au repos de 27 % chez des patients insuffisants cardiaques (Fu et al., 2013). De plus, Fu (2013) et Johnsen (2013) ont tous les deux identifié une réduction de 40 % et 50 % respectivement de l'hormone BNP, marqueur d'insuffisance cardiaque qui est synthétisée pour contrebalancer la rétention liquidienne et la vasoconstriction qui ont comme effet d'élever la pression artérielle. Toutefois, ce changement n'a pas été observé dans les protocoles d'entraînement continu. Cette observation constitue indirectement un marqueur du remodelage cardiaque et de l'amélioration des fonctions cardiovasculaires. Les adaptations au niveau des cardiomyocytes sont expliquées en partie par une meilleure réabsorption du calcium via une augmentation de la sensibilité des myofilaments améliorant ainsi la phase de remplissage. Contrairement aux individus en santé qui peuvent développer une hypertrophie physiologique à l'entraînement, le mécanisme inverse se produira dans un cas d'insuffisance cardiaque. En effet, l'exercice induira possiblement une réduction de l'hypertrophie pathologique chez cette population (suggéré par les études chez l'animal) (Wisloff et al., 2009). D'autre part, l'entraînement de type HIIT aurait un effet sur le système nerveux autonome en améliorant l'apport du système parasympathique dans les heures suivant l'exercice. L'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) à l'aide d'un suivi par holter de 24 heures après une séance démontre une augmentation du tonus vagal, une diminution de la fréquence cardiaque ainsi qu'un nombre d'extrasystoles

ventriculaires inférieur à une condition sans exercice (Guiraud et al., 2013). Cet effet est aussi présent de façon chronique. Après un programme de HIIT de six mois, des patients ayant subi une angioplastie avaient une amélioration de la VFC corrélée avec l'augmentation de la VO₂max (Munk, Butt et Larsen, 2010). Parallèlement aux adaptations physiologiques, un aspect clinique documenté dans quelques études est l'amélioration de la qualité de vie à la suite à un programme de HIIT en réadaptation cardiaque (Wisloff et al., 2007). Les équipes de Klocek et Wisloff rapportent un effet plus important qu'à la suite à un entraînement continu (Klocek et al., 2005; Wisloff et al., 2007). Les mécanismes sous-jacents ne semblent pas bien décrits, toutefois, il est raisonnable de penser que l'amélioration plus importante des capacités physiologiques entraîne une meilleure autonomie dans les activités de la vie quotidienne et plus de facilité dans les activités de la vie quotidienne et dans les déplacements.

Plusieurs types de protocoles ont été testés chez des sujets atteints d'insuffisance cardiaque; les plus fréquents allant de 30 secondes à quatre minutes d'effort à intensité élevée et de 30 secondes à trois minutes de récupération active. Les intensités d'effort varient généralement de 70 % à 100 % de la puissance maximale alors que d'autres études utilisent un pourcentage de la fréquence cardiaque de réserve allant de 50 % à 95 %. L'équipe de Meyer et al. (2013) suggère qu'il serait préférable d'utiliser une prescription en fonction de la puissance aérobie maximale avec cette population en raison de l'utilisation fréquente de bêta bloquants qui affecte la fréquence cardiaque, de la présence fréquente de fibrillation auriculaire ainsi que la dérive de la FC à l'effort prolongé (Meyer et al., 2013). Selon l'équipe de Guiraud, très reconnue dans le domaine, une alternance de 15 secondes à 100 % de la puissance aérobie maximale (PAM) et de 15 secondes de récupération passive semblerait être une option intéressante pour une clientèle coronarienne (Guiraud et al., 2010). Ce protocole permettrait de retarder la fatigue le plus possible sans négliger le temps passé près de la VO₂peak. En 2012, cette même équipe de recherche a comparé quatre autres protocoles de HIIT avec des patients coronariens afin d'optimiser la prescription (Meyer et al., 2012). Dans les quatre cas (A, B, C et D), l'intensité du travail était fixée à 100 % de la PAM. Le ratio travail/récupération était de 30/30 secondes (A et B) ou de 90/90 secondes (C et D) et la récupération était passive (A et C) ou active à 50 % de la PAM (B et D). Les résultats ont démontré que le protocole A

avec des intervalles de temps plus courts et une récupération passive était mieux toléré selon la perception de l'effort et qu'il permettait un temps d'exercice plus long comparativement aux trois autres, et ce, sans compromettre le temps passé à plus de 85 % de la VO_2 peak. Les chercheurs ont observé que les participants avec une importante limitation des capacités à l'effort étaient capables de passer plus de temps à un haut pourcentage de la VO_2 peak avec une récupération passive alors que ceux en meilleure condition avaient avantage à effectuer une récupération active. Ceci soulève qu'il n'existe probablement pas qu'une seule prescription optimale pour tous les patients et qu'elle devrait plutôt être individualisée. Bien que plusieurs autres types de protocoles puissent être utilisés, les chercheurs mentionnent que 15 secondes serait le temps minimum pour atteindre l'intensité requise et qu'après 90 secondes la fatigue limite l'effort.

2.2.2 HIIT et AVC

À la suite des résultats positifs observés chez les athlètes, les individus en santé et les patients en réadaptation cardiaque, la littérature s'est intéressée aux possibles bienfaits du HIIT post-AVC. À ce jour, il existe encore peu de données à ce sujet, mais les premiers résultats laissent croire à une avenue intéressante dans le domaine. Les premières études répertoriées sur le sujet se sont principalement intéressées à la faisabilité et à l'aspect sécuritaire de cette méthode d'entraînement avec les survivants d'AVC. En 2011, Camels et al. (2011) ont évalué la faisabilité d'un programme de HIIT sur ergocycle durant huit semaines chez 14 patients plus de trois mois après un AVC (Calmels et al., 2011). L'intensité maximale utilisée lors des entraînements correspondait à 80 % de la puissance maximale et était maintenue pendant 60 secondes alternée avec une récupération active à 40 %. Après l'intervention, les participants en période subaiguë et chronique ont amélioré leur VO_2 peak, la force de leurs membres inférieurs et leur performance au test de six minutes de marche. Les chercheurs ont souligné que malgré le petit échantillon, l'entraînement de type HIIT serait sécuritaire et efficace avec cette clientèle. Les équipes de Lau et al. (2011) et de Pohl et al. (2002) ont toutes les deux démontré dans des études contrôlées randomisées qu'un entraînement de type HIIT en variant la vitesse sur tapis

roulant permettait une meilleure amélioration de la vitesse de marche comparativement à un exercice conventionnel (Lau et Mak, 2011; Pohl et al., 2002). Askim et al. (2014) ainsi que Gjellesvik et al. (2012) ont aussi confirmé la faisabilité de ce type d'entraînement post-AVC en période subaiguë (Askim, Bernhardt, Salvesen et Indredavik, 2014) et chronique (Gjellesvik et al., 2012) à l'aide d'un protocole similaire sur tapis roulant de quatre séries de quatre minutes d'effort entre 85 % et 95 % de la FC maximale avec des périodes de récupération active de trois minutes.

Plus récemment, l'équipe de Gjellesvik et al. (2021) a évalué les effets d'une intervention de huit semaines par HIIT avec des participants de trois mois à cinq ans post-AVC dans une étude contrôlée randomisée (Gjellesvik et al., 2021). Les auteurs ont utilisé un protocole de HIIT comportant des périodes de quatre minutes à 85 % à 95 % de la fréquence cardiaque maximale entrecoupées de périodes de trois minutes de récupération active. Le tout était réalisé sur tapis roulant en variant la vitesse et le niveau d'inclinaison. L'étude comprenait une fréquence d'entraînement de trois fois par semaine durant huit semaines. Les variables évaluées comprenaient la distance au test de 6 minutes de marche, la vitesse de marche sur 10 mètres, l'équilibre dynamique (échelle de Berg), la mobilité fonctionnelle (Timed Up and Go test), les fonctions cognitives (MoCA et Trail Making Test) ainsi que la santé mentale (échelle HAD); et les résultats étaient comparés à un groupe contrôle ne recevant que les soins usuels. À la suite des huit semaines d'entraînement, le groupe intervention a augmenté sa distance de marche, son équilibre ainsi que ses fonctions exécutives. Toutefois, les améliorations physiques n'ont pas été maintenues lors d'un suivi de 12 mois où les deux groupes ne présentaient aucune différence significative. La seule différence persistante était au niveau des fonctions exécutives qui étaient demeurées supérieures. Il s'agit d'une rare étude ayant évalué l'effet du HIIT sur les fonctions cognitives, toutefois, les auteurs concluent que cet effet devrait être confirmé dans une future étude en l'utilisant comme variable principale et en diminuant l'hétérogénéité des participants.

Malgré les effets positifs de ces interventions, il semble que les paramètres optimaux de prescription pour ces interventions demeurent inconnus. En effet, il existe beaucoup de variabilité en ce qui concerne les périodes d'effort et de repos qui varient

généralement entre 30 secondes et quatre minutes selon les études. En 2015, l'équipe de Boyne a voulu comparer différents types de protocoles de HIIT sur tapis roulant plus de six mois post-AVC (Boyne et al., 2015). Pour ce faire, la réponse aiguë a été analysée sans mesurer l'effet à long terme. Les participants étaient soumis à trois entraînements incluant des efforts de 30 secondes avec des périodes de récupération passive de 30, 60 ou 120 secondes. Les chercheurs ont conclu qu'un repos de 30 secondes entraînait des moyennes de consommation d'oxygène et de fréquence cardiaque plus élevées, mais diminuait la tolérance à l'effort et la vitesse de marche comparativement aux autres protocoles. Un repos de 60 secondes n'entraînerait pas plus de fatigue que 120 secondes tout en engendrant une VO_2 et une fréquence cardiaque moyennes plus élevées à l'effort. Les chercheurs suggèrent donc l'utilisation de récupérations de 60 secondes lors des premières sessions pour ensuite transférer vers 30 secondes.

Étant donné que les patients qui ont survécu à un AVC se retrouvent à haut risque d'événements cardiovasculaires, il est nécessaire de s'intéresser aux risques potentiels de les exposer à des exercices à intensité élevée. Bien que les données soient encore limitées à ce jour, en combinant les cinq études d'entraînement de type HIIT sur tapis roulant, un total de 75 survivants d'AVC ont fait 457 heures de tapis roulant en intervalles et aucun événement indésirable majeur n'est survenu (Askim et al., 2014; Boyne et al., 2015; Gjellesvik et al., 2012; Lau et Mak, 2011; Pohl et al., 2002). Les principaux risques susceptibles de survenir lors de ce type d'intervention sont d'ordre orthopédique ou cardiovasculaire. Afin de limiter les risques orthopédiques, les études sur le sujet ont tout d'abord exclu les sujets avec d'importantes limitations physiques (ex. blessures, fracture ou remplacement d'articulation). L'utilisation d'un harnais de sécurité sur tapis roulant peut aussi aider à prévenir les chutes ainsi que le port d'orthèse pour diminuer l'instabilité du genou ou de la cheville au besoin (Boyne et al., 2013). En ce qui concerne les risques cardiovasculaires, les études ont préalablement effectué un ECG à l'effort pour éliminer les réactions anormales comme l'ischémie du myocarde, l'arythmie ou l'incapacité de la fréquence cardiaque à augmenter. Les lignes directrices recommandent cette précaution chez tous les patients post-AVC parce que de 20 à 40 % des cas asymptomatiques présentent des signes d'ischémie à l'effort (Gordon et al., 2004). Dans la majorité des études, durant les entraînements, la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la perception

de l'effort et les symptômes cardiaques étaient surveillés et l'intervention était arrêtée si la pression artérielle systolique augmentait à plus de 200 mmHg et à plus de 110 pour la pression artérielle diastolique. Avec ces précautions, aucun événement indésirable n'est survenu pendant les interventions. Toutefois, le nombre d'études reste encore très faible pour pouvoir confirmer hors de tout doute la sécurité du HIIT post-AVC. Un autre point important à considérer est le risque d'hypotension lors des périodes de récupération. La méthode active peut aider à réduire ce risque, mais peut aussi causer une fatigue précoce à l'exercice (Dupont et Berthoin, 2004). Dans le but d'offrir une prescription d'intervention personnalisée, Boyne et al. (2015) ont laissé choisir aux participants leur type de récupération entre les répétitions sur tapis roulant (assis, debout ou marche sur place). Bien que la majorité des gens ait choisi de rester debout sur place, des symptômes d'hypotension n'ont été notés que chez un seul sujet sur les 19 (Boyne et al., 2015).

2.3 Adhésion à l'activité physique

L'intégration de l'activité physique au quotidien est une habitude de vie complexe influencée par de multiples facteurs démographiques, biologiques, cognitifs, émotionnels, socioculturels et environnementaux (Bauman et al., 2002). Par conséquent, comme le démontre le haut taux d'inactivité physique, les individus se retrouvent face à plusieurs barrières limitant l'adoption et le maintien de ce comportement (Bauman et al., 2002). Afin d'aider les gens à être actifs régulièrement et à profiter des bienfaits que l'activité physique procure, il importe de comprendre les éléments limitant et facilitant sa pratique. La prévention secondaire représente la somme des interventions, physiologiques et comportementales, visant à modifier favorablement le mode de vie du patient et à améliorer l'adhésion à long terme à des comportements minimisant la progression de la maladie. La pratique médicale traditionnelle est plutôt de type réactif : observer, attendre et traiter lorsque nécessaire (quand les symptômes apparaissent). Ce modèle est basé sur la croyance que l'absence de symptômes signifie l'absence de la maladie. Or, cette méthode n'encourage pas le patient à prendre en charge sa santé et lui suggère que c'est entièrement son médecin qui contrôle sa maladie. Sachant que les maladies chroniques débutent et

progressent bien avant l'arrivée des symptômes, ce modèle de pratique ne répond pas au besoin de prise en charge à long terme des patients.

Il existe certains modèles théoriques permettant d'expliquer et de prédire le changement de comportement incluant les habitudes de vie liées à la santé. La théorie sociale cognitive de Bandura (1997) est un modèle fréquemment utilisé en santé. Cette théorie est basée sur le principe d'auto-efficacité. La perception d'auto-efficacité fait référence en la croyance d'un individu en ses capacités d'exécuter les actions nécessaires pour atteindre ses buts. Un sentiment élevé d'auto-efficacité combiné avec des attentes positives des résultats engendrera des efforts soutenus de la part de l'individu pour atteindre l'objectif. Par exemple, une bonne confiance en ses habiletés à faire de l'exercice combinée à une perception que cela mènera à des bénéfices pour la santé augmentera la probabilité que le patient maintienne ses exercices. L'auto-efficacité n'est pas un trait de personnalité et ne correspond pas à l'estime de soi. Il s'agit d'une perception individuelle envers un comportement en particulier. Un individu peut donc avoir une haute auto-efficacité par rapport à un comportement comme l'activité physique, mais un bas niveau d'auto-efficacité pour un autre comportement comme le tabagisme. La théorie de Bandura stipule que cet aspect est très important par rapport au comportement de santé. Plus le sentiment est élevé, plus grands seront les efforts et la persévérance de l'individu envers le comportement (McAuley et Blissmer, 2000). L'auto-efficacité a d'ailleurs été corrélée positivement à la participation à un programme de réadaptation cardiaque (Grace et al., 2002). Dans cette étude canadienne, les chercheurs ont évalué les variables affectant la participation des patients. Les participants ayant des symptômes d'anxiété, un bon support familial et un haut sentiment d'auto-efficacité étaient plus susceptibles d'y participer. Il est à noter que les femmes participent généralement moins à ce type de programme et les auteurs l'expliquent par le fait qu'une grande emphase est mise sur les habiletés physiques et que celles-ci tendent à avoir un sentiment d'auto-efficacité moindre sur cet aspect. S'appuyant sur la théorie sociale cognitive, Lorig et Holman (2003) ont décrit l'autogestion comme un paramètre clé dans la gestion des maladies chroniques (Lorig et Holman, 2003). Ils soulignent que les interventions devraient être axées sur les préoccupations du patient; c'est-à-dire basées sur les problèmes perçus par le patient. Ainsi, le patient doit se sentir activement en maîtrise de sa maladie. Dans la *Heart & Soul Study*, l'impact de l'auto-

efficacité sur la réadaptation a été évalué chez 1024 patients avec une maladie coronarienne stable (Sarkar et al., 2007). Dans cette étude transversale, une faible auto-efficacité était associée à un état de santé général moindre (présence de symptômes, limitations physiques, dépression et faible qualité de vie), et ce, indépendamment de la sévérité de la maladie. Les auteurs concluent que l'auto-efficacité devrait être un objectif utile dans la gestion des maladies cardiovasculaires puisqu'il s'agit d'un prédicteur de santé fort et indépendant.

L'utilisation des théories de comportement peut guider le professionnel pour déterminer une stratégie appropriée pour augmenter l'adhésion. Le modèle transthéorique a été développé comme un cadre permettant de comprendre les étapes d'un changement de comportement (Prochaska et al., 1992). La base de ce concept est que comme les individus sont à différentes étapes de changement, ils nécessitent une stratégie et une intervention adaptée à leur stade. Ainsi, ce modèle inclut cinq étapes; 1) précontemplation, 2) contemplation, 3) préparation, 4) action et 5) maintien. Afin d'évoluer dans les stades, l'individu fait face à une balance décisionnelle entre les avantages et les inconvénients de l'exercice et il pourra ainsi progresser au fur et à mesure qu'il augmentera son sentiment d'auto-efficacité envers l'activité physique (Dishman et al., 2010). Cette approche a été évaluée auprès de 70 patients diabétiques de type II initialement inactifs (Kirk et al., 2004b). Tous les participants recevaient régulièrement de l'information sur les bienfaits de l'activité physique pendant un an. Le stade de changement était déterminé par questionnaire et les participants du groupe expérimental recevaient des consultations téléphoniques personnalisées et adaptées à leur stade. Après un an, le groupe expérimental a démontré une grande amélioration par rapport aux stades de changement de comportements et une augmentation de l'activité physique hebdomadaire (mesurée par accélérométrie). Un point important est que les changements apportés par ce groupe au cours des six premiers mois (Kirk et al., 2004a) étaient généralement maintenus après 12 mois. Bien que les deux groupes reçussent la même information sur l'activité physique, le groupe contrôle a diminué son niveau de pratique. Par ailleurs, le groupe expérimental présentait aussi une amélioration du contrôle de la glycémie et du profil de risque cardiovasculaire. Ceci suggère que le simple fait de fournir de l'information ne soit pas suffisant pour engendrer un changement réel du comportement.

Alors que la théorie de l'entrevue motivationnelle a été développée séparément, cliniquement, elle est très compatible avec la théorie sociale cognitive et le modèle transthéorique. Cette approche conceptualisée par Miller et Rollnick (2002) est une technique de counseling visant à rehausser la motivation intrinsèque du patient dans l'adoption de bonnes habitudes de vie (Miller et Rollnick, 2002). Elle est particulièrement adaptée dans les situations où la personne est ambivalente face à un changement de comportement. La discussion s'appuie sur la perception et les valeurs du patient de sorte qu'il soit en mesure de lui-même trouver les solutions et de développer son autonomie. Dans une étude randomisée avec 60 patients atteints d'insuffisance cardiaque, l'utilisation de l'entrevue motivationnelle a démontré de meilleurs résultats sur la pratique d'activité physique et la qualité de vie (Brodie et al., 2008). Post-AVC, l'utilisation de l'entrevue motivationnelle a permis d'améliorer l'adhésion à la médication des patients grâce à quatre sessions de discussion réparties sur un an (Barker-Collo et al., 2015).

Bien que l'activité physique présente d'innombrables bénéfices, il est connu que la majorité des survivants d'AVC sont très peu actifs physiquement (Tieges et al., 2015). Saunders et al. (2014) expliquent ce haut niveau de sédentarité par le fait que les patients se retrouvent dans un cercle vicieux de déconditionnement. L'AVC entraîne des limitations physiques diminuant les activités au quotidien entraînant la sédentarité qui augmente les incapacités (diminution de la capacité cardiorespiratoire, augmentation de la fatigabilité, atrophie musculaire, ostéoporose) qui limitent davantage la participation aux activités (Saunders et al., 2014). D'ailleurs, ce cercle de déconditionnement est susceptible de réduire le sentiment d'auto-efficacité, de limiter les interactions sociales, d'entraîner l'isolement et d'avoir un impact négatif sur la santé psychologique (Billinger et al., 2014). Dans la phase chronique de la maladie, des facteurs individuels peuvent nuire à l'adoption d'un mode de vie actif tels la sévérité de l'AVC, la présence de comorbidités, le niveau de motivation, la fatigue, la dépression, les dysfonctions cognitives et la capacité d'apprentissage ainsi que des facteurs sociaux et environnementaux comme le coût, le transport, l'accessibilité et le support familial. Parmi une cohorte de 83 patients six mois post-AVC, il semble que les cinq barrières les plus communes étaient : 1) le coût du programme (61 %), 2) le fait de ne pas connaître un centre de conditionnement physique dans la région (57 %), 3) le transport (57 %), 4) la méconnaissance de la façon de

s'entraîner (46 %) et 5) le fait de ne pas savoir où s'entraîner (44 %) (Rimmer et al., 2008). Les barrières les moins communes étaient : 1) le manque d'intérêt (16 %), 2) le manque de temps (11 %) et 3) la pensée que l'exercice pourrait dégrader leur condition (1 %). Étonnamment, bien que le manque de temps soit toujours un des principaux obstacles chez les adultes sans incapacité, ce facteur ne semble pas être limitant post-AVC. Chez les personnes âgées en santé, les préférences en matière d'exercice incluent la qualité de l'instructeur, la proximité du lieu, le faible coût, l'âge similaire des autres participants ainsi que l'aspect social de l'activité (Cohen-Mansfield et al., 2004). Comme les préférences d'exercice varient en fonction des différentes situations de vie et selon les populations, une équipe australienne a voulu évaluer cet aspect chez des survivants d'AVC entre six mois et quatre ans après l'évènement (Banks et al., 2012). Dans cette étude, 23 participants ayant été victime d'un AVC et 41 participants contrôles en santé ont répondu à un questionnaire sur les préférences en matière d'activité physique. Parmi les cinq facteurs évalués par le questionnaire (groupe, structure, indépendance, lieu et intensité), quatre différaient significativement entre les deux groupes. Les participants avec AVC accordaient plus d'importance aux exercices en groupe, avaient une préférence pour un programme plus structuré avec plus d'encadrement et préféraient un lieu comme un centre d'entraînement. Le questionnaire a aussi permis de mettre en lumière les différences entre les groupes au niveau des barrières à la pratique d'activité physique. Alors que les personnes âgées en santé évoquent principalement le manque de temps et de motivation, les survivants d'AVC mentionnent les contraintes de la douleur et de la fatigue. Les éléments appréciés étaient similaires chez tous les groupes soient l'accent sur les bénéfices santé, l'amélioration de la condition physique et le sentiment de bien-être associé à la pratique d'activité physique. Ces résultats permettent de mieux orienter les interventions auprès de cette clientèle et d'optimiser les résultats et l'adhésion au programme. Les préférences relevées sont semblables à celles chez les patients en réadaptation cardiaque démontrant une importance de prendre part à un groupe d'exercice et le besoin d'avoir des interventions personnalisées avec le professionnel (Ruland et Moore, 2001). Une revue systématique de 2013 n'a identifié que six articles regroupant 174 participants s'intéressant aux barrières perçues par les victimes d'AVC à l'activité physique (Nicholson et al., 2013). Les facteurs physiques, environnementaux et psychologiques y ont été évalués (de façon quantitative et

qualitative). Les barrières les plus fréquemment rapportées étaient de nature environnementale (accès, transport, coût), les problèmes de santé et les limitations engendrées par l'AVC, la gêne et la peur d'une récurrence d'AVC. De plus, le manque de connaissances par rapport à comment et où faire de l'exercice a aussi été rapporté. Parmi les participants, 36 % ne croyaient pas que l'activité physique pouvait aider leur condition. Par ailleurs, le facteur le plus motivant apparaît être la possibilité de rencontrer d'autres gens ayant vécu un AVC. Les groupes d'exercice sont encore un élément motivant ainsi que l'accès à un professionnel pour les guider. De plus, le désir d'effectuer des tâches quotidiennes normalement est rapporté comme un point important pour les participants. Resnick et al. (2008) ont évalué de façon qualitative les éléments motivant la pratique de l'exercice auprès de 29 survivants d'AVC ayant participé à une étude de six mois sur l'effet d'un entraînement sur tapis roulant trois fois par semaine dans la phase chronique de la maladie (Resnick et al., 2008). Les aspects les plus souvent mentionnés par les participants étaient en lien avec les bénéfices psychologiques et physiques associés à l'exercice. Ils ont rapporté être fortement axés sur l'objectif de regagner les fonctions perdues et de reprendre les activités antérieures. Le fait de pouvoir constater l'amélioration progressive du temps de marche et de la vitesse était aussi une importante source de motivation. Bien que le programme fût orienté sur les fonctions ambulatrices et la condition cardiovasculaire, les participants ont aussi constaté des améliorations motivantes par rapport à l'équilibre, l'humeur, les capacités dans l'entretien ménager et les habiletés à conduire suggérant une amélioration du bien-être et de la qualité de vie. Les chercheurs mentionnent que tous ces éléments sont en lien avec le sentiment d'auto-efficacité. De plus, un autre élément clé dans la motivation a été le support social. Bien qu'il s'agissait d'interventions individuelles, les participants pouvaient voir les autres s'entraîner en même temps et certains partageaient le transport de sorte que des relations amicales se sont développées au cours de l'étude. Dans une revue de la littérature, Morris et al. (2011) ont évalué le rôle des facteurs psychologiques et sociaux dans la pratique et le maintien de l'activité physique post-AVC (Morris et al., 2012). Les croyances envers l'activité physique, l'auto-efficacité et le support social paraissent comme des aspects importants pour cette population. Les auteurs soulignent que l'utilisation du modèle transthéorique serait appropriée pour développer des

interventions et que malheureusement, cet aspect est très rarement abordé dans les études portant sur l'exercice post-AVC.

Brown et al. (2014) ont évalué si le fait de participer à un programme d'exercice aérobie durant la période réadaptation entraînait une augmentation de l'activité physique six mois après le retour en communauté. Contrairement aux hypothèses des chercheurs, les patients ayant participé au programme ne semblaient pas être plus actifs physiquement (évaluation par questionnaire) que ceux qui n'avaient pas fait le programme. Toutefois, il faut noter que les participants du groupe exercice ont fait en moyenne moins de six sessions avec une moyenne de seulement 17 minutes à 55 % de la FC maximale. Le volume et l'intensité n'étaient vraisemblablement pas suffisants pour entraîner des modifications comportementales. Par ailleurs, les auteurs suggèrent que les participants ne se sentaient probablement pas confiants de continuer le programme sans le professionnel de la santé. Par conséquent, les participants voyaient l'exercice comme quelque chose nécessitant une supervision par un professionnel et non quelque chose qu'ils pouvaient faire d'eux-mêmes. Il s'agit, en effet, d'une des barrières amenées par l'équipe de Rimmer (2008) (Rimmer et al., 2008). D'autre part, le programme nécessitait du matériel n'étant pas à la disposition des patients et ces derniers n'ont pas été préparés à devenir indépendants dans cette pratique. Toutes ces observations ne correspondent pas à développer l'auto-efficacité des patients face à l'activité physique. La prescription d'activité physique post-AVC devrait prendre en considération les éléments suivants : la tolérance du patient, le stade de la récupération, l'environnement, la disponibilité du support social, les préférences en matière d'activité physique ainsi que les restrictions à la participation (Billinger et al., 2014). Les éléments critiques (le nombre de séances, le mode d'intervention et le type de suivi) d'un programme d'exercices idéal ne sont pas encore déterminés. Toutefois, il s'avère qu'un système plaçant le patient responsable de ses comportements de santé tel que discuté précédemment serait prometteur. C'est ce que Sims et al. (2009) ont tenté de faire en utilisant un modèle de soins intégrés en prévention secondaire de l'AVC (ICARUSS) (Sims et al., 2009). Le projet ICARUSS est une étude randomisée multicentrique dans laquelle 1000 patients avec un premier AVC récent (moins de trois mois) ou une ICT ont été recrutés. Les patients du groupe contrôle participaient à une évaluation (NIHSS, qualité de vie, aphasie, fonctions cognitives et sociales et facteurs de risque cardiovasculaires) à

l'entrée dans l'étude ainsi que 12 mois plus tard. Pour le groupe expérimental, en plus de ces évaluations, le médecin de famille devait s'engager à faire une évaluation et un suivi des facteurs de risque et du risque de dépression tous les trois mois ainsi que fournir des références au patient pour la gestion des facteurs de risque. Ces participants recevaient également des documents d'informations et de recommandations sur les facteurs de risque aux trois mois ainsi qu'un journal de bord pour noter leur pression artérielle et leurs activités physiques. Finalement, ceux-ci avaient un suivi téléphonique avec le coordonnateur de l'étude tous les trois mois où la distance et la fréquence de marche étaient notées ainsi que la consommation d'alcool et de tabac en plus de données qualitatives comme les problèmes sociaux et le suivi avec les professionnels. Les résultats pilotes (186 patients) ont démontré un impact positif du programme ICARUSS sur la pression artérielle systolique tandis que celle du groupe contrôle avait augmenté. Le groupe expérimental a aussi vu une amélioration de l'indice de masse corporelle et une augmentation de l'activité physique hebdomadaire (Joubert et al., 2009). Les auteurs soulignent que la gestion des facteurs de risque représente un défi lorsque les patients retournent en communauté et que les deux tiers des AVC ischémiques seraient attribués à cinq facteurs de risque : hypertension artérielle, fibrillation auriculaire, dyslipidémies, diabète de type II et tabagisme (Joubert et al., 2015). Le modèle ICARUSS semble répondre aux besoins de fournir davantage d'éducation aux patients de manière à les rendre plus responsables de leur santé en plus de promouvoir la communication entre les spécialistes. Mansfield et al. (2016) ont étudié la faisabilité d'un nouveau programme de soins implanté en Ontario sur des patients ayant été victimes d'un AVC (Mansfield et al., 2016). Le programme PROPEL (*Promoting Optima Physical Exercise for Life*) vise à donner au patient les connaissances, les habiletés et l'auto-efficacité nécessaires pour demeurer actifs après la phase de réadaptation. Ce programme comprend des entraînements de type aérobie supervisés et individualisés en groupe trois fois par semaine durant six semaines en deux modules; pendant l'hospitalisation et après. Les rencontres de groupe sont basées sur les principes du modèle transthéorique et de la théorie sociale cognitive dans le but d'augmenter l'auto-efficacité en profitant des expériences des autres, en discutant des perceptions négatives et en agissant comme élément motivateur. De plus, le professionnel enseigne au participant à s'entraîner éventuellement seul en mettant l'accent sur le sentiment de sécurité et de

confiance. Après l'hospitalisation, la composante d'autogestion est mise de l'avant en plus petit groupe afin de promouvoir l'adhésion à long terme. Ces sessions incluent des discussions sur les barrières à l'activité physique et sur la recherche de solutions réalistes et individualisées pour l'incorporer dans sa routine. Les patients sont encouragés à déterminer des objectifs d'exercices à court et long terme ainsi qu'à impliquer leur médecin et leurs proches dans les démarches. Le but de cette partie est de faciliter la transition en communauté. Lors de l'évaluation de la faisabilité, les auteurs notent quelques barrières telles que le faible recrutement, les difficultés de langage de certains patients empêchant la participation aux groupes de discussion et les difficultés de transport à la suite de l'hospitalisation.

En ce qui concerne l'entraînement de type HIIT, au-delà de son effet marqué sur la condition physique (Helgerud et al., 2007), quelques études démontrent qu'il pourrait également avoir un impact positif sur l'adhésion à l'activité physique. Dans une étude sur des hommes en santé, les participants ont réalisé deux protocoles d'entraînement aérobic en course à pied; soit un avec HIIT et l'autre en continu à intensité moyenne (50 minutes dans les deux cas) (Bartlett et al., 2011). Les résultats montrent que les participants ont perçu le programme HIIT comme étant significativement plus plaisant que l'exercice continu, et ce, bien que la perception de l'effort fût plus élevée. Les participants de l'étude de Wisloff et al. (2007) suggèrent que cet effet serait dû aux variations qui rendent l'activité moins « ennuyante » (Wisloff et al., 2007). Bartlett et al. concluent que le plaisir de ce type d'entraînement pourrait être une stratégie pour augmenter l'adhésion à long terme (Bartlett et al., 2011). C'est ce qu'a étudié Aamot et al. (2015) dans une étude randomisée multicentrique en réadaptation cardiaque avec un suivi d'un an (Aamot et al., 2015; Aamot et al., 2014). Un an après l'intervention, la capacité cardiorespiratoire des patients était plus faible par rapport à la fin du programme, mais plus élevée qu'au départ. De plus, les participants ont démontré un haut niveau d'adhésion et la majorité respectait les recommandations de plus de 30 minutes par jour d'exercice évalué par accélérométrie. Similairement, Moholdt et al. (2011) ont évalué l'effet d'un entraînement de type HIIT sur tapis roulant après un infarctus du myocarde comparativement aux soins standards comprenant un exercice en continu à intensité moyenne (Moholdt et al., 2011). L'évaluation des facteurs de risque a été réalisée au début, à la fin de l'intervention de 12

semaines, après six mois et après 30 mois. Après l'intervention et lors des suivis, la capacité cardiorespiratoire du groupe HIIT était plus élevée que le groupe continu. La mesure à 30 mois du groupe entraîné par HIIT était similaire à celle du départ tandis qu'elle avait chuté pour le groupe en continu. De plus, à cette évaluation, 82 % des participants du groupe HIIT et 58 % de ceux en continu rapportaient s'entraîner au moins deux fois par semaine. La différence entre les groupes après 30 mois est expliquée par 1) la plus grande augmentation de la condition physique engendrée par le programme HIIT et 2) par le ralentissement du déclin dû à une meilleure adhésion.

CHAPITRE III – MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre situe le contexte de recherche et présente les principaux éléments de méthodologie de la recherche. Il permet d'introduire les quatre études constituant le cœur de cette thèse. Un portrait global de chacune de leur méthodologie est inclus et les détails se retrouvent dans les quatre prochains chapitres dans leur article respectif. Le chapitre sera conclu par les considérations éthiques de la recherche.

3.1 Le cœur de la recherche : un programme d'exercice incluant le HIIT

L'ensemble de cette thèse porte sur l'inclusion de l'entraînement de type HIIT dans la phase chronique de la maladie chez les survivants d'AVC ischémique ou d'ICT. Dans la trajectoire de soins de l'AVC utilisée au Québec (figure 5, chapitre 1), ce programme d'exercice prend place dans la phase de réintégration et de maintien dans la communauté où il semble y avoir une lacune au niveau de la prise en charge des patients en prévention secondaire selon le dernier rapport de comité d'experts (Richards, 2013). Par le biais de cette recherche clinique, nous souhaitons répondre à un besoin réel des victimes d'AVC dans la région. Toute cette recherche s'est déroulée à Trois-Rivières, Québec, Canada où aucun programme d'activité physique aérobie adapté à un contexte clinique post-AVC n'est offert à cette clientèle dans la phase chronique de la maladie. L'appel à la participation ciblait principalement la population de Trois-Rivières, mais également les municipalités avoisinantes dans le cas où les participants étaient en mesure de se déplacer.

Toujours dans un objectif de rendre cette recherche très clinique et de favoriser l'adhésion à long terme à la pratique d'activité physique, nous avons choisi d'utiliser une intervention combinant le HIIT et le MICT. En effet, pour rendre un patient autonome, il doit être en mesure de réaliser l'exercice seul à partir de son domicile et le MICT représente une modalité plus accessible pour la majorité des patients. Toutefois, lorsque la supervision est possible, l'utilisation du HIIT pourrait permettre des bénéfices physiologiques supérieurs tel qu'observé avec d'autres populations. Ainsi, l'objectif général ne vise pas à

comparer directement les deux modalités d'entraînement, mais bien à voir l'intérêt et/ou la valeur ajoutée d'inclure le HIIT dans un programme d'exercice complet.

3.2 La posture de recherche

Notre recherche s'inscrit dans le cadre d'une intervention complexe en raison de la nature du programme d'exercice lui-même, du nombre de variables évaluées, du changement de comportement attendu des participants, de l'expertise et des habiletés nécessaires des cliniciens réalisant les interventions, de la flexibilité du programme ainsi que la quantité de ressources matérielles et personnelles nécessaires pour réaliser les évaluations et les suivis. Ainsi, l'attention n'est pas portée uniquement sur la méthodologie de l'intervention, mais également sur les conditions nécessaires à la mise en œuvre, les ressources essentielles à l'atteinte des objectifs, la perception de l'expérience des participants ainsi que la faisabilité de l'intervention. On peut ainsi percevoir chaque élément comme faisant partie d'un système plus global (Hawe et al., 2009). Il est important de rappeler qu'une intervention complexe est très dépendante du contexte dans lequel elle est réalisée (Booth et al., 2019). Dans le cas de notre recherche, certains éléments clés de la réussite de l'intervention incluent le milieu physique des suivis, les habiletés des cliniciens à accompagner le changement de comportement ou encore la collaboration avec le milieu hospitalier et le référencement des patients. En suivant le cadre théorique du MRC portant sur le développement et l'évaluation d'une intervention complexe présenté à la figure 8 du chapitre 1 (Skivington et al., 2021) et en l'adaptant à notre objectif et à notre contexte de recherche, nous avons obtenu le modèle présenté à la figure 11. Les quatre études présentées dans cette thèse sont illustrées dans ce modèle.

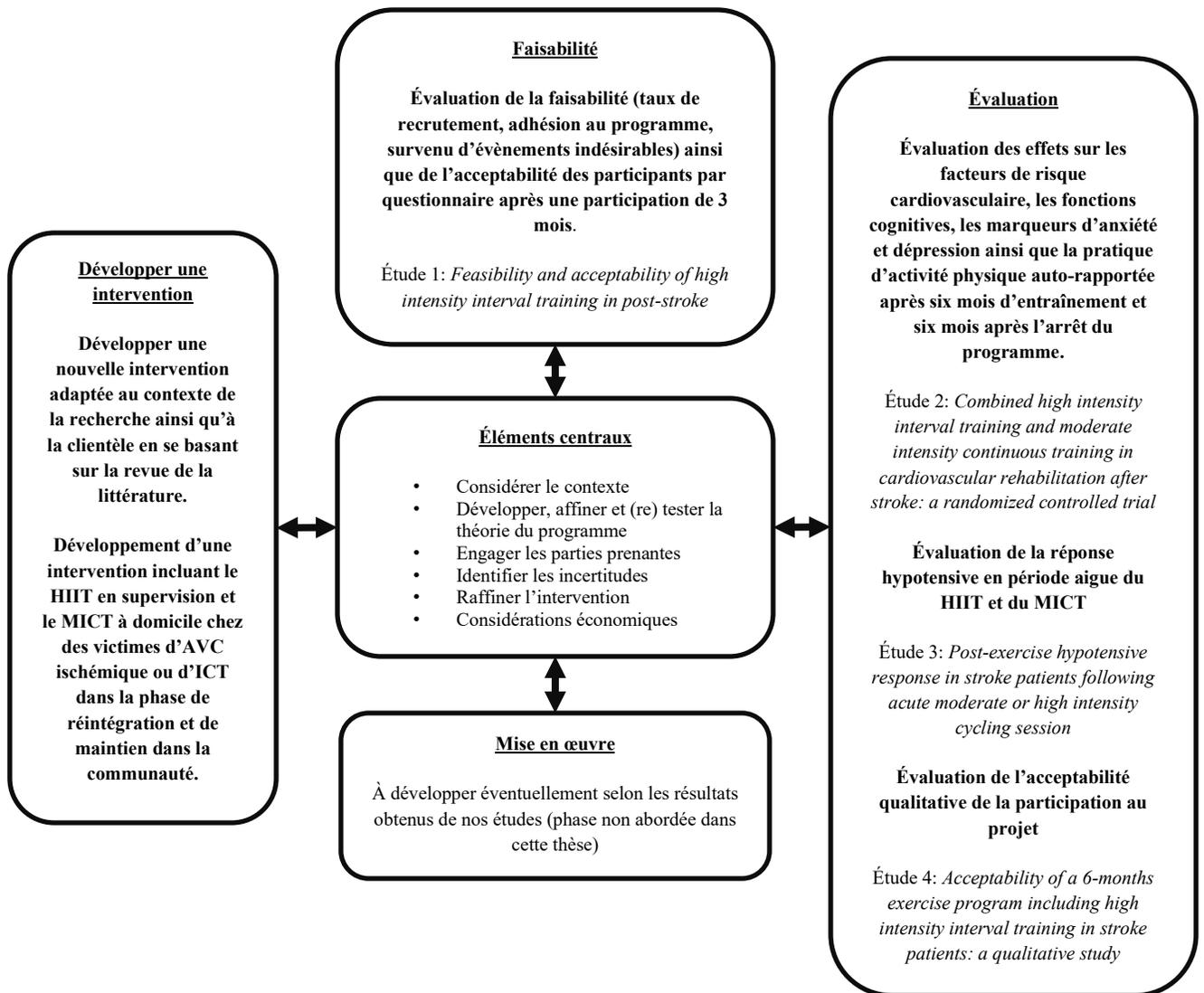


Figure 11. Modèle du développement de notre recherche basé sur le cadre théorique du développement d'une intervention complexe.

Adaptée à notre recherche selon le modèle de Skivington et al. (2021)

Tel que présenté dans la figure 11, la recherche présentée dans le cadre de cette thèse doctorale touche principalement trois étapes du cadre théorique proposé par le MRC soit 1) le développement d'une intervention, 2) la faisabilité et 3) l'évaluation. Ainsi, la première étape représente la revue de la littérature telle que présentée dans le chapitre précédant. Ces assises théoriques ont permis d'arriver à l'élaboration du programme

d'entraînement expérimental. L'étape de la faisabilité a été réalisée à l'aide d'une étude pilote de 12 semaines (étude 1). Ces résultats nous ont ensuite permis d'ajuster et d'améliorer le protocole d'exercice et de recherche selon le contexte pour développer l'étape de l'évaluation du cadre théorique. Dans cette étape, une étude contrôlée randomisée a permis d'évaluer l'effet de l'intervention, soit le programme d'exercice combinant HIIT et MICT, sur des variables cliniques (étude 2). Une autre étude a permis d'évaluer la réponse hypotensive aiguë d'un entraînement HIIT et d'un entraînement MICT (étude 3). Finalement, l'acceptabilité des participants en regard du programme d'exercice expérimental a été évaluée (étude 4). Ainsi, trois de nos études prennent part dans l'étape d'évaluation du cadre théorique du MRC. La dernière étape de ce cadre théorique, soit la mise en œuvre, n'est pas abordée dans cette thèse.

3.3 Les étapes de la recherche

Dans cette section, les grandes lignes de la méthodologie sont présentées pour chacune des études. Les détails de chaque projet se retrouvent à l'intérieur des articles respectifs dans les chapitres quatre, cinq, six et sept.

3.3.1 Étude I – Faisabilité et acceptabilité

Questions de recherche :

- 1) Quelle est la faisabilité et l'acceptabilité d'un programme de 12 semaines combinant des séances HIIT sous supervision clinique et des séances MICT à domicile durant la phase chronique de la maladie cérébrovasculaire ischémique?
- 2) Quel type de récupération (passive ou active) durant le HIIT entraînera la meilleure acceptabilité chez ces patients?

Hypothèse de recherche :

- 1) Le programme développé présentera une bonne faisabilité et acceptabilité.
- 2) La récupération passive sera mieux tolérée par les participants.

Pour donner suite à la recension de la littérature, la deuxième étape a été de concevoir un projet pilote ayant comme objectif d'évaluer la faisabilité et l'acceptabilité d'un programme de 12 semaines comprenant une combinaison de HIIT et de MICT avec des participants ayant subi un AVC ischémique ou une ICT. L'objectif secondaire était de comparer l'acceptabilité de la récupération active et passive durant les intervalles d'exercice HIIT. Cet objectif se voulait une démarche pour permettre de raffiner l'intervention et/ou adapter le protocole qui sera utilisé pour la prochaine étape de la recherche. Pour ce faire, nous avons eu recours à une méthodologie expérimentale avec un seul groupe avec un suivi pré et post-intervention. Un protocole en chassé-croisé a été utilisée afin de comparer les deux types de récupération. Bien que le protocole de cette étude pilote ne visait pas à déceler des changements au niveau des facteurs de risque cardiovasculaire, ceux-ci ont tout de même été mesurés avant et après le programme d'exercice dans l'objectif d'évaluer la faisabilité de les inclure dans un protocole de recherche sur le terrain (collaboration avec les milieux externes, collaboration interdisciplinaire des différents intervenants, délais de temps requis pour les évaluations, matériels nécessaires, coûts, etc.). Ainsi, en faisant la lecture de ce projet, il est nécessaire de le percevoir comme une étape préliminaire essentielle dans le développement d'une intervention plus complexe.

Les participants de cette première étude ont été recrutés en 2016. Les gens ciblés devaient avoir plus de 40 ans et avoir été victimes d'un AVC ischémique ou d'une ICT. Afin d'inscrire notre recherche dans la phase de réintégration et de maintien dans la communauté, les participants ne devaient pas suivre un programme de réadaptation au même moment. En revanche, aucun délai de temps minimum ou maximum n'était exigé afin de pouvoir offrir le programme au plus grand nombre de personne ayant subi un AVC possible comme nous l'aurions souhaité dans un contexte clinique. Une évaluation clinique ainsi qu'un test d'effort permettant d'évaluer la capacité cardiorespiratoire étaient réalisés initialement. Les valeurs de puissance maximale obtenues lors du test étaient

particulièrement importantes pour déterminer les intensités à cibler lors du programme d'exercice. Les protocoles utilisés pour ces évaluations se retrouvent en intégralité dans l'article 1. Le programme se déroulait sur 12 semaines et incluait quatre séances d'exercice de type aérobie par semaine incluant le HIIT en supervision clinique et le MICT qui devait être réalisé à domicile. Une progression dans le programme permettait d'accompagner les participants de façon plus rapprochée au départ (3 séances supervisées par semaine) pour terminer avec une pratique plus autonome en fin de programme (1 séance supervisée par semaine). Les détails de cette progression de retrouve dans l'article 1 et le suivi des participants était réalisé à l'aide d'un journal de recherche (voir Annexe A).

Les entraînements supervisés de type HIIT étaient réalisés sur ergocycle. Bien que la plupart des recherches répertoriées dans la littérature à ce moment soutenaient l'utilisation du tapis roulant pour son aspect plus fonctionnel au quotidien (Askim et al., 2014; Gjellesvik et al., 2012), notre choix d'utiliser l'ergocycle reposait sur l'objectif clinique d'inclure le plus de participants possible, dont les personnes présentant des difficultés d'équilibre ou des limitations ambulatoires dues à une hémiplégie ou au port d'orthèse. Ainsi, même les personnes utilisant un outil d'aide à la marche au quotidien étaient en mesure de participer au programme. Les entraînements HIIT comprenaient une alternance d'efforts à 95 % de la puissance maximale obtenue au test et de récupérations actives (40 % de la puissance maximale) ou passives. Les entraînements de type MICT étaient réalisés à domicile selon la modalité choisie par le participant (exemple : marche, natation, danse ou bicyclette). Les détails des séances d'entraînement sont présentés dans l'article 1.

La faisabilité de ce projet a été évaluée en se basant sur trois aspects; l'adhésion au protocole d'entraînement, le taux de recrutement ainsi que la survenue potentielle d'événements indésirables. L'adhésion fait ici référence à ce qui a été réalisé par rapport à ce qui était attendu dans le protocole. L'évaluation de l'acceptabilité a été basée sur les cinq indicateurs suggérés par Sidani et Braden (2011) permettant de décrire l'expérience du participant. Le questionnaire développé se retrouve à l'Annexe B.

3.3.2 Étude II – Étude contrôlée randomisée

Questions de recherche :

- 1) Quels sont les effets d'un programme d'entraînement de six mois combinant des séances HIIT sous supervision clinique et des séances MICT à domicile sur la capacité cardiorespiratoire (variable principale), la pratique d'activité physique auto-rapportée, les facteurs de risque cardiovasculaire, les fonctions cognitives, les marqueurs d'anxiété et dépression et la capacité fonctionnelle chez des personnes ayant vécu un AVC ischémique ou un ICT dans la phase chronique de la maladie en comparaison avec un programme comprenant seulement du MICT et un groupe contrôle?
- 2) Est-ce que les effets persistent six mois après l'arrêt du programme?
- 3) Quelle est l'acceptabilité pour les deux types de programmes d'exercice?

Hypothèses de recherche :

- 1) Les deux programmes auront un effet bénéfique comparativement au groupe contrôle, mais le programme combiné comprenant du HIIT aura un effet légèrement supérieur sur la capacité cardiorespiratoire ainsi que sur les variables secondaires comparativement au programme comprenant seulement du MICT en raison d'une plus grande stimulation cardiovasculaire.
- 2) Les effets des deux programmes diminueront jusqu'à six mois à la suite de l'arrêt de l'intervention, mais demeureront plus élevés que lors de l'évaluation initiale comparativement au groupe contrôle.
- 3) Les deux programmes d'exercice présenteront une acceptabilité favorable.

Notre deuxième étude représente l'élément majeur de cette thèse. En se basant, sur les résultats de l'étude pilote ainsi que sur notre expérience lors de cette première phase, nous avons été en mesure de bâtir un protocole d'exercice complexe permettant de comparer les effets sur la capacité cardiorespiratoire d'un programme d'exercice de 6 mois

comprenant soit une prescription d'exercice standard (MICT) ou une combinaison de MICT et HIIT ainsi qu'un groupe contrôle (intervention usuelle) chez des personnes victimes d'AVC ischémique ou d'ICT. Ces effets étaient évalués à la fin du programme ainsi que six mois plus tard. La variable primaire était la capacité cardiorespiratoire. Les variables secondaires évaluées comprenaient les autres facteurs de risque cardiovasculaire modifiables, la pratique d'activité physique auto-rapportée, le niveau fonctionnel, les marqueurs d'anxiété et dépression ainsi que les fonctions cognitives. De plus, nous avons comme objectif secondaire d'évaluer l'acceptabilité des programmes d'entraînement. Pour ce faire, une étude contrôlée randomisée incluant un suivi d'un an a été utilisée. Ainsi, les participants ont été répartis de façon aléatoire dans chacun des trois groupes contrôlés selon l'âge, le sexe et le diagnostic (AVC ou ICT). Les participants ont été recrutés entre janvier et juillet 2018 et le suivi s'est terminé en juillet 2019. Les critères de sélection des participants étaient très semblables à ceux de l'étude 1 et ciblaient les personnes ayant été victimes d'un AVC ischémique ou d'une ICT (plus de trois mois après l'évènement, mais sans limites de temps maximale) et ne participant pas déjà à un programme de réadaptation. Encore une fois, nous avons comme objectif de rendre le programme accessible au plus grand nombre de gens possible et de le rendre transférable en milieux cliniques par la suite.

Les évaluations des variables primaires et secondaires ont été réalisées avant le début de l'intervention, après le programme de 6 mois, ainsi que 6 mois après son arrêt pour vérifier le maintien des acquis dans le temps. Les détails quant aux protocoles des différents tests se retrouvent dans l'article 2 et les suivis des participants étaient réalisés à l'aide d'un journal de recherche (voir Annexe C).

En se basant sur les résultats de l'étude 1, les protocoles d'entraînement ont été définis. Le programme combiné comprenait des entraînements de type HIIT en supervision clinique ainsi que des séances MICT qui devaient être réalisées à domicile. Tel que développé dans l'étude 1, le programme se voulait progressif pour diminuer graduellement le nombre d'entraînements supervisés (trois au départ et un à la fin) au fil des mois tout en augmentant ceux à domicile. Le tout dans un objectif clinique de rendre le patient autonome dans sa pratique d'activité physique. Nous avons aussi choisi de concevoir un programme HIIT qui progressait avec le temps. Les résultats d'acceptabilité des types de récupérations

de l'étude nous ont guidés dans nos choix. Ainsi, la difficulté du programme HIIT augmentait en modifiant certaines variables comme le type de récupération, le temps des périodes d'effort à intensité élevée et l'ajustement des intensités selon l'amélioration individuelle. Le temps des séances était aussi variable en fonction de la tolérance des participants. Encore une fois, le programme se voulait flexible et facilement adaptable aux besoins. Tout comme l'étude 1, les séances HIIT étaient réalisées sur ergocycle pour le rendre accessible au maximum de personnes possible. Les périodes d'intensité élevée représentaient 95 % de la puissance maximale obtenue au test d'effort cardiorespiratoire. Le choix de cette intensité reposait sur le fait que nous voulions être très près de la valeur maximale pour obtenir un maximum de bénéfices physiologiques, mais en étant un peu en dessous pour ne pas atteindre le seuil ischémique. De plus, cette intensité avait très bien été tolérée dans l'étude pilote. Pour ce qui est des entraînements MICT, ces derniers étaient réalisés à domicile selon la modalité de choix des participants. Un total de quatre séances de type aérobie était demandé chaque semaine. En ce qui concerne le programme standard MICT, quatre entraînements hebdomadaires étaient aussi demandés aux participants, mais ceux-ci ne recevaient qu'un suivi clinique par semaine. Cette séance était de type MICT réalisée sur ergocycle à 50 % de la puissance maximale obtenue au test d'effort cardiorespiratoire. Le groupe contrôle quant à lui a reçu les interventions usuelles, mais aucune intervention de la part de l'équipe de recherche. Ces participants ne faisaient que les évaluations initiales, après six mois et après 12 mois. La mesure de l'acceptabilité était évaluée par questionnaire pour les deux groupes ayant participé à des programmes d'entraînement (HIIT+ MICT et MICT seul) après la participation de six mois (voir Annexe D).

3.3.3 Étude III – Effet aigu sur la pression artérielle

Question de recherche :

- 1) Quel est l'effet d'une seule séance sur ergocycle de HIIT et de MICT sur la mesure ambulatoire de la pression artérielle dans les huit heures suivant l'exercice chez des patients ayant vécu un AVC ischémique ou une ICT?

Hypothèse de recherche :

- 1) La séance HIIT entraînera une baisse plus importante de la pression artérielle et cet effet perdurera plus longtemps après l'exercice.

Tel que présenté dans le chapitre deux, l'hypertension artérielle représente le facteur de risque le plus prévalent et touche les deux tiers des survivants d'AVC (Feigin et al., 2017) en plus d'augmenter le risque de récurrence (Boan et al., 2014). L'exercice représente une méthode non pharmacologique pour diminuer la pression artérielle dans les heures suivant l'entraînement (Carpio-Rivera et al., 2016). L'objectif de cette étude 3 était donc d'évaluer l'effet d'une seule séance MICT et d'une seule séance HIIT sur la mesure de la pression artérielle ambulatoire (MAPA) chez des patients ayant vécu un AVC ischémique ou une ICT.

Les participants ont été recrutés sous base volontaire au début de leur participation à l'étude 2. Ceux-ci ont été testés dans deux conditions expérimentales, à une semaine d'intervalle, en utilisant une méthode en chassé-croisé randomisée. Les deux conditions étaient une séance de type HIIT avec un suivi de la MAPA pendant huit heures ainsi qu'une séance de type MICT avec un suivi de la MAPA pendant huit heures. Les séances étaient réalisées le même jour de la semaine afin d'évaluer des activités quotidiennes comparables à la suite de l'entraînement et étaient réalisées le matin (entre 8h et 10h) pour évaluer la réponse de jour seulement et ne pas avoir d'influence du cycle circadien.

Les deux séances d'exercice étaient réalisées sur ergocycle et le temps d'effort était calculé pour que les deux soit comparables en termes de dépense énergétique (20 minutes pour le HIIT et 23 minutes pour le MICT en plus d'un échauffement et d'un retour au calme pour chacun). La séance HIIT comprenait des périodes d'effort de 30 secondes à 95 % de la puissance maximale entrecoupés de période de récupération de 60 secondes à 40 % de la puissance maximale. La séance MICT était réalisée à 50 % de la puissance maximale.

La pression artérielle de référence représentait la moyenne de trois mesures prises au repos à une minute d'intervalle chacune avant la séance d'entraînement. Ainsi, cette donnée servait de point de départ pour mesurer l'effet de l'entraînement directement après l'exercice et durant les heures suivantes. La MAPA était évaluée toutes les 30 minutes dans

les huit heures suivant l'exercice et il était demandé aux participants de poursuivre leurs activités quotidiennes habituelles tout en remplissant un journal de suivi des activités (voir Annexe E). Les détails méthodologiques se retrouvent dans l'article 3 présenté au chapitre 7.

3.3.4 Étude IV – Acceptabilité qualitative

Question de recherche :

- 1) Quelle est l'acceptabilité de notre programme de 6 mois comprenant du HIIT et du MICT développé à l'étude 2 chez des patients ayant vécu un AVC ischémique ou une ICT?

Hypothèse de recherche :

- 1) Les participants démontreront une acceptabilité favorable.

Afin de conclure ce processus de développement d'une intervention complexe, la dernière étape consistait à évaluer l'acceptabilité du programme combiné HIIT et MICT de six mois de façon qualitative. Ainsi, cette étape cruciale nous apparaissait nécessaire dans un objectif de transférabilité du projet en milieu clinique. Considérant que les préférences et perceptions du patient doivent faire partie intégrante d'un programme pour permettre l'engagement et la durabilité, ce dernier allait nous permettre d'améliorer davantage l'intervention développée. Pour ce faire, une étude qualitative descriptive avec entrevue semi-structurée individuelle a été réalisée (voir Annexe F). Par l'utilisation de cette méthodologie, nous voulions nous attarder à trois principales composantes du cadre théorique d'acceptabilité développé par Sekhon et al., (2017) : l'attitude affective (comment l'individu se sent par rapport à l'intervention), l'efficacité perçue (la mesure dans laquelle l'intervention est perçue comme susceptible d'atteindre son objectif) et la cohérence d'intervention (l'impact perçu de l'intervention par l'individu) (Sekhon, Cartwright et Francis, 2017).

Les participants de cette étude qualitative représentaient un échantillon de convenance recruté sur base volontaire six mois après leur participation au groupe HIIT et MICT de l'étude 2. Ce délai post-intervention nous permettait d'évaluer si les bénéfices perçus perduraient dans le temps après l'arrêt du programme.

L'étude de cas avec une approche générale inductive a guidé l'analyse des données. L'étude de cas représente une approche sensible aux phénomènes humains et leurs complexités en plus de permettre une description méticuleuse du cas étudié (Merriam, 1988). L'utilisation de l'approche inductive permet de générer des thèmes à partir des données sans restriction, suivi d'un raffinement des thèmes (Gale, Heath, Cameron, Rashid et Redwood, 2013). Cette méthode permet donc la liberté d'ajouter des thèmes imprévus en fonction de l'expérience des participants. Par ailleurs, nous avons privilégié une approche pragmatique permettant de focuser sur les retombés et les solutions aux problèmes (Creswell, 2013).

3.4 Considérations éthiques

Chacun des projets de recherche a reçu l'approbation éthique de deux comités, soit celui de l'Université du Québec à Trois-Rivières (voir Annexes G et H) ainsi que celui du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (voir Annexes I et J). Tous les participants de chacun des projets ont signé un formulaire d'information et de consentement éthique (voir Annexes K, L et M). Par le biais de ce formulaire, les participants ont été informés des objectifs, du déroulement de la recherche, des avantages et des inconvénients potentiels, des modalités de participation, des mesures prises pour assurer la confidentialité des renseignements ainsi que des moyens possibles de diffusion des résultats. Toutes les précautions ont été prises afin de respecter le bien-être des participants qui demeurait toujours la priorité dans les interventions. L'attribution de numéro aux participants assurait leur anonymat en tout temps. L'ensemble des informations recueillies était conservé dans des documents classés sous clé à l'Université du Québec à Trois-Rivières ainsi que dans un ordinateur protégé par un mot de passe. Finalement, aucune compensation monétaire n'a été offerte aux participants dans

le cadre de cette recherche. Un montant pouvait être offert pour défrayer les coûts liés au stationnement lors des évaluations seulement.

3.5 Structure de présentation des résultats

Les résultats de la recherche sont présentés dans les quatre chapitres qui suivent sous forme d'articles scientifiques. L'article 1 a été publié dans le dépôt institutionnel de l'Université du Québec à Trois-Rivières (Cognitio) qui se veut un espace dédié à la collecte et à la conservation sur support numérique des résultats de la recherche scientifique réalisé par les membres de la communauté universitaire. Les trois autres articles ont été publiés dans des revues scientifiques ou soumis et en évaluation par les pairs. Ces quatre chapitres correspondent aux quatre études présentées précédemment. Trois revues scientifiques différentes ont été ciblées pour la publication des articles deux, trois et quatre en fonction de l'orientation de chacun. Tous les articles sont présentés en version anglaise avec un résumé en français.

CHAPITRE IV – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE I

Feasibility and acceptability of high intensity interval training in post-stroke patients: a pilot study

Thalia Lapointe ¹, François Trudeau ¹, Ying Tung Sia ³ and Julie Houle ²,

¹ Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

² Department of Nursing, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

³ Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec, Trois-Rivières

Corresponding author:

Julie Houle PhD, RN

Department of Nursing, Université du Québec à Trois-Rivières

3351, boul. des Forges, C.P. 500, Trois-Rivières (Québec) G8Z 4M3

Tel.: 1 800 365-0922, ext. 3474

Email: julie.houle@uqtr.ca

Cet article a été publié dans le dépôt institutionnel de l'Université du Québec à Trois-Rivières – *Cognitio* en février 2022.

Contribution des auteurs

Thalia Lapointe	Recension des écrits
	Élaboration de la méthodologie
	Coordination de l'étude
	Évaluation des participants
	Suivi et entraînement des participants
	Collecte de données
	Analyses statistiques
	Interprétation des résultats
	Rédaction et soumission de l'article
François Trudeau	Élaboration de la méthodologie
	Révision de l'article
Ying Tung Sia	Évaluation des participants
	Révision de l'article
Julie Houle	Élaboration de la méthodologie
	Évaluation des participants
	Révision de l'article

Résumé

Les patients victimes d'un AVC sont fortement déconditionnés physiquement. L'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) est efficace pour améliorer la capacité cardiorespiratoire, mais sa faisabilité chez ces patients est encore à démontrer. Cette étude visait à étudier la faisabilité et l'acceptabilité d'un programme comprenant du HIIT combiné à l'entraînement en continu à intensité moyenne (MICT) auprès d'une population victime d'un AVC ischémique ou d'une ICT et à comparer l'acceptabilité d'une récupération active par rapport à une récupération passive pendant le HIIT. Un plan de suivi pré-test-post-test à groupe unique a été utilisé avec un programme de 12 semaines comprenant 4 séances d'exercice hebdomadaires. Le HIIT était effectué sur un ergocycle et comprenait plusieurs séries de 30 secondes à 95 % de la puissance aérobie maximale (PPO) entrecoupées de 60 secondes de récupération passive ou active (40 % de la PPO). Il a été demandé aux participants d'effectuer les séances MICT à domicile. La faisabilité (taux de recrutement, respect du protocole, événements indésirables) et l'acceptabilité ont été évaluées. Dix participants (72 ± 8 ans) ont été inclus dans l'étude et sept ont terminé le programme. Le taux d'adhésion de ces participants était de 100 %. Il n'y a eu aucun événement indésirable grave au cours des 182 séances de HIIT. Tous les participants ont perçu un changement dans leur tolérance à l'effort, et la majorité (5/7) ont vu un changement dans leur capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne. Ces résultats suggèrent la faisabilité et l'acceptabilité du HIIT pour les patients victimes d'un AVC ischémique ou d'une ICT. Cette étude représente une étape préliminaire ; un essai contrôlé randomisé serait nécessaire pour évaluer l'effet du HIIT sur la santé cardiovasculaire après un AVC ou un ICT.

Mots clés : Accident cérébral vasculaire, entraînement par intervalles à haute intensité, HIIT, faisabilité, acceptabilité.

Abstract

Stroke patients are highly deconditioned. High-intensity interval training (HIIT) is effective for improving cardiorespiratory fitness (CRF), but its feasibility for these patients remains to be demonstrated. This study aimed to investigate the feasibility and acceptability of an HIIT program combined with moderate-intensity continuous exercise (MICT) among a population with ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA) and compare the acceptability of active vs. passive recovery during HIIT. A single-group, pretest-posttest follow-up design was used with a 12-week program including 4 weekly exercise sessions. HIIT was performed on an ergocycle and comprised several bouts of 30-s at 95 % of peak power output (PPO) interspersed with 60-s passive or active (40 % of PPO) recovery. Participants were asked to perform MICT sessions at home. Feasibility (recruitment rate, protocol adherence, adverse events) and acceptability were evaluated. Ten participants (72 ± 8 years) were included in the study and 7 completed the program. The rate of adherence for these participants was 100 %. There was no serious adverse event during a total of 182 HIIT sessions. All participants perceived a change in their exercise tolerance, and the majority (5/7) saw a change in their ability to perform activities of daily living. These results suggest the feasibility and acceptability of HIIT for patients with ischemic stroke or TIA. This study represents a preliminary step; a randomized controlled trial would be necessary to evaluate the effect of HIIT on cardiovascular health following a stroke or TIA.

Keywords: Stroke, high intensity interval training, HIIT, feasibility, acceptability

Introduction

Increased awareness of the signs and symptoms of stroke together with the improvement in acute care during the last decade has led to a lower mortality rate and therefore a higher number of stroke survivors (1). Annually, 15 million persons survive a stroke worldwide and two-thirds of them report significant disabilities (2). Since two-thirds of all strokes occur before the age of 70 (3), stroke survivors live longer than before with sequelae given the higher life expectancy in general and the earlier detection rate followed by improved medical care. This fact emphasizes the importance of the post-stroke rehabilitation program for improving post-stroke health and quality of life.

Furthermore, cardiovascular risk factors like dyslipidemia, hypertension, hyperglycemia and obesity are very prevalent in stroke patients and strongly associated with the development of the disease (4). Deconditioning and reduced cardiorespiratory fitness (CRF) are also prevalent among this population and may limit daily activities and increase sedentary time, which independently increases the risk of future cardiovascular events including recurrent stroke or coronary heart disease (5). Subsequent to the first event, the risk of a second stroke increases by 25 % over the following 5 years (6). Heart disease and its risk factors, moreover, are present in the majority of stroke patients (7). VO_{2peak} is the most common measure of CRF among the clinical population and represents a major modifiable risk factor for atherosclerotic diseases (8). The literature suggests that CRF in stroke patients is about half that found in age-matched sedentary controls (ranging from 8 to 22 ml $O_2/kg/min$) (9, 10).

The meta-analysis by Marsden et al. (11) demonstrates that a post-stroke physical activity intervention with an aerobic component could improve CRF by 10 % to 15 %, even with a modest dose of exercise. Moreover, such an intervention appears beneficial from weeks to many years post-stroke. Current exercise guidelines recommend continuous aerobic exercise at low to moderate intensity to enhance motor recovery and improve cardiovascular health (12). However, intensity of exercise directly correlates with CRF improvement. High-intensity interval training (HIIT) maximizes the overall time spent at high intensity and allows for maximal benefits and CRF gains at a lower volume (13, 14).

Although evidence supports the safety and effectiveness of HIIT for individuals without disabilities as well as for the clinical population (15-17), there is little research on HIIT in stroke survivors. Before studying the effect of HIIT in patients with stroke, it is relevant to ensure the feasibility and acceptability of an HIIT exercise protocol. Accordingly, the objectives of this study are twofold: first, to investigate the feasibility and acceptability of a 12-week program of HIIT combined with moderate-intensity continuous exercise (MICT) among a population with ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA), and second, to compare the acceptability of active and passive recoveries during HIIT.

Methods

Study Design

An experimental pilot study was designed to evaluate the feasibility and acceptability of a 12-week program of HIIT combined with moderate-intensity continuous exercise (MICT). A single-group, pretest-posttest follow-up design was used. To compare participants' perceptions of passive and active recoveries during HIIT, a crossover design was employed, and the training method was changed every two weeks to allow participants to do the same number of exercises for each type of recovery. After the intervention, clinical examination, feasibility and acceptability were evaluated once more. This study was approved by both the university and hospital institutional ethics committees (CER-16-226-08-02.07 and CÉR-2016-005-00), and all participants provided their written consent to participate.

Study population

Participants were recruited between June and July 2016 from neurology clinics in Trois-Rivières, Québec, Canada to form convenience samples. Inclusion criteria were: ischemic stroke or TIA with no minimal time post event; age 40 years and over; ambulatory capacity over 10 minutes with or without assistive devices as needed; no current participation in formal rehabilitation and the presence of at least one cardiovascular risk factor (e.g., hypertension, dyslipidemia, diabetes or obesity). Exclusion criteria were: TIA with isolated sensory symptoms, isolated visual changes or with isolated vertigo; presence of hemorrhage, vascular malformations, tumor, abscess or other major non-ischemic cerebral

disease; cognitive impairment limiting task comprehension; any musculoskeletal troubles that prevent physical activity practice; lower extremity claudication and all absolute contraindications to exercise testing indicated by the American College of Sports Medicine (18).

Exercise program

Prior to training, each participant performed a clinical examination to evaluate cardiovascular risk factors and a symptom-limited graded exercise test (GTX) (see below) to determine CRF and peak power output (PPO) and help determine the intensity of exercise during the program. The intervention consisted of a 12-week exercise program of four weekly aerobic sessions including HIIT performed under clinical supervision at the university kinesiology clinic and MICT sessions performed at home. Participants also received a general home-based program for strength, flexibility and balance that was explained and demonstrated during the first meeting. The program was designed to foster participants' autonomy by reducing supervision over time as shown in Figure 12.

HIIT was performed on an ergocycle and included several bouts of 30-sec at 95 % of peak power output (PPO) interspersed with 60-sec recovery. The two HIIT protocols differed only as regards type of recovery: either passive or active at 40 % of PPO. Each session included a 5-min warm-up and a 5-min cool-down at 40 % of PPO. HIIT time progressed from 20 to 40 minutes over the 12 weeks and was adjusted according to the participant's progress. During exercise, symptoms or evidence of exercise intolerance were checked (18). Heart rate was recorded continuously with a Polar FT4 monitor (Polar Electro, Finland); blood pressure was measured on the right arm manually with a sphygmomanometer (Heine GAMMA 5, Germany) both before and after exercise following 5 minutes of rest in a sitting position; and blood pressure was measured every 5 minutes. The maximal limit was set at 220 mm Hg systolic and 110 mm Hg diastolic during exercise. A drop of 20 mm Hg, or greater or lesser than the resting level, was also considered a hypotensive response requiring the cessation of exercise (18). Perceived exertion was rated at the end of each exercise session using a 10-level perceived exertion scale.

Participants were asked to perform their MICT sessions at home. MICT included 30 minutes of aerobic exercise at moderate intensity determined by participants' perceived exertion. Participants could choose their type of exercise (e.g., walking, swimming, dancing or cycling) and could divide their sessions into 10-min minimum bouts.

Feasibility and acceptability

To evaluate the feasibility of the exercise program, the following variables were measured: protocol adherence, recruitment rate and adverse events. Adherence was evaluated as a feasibility indicator based on the attendance rate of the participants at the HIIT sessions and the self-reported adherence in MICT. The number of HIIT sessions attended by each participant and the duration of each session was examined. As well, the self-reported adherence of MICT was noted at each visit. The recruitment rate was also examined based on the number of persons who accepted to participate compared with the number approached. Finally, to verify the safety of HIIT among patients with stroke and TIA, adverse events (minor or major) were also registered.

To evaluate the acceptability of the exercise program, we referred to Sidani et al. (19), who suggest describing acceptability using five indicators: appropriateness, convenience, effectiveness, risks and adherence. Acceptability was assessed with a structured individual interview (15-20 min) conducted at the end of the intervention to capture and describe participants' experience of the program. The structured interview guide developed by our team ensured that acceptability attributes were covered by the questions presented in Table 2, which also displays the acceptability indicators associated with the questions.

GTX protocol.

The GTX protocol was carried out on a semi-recumbent ergocycle with 12-lead ECG monitoring. The cadence was maintained at 60 rpm; power started at 6 watts or 16 watts (depending on participant's capacity) and increased progressively by 10 watts each minute. Blood pressure response was assessed manually with a sphygmomanometer (Hillrom, Welch Allyn Tycos, USA) every 3 minutes. Systolic blood pressure >250 mm Hg or diastolic blood pressure >115 mm Hg was considered an absolute indication for terminating the GTX (12). Test termination criteria also included volitional fatigue,

significant arrhythmia, evidence of ischemia, angina-like symptoms, a drop in systolic blood pressure of ≥ 10 mm Hg with an increase in work rate or below the value obtained on the ergocycle prior to testing, shortness of breath, wheezing or leg cramps, signs of poor perfusion, failure of heart rate to increase with increased intensity, or the participant's request to stop (18). PPO was established as the highest power maintained during 60 seconds.

Clinical evaluation.

A clinical evaluation was done prior to the intervention and during a 12-week follow-up. Each participant underwent a clinical evaluation of cardiovascular risk factors: arterial blood pressure, lipid profile, fasting blood glucose and Hb_{A1c}, anthropometric measures (height, weight and waist circumference) and daily step counts. Resting arterial blood pressure was measured with the participant in a sitting position, twice on each arm. The result was the average of the two measures taken with an automated sphygmomanometer (HEM-907XL, Omron IntelliSense, USA) based on the recommendations of the Canadian Education Hypertension Program (20). Daily step counts were assessed with an accelerometer (New Lifestyles, NL-1000) worn at the waist from morning to evening during seven consecutive days. Cognitive functions and anxiety and depression levels were assessed with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (21) and the Hospital Anxiety and Depression (HAD) (22) scales respectively.

Data analysis

Descriptive statistics including mean, standard deviation and frequency were used to report participant characteristics, recruitment issues, follow-up and results of the acceptability questionnaire.

Results

The sample was composed of 10 participants (9 men and 1 woman). Their baseline characteristics are shown in Table 1. Baseline average PPO and VO₂peak determined by GTX were 94 ± 37 W and 19.0 ± 4.7 ml O₂/kg/min respectively. VO₂peak was 22.6 ± 1.8 ml O₂/kg/min in TIA patients (n=3) compared with 17.4 ± 4.8 ml O₂/kg/min in stroke patients (n=7). Reasons to stop the test included volitional fatigue in 8 participants,

excessive systolic blood pressure response in one participant and electrical change in ECG in another participant.

Feasibility results

Of the 19 persons approached for the study, 11 agreed to participate. The two main reasons for declining were transportation issues (n = 4) and lack of interest (n=3). The 11 patients enrolled completed the GTX test; however, one participant died before beginning the intervention. The remaining 10 participants started the program and 3 withdrew during the first 2 weeks for medical reasons unrelated to the intervention. Seven participants completed the entire 12-week program and underwent the final evaluation. Recruitment and follow-up results are summarized in Figure 13.

A total of 182 HIIT sessions were completed for 90 hours of training. Each participant who completed the program had a 100 % adherence rate for HIIT (measured) and MICT (self-reported) (24 HIIT sessions and 24 MICT sessions for each). The first sessions were adapted to the level of each. Therefore, not all participants started the program with the 20-min HIIT exercise session initially planned. Two participants had initial sessions of 8 and 15 min respectively and caught up to the 20-min benchmark after 6 and 8 HIIT sessions. The only minor adverse event recorded was post-exercise hypotension in one participant, who reported lightheadedness after successful completion of an HIIT session. No other abnormal signs or symptoms occurred and no participant asked to stop exercise for any reason other than fatigue. There were no major adverse events during the 182 HIIT sessions.

Acceptability result

The acceptability questionnaire was administered at the end of the intervention to the seven participants who completed the program. Table 2 presents the results, which show that all participants perceived change in exercise tolerance and 5/7 reported changes in their ability to perform activities of daily living. Some participants reported changes in other aspects of their lifestyle (nutrition n=4, sleep n=1 and stress n=1). All participants were totally satisfied with the program and would recommend it to someone else in their situation. In the development questions, only one participant reported lack of motivation as a barrier to

participation, and none of the others mentioned barriers. Regarding the acceptability of type of recovery (resting vs. active), 6 participants found active recovery to be the most difficult, and one participant reported similar difficulty in both recovery modalities. Five participants had no preference; one preferred active and the other passive.

Discussion

This study aimed to investigate the feasibility and acceptability of a 12-week HIIT program combined with MICT among a population with ischemic stroke or TIA. Our main finding was that a program of this kind is feasible and acceptable for those who complete the exercise program. Our study also aimed to compare the acceptability of active and passive recovery. We found that participants generally perceived active recovery to be more difficult, but the majority had no preference regarding type of recovery during HIIT.

Based on the absence of major adverse events for 182 HIIT sessions and the 100 % adherence rate for participants who completed the program, these preliminary findings suggest that HIIT appears feasible for persons recovering from ischemic stroke or TIA. Other authors also demonstrate the feasibility of similar HIIT interventions with stroke patients in the subacute or chronic phases (23-25). The mode of training varies in studies including an ergometer or treadmill. The cycle ergometer was chosen in the present study because this method requires less postural control than treadmill walking; it is also a better alternative for patients with balance disabilities because it enables them to reach higher exercise intensities (26). Although the ergocycle is not as representative of functionality and daily activities as walking, we estimate that a VO_2 peak improvement could impact the ability to perform daily living activities, leading to an increase of physical activity and an increase in daily walking. Accordingly, 5/7 of the participants in our sample perceived changes in daily living activities and 3/7 of the participants saw changes in their ability to move. Contrary to other stroke studies where heart rate was used to measure exercise intensity, our study based training on percentages of PPO because of the significant number of stroke patients taking heart rate-limiting medications like beta-blockers. Three participants in our sample were taking beta-blockers. Crozier and al. (27) recently identified a total of 10 studies (5 training and 5 single-session) that investigate a form of HIIT with stroke patients. No major adverse event was reported in any of the cases. Some

authors mention that HIIT appears to be a safe approach post-stroke, but emphasize the importance of reducing the risk with preemptive medical screening, monitoring of heart rate, arterial blood pressure, rating of perceived exertion and appropriated GTX with ECG prior to training.

Furthermore, the program was genuinely appreciated by all participants, with a rating of 5/5 for satisfaction, and all would recommend it to another person in their situation. Appropriateness, convenience and effectiveness emerged as indicators of acceptability in the structured interviews. All participants perceived a change in their exercise tolerance, and some made changes in other aspects of their lifestyle. These results suggest that, for this population, HIIT intervention may potentially induce positive change regarding physical condition; however, this hypothesis has yet to be validated in a randomized control study. When participants were asked about suggestions for improving the program, three requested more social interactions through the inclusion of group exercise. Since social isolation and depression are common in these patients and tend to hinder rehabilitation (28), it would be interesting to offer this service as a complement. These observations will be considered when a randomized controlled trial protocol is developed.

Regarding recovery acceptability, a safety concern regarding passive recovery is the potential risk of post-exertion hypotension (29). In our study, no such symptom was specifically reported by participants during this phase. Also, the majority of the participants did not prefer one type of recovery to another during HIIT; they did, however, find active recovery to be the most difficult (6/7). Considering this response and the fact that active recovery may bring on fatigue more quickly (30), we suggest initiating an HIIT program with passive recovery, then continuing on with active recovery to increase the workload. An HIIT protocol of 30-sec interspersed with 60-sec rest is based on a suggestion by Boyne et al. (31).

When examining the participants' characteristics, we see that only one woman agreed to take part in the study. This observation is consistent with many researches in cardiology where women are largely underrepresented (32). The VO_2 peak of our participants (19.0 ± 4.7 ml O_2 /kg/min) was higher than average in the literature owing to the presence of 30 % TIA in our sample. However, it remains low and close to the threshold of 18.0 ml

O₂/kg/min suggested by Shephard, which leads to a loss of independence in elderly people (33). Thus, even a small improvement can have a positive impact on functionality. Although our study was not designed to check for significant changes in CRF or the cardiovascular risk factor, we noted that two participants had a lowered medication for hypertension and diabetes. Thus, we believe that a randomized control trial will lead to significant positive change in the cardiovascular risk factor.

The main limitations of this study include the small sample size and the underrepresentation of women, which limit the generalization of results. A further limitation is a possible selection bias, since the individuals who agreed to participate were more likely to be physically active. As well, the choice to use our own structured questionnaire limits comparison with other studies and standardized questionnaires. Social desirability bias can also be present in the evaluation of self-reported MICT adherence. Although the broad heterogeneity of our sample (e.g., age, time since stroke, inclusion of TIA) can be a limitation, it can also be a strength, because it better reflects the reality of stroke patients and would be more easily transferable to clinical settings. The program design that allows for a participant's autonomy over time is a further strength of this study. Finally, a key strength is the 12-week program. To our knowledge, the longest post-stroke intervention using HIIT was 8 weeks (23), and most feasibility studies include a single session only.

In conclusion, our results support the feasibility and acceptability of a 12-week HIIT program for patients with ischemic stroke or TIA. This study represents a preliminary step, and a randomized control that considers our findings will be developed to evaluate the effect of HIIT on cardiovascular health among this population.

Clinical message

High intensity interval training is feasible for patients with ischemic stroke or transient ischemic attack and could be an alternative to the standard exercise program.

Ischemic stroke and transient ischemic attack patients really appreciate high intensity interval training and perceive change in their exercise tolerance after the program.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

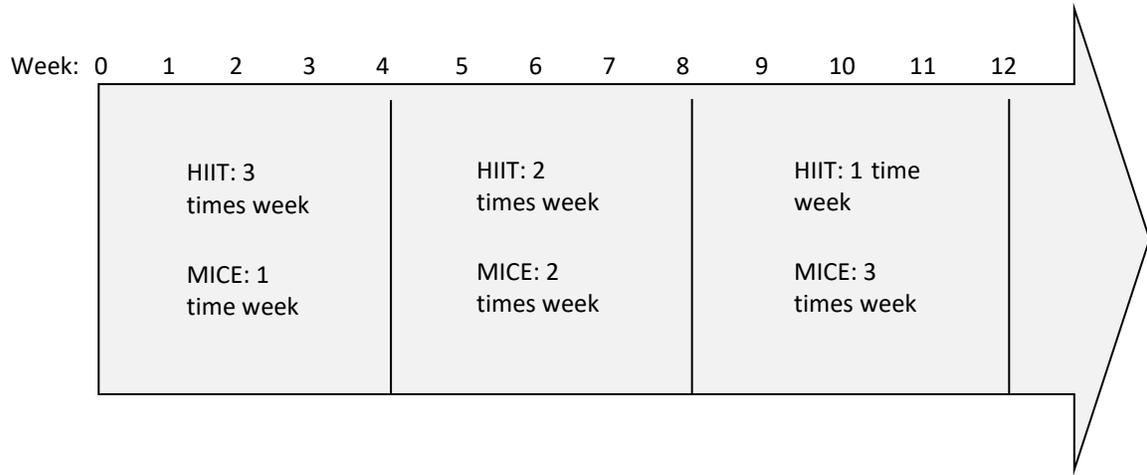


Figure 12: Aerobic program over weeks

Table 1. Participants characteristics

N=10

Variables	
Age (years)	72 ± 8
Male [n (%)]	9 (90)
Caucasian [n (%)]	10 (100)
TIA [n (%)]	3 (30)
Stroke [n (%)]	7 (70)
– Time poststroke (months)	14 ± 20
– Habitual assistive device [n (%)]	1 (10)
Baseline peak power output (W)	94 ± 37
Baseline VO ₂ peak (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	19.0 ± 4.7
Baseline daily step counts	5337 ± 3721

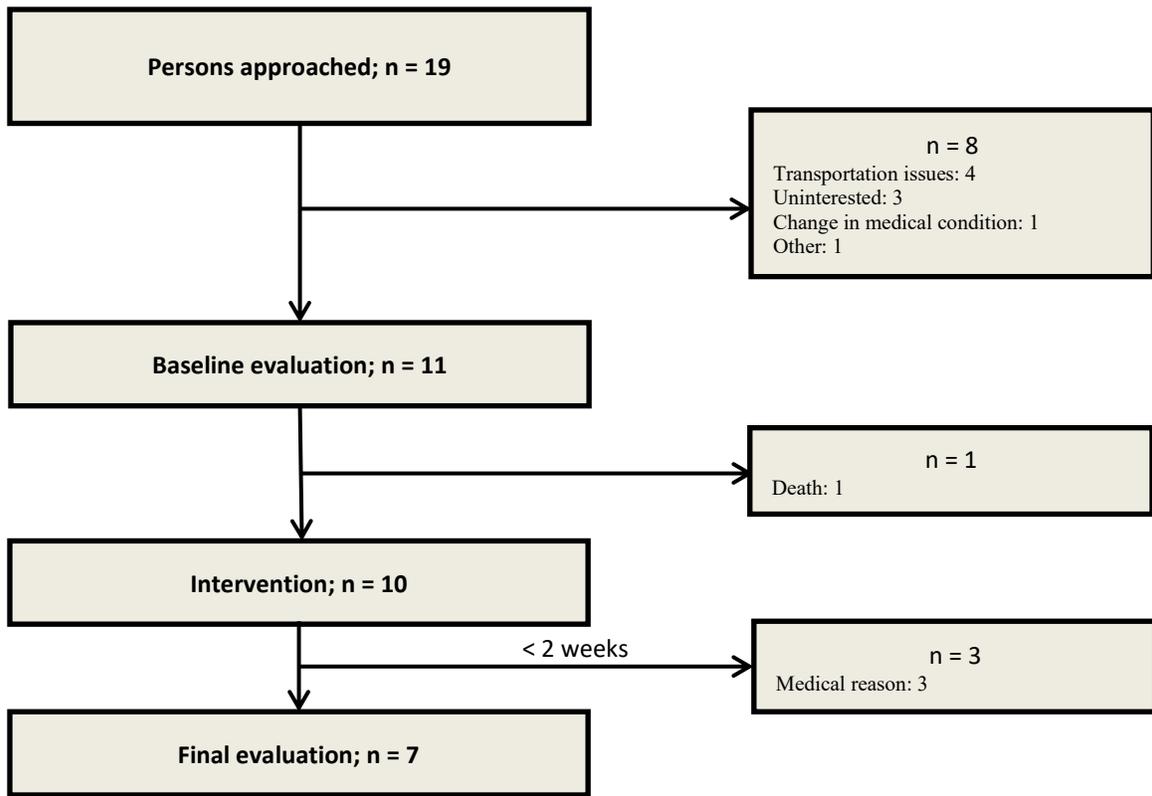


Figure 13: Flow chart of recruitment and follow-up process

Table 2. Program acceptability

Questions	Choice of answer	Frequency	Acceptability indicators
During the last 3 months, have you observed any changes in your physical condition?	Exercise tolerance	7	Effectiveness
	Ability to perform activities of daily living	5	
	Ability to move	3	
	Other*	5	
During the last 3 months, did you make any changes in your lifestyle?	Nutrition	4	Effectiveness
	Sleep	1	
	Stress management	1	
	Other**	1	
On a scale of 1 to 5, how satisfied are you with the program?	1	0	Appropriateness
	2	0	
	3	0	
	4	0	
	5	7	
Would you recommend this program to a person in your situation?	Yes	7	Appropriateness, convenience
	No	0	
Which type of recovery did you find most difficult?	Active	6	Convenience
	Passive	0	
	Similar	1	
Which type of recovery did you prefer?	Active	1	Convenience
	Passive	1	
	No preference	5	
Development questions	Answer		Acceptability indicators
What were the barriers to your participation?	Motivation (1), nothing (6)		Risk, convenience

What element (s) facilitated your participation?	Flexible schedule (2), Free parking (1), Family support (2), Notice of improvements (3), Supervision of kinesiologist (4) Social aspect (3)	Convenience, effectiveness
Suggestions	Integrate group exercise sessions (3)	Appropriateness

*Shopping, taking a shower, staying up longer, home maintenance, gardening, walking, sports, balance

**Better mood

References

1. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, et al. Heart disease and stroke statistics--2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2014; 129(3): e28-e292.
2. McKeivitt C, Fudge N, Redfern J, et al. Self-reported long-term needs after stroke. *Stroke* 2011; 42(5): 1398-1403.
3. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global burden of stroke. *Circ Res* 2017; 120(3): 439-448.
4. Kopunek SP, Michael KM, Shaughnessy M, et al. Cardiovascular risk in survivors of stroke. *Am J Prev Med* 2007; 32(5): 408-412.
5. Billinger SA, Coughenour E, Mackay-Lyons MJ, et al. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. *Stroke Res Treat* 2012; 2012:959120.
6. Mohan KM, Wolfe CD, Rudd AG, et al. Risk and cumulative risk of stroke recurrence: a systematic review and meta-analysis. *Stroke* 2011; 42(5): 1489-1494.
7. Roth EJ. Heart disease in patients with stroke: incidence, impact, and implications for rehabilitation. Part 1: Classification and prevalence. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74(7): 752-760.
8. Thompson PD. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2003; 23(8): 1319-1321.
9. Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, et al. Cardiovascular health and fitness after stroke. *Top Stroke Rehabil* 2005; 12(1): 1-16.
10. Seshadri S, Wolf PA, Beiser A, et al. Stroke risk profile, brain volume, and cognitive function: the Framingham Offspring Study. *Neurology* 2004; 63(9): 1591-1599.

11. Marsden DL, Dunn A, Callister R, et al. Characteristics of exercise training interventions to improve cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review with meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27(9): 775-788.
12. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014; 45(8): 2532-2553.
13. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med* 2001; 31(2): 75-90.
14. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev* 2008; 36(2): 58-63.
15. Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med* 2012; 42(7): 587-605.
16. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab* 2014; 39(3): 409-412.
17. Karlsen T, Aamot IL, Haykowsky M, et al. High intensity interval training for maximizing health outcomes. *Prog Cardiovasc Dis* 2017; 60(1): 67-77.
18. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription ninth edition. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
19. Sidani S, Braden CJ. Design, Evaluation and translation of nursing interventions. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2011.
20. Daskalopoulou SS, Rabi DM, Zarnke KB, et al. The 2015 Canadian Hypertension Education Program recommendations for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk, prevention, and treatment of hypertension. *Can J Cardiol* 2015; 31(5): 549-568.

21. Larouche E, Tremblay MP, Potvin O, et al. Normative Data for the Montreal Cognitive Assessment in Middle-Aged and Elderly Quebec-French People. *Archives of clinical neuropsychology. Arch Clin Neuropsychol* 2016.
22. Roberge P, Dore I, Menear M, Chartrand E, Ciampi A, Duhoux A, et al. A psychometric evaluation of the French Canadian version of the Hospital Anxiety and Depression Scale in a large primary care population. *J Affect Disord* 2013; 147(1-3): 171-179.
23. Calmels P, Degache F, Courbon A, et al. The feasibility and the effects of cycloergometer interval-training on aerobic capacity and walking performance after stroke. Preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2011; 54(1): 3-15.
24. Askim T, Dahl AE, Aamot IL, et al. High-intensity aerobic interval training for patients 3-9 months after stroke. A feasibility study. *Physiother Res Int* 2014; 19(3): 129-139.
25. Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, et al. Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one-year follow-up. *Top Stroke Rehabil* 2012; 19(4): 353-360.
26. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS, et al. The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individuals with stroke: a meta-analysis. *Clin Rehabil* 2006; 20(2): 97-111.
27. Crozier J, Roig M, Eng JJ, et al. High-Intensity Interval Training after stroke: an opportunity to promote functional recovery, cardiovascular health, and neuroplasticity. *Neurorehabil Neural Repair* 2018; 32(6-7): 543-556.
28. Esparrago Llorca G, Castilla-Guerra L, Fernandez Moreno MC, et al. Post-stroke depression: an update. *Neurologia* 2015; 30(1): 23-31.
29. Romero SA, Minson CT, Halliwill JR. The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol* 2017; 122(4): 925-932.

30. Meyer P, Normandin E, Gayda M, et al. High-intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *J Card Fail* 2012; 18(2): 126-133.
31. Boyne P, Dunning K, Carl D, et al. Within-session responses to high-intensity interval training in chronic stroke. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47(3): 476-484.
32. Melloni C, Berger JS, Wang TY, et al. Representation of women in randomized clinical trials of cardiovascular disease prevention. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2010; 3(2): 135-142.
33. Shephard RJ. Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med* 2009; 43(5): 342-346.

CHAPITRE V – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE II

Addition of high-intensity interval training to a moderate intensity continuous training cardiovascular rehabilitation program after ischemic cerebrovascular disease: a randomized controlled trial

Running title: Combined HIIT and MICT after stroke

Thalia Lapointe¹, Julie Houle², Ying-Tung Sia³, Marika Payette¹, and François Trudeau¹

¹ Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

² Department of Nursing, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

³ Integrated university center for health and social services Mauricie- and Centre-du-Québec, Trois-Rivières

Corresponding author:

François Trudeau

Département des sciences de l'activité physique

Université du Québec à Trois-Rivières

3351, boulevard des Forges

Trois-Rivières, QC, Canada G9A 5H7

Phone: 819-376-5011 (3797)

Fax: 819-376-5092

Email: francois.trudeau@uqtr.ca

Cet article est en révision pour publication dans le journal *Frontiers in Neurology*.

Contribution des auteurs

Thalia Lapointe	Recension des écrits Élaboration de la méthodologie Coordination de l'étude Évaluation des participants Suivi et entraînement des participants Collecte de données Analyses statistiques Interprétation des résultats Rédaction et soumission de l'article
Julie Houle	Élaboration de la méthodologie Évaluation des participants Révision de l'article
Ying Tung Sia	Évaluation des participants Révision de l'article
Marika Payette	Évaluation des participants Suivi et entraînement des participants Révision de l'article
François Trudeau	Élaboration de la méthodologie Révision de l'article

Résumé

Les recommandations standard en matière d'exercice suggèrent le MICT pour les patients victimes d'un AVC. Le HIIT est reconnu comme une méthode potentiellement efficace pour augmenter la capacité cardiorespiratoire parmi les populations cliniques, mais son efficacité reste à démontrer après un AVC. Objectif : Cette étude visait à comparer l'effet d'un programme d'exercice de 6 mois comprenant soit du MICT, soit une combinaison de HIIT et de MICT et d'un groupe contrôle sur la capacité cardiorespiratoire, les facteurs de risque cardiovasculaire, la capacité fonctionnelle, les fonctions cognitives et les marqueurs d'anxiété et dépression après les programmes d'entraînement (T6) et 6 mois plus tard (T12) chez des patients ayant déjà subi un AVC ischémique ou une ICT. Méthodes : Cette étude contrôlée randomisée comprenait 52 participants (33 hommes et 19 femmes, âge moyen : $69,2 \pm 10,7$) répartis en 3 groupes : HIIT+MICT combiné, MICT et contrôle. Les résultats ont été évalués au départ, à T6 et à T12. Quarante participants ont terminé le suivi à 12 mois. Résultats : À T6, les programmes HIIT+MICT et MICT ont permis une augmentation similaire de la capacité cardiorespiratoire ($3 \text{ ml d'O}_2/\text{kg}/\text{min}$) par rapport au niveau initial ($p < 0,01$) tandis que le groupe contrôle n'a pas changé (effet d'interaction, $p < 0,001$). Malgré une légère diminution de la capacité cardiorespiratoire à T12 par rapport à T6, cette amélioration a persisté 6 mois après l'intervention (HIIT+MICT : $p < 0,01$ et MICT : $p < 0,05$) alors que le groupe contrôle a diminué par rapport au niveau initial ($p < 0,05$). Les deux programmes d'exercices ont engendré une augmentation comparable de l'activité physique autodéclarée ainsi qu'une diminution des marqueurs d'anxiété et de dépression. Les participants aux programmes HIIT+MICT et MICT ont déclaré un bon degré d'acceptabilité. Conclusion : Cette étude contrôlée randomisée a démontré qu'un programme combiné HIIT+MICT de 6 mois et un programme MICT standard ont induit des améliorations similaires de la capacité cardiorespiratoire, de l'activité physique autodéclarée et des marqueurs d'anxiété et de dépression chez les patients ayant déjà subi un AVC ischémique ou une ICT par rapport à un groupe contrôle et ces effets semblent persister dans le temps. Nos résultats ne soutiennent pas de supériorité d'inclure le HIIT.

Mots clés : HIIT, AVC, exercice aérobic, déconditionnement, maladie cérébrovasculaire

Abstract

Moderate intensity continuous training (MICT) is usually recommended for stroke or transient ischemic attack (TIA) patients. High intensity interval training (HIIT) has emerged as a potentially effective method for increasing cardiorespiratory fitness (CRF) among clinical populations. Its effectiveness remains to be demonstrated after stroke. A combined program of HIIT and MICT was designed to create a realistic exercise program implemented for a clinical setting to help patients become more active. *Purpose:* This study aimed to compare the effects of a 6-month exercise program with either MICT only or a combination of HIIT and MICT and a control group in terms of CRF, cardiovascular risk factors, functionality, cognitive function (Montreal Cognitive Assessment) and depression markers (Hospital Anxiety and Depression Scale).

Methods: This randomized controlled trial started with 52 participants (33 men and 19 women, mean age: 69.2 ± 10.7) divided into 3 groups: HIIT+MICT combined, MICT, and control. Both exercise groups consisted of 4 weekly sessions including supervised and at-home exercise. Outcomes were assessed at T0 (baseline measure), T6 (end of exercise protocols) and T12 (follow-up), 40 participants having completed the 12-month follow-up.

Results: At T6, both HIIT+MICT and MICT programs provided a similar increase of CRF ($3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) from baseline ($p < 0.01$), while the control group showed a global slight decrease. Despite some decrease of CRF at T12 compared to T6, improvement persisted 6 months post-intervention (HIIT+MICT: $p < 0.01$ and MICT: $p < 0.05$). The control group decreased compared with baseline ($p < 0.05$). The two exercise programs induced a comparable increase in self-reported physical activity and a decrease in anxiety and depression markers. Participants in HIIT+MICT and MICT programs declared a good degree of acceptability assessed by the Acceptability and Preferences Questionnaire.

Conclusion: A 6-month HIIT+ MICT combined program and a standard MICT program induced similar improvements in CRF, self-reported physical activity and anxiety and depression markers among patients with prior ischemic stroke or TIA compared with a control group. These effects appear to persist over time. Addition of HIIT was safe and considered acceptable by participants. Our results do not support any superiority of the combination HIIT+MICT nor disadvantage vs. MICT in this population.

Key words: HIIT, stroke, aerobic exercise, deconditioning, cerebrovascular disease

Introduction

Stroke is the second leading cause of death and the first leading cause of disability in the world (1). Annually, 15 million people worldwide experience stroke, and two-thirds of these report important disabilities leading to significant functional deficits (2). Stroke survivors live longer than before, and the World Stroke Organization emphasizes the urgent need to design and implement interventions to improve quality of life after stroke (3). The literature suggests that stroke patients are highly deconditioned and have a reduced cardiorespiratory fitness (CRF), which is around 50% of predicted VO_2 peak values in age-matched sedentary controls in their mid-60s ($13.6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ vs. between 25 and $30 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) (4, 5). Compared to normative data provided by American College of Sport Medicine (ACSM), Billinger et al. (2012) demonstrated that for each decade, stroke survivors have CRF below the first percentile which classified them in the very poor category (6). Such deconditioning limits daily activities, increases sedentary time, and decreases functional autonomy, leading to a vicious cycle that increases cardiovascular risk factors and associated comorbidities and frailty (7). Furthermore, classical cardiovascular risk factors such as hypertension, obesity, dyslipidemia and impaired fasting blood glucose are highly prevalent in stroke patients, increasing their odds for recurrent strokes or cardiovascular events (8).

The literature indicates that exercise programs are effective in secondary prevention for improving CRF and cardiovascular risk factors following a stroke or transient ischemic attack (TIA) (9). A meta-epidemiological study revealed that exercise may be more effective than drug treatment alone (anticoagulants and antiplatelets) for reducing post-stroke mortality (10). Although it is recognized that aerobic training is a key component of stroke rehabilitation, it continues to be used sporadically in clinical settings, and recommendations about specific intensities are based on moderate level of evidence (11). Low to moderate intensity training is generally recommended in the chronic phase of stroke recovery (40%-70% VO_2 reserve; 55%-80% maximal heart rate; rating of perceived exertion 11-14 /20) (12). Although high intensity interval training (HIIT) has emerged as a potentially effective and safe alternative that may offer greater improvement in health and CRF in the clinical population (13), the superiority of this training method compared with

other exercise modalities and the optimal parameters remain unknown in the population with stroke. A recent randomized control trial showed that 8 weeks of treadmill HIIT was superior to standard care (no exercise program) to increase CRF immediately after the intervention, but the difference between groups was not maintained at a 12-month follow-up (14). Crozier et al. (15) report that HIIT can improve cardiovascular health post-stroke and suggest frequency, intensity, time, and type parameters, but emphasize that individualized protocols are warranted. Although its feasibility and preliminary safety have been studied (16-18), the benefits of combining HIIT and MICT compared with those of MICT alone and its acceptability in stroke patients remain to be established. Acceptability refers to a favourable or positive attitude toward treatment options (19). Treatment preferences are of clinical importance and are an essential part of patient-centered care that contributes to adherence and consequently outcome achievement (20).

An additional concern regarding stroke patients is that psychological depression affects 25% to 79% of survivors (21), and this condition has a negative effect on functional recovery. Anxiety disorders are also more prevalent in these patients than in the general population (22). Moreover, approximately two-thirds of stroke survivors have a cognitive impairment (23). The literature indicates that physical activity is associated with lower levels of both depression and anxiety among the elderly (24) and can improve cognitive performance in older adults with cognitive impairment (25). However, these associations do not seem clear as regards stroke patients, and the optimal exercise prescription has yet to be determined (26). HIIT has been suggested as a potential beneficial addition for promoting neuroplasticity post-stroke (15), but results are limited to animal models, single-session exercise, or healthy populations. Higher neurotrophins liberation associated with higher exercise intensities, like BDNF, could also influence positively cognitive functions (51).

Some authors recommend caution and professional supervision of post-stroke patients performing high intensity exercise (11) or HIIT (55), while interventional studies failed to find more incidents involving post-stroke patients performing HIIT compared with control groups (56). As moderate intensity continuous training (MICT) is easily transferable to the home, we combined supervised HIIT and unsupervised MICT. This could provide the

physiological benefits of HIIT in a clinical setting while allowing patients to continue their daily MICT routine from the comfort of home.

This study aimed to compare the effect of a 6-month exercise program regarding 3 conditions: a standard program involving MICT, a combination of HIIT and MICT (HIIT+MICT) and a control group. All groups were constituted of patients with prior ischemic stroke or TIA. The principal outcome was CRF measured at baseline (T0), at the end of the exercise program (T6) and 6 months later (T12). Additional outcomes were other modifiable cardiovascular risk factors, self-reported physical activity, physical functionality, anxiety and depression markers, and cognitive functions. Increased socialization associated with a supervised HIIT program could favour better results concerning these outcomes. Finally, we evaluated the acceptability of the two exercise programs. We hypothesized that introducing HIIT into a rehabilitation program would be similar to, or slightly more effective than, MICT alone for improving CRF and other modifiable cardiovascular risk factors owing to a higher cardiovascular stimulation.

Materials and methods

Design

A one-year follow-up randomized control trial was performed with participants randomly allocated to one of the three groups: HIIT+MICT (a combined program that included HIIT and MICT), MICT (a standard exercise program), and control (usual care with no additional exercise program). This trial was registered (27). The allocation ratio was 1:1:1, and randomization was performed by a web-based randomization system following the baseline evaluation: age, sex, and diagnosis (stroke or TIA) were controlled in the randomization. This study was approved by the institutional ethics committees of both the University du Québec à Trois-Rivières and the Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) university hospital (CER-17-241-10.04 and CÉR-2017-002). Procedures were followed according to the Helsinki Declaration of the World Medical Association. All participants provided their written consent before taking part in the study. A pilot study that aimed to assess the

feasibility and acceptability of HIIT+MICT in this population was conducted previously and the results were used to design the methodology of this study.

Participants

Participants were recruited between January and July 2018 from medical clinics in Trois-Rivières, Québec, Canada, and from responses to invitations published in the local newspapers. Inclusion criteria were ischemic stroke or TIA with a minimum of three months post event and no maximum; age 40 years and over; ambulatory capacity over 10 minutes without or with assistive devices as needed and not currently participating in formal rehabilitation. Exclusion criteria were: TIA with isolated sensory symptoms, visual changes, or vertigo; presence of brain hemorrhage, vascular malformations, tumor, abscess; diagnosis of cognitive impairment limiting task comprehension; musculoskeletal disorders that could prevent physical activity practice; lower extremity claudication and all absolute contraindications to exercise testing according to the American College of Sports Medicine (28).

Baseline data included medical data on stroke, TIA, medication, and comorbidities that were collected by consulting the medical file in the hospital's archives with the participant's agreement before the evaluation. Baseline data including socio-demographic characteristics were collected at the first evaluation by questioning the participants directly.

Outcome measures

The primary outcome involved potential changes in CRF determined with estimated peak oxygen uptake (VO_{2peak}) at the university hospital. Secondary outcomes were resting systolic and diastolic blood pressures, lipid profile, HbA1c, waist circumference, body composition, self-reported physical activity, functional level, anxiety and depression and cognitive functions. These tests were performed at baseline (T0), at the end of the exercise program (T6), and 6 months later (T12) at the university kinesiology clinic or hospital. Participants' acceptability of the exercise programs was assessed at T12.

Before the exercise program, each participant underwent a clinical examination to evaluate cardiovascular risk factors and a symptom-limited graded exercise test (GXT) (see below)

to determine CRF, peak power output (PPO) and the intensity of exercise during the exercise program.

Estimated VO_2peak . The GXT protocol was performed on a semi-recumbent ergocycle with 12-lead ECG monitoring (MAC 5500HD, GE Healthcare, USA). The cadence was maintained at 60 rpm; power started between 0 watts and 60 watts depending on the estimated participant's capacity and increased progressively by 10 watts per minute. Blood pressure response was assessed manually with a sphygmomanometer (Hillrom, Welch Allyn Tyco, USA) every 3 minutes. Systolic blood pressure >250 mm Hg or diastolic blood pressure >115 mm Hg were considered an absolute indication for terminating the GXT (12). According to ACSM guidelines (28), test termination criteria also included volitional fatigue, significant arrhythmia, evidence of ischemia, angina-like symptoms, a drop in systolic blood pressure of ≥ 10 mm Hg despite an increase in work rate or below the value obtained on the ergocycle prior to testing, shortness of breath, wheezing or leg cramps, signs of poor perfusion, failure of heart rate to increase with increased intensity or the participant's request to stop (28). The majority of GXT (**95%**) were stopped because of volitional fatigue, and other reasons were a patient's request to stop because of pain in the leg (4%) and a decrease of systolic blood pressure below the prior test value (1%). PPO was established as the highest power maintained during 60 seconds during the final stage of the GXT and was used to determine exercise intensity during the exercise program. This value was used to estimate VO_2peak using the ACSM equation (28). The GXT protocol was also assessed at 3 months (T3) in the two exercise groups to adjust exercise intensity.

Resting systolic and diastolic blood pressures were measured twice on each arm with the participant in a sitting position. The result was the average of the two measures taken with an automated sphygmomanometer (HEM-907XL, Omron IntelliSense, USA) in accordance with the recommendations of the Canadian Education Hypertension Program (29). The resting heart rate was simultaneously recorded, and the average was reported. After overnight fasting, blood samples were collected in the morning, centrifuged and stored as serum at -80 °C until analysis. Low-density lipoprotein (LDL), high-density lipoprotein (HDL), triglycerides, total cholesterol, and HbA1c were analyzed with standardized procedures at the Centre hospitalier universitaire régional de Trois-Rivières,

Québec, Canada (Advia XPT, Siemens, Erlangen, Germany). Waist circumference was measured in a standing and relaxed position using a flexible measuring tape. Body weight and height were measured with a stadiometer (402LB, Health-o-meter, USA) and were used to calculate body mass index (BMI). Body fat mass was calculated with bioelectrical impedance (BC-418, TANITA, USA). Self-reported physical activity was recorded with the Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire (GLTEQ) (30). The Short Physical Performance Battery (SPPB) was used as an indicator of functionality and frailty (31). The Hospital Anxiety and Depression Scale (HAD) was used to evaluate psychological distress (32). The Montreal Cognitive Assessment (MoCA) was used to evaluate cognitive function. The test has good sensitivity and specificity for detecting mild cognitive impairment in stroke or TIA patients (33). The acceptability of the intervention was assessed with a French version of the Treatment Acceptability and Preferences Questionnaire (TAPQ) (19) for the two exercise groups. The questionnaire was administered at T12 by an independent evaluator. The TAPQ evaluates acceptability based on four items: effectiveness, suitability, appropriateness, and willingness. All were answered on a 5-point scale ranging from “not at all” [0] to “extremely” [4].

Exercise programs

Both exercise programs lasted 6 months, and both included three weekly aerobic sessions. Supervised exercise sessions were performed at the university kinesiology clinic while unsupervised sessions took place at home. Each supervised session was conducted on an upright ergocycle (Ergomedic 828E, Monark, Sweden). This exercise mode was chosen because it is less limiting for patients with gait and balance impairment or muscle weakness related to hemiparesis. Symptoms or evidence of exercise intolerance were checked during exercise under clinical supervision administered by a qualified kinesiologist. Heart rate was recorded continuously with a Polar FT4 monitor (Polar Electro, Finland). Blood pressure was measured on the right arm manually with a sphygmomanometer (Hillrom, Welch Allyn Tycos, USA) and a stethoscope (Littmann, Canada) before and after exercise following 5 minutes of rest in a sitting position according to the recommendations of the Canadian Education Hypertension Program (29). During exercise, blood pressure was measured every 5 minutes with the same material. The maximal limit was set at 220 mm

Hg systolic and 110 mm Hg diastolic. A drop of 20 mm Hg greater or lesser than the resting level was also considered a hypotensive response requiring exercise cessation (28). Perceived exertion was questioned during exercise and was rated at the end of each exercise session based on a 10-level perceived exertion scale and the average heart rate.

MICT group. The intervention consisted of an exercise program involving three weekly aerobic sessions including a combination of one MICT session performed under clinical supervision at a university kinesiology clinic and two MICT sessions performed at home. Supervised exercise was done on an upright ergocycle (Ergomedic 828E, Monark, Sweden) at 50% of PPO. Each session included a 5-min warm-up and a 5-min cool-down at 40% of PPO. Exercise time progressed from 20 to 40 minutes over the intervention and was adjusted according to the participant's tolerance. The two other MICT sessions were done at home and included 30 minutes of aerobic exercise at moderate intensity determined by the participant's perceived exertion (target: 4-6/10). Participants could choose their preferred exercise (e.g., walking, swimming, dancing, or cycling) and divide their sessions into 10-min minimum bouts as needed. Weekly self-reported home exercises were noted in participants' files during the supervised session by the clinician.

HIIT+MICT combined group. The intervention involved an exercise program consisting of three weekly aerobic sessions including a combination of progressive low-volume HIIT sessions performed under clinical supervision at the university kinesiology clinic and MICT sessions mostly performed at home. A combined program was chosen to create a realistic exercise program that could be implemented in a clinical setting and allow patients to exercise without clinical supervision as well. The rationale behind this program is that, since HIIT must be conducted under clinical supervision with high-risk patients (11), it cannot be prescribed at home. As MICT is easily transferable to the home, it represents a key factor that promotes the patient's perseverance in a long-term perspective of physical activity adherence. Thus, the combination of both supervised HIIT and unsupervised MICT could provide the physiological benefits of HIIT while allowing patients to develop long-term adherence to physical activity (53). Therefore, according to this objective, the program was designed to decrease supervision over time while continuing to maintain a frequency of three times by week. This reduced supervision is shown in Figure 1. During the first two

months, patients were required to perform three supervised HIIT sessions weekly. During the next two months, they had to perform two supervised HIIT sessions and one unsupervised MICT session weekly. The two last months were composed of one supervised HIIT session and two unsupervised MICT sessions. To initiate physical activity and gradually introduce HIIT during the first week, participants began with 3 supervised MICT. In the second week, HIIT was introduced, but initially with passive recovery, and active recovery was added after one month. A total of 44 HIIT sessions and 44 MICT sessions per participant were expected. HIIT was performed on an upright ergocycle (Ergomedic 828E, Monark, Sweden) and included several bouts at 95% of peak power output (PPO) interspersed with a 60-sec recovery. Time at 95% of PPO progressed from 30-sec to 60-sec as shown in Figure 1. Recovery was passive in the first month and progressed to active at 40% of PPO for the remainder of the intervention. Each session included a 5-min warm-up and a 5-min cool-down at 40% of PPO. Exercise time progressed from 20 to 40 minutes over the intervention and was adjusted according to the participant's tolerance and the progress of the protocol. As participants did a GXT after 3 months, resistance was adjusted based on the new PPO obtained. Participants were asked to perform their MICT sessions at home. MICT included 30 minutes of aerobic exercise at moderate intensity determined by participants' perceived exertion (target: 4-6/10). Participants could choose their preferred exercise (e.g., walking, swimming, dancing, or cycling) and divide their sessions into 10-min minimum bouts as needed. Weekly self-reported home exercises were noted in participants' files during the supervised session by the clinician.

Control group. The control group received the usual care without any additional physical activity counselling or interaction with study personnel between evaluations other than the routine recommendations from their family physicians.

Statistical analysis

The equivalence of baseline participants' characteristics was assessed with analyses of variance (ANOVA) by comparing the three groups for linear data or Chi-square tests for discrete data. The repeated measure ANOVA (Group \times Time) was performed to compare outcome variables between the three groups (HIIT+MICT, MICT, and control) across time points (T0, T6, and T12). Because of certain variables' lack of conformity to theoretical

statistical assumptions, especially heteroscedasticity and positive distribution skewness indices, we resorted to the Monte-Carlo simulation method for estimating the F probabilities (based on 1000000 iterations). Pearson's r coefficient was used to measure the correlation between changes in self-reported physical activity and change in VO_2 peak. Descriptive statistics served to summarize baseline characteristics and acceptability results. Statistical significance was set at $p < 0.05$ and data are expressed as mean and standard deviations (SD). Analyses were conducted using Microsoft Excel 2010 and IBM SPSS Statistics (version 26).

Based on a priori power analysis, a sample size of 42 participants at 12-month follow-up (14 participants \times 3 groups) was deemed adequate for the repeated measures ANOVA with an expected large effect size between exercise groups versus control group ($f^2 > 0,8$), type I error rate of 5% and power of 80%. The large effect size was estimated based on the literature regarding the effect of a MICT program on CRF. Based on our previous pilot study, we anticipated a 30% dropout rate; hence, a total of 60 participants were expected at baseline.

Results

The baseline sample was composed of 52 participants (33 men and 19 women). Participants' age was 69.2 ± 10.7 years; 39 had suffered a stroke and 13 a TIA, of whom 6 had had multiple strokes or TIA. All participants were living in the community and none participated actively in stroke rehabilitation. The baseline characteristics are shown in Table 1. The medication used was similar between groups, whereas the use of an orthopedic device and the presence of atrial fibrillation differed from group to group. As described in Figure 2, 52 participants underwent the initial evaluation and were randomized to an HIIT+MICT group ($n=19$), a MICT group ($n=16$), and a control group ($n=17$). The attrition rate was 23% at T12. Indeed, thirteen participants were lost to follow-up and did not complete the 12-month evaluation. Their characteristics, however, were shown to be similar to those who completed the protocol. The main reasons for dropout were lack of interest, especially in the control group ($n=8$), and a change in health status that limited

participation in the exercise program ($n=4$). Thus, 40 participants (77%) completed both baseline and the 12-month evaluation. No adverse events were registered during the exercise programs. A total of 802 HIIT sessions were performed by those who remained in the HIIT+MICT group. Exercise attendance, defined as the mean percentage of total supervised exercise sessions completed, was 95% [79%-100%] for the HIIT+MICT group and 93% [77%-100%] for the MICT group. Mean self-reported home exercise attendance was $78 \pm 23\%$ [17%-100%] for the HIIT+MICT group and $82 \pm 18\%$ [42%-100%] for the MICT group. The exercise attendance (supervised and non-supervised) was not different between HIIT+MICT and MICT groups ($p>0.05$). Although the use of an orthopedic device and the presence of atrial fibrillation differed from group to group, these characteristics had no impact on baseline VO_{2peak} ($p>0.05$). At baseline, a higher VO_{2peak} was associated with male sex, younger age, and no multiple stroke or TIA (Pearson correlation: all $p<0.05$). However, these characteristics had no impact on the change in VO_{2peak} following the intervention (Pearson correlation: all $p>0.05$). Thus, all our baseline characteristics did not have a significant impact on the change in VO_{2peak} .

The potential impacts of the two exercise interventions on VO_{2peak} and PPO are shown in Figure 3 and quantified in Table 2 (results for the 39 participants who completed the 12-months follow-up for these measurements). For both variables, a strong Group \times Time interaction effect emerges ($F = 9.222$ for VO_{2peak} and 10.522 for PPO, both with: $df_1=4$, $df_2=72$; $p<0.001$). As seen in Figure 3, both measures increase sharply from T0 to T6 and then decrease somewhat at the recall measurement. In the control group, the corresponding values decrease slightly ($p < 0.027$ for VO_{2peak} and $p < 0.020$ for PPO, tested as a linear trend with $F_{1,72}$). A finer analysis using an orthogonal decomposition of the interaction effect shows that 99.6% (VO_{2peak}) and 98.5% of the total Group \times Time variance are due to the contrast between the (merged) exercise groups and the control group, leaving a quasi-null interaction variance between the exercise groups themselves.

As shown in Table 2, self-reported physical activity assessed by the GLTQ score presented a pattern similar to VO_{2peak} and PPO with a Group \times Time interaction effect ($p=0.016$). The GLTQ score increased similarly for the HIIT+MICT and MICT groups after the 6-month exercise program, but decreased for the control group. There was a positive

correlation between the change in VO₂peak and the change in GLTQ after the 6-month of exercise program ($r=0.5$; $p<0.01$).

All other secondary outcome measures are presented in Table 2. As shown, the HIIT+MICT and MICT groups presented a decreased Hospital Anxiety and Depression Scale score compared to the control group that remained unchanged, as reflected by a significant interaction effect Group \times Time ($p=0.014$). The functional level described by the Short Physical Performance Battery score had evolved in different ways for exercise groups and control group with a significant interaction effect Group \times Time ($p=0.003$), but without a significant global time effect ($p=0.458$). A Group \times Time interaction effect ($p=0.041$) was also present for the cognitive functions explained by a different evolution of the MoCA score between control and exercise groups without significant time effect ($p=0.056$). Cardiovascular risk factors did not change significantly over the intervention time.

All acceptability attributes were evaluated with the TAPQ ranging from 3/4 to 4/4 for the HIIT+MICT and MICT groups (3.6 for effectiveness; suitability 3.7; appropriateness 3.5 and willingness 3.8) with no difference between groups (Table 3).

Discussion

This randomized control trial demonstrated that a 6-month combined HIIT and MICT program or a standard MICT exercise program induced a similar improvement in PPO and estimated VO₂peak among patients with ischemic stroke or TIA compared to a control group. These effects seem to persist 6 months after the end of the programs despite a slight decrease in estimated VO₂peak and PPO at T12 compared to T6. Both exercise programs also induced a similar increase in self-reported physical activity as well as a decrease in anxiety and depression markers. Participants gave both the HIIT+MICT and MICT programs a very good acceptability evaluation. Our results do not support any superiority of HIIT+MICT over a standard exercise program using MICT only. No adverse events occurred during the two exercise programs, which corroborates the available literature suggesting that HIIT is safe for stroke survivors.

Considering that activities of daily living generally require between 3 and 5 METs [4] and that our population reached on average 5.6 METs of VO_2peak , many daily living activities are unsustainable. Shephard (2009) suggests that a VO_2peak level below 15 and 18 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ for women and men, respectively, leads to a loss of independence in elderly people (34). Furthermore, it is important to consider that the energy cost of walking is 1.5 times higher in stroke patients than in matched controls (35). Even light ambulatory activities may require a moderate to high level of effort and exercise can prevent functional independence (36). Therefore, whether the small improvement of 3 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ induced by our two exercise programs impacts functionality and quality of life remains to be demonstrated. In our study, the functionality score assessed by SPPB did not increase significantly after the exercise programs, but it can be explained by the fact that many participants reached the maximal score even at baseline. However, the significant interaction effect demonstrated that the exercise groups and control group evolved in different ways over time. Moreover, because physical inactivity is highly prevalent after a stroke (12), a small dose of exercise could have a significant impact on CRF (9). The literature indicates that an improvement of only 1 MET is associated with a 10% to 25% improvement in survival (37).

To our knowledge, there is no comparable randomized trial regarding the effect of a combined MICT-HIIT program on stroke patients. In our study, the increased VO_2peak following the intervention represents an improvement of 16.8% and 15.2% for HIIT+MICT and MICT, respectively. These results are comparable to the mean gain of 12.5% reported by Billinger et al. (9) in a review of 14 studies where exercise intensity was generally moderate. In a pilot study on chronic stroke, Gjellesvik et al. (38) reported a VO_2peak increase of 11.6% after only 4 weeks of HIIT. Most studies of HIIT in stroke focused on treadmill walking given the task specificity to improve gait and functional outcomes (15). However, we decided to use the ergocycle in order to include a larger population, not only individuals able to walk without physical assistance. Regarding the HIIT protocol, our choice was based on suggestions made by Boyne et al. (39). After within-session comparison of three different HIIT protocols, these authors suggested beginning with a combination of 30-sec bursts at maximal tolerated speed (on treadmill) intercepted with 60-sec recovery to optimize aerobic intensity. To progress our protocol, we chose to

increase burst to 45-sec and 60-sec over time while maintaining 60-sec recovery. Then, the last months of HIIT were conducted with a 1:1 ratio, which also conforms to the suggestions of Boyne et al (39). While some authors demonstrate that higher intensities of exercise are most effective for improving CRF (40), our results do not suggest the superiority of adding HIIT in stroke or TIA patients. The fact that our HIIT+MICT program was a combination of HIIT and MICT can explain the lack of difference because the stimulus was not very different and the purpose was not to directly compare MICT and HIIT. Thus, consequent to our results, we cannot conclude that a combination of HIIT and MICT offers any benefits compared with a standard physical activity program using MICT alone. In the same vein, a preliminary review of Wiener et al. (2019) including 6 studies and 140 participants showed that HIIT may be an effective rehabilitation intervention but is not superior to MICT in terms of CRF improvement (41). Similarly, Ellingsen et al. (2017), did not report superiority of HIIT compared with MICT in patients with heart failure with reduced ejection fraction (42). HIIT has been studied in clinical populations with hypertension, heart failure, type 2 diabetes and metabolic syndrome and, in these settings, health benefits seem to be similar or superior to MICT despite a shorter duration. In our study, exercise time was similar between both exercise groups without the superiority of HIIT+MICT. Based on our results and those of other researchers, the challenge is to initiate an exercise program for patients having the most sedentary lifestyle despite physical activity recommendations. Blennerhasset et al. (43) recently reported that among stroke patients, the most common barrier is the difficulty of starting an exercise program. Accordingly, we believe it's essential to discover ways to have stroke patients practice exercise regularly, regardless of type of exercise. MICT or HIIT+MICT could both be effective options depending on patient preference. Moreover, our acceptability results demonstrate that participants appreciated both the HIIT+MICT and MICT programs.

Another important challenge is to maintain long-term engagement in regular physical activity in order to sustain the benefits. Our two exercise programs had the same impact on self-reported physical activity until 6 months after the end of the program (T12). Despite a slight decrease compared with T6 (probably related to the decrease of exercise level reported), the HIIT+MICT and MICT groups showed significant VO₂peak improvement compared with baseline (T0) and a higher level of self-reported physical activity compared

with the control group. Gunnes et al. (44) demonstrated that stroke patients who receive individualized monthly coaching maintain moderate-to-good adherence to long-term daily physical activity. We chose to design our HIIT+MICT program combining supervised HIIT (for physiological benefits) and unsupervised MICT (easily done at home) to create a realistic program that patients can maintain over time, and which would gradually result in fewer clinical sessions to help patients maintain their physical activity practice. Interestingly, despite the fact that our HIIT+MICT group had twice as many supervised sessions as the MICT group, our results showed a similar improvement in CRF, self-reported physical activity and anxiety and depression markers. This leads us to believe that even though stroke patients need clinical support to start an exercise program, a weekly follow-up could offer sufficient benefits. However, individualization is still necessary, and some patients may need more supervision as shown by our self-reported home exercise attendance ranging from 17% to 100%. In a long-term perspective, it is important to set up exercise programs that promote the patient's perseverance in physical activity practice. It was recently suggested that without supervision, individuals assigned to a HIIT program exercise at lower intensities than expected, and HIIT groups show no more long-term adherence than MICT (53). In another intervention regarding cardiac rehabilitation, the lack of VO₂peak improvement was ascribed to "...lack of adherence to the prescribed home-based HIIT program..." (54). Our study suggests that patients could choose one or the other program (HIIT+MICT or MICT alone) and derive benefits from both.

The literature is unclear regarding CRF improvement following exercise in stroke patients and its potential effect on cardiovascular risk factors. Some authors observed favourable changes in systolic blood pressure (45), insulin resistance and glucose tolerance (46), total cholesterol and triglycerides (47), but these improvements were slight and inconsistent. Most studies focused on MICT and low intensity exercise, but even with the inclusion of higher intensity exercise, our results did not support improvement regarding these factors. Note, however, that at baseline, the mean values of the cardiovascular risk factors were in the therapeutic targets for all our groups according to the Canadian Cardiovascular Society. This, therefore, could explain the lack of change in these factors in our groups as well as the absence of interventions related to nutrition.

Anxiety and depression are, for the most part, significantly higher in stroke patients than in the general population (22). They can negatively affect recovery and seem to persist many years after the event (48). This problem therefore represents a priority intervention in the management of stroke patients. In view of the positive results obtained by those in the HIIT+MICT and MICT groups on the HAD score, we believe that physical activity can effectively reduce anxiety and depression markers among these patients. These results are consistent with those of studies showing lower levels of anxiety and depression among the physically active elderly (24) and with authors who suggest that exercise can be a form of treatment for depression (49). However, those improvements can also be influenced by the social interaction provided by the intervention, not only the effect of exercise itself.

Regarding cognitive functions, the literature suggests that an increase in physical activity, especially aerobic exercise, can improve executive functions and promote neuroplasticity through an increase in brain blood flow (50). However, these potential benefits of exercise are not clearly demonstrated after stroke (26), a fact explained by the small number of studies with heterogeneous interventions. According to Crozier et al., we can extrapolate the potential contribution of HIIT on neuroplasticity post-stroke based on results from other populations; they also suggest that intensity is the key factor to enhance the expression of neurotrophins that increase neural repair processes (15). Our results cannot support an effect of exercise on cognitive functions even with inclusion of high intensity exercise. The interaction effect created by the different evolution of the MOCA score between exercise groups and control group and the time effect showing a trend ($p=0.056$) leads us to believe that a larger sample size could produce positive results. Larger studies are needed to confirm this.

Regarding safety, a supervised HIIT program was used instead of a home program in order to receive ethical approval. Our results and those of other studies, however, suggest that home-based HIIT is as safe as MICT (56). We also believe that home-based HIIT is more difficult to pursue for non-athletic participants, as recently shown by Ekkekakis and Biddle (53).

Limitations and strengths of the study. Certain limitations in this study need to be addressed. First, the study sample was limited to voluntary participants, possibly leading

to selection bias and potential bias by the exclusion of dropouts in the acceptability study. This may reflect their greater adherence to exercise compared with patients who declined to participate. Also, for certain outcomes, more participants would have increased statistical power. Second, because the unsupervised at-home exercises were guided by participants' perceived exertion and were self-reported, it is difficult to quantify physical activity performed at home. Moreover, attendance for home exercise presented a large variability (range from 17% to 100%) that may influence CRF and secondary outcomes. Third, the purpose of our study was not to differentiate between HIIT and MICT. Thus, the effects of MICT and HIIT are not compared, since our HIIT+MICT group participated in a combination of both types of exercise. However, this allowed us to observe the effects of a realistic combined program that could be transferable to a clinical environment. Fourth, the individual who conducted exercise interventions could not be blinded because she assisted the cardiologist in performing the GXT. The final limitation is the broad heterogeneity of our sample regarding age, time since stroke, inclusion of TIA and comorbidities. But this limitation is also a strength insofar as it reflects the reality of stroke patients and could make our results more easily transferable to clinical settings. However, we had no participants with major motor impairments. Major impairments would have required the use of a training tool other than the upright ergocycle. For example, the semi-recumbent Nustep would have been appropriate for patients with upper limb spasticity or lack of control. Additional strengths of this study are: 1) its focus on a clinically relevant problem in a major clinical population, 2) the training programs, which include some aspects of supervision and intensity adjustment, and 3) the 6-month training duration followed by a 6-month post intervention follow-up, which may explain results not yet observed in other studies.

Conclusion

This randomized controlled trial provides evidence demonstrating that a 6-month combination of HIIT and MICT programs or a standard MICT exercise program produces a similar improvement in VO_2 peak, self-reported physical activity and anxiety and depression markers among patients with ischemic stroke or TIA, and that these effects appear to persist over time. Both programs were similar to the control group in terms of

safety. Our results also suggest that HIIT could be an effective addition to standard physical activity recommendations after stroke but do not support the superiority of including HIIT+MICT compared with a standard MICT program. Furthermore, a 6-month HIIT+MICT rehabilitation program leads to similar improvements and is no more effective than MICT alone for improving CRF and secondary outcomes measures. Although exercise is very valuable, it is unfortunately underused in post-stroke care. Our high level of acceptability for both programs, however, demonstrates that patients are likely to include physical activity when they are given appropriate clinical support.

Data Availability

The physical activity data used to support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

Acknowledgments

Thalia Lapointe is supported by a Doctoral Research Award from the Fonds de recherche du Québec – Santé (FRQS). The authors report no involvement in research that could have influenced the outcome of this work. This trial was registered as ISRCTN 17499536 (27). The authors are grateful to the participants and to the medical staff who helped with recruitment. Our special thanks go to Dr Carl-Eric Gagné† and Dr Pascali Durand-Martel for their contribution to recruitment and testing and to Dr Louis Laurencelle for his contribution to statistical analysis. We also acknowledge the university kinesiology clinic and the Groupe interdisciplinaire de recherche en santé (GIRAS) of the Université du Québec à Trois-Rivières for providing the necessary resources for this study.

References

1. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global Burden of Stroke. *Circulation Research*. 2017;120(3):439-48.
2. McKeivitt C, Fudge N, Redfern J, Sheldenkar A, Crichton S, Rudd AR, et al. Self-reported long-term needs after stroke. *Stroke*. 2011;42(5):1398-403.
3. van Wijck F, Bernhardt J, Billinger SA, Bird ML, Eng J, English C, et al. Improving life after stroke needs global efforts to implement evidence-based physical activity pathways. *International Journal of Stroke*. 2019;14(5):457-9.
4. Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, Hafer-Macko CE. Cardiovascular health and fitness after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2005;12(1):1-16.
5. Mackay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002;83(12):1697-702.
6. Billinger SA, Taylor JM, Quaney BM. Cardiopulmonary response to exercise testing in people with chronic stroke: a retrospective study. *Stroke Research and Treatment*. 2012;2012:987637.
7. Saunders DH, Greig CA, Mead GE. Physical activity and exercise after stroke: review of multiple meaningful benefits. *Stroke*. 2014;45(12):3742-7.
8. Kopunek SP, Michael KM, Shaughnessy M, Resnick B, Nahm ES, Whitall J, et al. Cardiovascular risk in survivors of stroke. *American Journal of Preventive Medicine*. 2007;32(5):408-12.

9. Billinger SA, Mattlage AE, Ashenden AL, Lentz AA, Harter G, Rippee MA. Aerobic exercise in subacute stroke improves cardiovascular health and physical performance. *Journal of Neurologic Physical Therapy : JNPT*. 2012;36(4):159-65.
10. Naci H, Ioannidis JP. Comparative effectiveness of exercise and drug interventions on mortality outcomes: metaepidemiological study. *BMJ*. 2013;347:f5577.
11. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, Dromerick A, Giacomantonio N, Hafer-Macko C, et al. Aerobic exercise recommendations to optimize best practices in care after stroke: AEROBICS 2019 Update. *Physical Therapy*. 2020;100(1):149-56.
12. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2014;45(8):2532-53.
13. Karlsen T, Aamot IL, Haykowsky M, Rognmo O. High intensity interval training for maximizing health outcomes. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2017;60(1):67-77.
14. Gjellesvik TI, Becker F, Tjonna AE, Indredavik B, Nilsen H, Brurok B, et al. Effects of high-intensity interval training after stroke (the HIIT-Stroke Study): A multicenter randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2020;101(6):939-47.
15. Crozier J, Roig M, Eng JJ, MacKay-Lyons M, Fung J, Ploughman M, et al. High-intensity interval training after stroke: an opportunity to promote functional recovery, cardiovascular health, and neuroplasticity. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2018;32(6-7):543-56.
16. Carl DL, Boyne P, Rockwell B, Gerson M, Khoury J, Kissela B, et al. Preliminary safety analysis of high-intensity interval training (HIIT) in persons with chronic stroke.

Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme. 2017;42(3):311-8.

17. Askim T, Dahl AE, Aamot IL, Hokstad A, Helbostad J, Indredavik B. High-intensity aerobic interval training for patients 3-9 months after stroke. A feasibility study. *Physiotherapy Research International*. 2014;19(3):129-39.

18. Boyne P, Dunning K, Carl D, Gerson M, Khoury J, Kissela B. High-intensity interval training in stroke rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2013;20(4):317-30.

19. Sidani S, Epstein DR, Bootzin RR, Moritz P, Miranda J. Assessment of preferences for treatment: validation of a measure. *Research in Nursing & Health*. 2009;32(4):419-31.

20. Collado-Mateo D, Lavin-Perez AM, Penacoba C, Del Coso J, Leyton-Roman M, Luque-Casado A, et al. Key Factors associated with adherence to physical exercise in patients with chronic diseases and older adults: An umbrella review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(4).

21. Esparrago Llorca G, Castilla-Guerra L, Fernandez Moreno MC, Ruiz Doblado S, Jimenez Hernandez MD. Post-stroke depression: an update. *Neurologia*. 2015;30(1):23-31.

22. Cumming TB, Blomstrand C, Skoog I, Linden T. The high prevalence of anxiety disorders after stroke. *American Journal of Geriatric Psychiatry*. 2016;24(2):154-60.

23. Jin YP, Di Legge S, Ostbye T, Feightner JW, Hachinski V. The reciprocal risks of stroke and cognitive impairment in an elderly population. *Alzheimer's & Dementia*. 2006;2(3):171-8.

24. de Oliveira L, Souza EC, Rodrigues RAS, Fett CA, Piva AB. The effects of physical activity on anxiety, depression, and quality of life in elderly people living in the community. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*. 2019;41(1):36-42.
25. Heyn P, Abreu BC, Ottenbacher KJ. The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(10):1694-704.
26. Cumming TB, Tyedin K, Churilov L, Morris ME, Bernhardt J. The effect of physical activity on cognitive function after stroke: a systematic review. *International Psychogeriatrics / IPA*. 2012;24(4):557-67.
27. High-intensity interval exercise after stroke [Internet]. 2020. Available from: <https://www.isrctn.com/ISRCTN17499536>.
28. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Tenth ed: American College of Sports Medicine; 2018.
29. Daskalopoulou SS, Rabi DM, Zarnke KB, Dasgupta K, Nerenberg K, Cloutier L, et al. The 2015 Canadian Hypertension Education Program recommendations for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk, prevention, and treatment of hypertension. *Canadian Journal of Cardiology*. 2015;31(5):549-68.
30. Godin G, Shephard RJ. A simple method to assess exercise behavior in the community. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 1985;10(3):141-6.
31. Chang SF, Yang RS, Lin TC, Chiu SC, Chen ML, Lee HC. The discrimination of using the short physical performance battery to screen frailty for community-dwelling elderly people. *Journal of Nursing Scholarship*. 2014;46(3):207-15.

32. Herrmann C. International experiences with the Hospital Anxiety and Depression Scale--a review of validation data and clinical results. *Journal of Psychosomatic Research*. 1997;42(1):17-41.
33. Pendlebury ST, Mariz J, Bull L, Mehta Z, Rothwell PM. MoCA, ACE-R, and MMSE versus the National Institute of Neurological Disorders and Stroke-Canadian Stroke Network Vascular Cognitive Impairment Harmonization Standards Neuropsychological Battery after TIA and stroke. *Stroke*. 2012;43(2):464-9.
34. Shephard RJ. Maximal oxygen intake and independence in old age. *British Journal of Sports Medicine*. 2009;43(5):342-6.
35. Mackay-Lyons M, McDonald A, Matheson J, Eskes G, Klus MA. Dual effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular fitness and walking ability early after stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(7):644-53.
36. Ploughman M, Kelly LP. Four birds with one stone? Reparative, neuroplastic, cardiorespiratory, and metabolic benefits of aerobic exercise poststroke. *Current Opinion in Neurology*. 2016;29(6):684-92.
37. Kaminsky LA, Arena R, Beckie TM, Brubaker PH, Church TS, Forman DE, et al. The importance of cardiorespiratory fitness in the United States: the need for a national registry: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;127(5):652-62.
38. Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, Torhaug T, Helgerud J. Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one year follow-up. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2012;19(4):353-60.

39. Boyne P, Dunning K, Carl D, Gerson M, Khoury J, Kissela B. Within-session responses to high-intensity interval training in chronic stroke. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2015;47(3):476-84.
40. Gormley SE, Swain DP, High R, Spina RJ, Dowling EA, Kotipalli US, et al. Effect of intensity of aerobic training on VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008;40(7):1336-43.
41. Wiener J, McIntyre A, Janssen S, Chow JT, Batey C, Teasell R. Effectiveness of high-intensity interval training for fitness and mobility post stroke: A systematic review. *PM & R*. 2019;11(8):868-78.
42. Ellingsen Ø, Halle M, Conraads V, Støylen A, Dalen H, Delagardelle C, et al. High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*. 2017;135(9): 839-849.
43. Blennerhassett JM, Cooper T, Logan A, Cumming TB. The stroke exercise preference inventory is feasible to use in a community rehabilitation setting. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2019:1-8.
44. Gunnes M, Langhammer B, Aamot IL, Lydersen S, Ihle-Hansen H, Indredavik B, et al. Adherence to a long-term physical activity and exercise program after stroke applied in a Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*. 2019;99(1):74-85.
45. Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 1995;26(1):101-5.
46. Ivey FM, Ryan AS, Hafer-Macko CE, Goldberg AP, Macko RF. Treadmill aerobic training improves glucose tolerance and indices of insulin sensitivity in disabled stroke survivors: a preliminary report. *Stroke*. 2007;38(10):2752-8.

47. Prior PL, Hachinski V, Unsworth K, Chan R, Mytka S, O'Callaghan C, et al. Comprehensive cardiac rehabilitation for secondary prevention after transient ischemic attack or mild stroke: I: feasibility and risk factors. *Stroke*. 2011;42(11):3207-13.
48. Lincoln NB, Brinkmann N, Cunningham S, Dejaeger E, De Weerd W, Jenni W, et al. Anxiety and depression after stroke: a 5 year follow-up. *Disability and Rehabilitation*. 2013;35(2):140-5.
49. Martinsen EW. Physical activity in the prevention and treatment of anxiety and depression. *Nordic Journal of Psychiatry*. 2008;62 Suppl 47:25-9.
50. Colcombe S, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*. 2003;14(2):125-30.
51. Boyne P, Meyrose C, Westover J, Whitesel D, Hatter K, Reisman DS, et al. Exercise intensity affects acute neurotrophic and neurophysiological responses poststroke. *Journal of Applied Physiology*, 2019; 126(2): 431-443.
53. Ekkekakis P, & Biddle SH. Extraordinary claims in the literature on high-intensity interval training (HIIT): IV. Is HIIT associated with higher long-term exercise adherence? *Psychology of Sport and Exercise*, 2022; 102295. (In press).
54. Madssen E, Arbo I, Granøien I, Walderhaug L, & Moholdt T. Peak oxygen uptake after cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial of a 12-month maintenance program versus usual care. *PLoS One*, 2014; 9(9), e107924.
55. Calverley TA, Ogoh S, Marley CJ, Steggall M, Marchi N, Brassard P, ... & Bailey DM. HIITing the brain with exercise: mechanisms, consequences and practical recommendations. *The Journal of Physiology*, 2020; 598(13): 2513-2530.
56. Luo L, Meng H, Wang Z, Zhu S, Yuan S, Wang Y, & Wang Q. Effect of high-intensity exercise on cardiorespiratory fitness in stroke survivors: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2020: 63(1): 59-68.

Table 3. Baseline characteristics of participants

		HIIT+MICT	MICT	Control	Total	P Value
		(N=19)	(N=16)	(N=17)	(N=52)	
Socio-demographic characteristics						
Sex - n (%)	Male	13 (68.4)	10 (62.5)	10 (58.8)	33 (63.5)	NS
	Female	6 (31.6)	6 (37.5)	7 (41.2)	19 (36.5)	
Age - years		71.8 ± 9.9	65.6 ± 11.3	69.6 ± 10.7	69.2 ± 10.7	NS
Employment status	Employed	5 (26.3)	4 (25.0)	3 (17.6)	12 (23.1)	NS
	Retired	14 (73.7)	12 (75.0)	14 (82.4)	40 (76.9)	
Marital status	Cohabitation	13 (68.4)	13 (81.3)	10 (58.8)	36 (69.2)	NS
	Single	6 (31.9)	3 (18.8)	7 (41.2)	16 (30.8)	
Health characteristics						
Neurovascular disease- n (%)	Stroke	11 (57.9)	14 (87.5)	14 (82.4)	39 (75.0)	NS
	TIA	8 (42.1)	2 (12.5)	3 (17.6)	13 (25.0)	
Time since the event – months		37.3 ± 61.6	51.8 ± 78.7	29.3 ± 39.1	39.2 ± 61.0	NS
Multiple stroke or TIA – n (%)		3 (15.8)	1 (6.3)	2 (11.8)	6 (11.5)	NS
VO ₂ peak (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)		19.5 ± 5.3	20.4 ± 4.7	19.3 ± 7.3	19.7 ± 5.8	NS
Use of orthotic device – n (%)		1 (5.3)	5 (31.3)	1 (6.0)	7 (13.5)	0.043
BMI - kg/m ²		27.9 ± 2.4	28.4 ± 5.4	28.3 ± 5.9	28.2 ± 4.7	NS
BF - %		30.2 ± 5.0	31.1 ± 6.5	32.1 ± 8.4	31.1 ± 6.6	NS
Smoking habits	Non-smoker	6 (31.9)	4 (25.0)	6 (35.3)	16 (30.8)	NS

Smoker	0 (0)	1 (6.3)	3 (17.6)	4 (7.7)	NS
Ex-smoker	13 (68.4)	11 (68.8)	8 (47.1)	32 (61.5)	NS
Hypercholesterolemia - n (%)	15 (78.9)	13 (81.3)	14 (82.4)	42 (80.8)	NS
Diabetes - n (%)	4 (21.1)	4 (25.0)	4 (23.5)	12 (23.1)	NS
Hypertension - n (%)	10 (52.6)	11 (68.8)	11 (64.7)	32 (61.5)	NS
PAD - n (%)	1 (5.3)	3 (18.8)	0 (0)	4 (7.7)	NS
CHD - n (%)	6 (31.6)	4 (25.0)	1 (6.0)	11 (21.2)	NS
CKD - n (%)	3 (15.8)	1 (6.3)	2 (11.8)	6 (11.5)	NS
AF - n (%)	6 (31.6)	0 (0)	2 (11.8)	8 (15.4)	0.032
Medication					
Lipids lowering drugs	16 (84.2)	11 (68.8)	13 (76.5)	40 (76.9)	NS
Antihypertensives drugs	12 (63.2)	10 (62.5)	12 (70.6)	34 (65.4)	NS
Anticoagulants	8 (42.1)	4 (25.0)	4 (23.5)	16 (30.8)	NS
Antiplatelets	14 (73.7)	14 (87.5)	15 (88.2)	43 (82.7)	NS
Hypoglycemic drugs	2 (10.5)	1 (6.3)	4 (23.5)	7 (13.5)	NS
Anxiolytics	3 (15.8)	3 (18.8)	1 (5.9)	7 (13.5)	NS
Antidepressants	7 (36.8)	4 (25.0)	1 (5.9)	12 (23.1)	NS

Data are presented as mean \pm SD or n (%). TIA: transient ischemic attack; BMI: body mass index; BF: body fat; PAD: peripheral arterial disease; CHD: coronary heart disease; CKD: chronic kidney disease; AF: atrial fibrillation. P value represents the comparison between groups; NS: non-significant

Table 4. Change in primary and secondary outcomes

		Repeated-measure ANOVA					
		T0	T6	T12	p-values		
					Group	Time	Interaction
Exercise and physical variables							
VO₂peak (ml·min⁻¹·kg⁻¹) (n=39)	HIIT+MICT	18.9 ± 5.5	21.9 ± 6.1	20.6 ± 5.6	0.297	<0.001*	<0.001*
	MICT	21.1 ± 4.5	24.1 ± 4.9	22.5 ± 5.3			
	Control	19.3 ± 8.4	18.7 ± 8.0	18.0 ± 7.6			
PPO (W) (n=39)	HIIT+MICT	83.3 ± 41.9	105.3 ± 48.4	96.0 ± 44.1	0.166	<0.001*	<0.001*
	MICT	99.2 ± 35.5	119.2 ± 35.0	108.3 ± 37.4			
	Control	80 ± 49.4	76.7 ± 46.2	72.5 ± 45.4			
SBP (mmHg)	HIIT+MICT	125.3 ± 13.9	121 ± 17.2	123.4 ± 12.7	0.123	0.088	0.173
	MICT	130.3 ± 17.0	136.9 ± 19.8	128.9 ± 12.8			
	Control	132.3 ± 18.7	138.8 ± 14.5	127.4 ± 16.0			
DBP (mmHg)	HIIT+MICT	65 ± 12.3	66 ± 14.5	65.3 ± 7.8	0.243	0.264	0.454
	MICT	68.0 ± 9.5	73.9 ± 10.5	67.2 ± 12			
	Control	70.7 ± 9.6	73.7 ± 8.9	73.3 ± 10			
HR (beats/min)	HIIT+MICT	69.3 ± 11.3	67.4 ± 11	69.5 ± 10	0.985	0.474	0.785
	MICT	68.7 ± 13.6	68 ± 11.5	68.7 ± 11.3			
	Control	71.4 ± 11.3	68.6 ± 13.4	67.5 ± 13.2			
SPPB	HIIT+MICT	9.4 ± 3.2	10.4 ± 2.8	10.3 ± 2.3	0.373	0.458	0.003*

	MICT	9.3 ± 2.3	9.9 ± 2.8	10.3 ± 2.6			
	Control	9.4 ± 2.3	8.8 ± 2.5	8.1 ± 2.5			
Anthropometric variables							
BMI (kg/m²)	HIIT+MICT	28 ± 2.6	28.3 ± 2.9	28.7 ± 2.7	0.987	0.269	0.065
	MICT	28.3 ± 5.5	28.2 ± 5.3	28.4 ± 4.3			
	Control	28.5 ± 6.6	28.9 ± 6.6	28.4 ± 6			
WC (cm)	HIIT+MICT	99.3 ± 8.8	98.9 ± 9.8	99.5 ± 9.6	0.900	0.549	0.641
	MICT	97.2 ± 12.9	98.0 ± 12	98.4 ± 12.2			
	Control	99.7 ± 16.2	100.8 ± 15.8	99.9 ± 16.1			
FM (%)	HIIT+MICT	30.9 ± 5.5	32.6 ± 4.8	32.8 ± 6.0	0.736	0.227	0.514
	MICT	30.8 ± 6.9	30.4 ± 8.1	30.7 ± 7.5			
	Control	32.5 ± 9.8	33 ± 9.4	33.2 ± 11			
Blood variables							
HDL (mmol/L)	HIIT+MICT	1.4 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.4 ± 0.5	0.946	0.001*	0.159
	MICT	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.4			
	Control	1.3 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.3 ± 0.3			
LDL (mmol/L)	HIIT+MICT	1.7 ± 0.5	1.9 ± 0.6	1.9 ± 0.7	0.264	0.003*	0.397
	MICT	1.6 ± 0.5	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.5			
	Control	1.7 ± 0.7	2.2 ± 0.9	2.2 ± 0.5			
HbA1c	HIIT+MICT	0.061 ± 0.008	0.061 ± 0.012	0.061 ± 0.010	0.603	0.272	0.903
	MICT	0.057 ± 0.004	0.059 ± 0.008	0.058 ± 0.005			

	Control	0.059 ± 0.007	0.061 ± 0.008	0.061 ± 0.009			
Questionnaires							
GLTQ	HIIT+MICT	15.5 ± 13.5	34.3 ± 20.1	29.5 ± 22.2	0.002*	0.005*	0.016*
	MICT	27.5 ± 25.1	46.4 ± 19.4	38.2 ± 24.1			
	Control	18 ± 13.6	12.6 ± 11.4	14.8 ± 12.0			
HAD	HIIT+MICT	11.1 ± 4.1	7.6 ± 3.6	7.4 ± 3	0.256	0.001*	0.014*
	MICT	11.8 ± 7.2	9.2 ± 4.4	9.3 ± 6.2			
	Control	11.3 ± 6.1	11.6 ± 4.4	12.0 ± 4.2			
MoCA	HIIT+MICT	23.9 ± 3.9	24.7 ± 3.4	25.6 ± 3.3	0.209	0.056	0.041*
	MICT	23.6 ± 2.5	24.1 ± 3.5	25 ± 3.4			
	Control	22.9 ± 4.1	21.9 ± 4.8	22.2 ± 5.3			

Data are presented as mean ± SD; PPO: peak power output; GLTQ: Godin Leisure Time Questionnaire; HAD: Hospital Anxiety and Depression scale; MoCA: Montreal Cognitive Assessment; HDL: high density lipoprotein; LDL: low density lipoprotein; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; HR: heart rate; BMI: body mass index; WC: waist circumference; FM: fat mass; SPPB: Short Physical Performance Battery. * Results statically significant (p-value<0.05)

Table 5. Acceptability of HIIT+MICT and MICT program assessed by TAPQ

Acceptability attributes (score 0 to 4)	HIIT+MICT (N=15)	MICT (N=13)	P values
Effectiveness	3.6 [3-4]	3.4 [2-4]	NS
Suitability	3.6 [3-4]	3.8 [3-4]	NS
Appropriateness	3.5 [2-4]	3.4 [1-4]	NS
Willingness	3.7 [3-4]	3.8 [3-4]	NS

Data are presented as mean [range]. P value represents the comparison between groups. NS: non-significant.

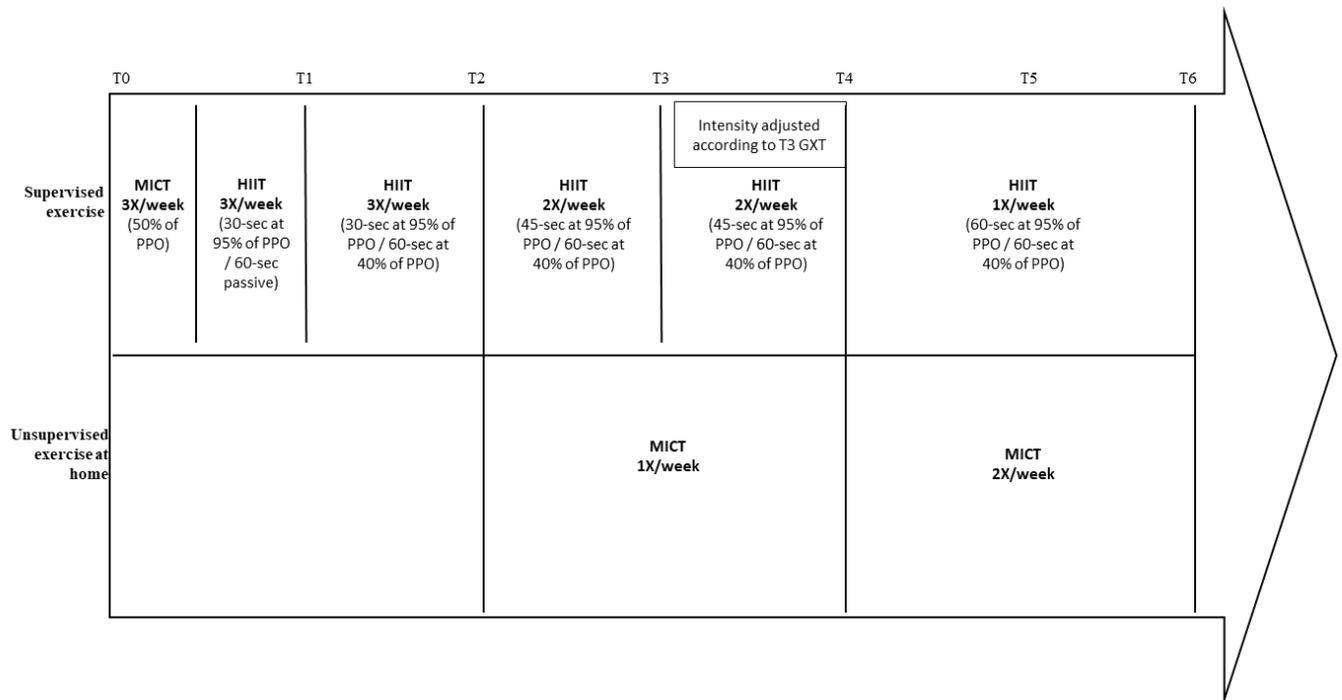


Figure 14. Timeline for HIIT+MICT group

PPO: peak power output; HIIT: high intensity interval training, MICT: moderate intensity continuous training; T0: baseline; T1: 1-month T2: 2-months T3: 3-months; T4: 4-months; T5: 5-months; T6: 6-months; T12: 12-months



Figure 15. Flow chart

HIIT: high intensity interval training; MICT: moderate intensity continuous training.

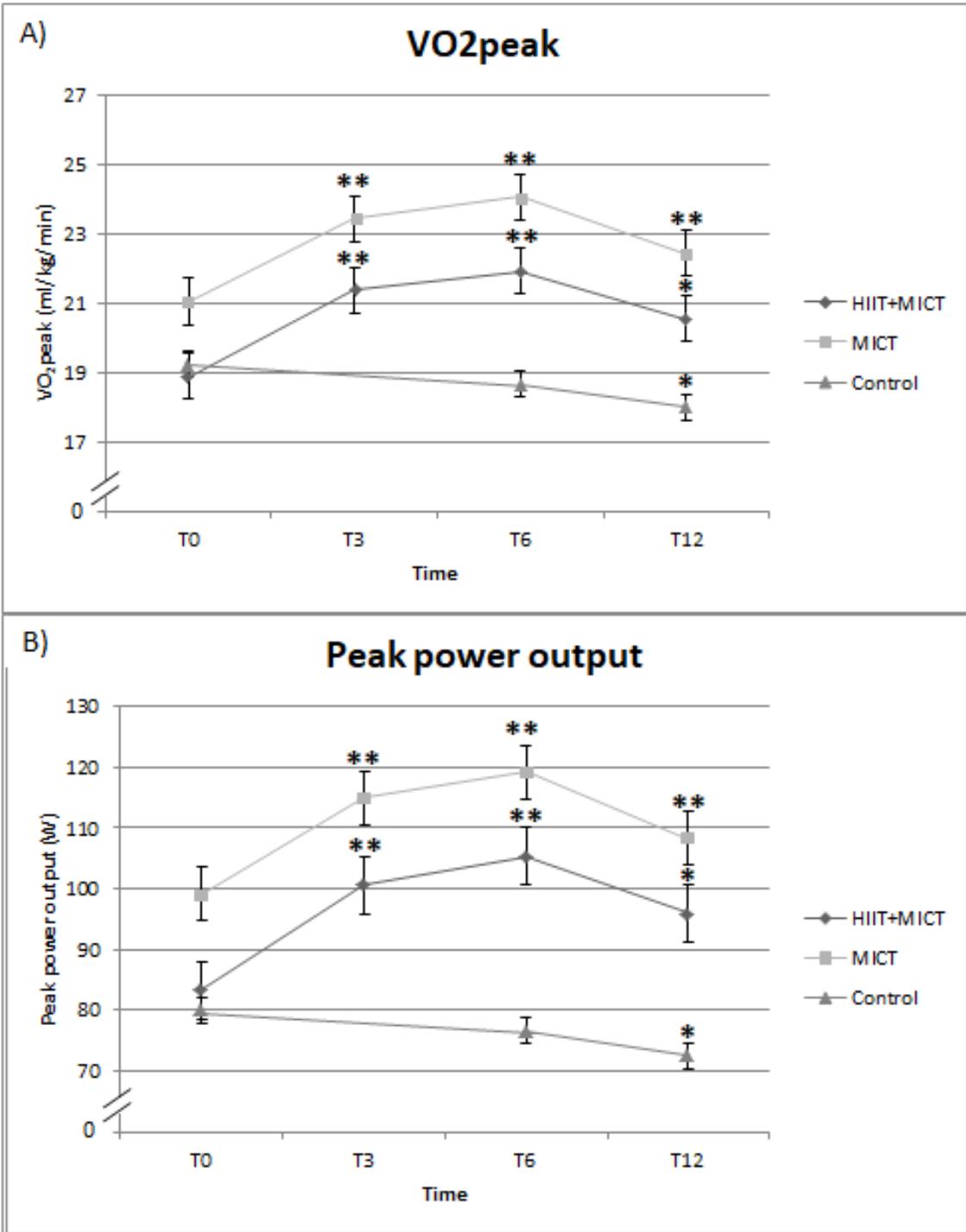


Figure 16. Comparison the effects of exercises programs on A) VO₂peak and B) peak power output.

HIIT: high intensity interval training, MICT: moderate intensity continuous training; T1: 1-month; T3: 3-months; T6: 6-months; T12: 12-months *significantly different compared to T0 by $p < 0.05$, **significantly different compared to T0 by $p < 0.01$

CHAPITRE VI – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE III

Post-exercise hypotensive response in stroke patients following acute moderate or high intensity cycling session

Blood pressure, exercise and stroke

Thalia LAPOINTE^{1*}, François TRUDEAU¹, Ying T. SIA³, and Julie HOULE²⁻³

¹Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada;

²Department of Nursing, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada;

³Centre intégré universitaire de santé et de services de la Mauricie and Centre-du-Québec, Trois-Rivières, Québec, Canada

*Corresponding author: Thalia Lapointe, Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, 3351 boulevard des Forges Québec, G8Z 4M3, Trois-Rivières, Canada. Email: thalia.lapointe@uqtr.ca

Cet article a été publié dans le *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* le 15 octobre 2021.

Contribution des auteurs

Thalia Lapointe	Recension des écrits Élaboration de la méthodologie Coordination de l'étude Évaluation des participants Entraînement des participants Collecte de données Analyses statistiques Interprétation des résultats Rédaction et soumission de l'article
François Trudeau	Élaboration de la méthodologie Révision de l'article
Ying Tung Sia	Évaluation des participants Révision de l'article
Julie Houle	Élaboration de la méthodologie Révision de l'article

Résumé

L'hypertension artérielle est fortement prévalente chez les patients victimes d'un AVC et la réduction de la pression artérielle est une priorité. L'exercice aérobie est connu pour induire une réponse hypotensive post-exercice, mais peu d'études ont documenté ce concept chez les patients victimes d'un AVC. L'objectif était d'évaluer l'effet d'une seule séance MICT et HIIT sur la MAPA post-exercice chez des patients ayant déjà subi un AVC ischémique ou une ICT. Méthodologie: Dix adultes hypertendus (âge moyen : 70 ± 9 ans) ayant subi un AVC ischémique ou une ICT ont participé en utilisant un protocole en chassé-croisé randomisé. La MAPA a été surveillée jusqu'à 8 heures après une séance d'ergocycle MICT ou HIIT de respectivement 50 % et 95 % de la puissance aérobie maximale. La pression artérielle a été comparée à la mesure au repos avant l'exercice. Résultats: Les séances HIIT et MICT ont induit une diminution de la pression artérielle systolique de $-11,0 \pm 9,2$ mmHg et $-4,7 \pm 4,5$ mmHg respectivement ($p = 0,03$) immédiatement après l'exercice. La pression artérielle systolique ambulatoire a montré une augmentation linéaire régulière ($R^2 = 0,90$; $p < 0,001$) de $\sim 1,2$ mmHg/heure et est revenue à la mesure pré-exercice après 8 heures. L'effet des deux conditions d'exercice dans le temps n'a pas été significativement différent ($p = 0,278$). La pression artérielle diastolique n'a pas été affectée par les deux exercices. Conclusion : Ces résultats suggèrent que le HIIT induit une réduction de la pression artérielle systolique de plus grande ampleur que le MICT immédiatement après un exercice sur ergocycle chez des patients ayant subi un AVC ischémique ou une ICT. Pour les deux type d'intervention, les effets sur la pression artérielle systolique ambulatoire sont similaires et persistent jusqu'à 8 heures post-exercice.

Mots clés : AVC, exercice, pression artérielle, HIIT, MAPA

Abstract

BACKGROUND: Hypertension is highly prevalent in stroke patients and reducing blood pressure is a priority. Aerobic exercise is known to induce post-exercise hypotensive responses, but limited studies have documented this concept in stroke patients. The purpose was to investigate the effect of a single bout of moderate intensity continuous training (MICT) and high intensity interval training (HIIT) on post-exercise ambulatory blood pressure with patients with prior ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA). **METHODS:** Ten hypertensive adults (mean age: 70 ± 9 years) with prior ischemic stroke or TIA participated using a randomized crossover design. Ambulatory blood pressure was monitored for up to 8 hours after either ergocycle MICT or HIIT of respectively 50 % and 95 % of peak power output. Blood pressure was compared to pre-exercise resting measure.

RESULTS: HIIT and MICT induced a decrease of systolic blood pressure of -11.0 ± 9.2 mmHg and -4.7 ± 4.5 mmHg respectively ($p= 0.03$) immediately after the exercise. Ambulatory systolic blood pressure showed a steady linear increase ($R^2 = 0.90$; $p < 0.001$) of ~ 1.2 mmHg/hour and returned to pre-exercise measure after 8 hours. Effect of the two exercise conditions over time did not significantly differ ($p= 0.278$). Diastolic blood pressure was not affected by both exercises.

CONCLUSIONS: Those results suggest that HIIT induce a systolic blood pressure reduction of greater magnitude than MICT immediately after cycling exercise among patients with prior ischemic stroke or TIA. For both exercises, effects on ambulatory blood pressure are similar and persist up to 8 hours.

Key words: Stroke, exercise, blood pressure, HIIT, MAPA

Introduction

Stroke is the second leading cause of death and the first leading cause of disability in the world (1). Annually, the risk for future stroke after an initial ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA) is about 4 % (2) and the mortality rate after a recurrent stroke is 41 % (3). Based on data from 30 studies, hypertension is the most prevalent risk factor for stroke and has been reported in 64 % of those patients (4). Furthermore, the presence of high blood pressure increase the risk of recurrence (5).

According to the guideline of the American Stroke Association (6), the treatment of hypertension represents the most important intervention for secondary prevention of ischemic stroke. A Cochrane review of randomized controlled trials investigated blood pressure-lowering treatment after stroke and TIA and results support the use of blood pressure-lowering drugs for reducing the risk of recurrent stroke (7). In addition to antihypertensive drugs, behavioural interventions such as exercise are recommended to manage hypertension in stroke patients (8). Although exercise is generally recommended as a longitudinal method to manage hypertension, it is also known to reduce blood pressure immediately after a single bout of exercise. A meta-analysis demonstrated a reduction of 3 to 4 mmHg after acute exercise that confirms the importance of non-pharmacological treatment (9).

Post-exercise hypotensive responses is a clinically phenomenon that has been widely studied after aerobic exercise on normotensive and hypertensive individuals (10). However, magnitude and duration vary considerably between studies. Some authors suggested that higher exercise intensities including high intensity interval training (HIIT) generates greater magnitude of hypotensive responses compared to moderate intensity continuous training (MICT) (11, 12). However, this finding seems to be inconsistent in the literature (13, 14). Furthermore, limited studies have documented post-exercise hypotensive responses with stroke patients and to our knowledge, none have investigated this concept following a single bout of HIIT. Considering the high prevalence of hypertension in stroke patients and the potential hypotensive response of HIIT, it seems important to address this issue. The purpose of this study was to investigate the effect of a single-bout of ergocycle MICT and HIIT on post-exercise ambulatory blood pressure among patients with prior ischemic stroke or TIA. In accordance to the meta-analysis of Perrier-Melo et

al. (11), we hypothesized that HIIT would be more effective to reduce blood pressure and that its effect would last longer than MICT.

Materials and methods

Design

Participants were tested in two experimental conditions, a week apart, using a randomized crossover design. The two conditions were 1) HIIT followed by eight hours of ambulatory blood pressure monitoring and 2) MICT followed by eight hours of ambulatory blood pressure monitoring. All exercise sessions were performed during the same day of the week in the morning (between 8 and 10 a.m.) to compare similar daily blood pressures and not be influenced by circadian cycle. Moreover, some authors demonstrated differences between post-exercise blood pressure response between morning and evening (15, 16). Ambulatory blood pressure was compared to the pre-exercise measure. Before the first exercise sessions, each participant underwent a symptom-limited graded exercise test (GTX) (see below) to determine cardiorespiratory fitness, peak power output (PPO) and the intensity of exercise during the exercise. This study was approved by the institutional ethics committees of both the University du Québec à Trois-Rivières and the Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) university hospital (CER-17-241-10.04 and CÉR-2017-002). Procedures were followed according to the Helsinki Declaration of the World Medical Association. All participants provided their written consent before taking part in the study.

Participants

Participants were recruited between January and July 2018 from outpatient clinics in Trois-Rivières, Québec, Canada and from responses to invitations published in the local newspapers to participate in a randomized control trial that investigated the inclusion of HIIT on cardiovascular risk factors post-stroke (trial registered as ISRCTN 17499536). Amongst those participants, a convenience sample of 10 persons were recruited on a voluntary basis to participate in this study. Inclusion criteria were: ischemic stroke or TIA with a minimum of three months post stroke or TIA event; age 40 years and over. Exclusion criteria were: TIA with either isolated sensory symptoms, visual changes or vertigo; presence of brain hemorrhage, vascular malformations,

tumor, abscess or other major non-ischemic cerebral disease; cognitive impairment limiting task comprehension; any musculoskeletal troubles that prevent physical activity practice; lower extremity claudication and all absolute contraindications to exercise testing according to the American College of Sports Medicine (17).

Exercise

Exercise sessions were performed under clinical supervision at the university's kinesiology clinic. Each session was realized on an ergocycle (Ergomedic 828E, Monark, Sweden). This exercise mode was chosen because it is less limiting for patients with gait and balance impairments or muscle weakness related to hemiparesis. Exercise included a 5-min warm-up and a 5-min cool-down at 40 % of PPO. HIIT included seven bouts of 30 sec at 95 % of PPO interspersed with a 60-sec of active recovery at 40 % of PPO for a total of 20 min. MICT was performed at 50 % of PPO. With the aim of making the two exercise sessions comparable in terms of caloric expenditure, MICT was designed to last 23 min. This duration was determined by an estimate by calculation and not by physiological measurement.

Measurements

Given the variability in blood pressure and the importance that patients should be sufficiently familiarized with the environment and procedures before the beginning of the experimental protocol (18), ambulatory blood pressure measures were taken after a minimum of 5 visits to the university's kinesiology clinic. An ambulatory blood pressure monitor (OnTrak, Spacelabs Healthcare, USA) was installed on the non-dominant arm of participant prior to exercise. Blood pressure was taken before and immediately after exercise following 5 min of rest in a sitting position according to the recommendations of the Canadian Education Hypertension Program (19). Pre and post exercise blood pressures were the average of three consecutive measures at one minute intervals. Ambulatory blood pressure was measured every 30 min for eight hours following exercise. Participants were asked to continue their activities of daily living and to keep the arm alongside the body during measurements. An exercise logbook was completed by participants to document their activities during this period.

The GTX protocol was performed to determine cardiorespiratory fitness on a semi-recumbent ergocycle with 12-lead ECG monitoring (MAC 5500HD, GE Healthcare, USA). The cadence was maintained at 60 rpm; power started between 0 watts and 60 watts depending on the participant's capacity and increased progressively by 10 watts per minute. Blood pressure response was assessed manually with a sphygmomanometer (Hillrom, Welch Allyn Tycos, USA) every 3 minutes to ensure patients safety. Systolic blood pressure >250 mm Hg or diastolic blood pressure >115 mm Hg were considered an absolute indication for terminating the GTX (20). Test termination criteria also included volitional fatigue, significant arrhythmia, evidence of ischemia, angina-like symptoms, a drop in systolic blood pressure of ≥ 10 mm Hg despite an increase in work rate or below the value obtained on the ergocycle prior to testing, shortness of breath, wheezing or leg cramps, signs of poor perfusion, failure of heart rate to increase with increased intensity or the participant's request to stop (17). All participants stopped because of volitional fatigue. PPO was established as the highest power maintained during 60 seconds during the final stage of the GTX and was used to determine exercise intensity during exercise.

To ensure safety during the exercise, heart rate was recorded continuously with a Polar FT4 monitor (Polar Electro, Finland) and blood pressure was measured on the right arm manually with a sphygmomanometer (Hillrom, Welch Allyn Tycos, USA) and a stethoscope (Littmann, Canada) every 5 minutes.

Body weight and height were measured with a stadiometer (402LB, Health-o-meter, USA) and were used to calculate body mass index (BMI).

Self-reported physical activity was recorded with the Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire (GLTEQ) (21). Baseline data including medical data on strokes, TIA, medication, and comorbidities that were collected by consulting the medical file in the hospital's archives with the participant's agreement before the evaluation.

Statistical analysis

Descriptive statistics were used for baseline characteristics of participants. Repeated measures ANOVA (time post-exercise \times exercise type) was used to assess effects after both HIIT and MICT on blood pressure over time. Due to non-compliance with theoretical assumptions (homoscedasticity and skewed distribution), we resorted to Monte-Carlo method for estimating

the F probabilities (1000000 iterations). A linear regression analysis was used to describe the evolution of ambulatory blood pressure in each group. Statistical significance was set at $p < 0.05$ and data are expressed as mean and standard deviation (SD). Analyses were conducted using Microsoft Excel 2010 and IBM SPSS Statistics (version 26).

Results

The sample was composed of 10 participants (7 men and 3 women, mean age 70.4 ± 8.8 years, 6 had a stroke and 4 TIA prior to recruitment). Table 6 reports the baseline characteristics of the participants. As reported by the GLTEQ score, physical activity level was low (21). VO_{2peak} was 21.7 ± 5.8 ml O_2 /kg/min and PPO was 104.0 ± 43.8 watts. Accordingly, absolute values for higher intensities during HIIT represented 98.8 ± 41.6 watts and 52.0 ± 21.9 watts during MICT. All participants completed the entire exercise protocols as requested and no adverse events were registered. Based on the exercise logbook filled by participants, no particular activity was reported to increase blood pressure during study days. All participants reported to be mostly sedentary during hours following exercise. Three participants reported walking activity at light intensity for 30 to 60 minutes.

Immediately after the exercise bout (following 5 min of rest in sitting position), either HIIT and MICT generated a reduction of systolic blood pressure of -11.0 ± 9.2 mmHg ($t_9 = -3.791$, $p < 0.01$) and -4.7 ± 4.5 mmHg ($t_9 = -3.326$, $p < 0.01$) respectively with a significant difference between the two programs ($t_9 = -2.518$, $p = 0.03$). Individual and mean variations of systolic blood pressure are presented in figure 17. Diastolic blood pressure did not change ($p > 0.05$).

To evaluate the effect over time, mean hourly ambulatory systolic and diastolic blood pressures were compared to pre-exercise average measure (delta). For systolic blood pressure, ANOVA indicated a significant variation in time post-exercise ($p = 0.003$), but no difference between the two programs ($p = 0.279$). Figure 18 presents mean hourly delta of systolic blood pressure post-exercise compared to pre-exercise measure for HIIT and MICT and mean hourly heart rate. As demonstrated by the linear regression ($y = 1.1999x - 10.7$), MICT and HIIT induced a mean decrease of 10.7 mmHg of systolic blood pressure. A significant linear increase ($R^2 = 0.90$; $p < 0.01$) of ~ 1.2 mmHg by hour was observed up to 8 hours when measures return to pre-exercise

level. For diastolic blood pressure, no difference between time or programs was observed ($p > 0.05$). Mean hourly delta post-exercise are presented in figure 19.

Discussion

In the present study, the effect of a single-bout of ergocycle HIIT and MICT on post-exercise ambulatory blood pressure among participants with prior ischemic stroke or TIA was investigated. The results suggest that HIIT induce a systolic blood pressure reduction of greater magnitude than MICT immediately after exercise. Both programs generated a similar linear increase until reaching the pre-exercise level after 8 hours. Effect of the two programs on systolic blood pressure exercise conditions over time was similar. No significant decrease was observed on diastolic blood pressure.

Post-exercise hypotensive response has been studied in healthy and clinical population. A meta-analysis demonstrated that regardless of the participant, measurement features and exercise characteristics, there was a reduction of blood pressure in the hours following exercise (-4.8 mmHg for systolic blood pressure and -3.2 mmHg for diastolic blood pressure) (9). According to this meta-analysis, although all participants benefited from exercise, some characteristics were associated with greater blood pressure reductions: male vs. female, lower age, higher initial blood pressure level, non-medicated participants for hypertension vs. medicated participants and higher intensity of exercise. In our study, the small sample does not allow to observe difference between participant's characteristics. However, the figure 17 allows us to observe that even patients with low blood pressure pre-exercise showed a reduction post-exercise. Of note, no participants showed signs of hypotension. In clinical setting, in order to avoid the risk of hypotension post-exercise, it is important to consider initial blood pressure and monitor it frequently. If needed an adjustment of medication could be considered prior to begin an exercise program. In accordance to Brito et al. (2019), post-exercise hypotension is characterized as a reduction in blood pressure below the values observed either immediately prior to exercise or on a control day (18). As we did not realise control session without exercise, our results are based on the comparison with blood pressure measurements taken immediately before the exercise bout. Fecchio et al. (2020) demonstrated that this approach can underestimate the systolic blood pressure compared to the approach with a control day (22). Furthermore, in our study, HIIT induced a greater reduction on systolic blood

pressure than MICT immediately after exercise. This result was not a consequence of higher energy expenditure because both exercises were adjusted to be similar in term of caloric expenditure based on theoretical estimation. However, during the following hours, although all the MICT deltas appear to be lower than HIIT, this result is not significantly different, due to a strong random error variance. Indeed, based on posteriori sample size calculation (effect size of 0.365 with a type I error of 5 % and an 80 % power), 48 participants would have been needed to bring out differences between exercise programs. Pimenta et al. (2019) demonstrated that HIIT produce a post-exercise hypotensive response of greater magnitude than MICT in hypertensive patients treated with antihypertensive medications (12). Exercise parameters used by this research group were similar than ours, and systolic blood pressure reductions were also comparable (-7 and -11 mmHg for MICT and HIIT respectively). On the other hand, Lacombe et al. (2011) demonstrated a similar systolic blood pressure reduction following equicaloric bouts of HIIT and MICT in older prehypertensive men (23). Limited studies have documented the concept of post-exercise hypotensive response in post-stroke patients. In a pilot study, Lai et al. (2015) have reported that stroke patients can sustain sufficient walking intensities to generate a blood pressure lowering (24). In this study, they also reported that aquatic treadmill walking decrease diastolic blood pressure and night-time systolic blood pressure. Furthermore, those results showed a biphasic pattern with a possible increase of blood pressure three hours post-exercise that was not observed in our results.

It is known that 90 % of the stroke burden is attributable to modifiable risk factors including low physical activity (25) and the risk for a first ischemic stroke is directly related to blood pressure starting with a systolic blood pressure over 115 mmHg (26). The relationship with recurrent stroke has been less well studied but is presumably similar. From a clinical perspective, epidemiological studies showed that a decrease of 5 mmHg in systolic blood pressure is likely to reduce mortality due to coronary heart disease by 9 %, mortality due to stroke by 14 % and all-cause mortality by 7 % in hypertensive adults (27). Considering our results that suggest a considerable reduction in systolic blood pressure during hours following exercise, physical activity has to be considered as a non-pharmacological strategy for reducing blood pressure in patients' prior ischemic stroke or TIA. Canadian and American stroke guidelines recommend structured aerobic exercise conducted for at least three days of the week (28). Then, we hypothesize that a decrease of systolic blood pressure persisting for eight hours for a minimum of three times weekly would lead to a weekly total of 24 hours with a blood pressure reduction. It is suggested that when reduction occurs after

each exercise sessions, its benefits may summate over time and contribute to chronic adaptations (29). Furthermore, the magnitude of post-exercise hypotensive response is important due to the strong link between acute and chronic changes in blood pressure (30, 31). Therefore, our observations have clinical implications in the management of hypertension in stroke patients and could have long term effects. An important clinical concern about physical activity program is to maintain long term adherence and it has been suggested that monitoring immediate blood pressure benefits of exercise is an efficacious tool to improve exercise adherence in hypertensive adults (32). Regarding the intensity, guidelines generally recommend moderate intensity exercise, but our results support the effectiveness of high intensity to reduce blood pressure in ischemic stroke or TIA patients.

The present study has some limitations. First, the modest sample size limits the generalization of the results. We hypothesize that a larger sample size could demonstrate differences in ambulatory systolic blood pressure between programs over time that were not significant in this study. As the effect size was unknown prior to the study, the statistical power was calculated a posteriori and a sample of 48 participants would have been needed to bring out differences between exercise programs. Accordingly, we recognize that our study should be considered as a pilot and further research is needed to confirm those results. Secondly, the absence of a control day without exercise represents also a limit. However, the use of a randomized crossover design where participants acting as their own controls, the adequate familiarization pre-exercise and the use of the delta contribute to limit the interference of the results. In a clinical perspective, the use of ambulatory blood pressure represents a strength because it allows to investigate the effects of exercise in real life condition.

Conclusion

In conclusion, this study supports the use of acute exercise as a non-pharmacological strategy for reducing systolic blood pressure ischemic stroke or TIA patients. HIIT induced a reduction of systolic blood pressure of greater magnitude than MICT immediately after cycling exercise. However, effects of both programs did not differ over time and systolic blood pressure increased linearly up to pre-exercise level after height hours. Diastolic blood pressure was not affected by both programs. This study represents preliminary findings about acute effect of HIIT and

continuous ergocycle exercise on blood pressure in stroke patients. Given the need to reduce hypertension in those patients and the emergence of HIIT with this population those results could be transferred in clinical setting to improve cardiovascular secondary prevention. Further studies are required to investigate the transferability to other functional exercise like walking and to explore the effect on a longer period including nighttime.

Conflicts of interest. The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Funding. Thalia Lapointe is supported by a Doctoral Research Award from the Fonds de recherche du Québec – Santé (FRQS). The authors report no involvement in the research that could have influenced the outcome of this work.

Authors' contributions. Thalia Lapointe gave a substantial contribution to the conception of the study, intervention with participants, analysis and redaction of the manuscript. François Trudeau and Julie Houle participated to the conception, analysis and revision of the manuscript. Ying Tong Sia contributed to participants' evaluation and revision of the manuscript. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors acknowledge the Université du Québec à Trois-Rivières' kinesiology clinic for the use of the material during exercise, the electrophysiology department of CIUSSS-MCQ for the cardiovascular testing and Louis Laurencelle for the contribution in statistical analysis.

References

1. Katan M, Luft A. Global Burden of Stroke. *Seminars in neurology* 2018;38(2):208-11.
2. Dhamoon MS, Sciacca RR, Rundek T, Sacco RL, Elkind MS. Recurrent stroke and cardiac risks after first ischemic stroke: the Northern Manhattan Study. *Neurology*. 2006;66(5):641-6.
3. Hardie K, Hankey GJ, Jamrozik K, Broadhurst RJ, Anderson C. Ten-year risk of first recurrent stroke and disability after first-ever stroke in the Perth Community Stroke Study. *Stroke* 2004;35(3):731-5.
4. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global Burden of Stroke. *Circulation Research* 2017;120(3):439-48.
5. Boan AD, Lackland DT, Ovbiagele B. Lowering of blood pressure for recurrent stroke prevention. *Stroke; a journal of cerebral circulation* 2014;45(8):2506-13.
6. Kernan WN, Ovbiagele B, Black HR, Bravata DM, Chimowitz MI, Ezekowitz MD, et al. Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014;45(7):2160-236.
7. Zonneveld TP, Richard E, Vergouwen MD, Nederkoorn PJ, de Haan R, Roos YB, et al. Blood pressure-lowering treatment for preventing recurrent stroke, major vascular events, and dementia in patients with a history of stroke or transient ischaemic attack. *The Cochrane database of systematic reviews* 2018;7:CD007858.
8. Wajngarten M, Silva GS. Hypertension and Stroke: Update on Treatment. *European cardiology* 2019;14(2):111-5.

9. Carpio-Rivera E, Moncada-Jimenez J, Salazar-Rojas W, Solera-Herrera A. Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. *Arquivos brasileiros de cardiologia* 2016;106(5):422-33.
10. Cardoso CG, Jr., Gomides RS, Queiroz AC, Pinto LG, da Silveira Lobo F, Tinucci T, et al. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics (Sao Paulo)* 2010;65(3):317-25.
11. Perrier-Melo RJ, Costa EC, Farah BQ, Costa MDC. Acute Effect of Interval vs. Continuous Exercise on Blood Pressure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Arquivos brasileiros de cardiologia* 2020;115(1):5-14.
12. Pimenta FC, Montrezol FT, Dourado VZ, da Silva LFM, Borba GA, de Oliveira Vieira W, et al. High-intensity interval exercise promotes post-exercise hypotension of greater magnitude compared to moderate-intensity continuous exercise. *European journal of applied physiology* 2019;119(5):1235-43.
13. Pescatello LS, Guidry MA, Blanchard BE, Kerr A, Taylor AL, Johnson AN, et al. Exercise intensity alters postexercise hypotension. *Journal of hypertension*. 2004;22(10):1881-8.
14. Jones H, George K, Edwards B, Atkinson G. Is the magnitude of acute post-exercise hypotension mediated by exercise intensity or total work done? *European journal of applied physiology* 2007;102(1):33-40.
15. de Brito LC, Rezende RA, da Silva Junior ND, Tinucci T, Casarini DE, Cipolla-Neto J, et al. Post-exercise hypotension and its mechanisms differ after morning and evening exercise: a randomized crossover study. *PloS one* 2015;10(7):e0132458.
16. Brito LC, Azevedo L, Pecanha T, Fecchio RY, Rezende RA, da Silva GV, et al. Effects of ACEi and ARB on post-exercise hypotension induced by exercises conducted at different times of day in hypertensive men. *Clin Exp Hypertens* 2020;42(8):722-7.

17. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription ninth edition. Lippincott Williams & Wilkins 2013.
18. de Brito LC, Fecchio RY, Pecanha T, Lima A, Halliwill J, Forjaz CLM. Recommendations in Post-exercise Hypotension: Concerns, Best Practices and Interpretation. *International journal of sports medicine* 2019;40(8):487-97.
19. Rabi DM, McBrien KA, Sapir-Pichhadze R, Nakhla M, Ahmed SB, Dumanski SM, et al. Hypertension Canada's 2020 Comprehensive Guidelines for the Prevention, Diagnosis, Risk Assessment, and Treatment of Hypertension in Adults and Children. *The Canadian journal of cardiology* 2020;36(5):596-624.
20. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke; a journal of cerebral circulation* 2014;45(8):2532-53.
21. Godin G, Shephard RJ. A simple method to assess exercise behavior in the community. *Can J Appl Sport Sci* 1985;10(3):141-6.
22. Fecchio RY, Brito LC, Pecanha T, Forjaz CLM. Post-exercise hypotension and its hemodynamic determinants depend on the calculation approach. *Journal of human hypertension* 2020;34(10):719-26.
23. Lacombe SP, Goodman JM, Spragg CM, Liu S, Thomas SG. Interval and continuous exercise elicit equivalent postexercise hypotension in prehypertensive men, despite differences in regulation. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* 2011;36(6):881-91.

24. Lai B, Jeng B, Vrongistinos K, Jung T. Post-exercise hypotensive responses following an acute bout of aquatic and overground treadmill walking in people post-stroke: a pilot study. *Topics in stroke rehabilitation* 2015;22(3):231-8.
25. Feigin VL, Roth GA, Naghavi M, Parmar P, Krishnamurthi R, Chugh S, et al. Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet Neurology* 2016;15(9):913-24.
26. Lawes CM, Bennett DA, Feigin VL, Rodgers A. Blood pressure and stroke: an overview of published reviews. *Stroke; a journal of cerebral circulation.* 2004;35(4):1024.
27. Stamler J, Rose G, Stamler R, Elliott P, Dyer A, Marmot M. INTERSALT study findings. Public health and medical care implications. *Hypertension* 1989;14(5):570-7.
28. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, Dromerick A, Giacomantonio N, Hafer-Macko C, et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Physical therapy* 2019.
29. Brito LC, Fecchio RY, Pecanha T, Andrade-Lima A, Halliwill JR, Forjaz CLM. Postexercise hypotension as a clinical tool: a "single brick" in the wall. *Journal of the American Society of Hypertension : JASH* 2018;12(12):e59-e64.
30. Kleinnibbelink G, Stens NA, Fornasiero A, Speretta GF, Van Dijk APJ, Low DA, et al. The acute and chronic effects of high-intensity exercise in hypoxia on blood pressure and post-exercise hypotension: A randomized cross-over trial. *Medicine.* 2020;99(39):e22411.
31. Liu S, Goodman J, Nolan R, Lacombe S, Thomas SG. Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. *Medicine and science in sports and exercise* 2012;44(9):1644-52.

32. Zaleski AL, Taylor BA, Park CL, Santos LP, Panza G, Kramarz M, et al. Using the immediate blood pressure benefits of exercise to improve exercise adherence among adults with hypertension: a randomized clinical trial. *Journal of hypertension* 2019;37(9):1877-88.

Tables

Table 6. Baseline Characteristics of the participants

		N=10
Sex - n	Male	7
	Female	3
Age - years		70.4 ± 8.8
Neurovascular disease- n	Stroke	6
	TIA	4
Time since the event – months		52 [3-123]
Multiple stroke or TIA – n		2
Resting blood pressure (mmHg)		125/69 ± 15/10
VO ₂ peak (ml O ₂ /kg/min)		21.7 ± 5.8
PPO (Watts)		104.0 ± 43.8
Self-reported physical activity (GLTEQ)		10.4 ± 2.9
Use of orthotic device – n		0
BMI - kg/m ²		27.7 ± 2.7
Smoking habits - n	Non-smoker	4
	Smoker	0
	Ex-smoker	6
Hypercholesterolemia - n		9
Diabetes - n		2
Hypertension - n		10
CHD - n		3
CKD - n		2
AF - n		2
Pharmacotherapy - n	Diuretics	1
	Beta-blockers	1
	CCB	7

	ACE inhibitors	5
	ARB	1

Data are presented as mean \pm SD, n or mean [range]. TIA: transient ischemic attack; PPO: peak power output, GLTEQ: Godin Leisure Time Exercise Questionnaire; BMI: body mass index; BF: body fat; CHD: coronary heart disease; CKD: chronic kidney disease; AF: atrial fibrillation; CCB: calcium channel blockers; ACE: Angiotensin-converting enzyme; ARB: Angiotensin II receptor blockers.

Figures

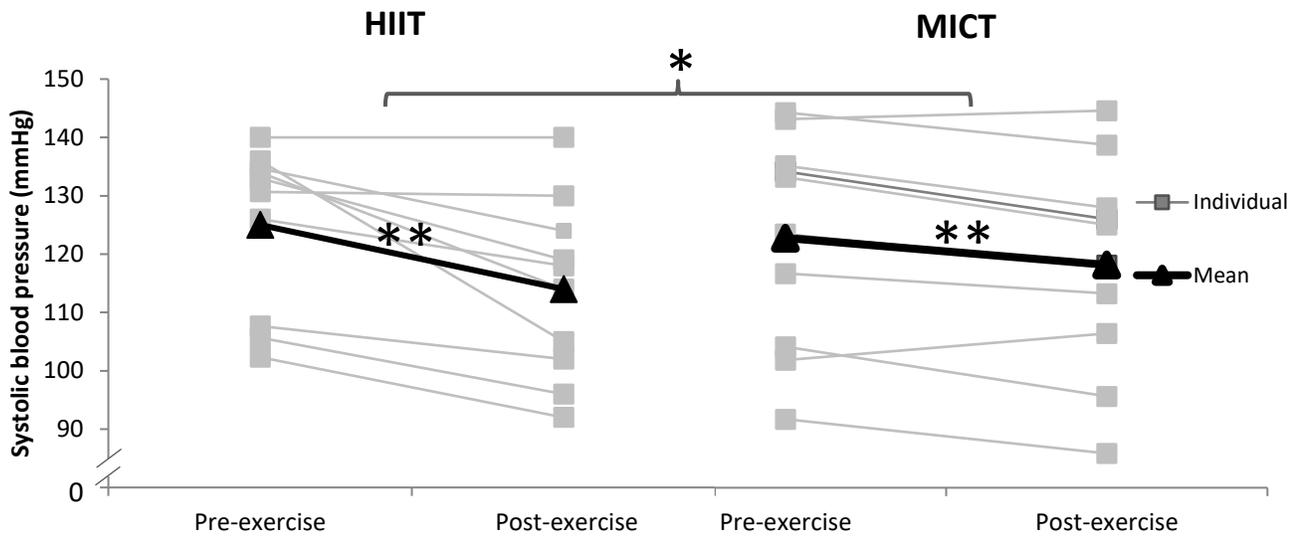


Figure 17. Individual and mean deltas of systolic blood pressure pre and post exercise

HIIT: high intensity interval training; MICT: moderate intensity continuous. * $P < 0.05$ comparing HIIT and MICT mean deltas. ** $P < 0.01$ comparing mean deltas pre and post exercise (for HIIT and MICT)

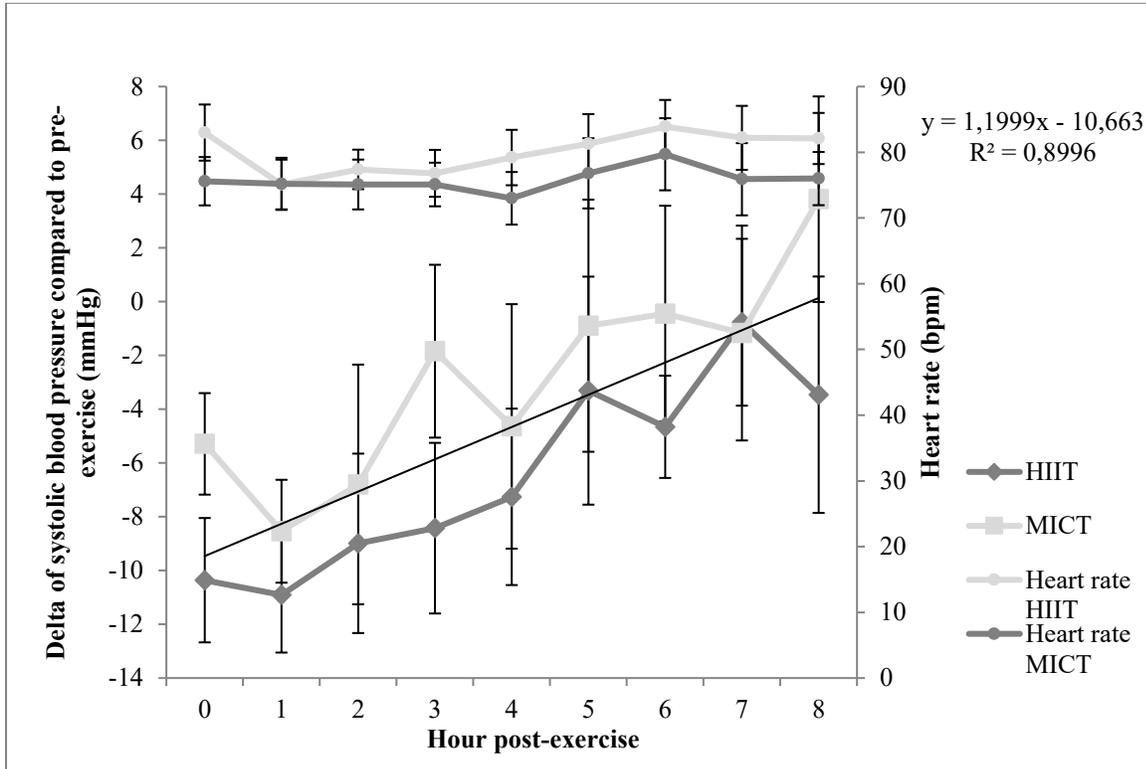


Figure 18. Mean hourly delta of systolic blood pressure post-exercise compared to pre-exercise and mean hourly heart rate

HIIT: high intensity interval training; MICT: moderate intensity continuous training; *P < 0.01

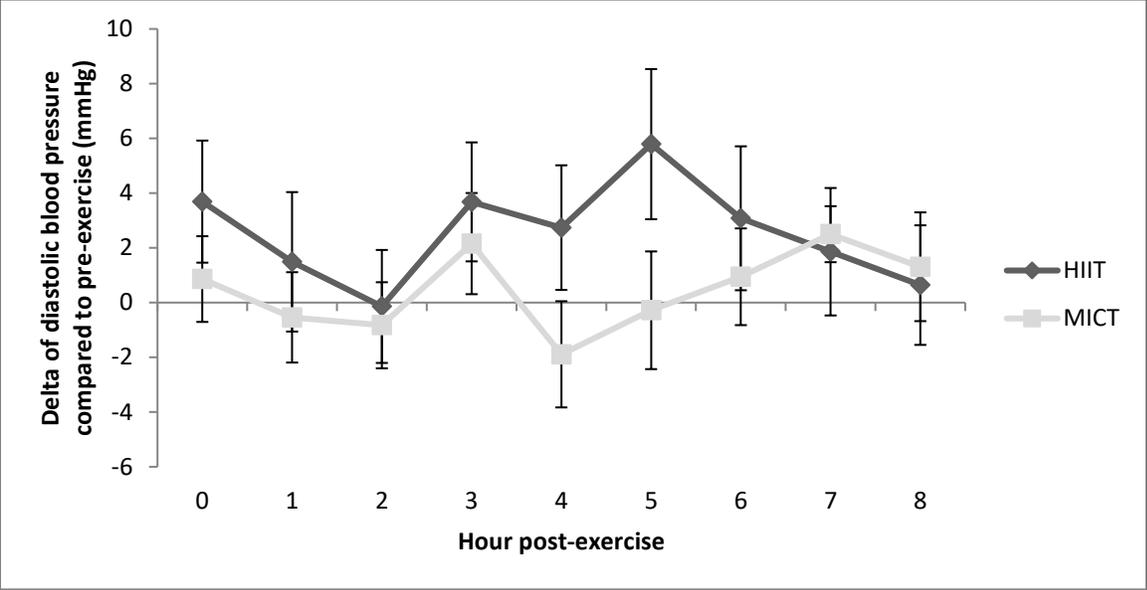


Figure 19. Mean hourly delta of diastolic blood pressure post-exercise compared to pre-exercise
 HIIT: high intensity interval training; MICT: moderate intensity continuous training; $p > 0.05$

CHAPITRE VII – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE IV

Acceptability of a 6-month exercise program including high-intensity interval training in stroke patients: a qualitative study

Thalia Lapointe^{1*}, François Trudeau¹, Amélie Bélanger² and Julie Houle²

¹ *Department of Human Kinetics, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada*

² *Department of Nursing, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada*

*Corresponding author:

Thalia Lapointe

Département des sciences de l'activité physique

Université du Québec à Trois-Rivières

3351, boulevard des Forges

Trois-Rivières, QC, Canada G9A 5H7

Phone: 819-376-5011 (3797)

Fax: 819-376-5092

Email: thalia.lapointe@uqtr.ca

Cet article est en révision pour publication dans le journal *Disability and Rehabilitation*.

Contribution des auteurs

Thalia Lapointe	Recension des écrits Élaboration de la méthodologie Rédaction du guide d'entrevue Transcription et analyse des verbatims Interprétation des résultats Rédaction et soumission de l'article
François Trudeau	Élaboration de la méthodologie Rédaction du guide d'entrevue Révision de l'article
Amélie Bélanger	Analyse des verbatims Interprétation des résultats Révision de l'article
Julie Houle	Élaboration de la méthodologie Révision de l'article

Résumé

Un programme d'exercice de 6 mois combinant le HIIT et le MICT a été expérimenté chez des patients ayant déjà un AVC ischémique ou une ICT. Objectif : Cette étude de cas qualitative vise à offrir une compréhension de l'acceptabilité des patients quant à leur participation à ce programme. Méthodologie: Une étude qualitative descriptive a été menée. Des entrevues individuelles semi-structurées ont été menées avec les participants qui ont suivi le programme de 6 mois. Résultats : Dix participants (8 hommes et 2 femmes âgés de 72 ± 10 ans) ont été interviewés. Le principal résultat révèle des facteurs positifs et motivants dans leur participation. Trois principaux aspects appréciés ont été identifiés : le soutien social, le suivi de la condition physique et la structure fournie par le calendrier des rendez-vous du programme. Les participants ont également perçu des bénéfices sur leur condition physique, leurs activités de la vie quotidienne et leur bien-être psychologique. De plus, ils ont rapporté une augmentation de leur niveau d'activité physique en lien avec le programme, bien que plusieurs d'entre eux aient rapporté une diminution de leur niveau d'activité physique après l'arrêt du programme. L'exercice à haute intensité n'a pas été cité comme un obstacle. Conclusion : Cette étude démontre l'acceptabilité favorable d'un programme d'exercice combiné incluant le HIIT et le MICT chez des patients ayant subi un AVC ischémique ou une ICT. Elle fournit des informations qui peuvent être utilisées pour renforcer la motivation et améliorer un programme d'exercice dans cette population.

Mots clés : HIIT, AVC, acceptabilité, exercice

Abstract

Background: A 6-month exercise program combining high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) was experimented in patients with prior ischemic stroke or transient ischemic attack (TIA). **Purpose:** This qualitative case study aims to offer an understanding of patients' acceptability of their participation in the program. **Methods:** A descriptive qualitative study was conducted. In-depth semi-structured one-to-one interviews were conducted with participants who completed the 6-month program. **Results:** Ten participants (8 men and 2 women aged 72 ± 10 years) were interviewed. The main finding reveals positive and motivational factors in their participation. Three liked aspects were identified: social support, follow-up and monitoring of physical condition, and the structure provided by the program's schedule of appointments. Participants also perceived benefits to their physical fitness, daily living activities and psychological well-being. As well, they reported an increase in their level of physical activity, although several reported a reduced level of physical activity at program cessation. High-intensity exercise was not cited as a barrier. **Conclusion:** This study shows good acceptability of a combined exercise program including HIIT by patients with prior ischemic stroke or TIA. It provides information that may be used to enhance motivation and improve an exercise program in this population.

Keywords: HIIT, stroke, acceptability, exercise

Introduction

Every 10 minutes in Canada a person suffers a stroke, which is the first leading cause of disabilities [1]. Stroke patients are highly deconditioned physically and have a reduced cardiorespiratory fitness (CRF) representing about half that found in age-matched sedentary controls [2]. Sedentary lifestyle and a very low CRF level increase the risk of cardiovascular diseases and recurrent strokes [3]. The literature reveals that exercise interventions are effective in secondary prevention for improving CRF and cardiovascular risk factors following a stroke or transient ischemic attack (TIA) [4]. Canadian Stroke Best Practices recommend that these patients get at least 150 minutes per week of moderate-intensity aerobic exercise [5]. However long-term physical activity levels remain low following a stroke, and adherence to recommendations decreases over time [6].

High intensity interval training (HIIT) has emerged as a potentially effective and safe alternative that offers similar or greater improvement of CRF and health in the clinical population [7]. But there is growing information about the effectiveness and optimal parameters of this strategy for stroke survivors. Based on our pilot study and on previous studies establishing the feasibility and preliminary safety of HIIT post-stroke [8-10], our research team developed a 6-month exercise program including HIIT among patients with prior ischemic stroke or TIA; its effect was then evaluated in a randomized controlled trial (registered as ISRCTN 17499536).

As in other stroke exercise trials [11], our HIIT protocol showed positive effects on cardiovascular health during the active phase of the study. It is known, however, that exercise adaptations are rarely sustained post-intervention and do not lead to a long-term increase in physical activity levels [6]. Fini et al. [12] emphasized the need to create physical activity programs adapted to the patient's ability and preferences in order to enhance engagement and sustainability. Patient preferences should be a priority in clinical decision making. In keeping with the concept of patient-centered care, patients must partner with their health care providers who, in turn, must treat patients not also clinically, but also in terms of their emotional, mental and social well-being [13]. Some authors use a qualitative approach to evaluate the stroke patient's perspective on physical rehabilitation [14]. Luker et al. [14], for example, found that patients report negative experiences including disempowerment, boredom and frustration during rehabilitation in all the studies reviewed. These authors maintain that stroke rehabilitation could be improved by enhancing

patients' autonomy through real patient-centered care and more effective communication. In a review of qualitative literature, Espernberger et al. [15] evaluated the personal and social factors perceived to influence physical activity levels in stroke survivors. These factors were identified as social support, self-efficacy and engagement in meaningful activities.

Because HIIT represents a new and potentially effective strategy for stroke patients, it is important to obtain information regarding patients' experience and preferences. Understanding stroke survivors' HIIT experience will help optimize the physical activity protocol for further research and improve interventions in clinical settings. Furthermore, acceptability by patients is needed to improve the effectiveness of an intervention [16]. Patients are more likely to adhere to treatment recommendations and benefit from improved clinical outcomes if they consider an intervention acceptable. According to the theoretical framework of acceptability (TFA), this concept is a multifaceted construct comprising seven components: affective attitude, burden, perceived effectiveness, ethicality, intervention coherence, opportunity costs and self-efficacy [16].

This study aims to evaluate patients' acceptability of a 6-month exercise program including HIIT and continuous moderate-intensity exercise (MICT) among those with prior ischemic stroke or TIA. A qualitative approach was used to understand three acceptability components in particular regarding TFA [16]: affective attitude (how the participant feels about the intervention), perceived effectiveness (how the intervention is perceived as likely to achieve its purpose) and intervention coherence (how the participant understands the intervention and the way it works).

Methods

Study design

A descriptive qualitative study was conducted using a semi-structured interview methodology to examine the acceptability to participants of a 6-month exercise program with combined HIIT and MICT. This program was the subject of a randomized controlled trial investigating its impact on cardiovascular risk factors post stroke (trial registered as ISRCTN 17499536).

A convenience sample was used for semi-structured interviews 6 months after participants had completed the program. The interviews were conducted between June and August 2019. The study was approved by the institutional ethics committees of both the University du Québec à Trois-

Rivières and the Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) university hospital (CER-17-241-10.04 and CÉR-2017-002) in conformity with the Declaration of Helsinki guidelines. All participants gave their written consent before taking part in the study.

Participants

Subjects were recruited after taking part in the randomized controlled trial [17]. A convenience sample of 10 volunteers was used for this qualitative study. One inclusion criterion was completion of the entire 6-month exercise protocol in the experimental group (HIIT+MICT); the exclusion criterion was a stroke-related speech disorder that prevented answering questions in the interview. Other inclusion criteria are presented in the randomized controlled trial protocol [17].

Exercise program

Before the first exercise session, each participant underwent a symptom-limited graded exercise test (GXT) on an ergocycle to determine CRF, peak power output (PPO) and intensity of exercise. The exercise interventions lasted 6 months. They consisted of three weekly aerobic sessions including a combination of HIIT performed under clinical supervision at the university kinesiology clinic with a qualified kinesiologist and MICT sessions performed at home. Supervised HIIT was done on an upright ergocycle (Ergomedic 828E, Monark, Sweden). This exercise mode was chosen because it is less restrictive for patients with gait and balance impairment or with muscle weakness related to hemiparesis. A combined program was chosen with a view to implementing a realistic, professionally supervised exercise program that could be followed outside a clinical setting. As HIIT must be clinically supervised with high-risk patients, MICT represents an alternative that can easily be performed at home to ensure independent long-term physical activity. Accordingly, the program was designed to enable autonomy by reducing supervision and increasing home exercise over time. During the first two months, patients had to perform three supervised HIIT sessions per week. During the next two months, they had to perform two supervised HIIT sessions and one unsupervised MICT session per week. Training in the two last months consisted of one supervised HIIT session and two unsupervised MICT sessions. A total of 44 HIIT sessions and 44 MICT sessions per participant were expected. Exercise attendance, defined as the mean percentage of total supervised exercise sessions completed, was 95 % [79 %-100 %] for HIIT, and the mean self-

reported home exercise attendance was 78 % [17 %-100 %] for MICT. HIIT was performed on an ergocycle and included several bouts at 95 % of peak power output (PPO) interspersed with a 60-sec recovery. Time at 95 % of PPO progressed from 30-sec to 60-sec. Recovery was passive in the first month and progressed to active at 40 % of PPO for the remainder of the intervention. Each session included a 5-min warm-up and a 5-min cool-down at 40 % of PPO. Exercise time progressed from 20 to 40 minutes over the intervention and was adjusted based on the participant's tolerance and the progress of the protocol. Participants were asked to conduct their MICT sessions at home. MICT included 30 minutes of moderate-intensity aerobic exercise determined by participants' perceived exertion (target: 4-6/10). Participants could choose their preferred exercise (e.g., walking, swimming, dancing, cycling or gardening) and divide their sessions in 10-min minimum bouts as needed. Weekly self-reported home exercises were noted in participants' file during a supervised session by a clinician.

Data collection

In-depth semi-structured one-to-one interviews were conducted to assess acceptability to participants in the exercise program. The individual interview provided an in-depth understanding of participants' experience [18]. The TFA was used to identify the components of acceptability [16]. An interview guide was developed to assess the aims of the study and explore three components of acceptability: affective attitude, perceived effectiveness, and intervention coherence 6 months after completion of the 6-month exercise program. The 6-month delay allowed for observing the long-term effect after program cessation (intervention coherence component of TFA).

According to TFA, affective attitude is defined as “how an individual feels about taking part in an intervention” [16]. To evaluate this component, patients were asked what they liked or did not like about their participation in the program. Perceived effectiveness represents “the extent to which the intervention is perceived as likely to achieve its purpose” [16]. To evaluate this component, we asked patients if they had experienced physical or psychological changes in their health since their participation. Intervention coherence is defined as “the extent to which the participant understands the intervention and how the intervention works” [16]. To evaluate this component, we asked patients how their participation in the program affected their physical activity practice. A detailed topic guide is given in Appendix 1.

All interviews were conducted by a nurse. This person was not involved in the exercise program as a whole so as to minimize impacts from prior knowledge or relationships with participants. Participants were given extra time at the end of each interview to debrief and ask questions. Caregivers accompanying participants were invited to listen to the interview but asked not to speak. Interviews lasted from 40 to 64 minutes, were audio-recorded with the participants' consent, and transcribed verbatim by the first author. Names of participants were replaced by numbers to preserve anonymity.

Analysis

This case study used a general inductive approach to guide data analysis [19]. The study represents an interpretative approach that is sensitive to the human phenomenon and its complexity and offers a meticulously detailed description and in-depth understanding of the case under study [20]. An inductive approach uses unrestricted coding of data to generate and refine themes [19] and leaves room to discover additional unexpected aspects of the participants' experience. In keeping with Creswell [21], a pragmatic approach was privileged to focus on outcomes and solutions to problems.

All transcripts were read several times to identify emerging themes. Segments of one interview text were coded independently by T.L. and A.B. The two researchers met to compare the labels applied and agree on a set of codes for all subsequent transcripts. NVivo 15 software (Nvivo qualitative data analysis software; QSR International Pty Ltd. Version 15, 2020) was used to facilitate the coding of text and organization of themes. All relevant data from the transcripts were captured and incorporated into a theme. This validation process was conducted for three interviews (30 %), and the percentage obtained was > 95 % in accordance with Yardley (2008) [22]. Subsequently, both researchers (T.L. and A.B.) independently identified sub-categories in each theme, and results were compared and interpreted.

Results

Participant characteristics

Participant characteristics are reported in Table 7. A total of 10 persons participated in this qualitative study including 8 men and 2 women. This proportion of men and women is

representative of the composition of participants in the randomized controlled trial; as well, it represents 75 % of the participants who completed the 6-month exercise program (n = 15). The mean age was 72 ± 10 years. Six participants had suffered a stroke and four a TIA. The lapse of time since the stroke or TIA event ranged from 3 months to 21 years (mean 59 ± 80 months). All participants were ambulatory.

Themes

Based on the aims of the study and an analysis of the interview data, six themes emerged, and some were divided into sub-categories. The six identified themes were: 1) liked aspects, 2) disliked aspects, 3) perceived benefits, 4) change in physical activity practice, 5) suggestions to improve the program and 6) miscellaneous. Table 8 summarizes these findings, and the themes were associated with TFA components when applicable.

Liked aspects of the program (affective attitude)

All 10 participants reported aspects they liked during their participation in the program. The three most appreciated were social support, monitoring and follow-up of health condition, and the structure provided by a schedule.

1.1 Social support

Eight participants said they liked the social aspect. Although the program was designed for individual exercise, participants commonly exercised as along with others. P4 reported: *“Even though we weren’t a group, it was fun, there was support [...] It was nice to get to know everyone. We motivated each other. It was really fun.”* Motivation was also reported by P8.

“It sure got me out of my house and meeting people. Keeping the conversation going and the neighbourhood together too. It's nice. It was a motivation to come too. I was looking forward to seeing them and coming. It makes life better. So it gave me a chance to meet friends.”

When P1 reported he liked contact with others and the interviewer asked what he liked about it, he replied: *“I felt I wasn’t dead, that I was still alive”*. Contact with the other participants and the

kinesiologist was important. Several participants mentioned they appreciated the clinician's encouragement and attentiveness.

1.2 Follow-up and monitoring of health condition

Another liked aspect frequently mentioned by participants was the follow-up and monitoring of their health condition. They appreciated the objective measurement of their baseline physical fitness and were interested to see its evolution over time. For example, P2 reported that he liked: *“seeing where I was starting from, what I could improve and tangibly seeing what I improved while exercising. It was concrete... To know my condition and to be supervised in all that”*. P5 and P8 talked about their fear of exercising after a stroke and how safe they felt doing so under professional supervision. Seven participants said that supervision was a facilitating condition.

1.3 Structure and commitment

Another favoured aspect was the schedule and appointments, which was mentioned by four participants. For them, commitment, routine, and regular attendance were facilitating factors. The commitment to attend exercise sessions was particularly important. The term “discipline” was frequently used. As P7 explained:

“The obligation to go. That is, we didn't have to, but we made a commitment. That was something that created extra motivation. You know when you have obligations and you're used to having them... it helps a lot.”

2. Disliked aspects (affective attitude)

Participants reported disliking three particular aspects during the 10 interviews. P3 stated the exercise program was too short, and he would have liked it to go on longer. This relates to point 1.3 to the effect that participants appreciated the structure provided by a schedule of appointments. P7 maintained there was not enough socializing with the other participants. Accordingly, social influence was reported to be an important motivator. P4 disliked the travel involved because he lived far from the clinic. Each of these three aspects was mentioned by one participant.

3. Perceived benefits (perceived effectiveness)

All 10 participants perceived benefits in the program. These have been classified into three categories: physical fitness, daily living activities and psychological well-being.

3.1 Physical fitness

Improved physical fitness was the benefit most often highlighted and was mentioned by nine of the 10 participants. Responses include: *“I was definitely getting out of breath less easily. I felt I had more cardio”* (P2), *“It’s more at the cardio level that it made a big difference. I gained a lot and we could see it in the tests. It’s encouraging to see that.”* (P4) and *“I could do a little more without getting out of breath. The program proved to me I could do a little more”* (P7). Improved cardiovascular function and reduced shortness of breath were frequently reported along with a decrease in fatigue thanks to the program. Some participants also revealed an increase in lower limb strength. P8 related this to improved walking capacity *“to strengthen the legs... So, it certainly helped me to walk better and better”*.

3.2 Daily living activities

Several participants pointed to improvement in their daily living activities in terms of the program (n = 5). P1, P7 and P8 mentioned increased walking capacity as well as greater ease when performing household tasks (e.g., taking out the garbage, repairs, laundry, cleaning). The importance of autonomy is seen in the following statements:

“It motivated me to say I’m capable, I’m going. I’m independent, I can plan and organize my days by myself” (P3) and

“I continue doing as much as possible on my own. My bathroom is downstairs and I’m happy because it’s one more exercise. For me it’s an effort. My wife use to help me out a lot, but now I can do things on my own” (P8).

As the last statement shows, some participants reported they use to depend on their spouse for many tasks but now prefer to do things themselves.

3.3 Psychological well-being

Many participants noted there were psychological benefits from participation in the program (n = 7). Words used were *“good mood”* (P1, P5, P8, P9), *“happy”* (P1) and *“more energy”* (P3, P7). P5

said: “*my morale was better, and it motivated me more to do something*”, reflecting the link between psychological well-being and engagement in activities. Some maintained that physical activity helped take their minds off their problems. A few said this was due to the exercise itself while others linked it to the discussion with the clinician during exercises.

4. *Change in physical activity practice (intervention coherence)*

When patients were asked how participation in the program impacted their practice of physical activity, they raised two points. Several (n = 7) reported an increase in physical activity level. Others (n = 5), conversely, noted a reduction in physical activity level in the months following program cessation.

4.1 *Increase in physical activity level*

The majority of participants (n = 7) perceived an increase in their physical activity level. P3 explained: “*I use to, but now I'm doing more. It's more in my head. I tell myself not to let myself go*”, while P8 stated: “*I walk. It's good for me to move around every day. It's not amazing... But it's amazing for me... Because I wasn't doing it before. So, it's enough for me*”. One participant reported joining a training centre after the program and another said he bought a bicycle.

4.2 *Decrease in physical activity level after program cessation*

Half the participants reported a decrease in their physical activity level in the months following program cessation. Their responses included: “*The only thing I regretted at the time was not practicing physical activity as regularly as when I was in the program*” (P2) and “*I have to start again. It's hard to start over. Alone it's boring. Here we saw people... but by yourself it's boring. I have to get out and walk*” (P6). These results suggest that patients need support to continue exercising and even a 6-month follow-up is not enough to maintain the habit.

5. *Suggestions to improve the program*

When participants were asked about suggestions to improve the program, three responded they were interested in group session exercises. Given that stroke survivors have similar experiences,

they are naturally eager to share them. The use of ergocycles facilitated discussions during the exercise. One participant explained:

“The benefits of being in a group when you live through particular situations... When you have a stroke... You lose things... There’s also mourning. It’s a particular situation... And being with people who are going through the same thing... We were cycling and we talked about it... Some people need to talk about what’s happening to them” (P4).

Two participants also said the program should include other types of exercise.

6. Miscellaneous

During the discussion, four participants (P2, P3, P5 and P7) showed an interest in one miscellaneous aspect. Since starting the program, they had decided to make changes to their eating habits. Although nutrition was not part of the program, increased physical activity led to an interest in better eating habits. P5 reported “*paying attention*” to diet, P3 said he was trying “*to cook more at home*” and P7 talked about a “*healthier diet*”. P1 said he changed his type of bread after a discussion with the kinesiologist during exercise. Having access to a health professional during exercise sessions allowed some participants to ask about subjects other than physical activity, which can lead to better health.

Discussion

The main finding of this qualitative study is the positive acceptability of a 6-month combined HIIT and MICT program to patients with prior ischemic stroke or TIA. Participants appreciated three aspects in particular: social support, follow-up and monitoring of health condition, and the structure offered by the program’s schedule of appointments. They also perceived benefits in terms of physical fitness, daily living activities and psychological well-being. As well, they reported their level of physical activity had increased thanks to the program, although several reported a reduced level of physical activity after the program ended.

This study highlights important findings for understanding the acceptability to stroke survivors of participation in an exercise program including HIIT. Some studies [23,24] including our [17] reveal that HIIT could be an effective alternative to improve CRF with these patients. Moreover,

stroke clinical guidelines increasingly suggest a focus on cardiorespiratory fitness as part of the secondary prevention of the disease [25]. Physical rehabilitation, however, tends to emphasize impairments and functional limitations while neglecting the aerobic aspect. Because HIIT represents an emerging exercise strategy for working with stroke survivors, little is known about patients' preferences, which much be discovered in order to develop strategies encouraging adherence to exercise. Interestingly, none of the participants cited high intensity as a barrier to participation, suggesting that HIIT was well tolerated. The most liked aspect of our program was social support, even if it pertained to individual exercises. It has been documented that stroke patients report higher perceived social isolation after a stroke than age-matched healthy individuals [26], and this situation may contribute to the recurrent stroke rates seen in isolated individuals [27]. Depression is, in consequence, the most common post-stroke mood disorder and occurs in approximately one-third of stroke survivors [28]. As our study indicates, stroke patients liked meeting and interacting with people in similar situation. This is aligns with Espernberger et al. [15], who identified social engagement as the stronger influencer of physical activity in stoke survivors. Several authors highlight the importance of the social aspect, even with regard to individual exercise sessions such as ours [29,30]. Again, the opportunity to meet other survivors acts as a motivator. Interestingly, almost all patients in our study report they derived psychological benefits from participation because of the activity itself and/or the social support. These observations coincide with our results [17] demonstrating reduced anxiety and depression at the end of the program. Accordingly, we believe the addition of group sessions to a stroke rehabilitation program would promote participation, and health professionals should take this into account. The intervention should nevertheless be adapted for individuals who may not be comfortable being part of a group.

Our study highlights the importance of monitoring and follow-up on physical fitness. Indeed, participants like having a schedule of appointments. In health professionals' experience, instructions and encouraging words alone do not equal an increase in physical activity (30), a fact reflected in our patients' appreciation of appointments and monitoring. Participants liked monitoring their initial fitness level and observing a progression over time. Later, almost all participants said that participation positively impacted their physical fitness and daily living activities. These results are consistent with the literature [15], which shows that self-efficacy promotes physical activity and physical activity enhances self-efficacy. Successfully performing

activities is motivating and encourages life-long habits. In a study comparing the preferences of stroke patients with those of a control group, stroke survivors accorded greater importance to group exercise and preferred a more structured program that included more coaching and a location such as a fitness center [31]. These findings coincide with our results. The preferences reported in our study were also comparable to those of cardiac rehabilitation patients, demonstrating the importance of participating in an exercise group and the need for individualized interventions with a professional [32].

Although the multiple benefits of physical activity are well documented, maintaining long-term adherence to exercise is a clinical challenge. Furthermore, stroke patients are highly sedentary, even more so than healthy subjects of the same age [33], and adherence to recommendations tends to decrease over time following a stroke [6]. Consistent with Maula et al. [34], maintenance of physical activity in older people is complex and affected by multiple influences. The participants in our study reported an increase in physical activity during the 6-month program, but several also reported a decrease in activity after the program ended. This accords with the self-reported physical activity score (Godin Leisure Time questionnaire), which presented a similar pattern in our randomized controlled trial [17]. Some authors suggest the HIIT strategy could increase adherence owing to greater enjoyment compared with MICT [35]. However, because HIIT must be done under clinical supervision [36], it is not a long-term solution. We believe the HIIT strategy offers an interesting alternative to the standard exercise prescription for stroke patients and should be considered in a clinical setting because of its positive acceptability. However, other solutions must be considered to enable patients' independence in terms of long-term physical activity. Gunnes et al. [37] demonstrate that stroke patients who receive individualized monthly coaching maintain moderate-to-good adherence to long-term daily physical activity. Again, it appears necessary to individualize interventions, and clinicians are advised to use multiple exercise strategies including HIIT.

This study's strengths include the interview guide developed based on theoretical assumptions (TFA) and the use of an inductive approach making it possible to generate themes from the data using unrestricted coding. The number of participants, (10 out of 15 in the randomized controlled trial) is another strength because the participants' perceptions are well represented. The study's limitations must also be considered. First, the study sample includes participants who completed

the full program. This supposes they had a more favourable attitude towards physical activity than those who withdrew. As with other qualitative studies, therefore, our findings cannot be extended to a broader population. Second, because interviews were conducted 6 months after program cessation, participants may not have recalled all the details.

Conclusion

This qualitative study provides evidence that a 6-month combined HITT and MICT program generated positive acceptability for patients with prior ischemic stroke or TIA. Participants approved the social support, monitoring of health condition, and structure; they also perceived health benefits related to physical fitness, daily activities and psychological well-being. None of the participants identified high-intensity exercise as a barrier to physical activity, which suggests it was well tolerated.

While the program apparently led to an increase in physical activity, participants reported a decrease in the months following cessation. It seems that even a 6-month program does not suffice to sustain the habit over time. Strategies are needed to encourage long-term adherence to physical activity regarding ischemic stroke and TIA, and this should be explored in future avenues of research. Additionally, since social support was a particularly appreciated aspect of the program, we suggest including group physical activity sessions in stroke rehabilitation.

Acknowledgments

Thalia Lapointe is supported by a Doctoral Research Award from the Fonds de recherche du Québec – Santé (FRQS). The authors report no involvement in the research that could have influenced the outcome of this work. The authors are grateful to the medical staffs who contributed to the recruitment and to the participants. Especially, the authors want to thank Dr Carl-Eric Gagné and Dre Pascali Durand-Martel for their contribution to recruitment and testing. We also acknowledge the university kinesiology clinic and the Groupe interdisciplinaire de recherche en santé (GIRAS) of the Université du Québec à Trois-Rivières for providing the necessary resources for this study.

Declaration of Interest

The authors report there are no competing interests to declare.

Table 7. Participants characteristics

Participants	Socio-demographic characteristics				Health characteristics			
	Sex	Age - years	Employment status	Marital status	Neurovascular disease	Time since the event - months	Multiple stroke or TIA	VO ₂ peak – ml O ₂ /kg/min
P1	Male	77	Retired	Cohabitation	Stroke	5	Yes	12.8
P2	Male	56	Employed	Cohabitation	TIA	5	No	23.1
P3	Female	66	Retired	Cohabitation	TIA	3	No	19.5
P4	Female	61	Employed	Single	TIA	24	No	25.8
P5	Male	75	Retired	Single	Stroke	21	No	24.8
P6	Male	80	Employed	Cohabitation	Stroke	123	No	18.9
P7	Male	75	Retired	Cohabitation	Stroke	53	No	14.1
P8	Male	89	Retired	Single	TIA	4	No	13.3
P9	Male	66	Retired	Cohabitation	Stroke	96	No	27.4
P10	Male	79	Retired	Cohabitation	Stroke	252	No	21.6
Total (N=10)	Male: 8 Female: 2	72.4 ± 10.0	Employed: 3 Retired: 7	Cohabitation: 7 Single: 3	Stroke: 6 TIA: 4	58.7 ± 79.9	1	20.1 ± 5.3

Table 8. Themes and sub-categories

Themes	Sub-categories	Examples of comments
Liked aspects (TFA component: affective attitude)	Social influence (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 and P8)	- <i>“The team and the environment. The empathy aspect and really the warm human contact.”</i> (P2) - <i>“The encouragement there was with the others. We were motivated. It was easy. I really liked that. It was the contact I think that made it possible for me.”</i> (P3) - <i>“Even though we weren’t a group, it was fun, there was support [...] It was nice to get to know everyone. We motivated each other. It was really fun.”</i> (P4)
	Follow-up and monitoring of physical condition (P2, P3, P5, P6, P7, P8 and P10)	- <i>“What I liked was being monitored. They followed us so well with their devices. Basically, it's the heart that works and when you don't know it well, you're afraid. But we were followed. We knew that it couldn't go wrong. So I liked that.”</i> (P8) - <i>“It was fun because there was follow-up. You could see the improvement. That's motivating. We went there every 2-3 months and we could see the improvement all the time.”</i> (P7)
	Structure and commitment (P2, P3, P7 and P10)	- <i>“Appointments. Have a schedule.”</i> (P2) - <i>“It's the discipline it gave me that I like.”</i> (P3) - <i>“There was an obligation to come here and that helps. If you sign up and you intend to follow it helps.”</i> (P7)

Disliked aspects (TFA component: affective attitude)		-“ <i>What I didn’t like is that it wasn’t long enough.</i> ” (P3) -“ <i>What I didn’t like was not being in contact with the others.</i> ” (P7) -“ <i>It’s for sure it’s a problem leaving St-Boniface and coming 3 times a week.</i> ” (P4)
Perceived benefits (TFA component: perceived effectiveness)	Physical fitness (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 and P9)	-“ <i>I had more energy.</i> ” (P2) - “ <i>But it made a big difference more in terms of heart rate. I gained a lot and you could see it in the tests. It’s encouraging to see that.</i> ” (P4) - “ <i>I can say that I definitely don’t feel as stiff as before. I move more easily. I can’t say it hasn’t helped. I would recommend it to anyone.</i> ” (P6) - <i>To strengthen the legs... So it certainly helped me to walk better and better. And... the breathing. My heart is stronger.</i> (P8) - “ <i>Of course the cardio has improved a lot. I want to keep the cardio.</i> ” (P9)
	Daily living activities (P3, P6, P7 and P8)	- “ <i>I’m more solid. I’m doing more things like taking out the garbage, going downstairs...some cleaning.</i> ” (P1) - “ <i>I’ve had periods of doing 7000-8000 steps a day for several days when before I could do 3 miles.</i> ” (P7) - “ <i>I used to do nothing [...] I’m starting to do things... going to take out the garbage, different things that I didn’t do before... I added little things. I take care of myself too... hygiene, etc.</i> ” (P8)
	Psychological well being (P1, P2, P3, P5, P7, P7 and P8)	- “ <i>I’m happier.</i> ” (P1) - “ <i>For sure, from a psychological point of view, it gave me a lot of energy to participate in a lot of activities.</i> ” (P3) - <i>In the time I was going through this [a difficult time], it helped me [...] This makes me say that it’s easier. I get on my bicycle and I breathe. It frees me up.</i> ” (P3) -“ <i>The morale was better and I was more motivated to do something.</i> ” (P5) - “ <i>And it’s good for the morale too! Because doing nothing isn’t good for the morale. So it stimulates it. I told myself: [Name], take charge of your health. So I started with that and it was helpful.</i> ” (P8)
Change in physical activity practice (TFA component:	Increase of physical activity (P1, P3, P6, P7, P8, P9 and P10)	-“ <i>What I do is I try to walk at least every two days. To walk at least half an hour... Which didn’t use to be part of my life... I wasn’t the guy that said I’m going for a walk. Walking to get somewhere yes, but walking just to walk.</i> ” (P5)

intervention coherence)		<p>- <i>“Walking. That is, the project encouraged me to do it more often. Especially in the beginning, it was 3 times a week and I was doing it at home”.</i> (P7)</p> <p>- <i>“Since the project ended I’ve been training here [gym] at least 2 to 3-4 times a week. Because in the last few years I was rather sedentary.”</i> (P9)</p>
Decrease of physical when program ended (P1, P2, P4, P6 and P10)		<p>- <i>“When the program was over, I stopped everything”.</i> (P1)</p> <p>- <i>“The only thing I was disappointed about at the time was not practicing physical activity as regularly as when I was in the program.”</i> (P2)</p>
Suggestions	Group exercises (P2, P4 and P7)	<p>- <i>“Maybe if there was a social side we could have kept on together. There were some really nice people and if I could have been with them maybe I would have given them extra motivation and I would have been more motivated myself.”</i> (P7)</p>
Other exercises (P1 and P5)		<p>- <i>“Yeah, maybe. Instead of just cycling, do other things with it. Balls, stretching...”</i> (P5)</p>
Miscellaneous	Change in nutritional habits (P2, P3, P5 and P7)	<p>- <i>“In terms of food, we still cheat a little, but some things have changed on the food side. More healthy...”</i> (P7)</p>

References

1. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*. 2019 May;18(5):439-458.
2. Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, et al. Cardiovascular health and fitness after stroke [Review]. *Topics in stroke rehabilitation*. 2005 Winter;12(1):1-16.
3. Kopunek SP, Michael KM, Shaughnessy M, et al. Cardiovascular risk in survivors of stroke. *Am J Prev Med*. 2007 May;32(5):408-12.
4. Billinger SA, Matlaga AE, Ashenden AL, et al. Aerobic exercise in subacute stroke improves cardiovascular health and physical performance. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT*. 2012 Dec;36(4):159-65.
5. Wein T, Lindsay MP, Cote R, et al. Canadian stroke best practice recommendations: Secondary prevention of stroke, sixth edition practice guidelines, update 2017. *International journal of stroke*. 2018 Jun;13(4):420-443.
6. Fini NA, Bernhardt J, Churilov L, et al. Adherence to physical activity and cardiovascular recommendations during the 2years after stroke rehabilitation discharge. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021 Mar;64(2):101455.
7. Karlsen T, Aamot IL, Haykowsky M, et al. High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes [Review]. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017 Jun - Jul;60(1):67-77.
8. Carl DL, Boyne P, Rockwell B, et al. Preliminary safety analysis of high-intensity interval training (HIIT) in persons with chronic stroke. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2017 Mar;42(3):311-318.
9. Askim T, Dahl AE, Aamot IL, et al. High-intensity aerobic interval training for patients 3-9 months after stroke: a feasibility study. *Physiotherapy research international*. 2014 Sep;19(3):129-39.

10. Boyne P, Dunning K, Carl D, et al. High-intensity interval training in stroke rehabilitation. *Topics in stroke rehabilitation*. 2013 Jul-Aug;20(4):317-30.
11. Crozier J, Roig M, Eng JJ, et al. High-Intensity Interval Training After Stroke: An Opportunity to Promote Functional Recovery, Cardiovascular Health, and Neuroplasticity. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018 Jun;32(6-7):543-556.
12. Fini NA, Bernhardt J, Said CM, et al. How to Address Physical Activity Participation After Stroke in Research and Clinical Practice. *Stroke*. 2021 Jun;52(6):e274-e277.
13. Reynolds A. Patient-centered Care. *Radiologic technology*. 2009 Nov-Dec;81(2):133-47.
14. Luker J, Lynch E, Bernhardsson S, et al. Stroke Survivors' Experiences of Physical Rehabilitation: A Systematic Review of Qualitative Studies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2015 Apr 3.
15. Espenberger KR, Fini NA, Peiris CL. Personal and social factors that influence physical activity levels in community-dwelling stroke survivors: A systematic review of qualitative literature. *Clin Rehabil*. 2021 Feb 15:269215521993690.
16. Sekhon M, Cartwright M, Francis JJ. Acceptability of healthcare interventions: an overview of reviews and development of a theoretical framework. *BMC Health Serv Res*. 2017 Jan 26;17(1):88.
17. High-intensity interval exercise after stroke [Internet]. Available from: <https://doi.org/10.1186/ISRCTN17499536>.
18. Savoie-Zajc L. L'entrevue semi-dirigée. In: Gauthier B, editor. *Recherche sociale: de la problématique à la collecte des données*. 5e ed. Québec: Presses de l'Université du Québec (PUQ); 2009. p. 337-360.

19. Gale NK, Heath G, Cameron E, et al. Using the framework method for the analysis of qualitative data in multi-disciplinary health research [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *BMC Med Res Methodol*. 2013 Sep 18;13:117.
20. Merriam SB. *Case study in education: A qualitative approach*. Jossey-Bass, editor. San Francisco, Ca: Wiley & Sons, Incorporated, John; 1988.
21. Creswell JW. *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. 3rd ed. Los Angeles: SAGE; 2013.
22. Yardley L. Demonstrating validity in qualitative research. In: Smith JA, editor. *Qualitative psychology: A practical guide to research methods*. London, United Kingdom: Sage; 2008. p. 235-251.
23. Gjellesvik TI, Becker F, Tjonna AE, et al. Effects of High-Intensity Interval Training After Stroke (The HIIT Stroke Study) on Physical and Cognitive Function: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021 Sep;102(9):1683-1691.
24. Wiener J, McIntyre A, Janssen S, et al. Effectiveness of High-Intensity Interval Training for Fitness and Mobility Post Stroke: A Systematic Review. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2019 Aug;11(8):868-878.
25. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke; a journal of cerebral circulation*. 2014 Aug;45(8):2532-53.
26. Ebrahim S, Barer D, Nouri F. Use of the Nottingham Health Profile with patients after a stroke. *J Epidemiol Community Health*. 1986 Jun;40(2):166-9.
27. Boden-Albala B, Litwak E, Elkind MS, et al. Social isolation and outcomes post stroke. *Neurology*. 2005 Jun 14;64(11):1888-92.

28. Esparrago Llorca G, Castilla-Guerra L, Fernandez Moreno MC, et al. Post-stroke depression: an update [Review]. *Neurologia*. 2015 Jan-Feb;30(1):23-31.
29. Nicholson S, Sniehotta FF, van Wijck F, et al. A systematic review of perceived barriers and motivators to physical activity after stroke. *International journal of stroke*. 2013 Jul;8(5):357-64.
30. Resnick B, Michael K, Shaughnessy M, et al. Motivators for treadmill exercise after stroke. *Topics in stroke rehabilitation*. 2008 Sep-Oct;15(5):494-502.
31. Banks G, Bernhardt J, Churilov L, et al. Exercise preferences are different after stroke. *Stroke research and treatment*. 2012;2012:890946.
32. Ruland CM, Moore SM. Eliciting exercise preferences in cardiac rehabilitation: initial evaluation of a new strategy. *Patient Educ Couns*. 2001 Sep;44(3):283-91.
33. Moore SA, Hallsworth K, Plotz T, et al. Physical activity, sedentary behaviour and metabolic control following stroke: a cross-sectional and longitudinal study. 2013;8(1):e55263.
34. Maula A, LaFond N, Orton E, et al. Use it or lose it: a qualitative study of the maintenance of physical activity in older adults. *BMC Geriatr*. 2019 Dec 12;19(1):349.
35. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*. 2011 Mar;29(6):547-53.
36. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Phys Ther*. 2020 Jan 23;100(1):149-156.

37. Gunnes M, Langhammer B, Aamot IL, et al. Adherence to a Long-Term Physical Activity and Exercise Program After Stroke Applied in a Randomized Controlled Trial. *Phys Ther.* 2019 Jan 1;99(1):74-85.

Appendix 1

WELCOME - SUMMARY OF PURPOSE, GOALS OF THE EXERCISE: 5 MINUTES

Personal presentation

Acknowledgements

The purpose of today's meeting is to ask you questions about your participation in the ACCTI-AVC program. Your task is to answer these questions during a one-on-one interview lasting approximately one hour.

Presentation of the importance of providing authentic and personal answers

The meeting will be recorded.

Signing of the consent form and authorization to record

INTRODUCTION TO THE DISCUSSION: 5 MINUTES

Ask for updates on how things are going since the program ended.

DISCUSSION: 30 TO 40 MINUTES

- 1) Can you tell me about your experience participating in the ACCTI-AVC research project?
- 2) Have you experienced any physical or psychological changes in health since participating in the program?
Can you give some examples?
- 3) Can you tell me about your physical activity before the program? When I say physical activity, I mean planned activities like walking, biking or swimming, and also activities like active commuting or housework.
Now, can you tell me about your physical activity since the program ended?
In your opinion, is there a difference between your practice before and after the program?

SYNTHESIS: 10 MINUTES

What did you like or dislike about the program?

Do you have any suggestions for improving the program?

Were there any points that were overlooked or not covered during the meeting that you would like to share with me?

CHAPITRE VIII – DISCUSSION GÉNÉRALE

La discussion générale présentée dans ce chapitre se veut une réflexion entourant les contributions de cette thèse. Un rappel des objectifs ainsi qu'une synthèse des principaux résultats y sont présentés. Par la suite, la discussion sera développée en regard des bénéfices de l'entraînement HIIT post-AVC et de la contribution de la recherche. Ensuite, les forces et les limites seront discutés. Finalement, les perspectives cliniques et de recherche seront également abordées pour terminer ce chapitre.

7.1 Rappel de l'objectif général de la recherche

L'objectif général de cette thèse doctorale était de développer et d'évaluer un programme d'exercice aérobie incluant la méthode HIIT en prévention secondaire dans la phase chronique de l'AVC ischémique et de l'ICT. Selon le continuum de services pour les personnes à risque de subir ou ayant subi un AVC, un suivi dans le contexte des activités de prévention secondaire devrait être assuré durant la phase de réintégration et de maintien dans la communauté (Gouvernement du Québec, 2017). Cependant, tel que décrit initialement, lorsque les patients se retrouvent dans cette phase du continuum, il existe une lacune au niveau de la prise en charge par l'activité physique (Richards, 2013). Avec cette recherche, nous voulions ainsi répondre à un besoin réel dans la population.

L'aspect novateur de cette thèse était d'inclure la méthode HIIT dans l'objectif de créer une plus grande stimulation physiologique et de maximiser les bénéfices cardiovasculaires et fonctionnels. Parallèlement, nous avions la préoccupation de rendre le programme d'exercice applicable dans le quotidien des participants sans qu'ils ne soient dépendants d'un service clinique à long terme. Ainsi, en combinant le HIIT avec l'entraînement standard de type MICT qui offre une meilleure perspective de transfert à domicile, nous voulions, ultimement, augmenter les chances de rendre les participants autonomes dans leur pratique d'activité physique et ainsi optimiser les bénéfices potentiels sur leur santé. De plus, afin de rendre le tout progressif et de bien encadrer les participants dans cette démarche, le protocole d'exercice développé débutait avec trois

séances de HIIT supervisée en clinique et une séance MICT à domicile par semaine. Au fil des mois, la supervision diminuait progressivement pour diminuer le nombre de séances HIIT et augmenter celui des séances MICT à domicile. Conjointement, les paramètres du HIIT progressaient pour augmenter la difficulté (augmentation du temps des périodes d'effort, augmentation du temps total et ajustement de l'intensité après trois mois) tout en respectant la tolérance des participants. Chaque étape de cette recherche (voir la figure 11, p. 92 pour une vue d'ensemble du modèle de conception de la recherche) a été réfléchié dans le but réaliste de pouvoir facilement rendre le programme développé transférable en milieux cliniques par la suite. Ainsi, la première étude aura permis d'évaluer la faisabilité et l'acceptabilité de d'un premier programme d'exercice combinant le HIIT et le MICT sur une période de trois mois. Ce projet pilote représente une étape cruciale dans le développement d'une étude contrôlée randomisée (Eldridge et al., 2016). Ces résultats nous ont ensuite permis de bâtir un programme d'exercice amélioré pour l'étude 2 en tenant compte du potentiel de recrutement, de l'adhésion au protocole, du taux d'attrition, des événements indésirables potentiels, de la collaboration des milieux externes et de l'appréciation des participants. Ainsi, cette deuxième étude a permis d'évaluer l'efficacité du programme d'exercice combinant HIIT et MICT post-AVC ou ICT sur les variables cliniques après six mois d'intervention, en plus d'observer l'évolution de ces variables six mois après l'arrêt du programme. Dans l'étude 3, nous nous sommes intéressés à l'impact aigu des deux types d'entraînement (MICT et HIIT) sur la pression artérielle comme approche non pharmacologique dans la prise en charge de l'hypertension artérielle post-AVC ou ICT. Selon les lignes directrices de l'American Stroke Association, le traitement de l'hypertension artérielle représente l'intervention la plus prioritaire en prévention secondaire de la maladie et l'activité physique peut permettre d'y contribuer (Kleindorfer et al., 2021). Finalement, l'étude 4 nous aura permis de mettre en lumière l'acceptabilité des participants au programme d'exercice combinant HIIT et MICT en plus de recueillir leurs perceptions et leurs suggestions afin de poursuivre l'amélioration du programme. Ces informations seront d'une grande utilité dans un but éventuel de procéder à la phase de mise en œuvre du projet afin de s'assurer d'offrir un programme d'exercice qui convient réellement aux besoins des participants et ainsi d'en optimiser les bénéfices.

7.2 Synthèse des principaux résultats de la recherche

Le principal constat de toute cette recherche repose sur le fait qu'il est possible et bénéfique de réaliser un entraînement aérobie incluant la méthode HIIT chez les survivants d'AVC ischémique ou d'ICT dans la phase chronique de la maladie. Le programme d'entraînement développé incluant une combinaison de HIIT et de MICT a engendré des améliorations significatives de l'état de santé des participants notamment en lien avec la capacité cardiorespiratoire, la pratique d'activité physique auto-rapportée ainsi que les marqueurs d'anxiété et dépression. De plus, bien qu'il y ait eu une légère baisse de ses paramètres après l'arrêt du programme, il a été démontré que ces acquis ont été maintenus après une période de six mois sans intervention supervisée. Aussi, il a été démontré que la méthode HIIT pourrait représenter une intervention non pharmacologique efficace pour abaisser la pression artérielle systolique immédiatement après l'exercice ainsi que jusqu'à huit heures après chez cette population. Par ailleurs, les entrevues qualitatives menées avec les participants ont révélé une acceptabilité favorable à la suite de la participation au programme d'exercice comprenant une combinaison de HIIT et de MICT. L'aspect social a été l'élément positif le plus rapporté par les participants, bien que le protocole n'ait pas été planifié avec cet objectif. Les participants ont également apprécié avoir un suivi de leur condition physique en plus de la structure et l'horaire fournis par le programme. De plus, ils ont rapporté une amélioration de leur condition physique, de leur capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne ainsi que de leur bien-être psychologique.

Un autre constat important représente le fait que le programme d'exercice incluant une combinaison avec l'entraînement HIIT et MICT n'a pas permis d'observer de supériorité par rapport à une approche traditionnelle comprenant du MICT seulement. Les bénéfices observés sur la capacité cardiorespiratoire, la pratique d'activité physique auto-rapportée et les marqueurs d'anxiété et dépression étaient similaires à la suite des deux programmes. Ainsi, il semble que l'utilisation du HIIT en complément du MICT n'apporte pas de valeur ajoutée au programme, mais demeure une alternative potentielle qui est efficace qui peut répondre aux besoins de certains patients. Nous soutenons donc que, quel que soit le moyen utilisé, l'exercice de type aérobie apporte de multiples bienfaits et devrait faire partie intégrante du continuum de soins post-AVC dans la phase de réintégration et de maintien en communauté, tel que suggéré par les dernières lignes directrices à ce sujet (MacKay-Lyons et al., 2020). D'autre part, il apparaît important de

noter qu'un total de 984 séances supervisées de HIIT ont été réalisées dans cette recherche; totalisant plus de 500 heures de HIIT. Aucun événement indésirable n'a été enregistré durant toute la durée de l'étude. Il s'agit ici également d'une contribution à la recherche en ce qui concerne la sécurité du HIIT avec la population post-AVC.

7.3 Bénéfices de l'entraînement HIIT post-AVC

Dans cette section, l'ensemble des bénéfices engendrés par le HIIT à la suite de cette recherche sont abordés. Les principaux aspects discutés sont en lien avec la capacité cardiorespiratoire, les autres facteurs de risque cardiovasculaire notamment la pression artérielle systolique, les marqueurs d'anxiété et de dépression ainsi que les fonctions cognitives. Finalement, une réflexion entourant la comparaison entre les bénéfices engendrés par les deux types de programme d'exercice termine cette section.

L'étude 2 représentant l'élément principal de cette thèse aura permis d'observer plusieurs bénéfices sur des paramètres cliniques à la suite d'un programme d'exercice de six mois incluant une combinaison de HIIT et de MICT chez une population atteinte de maladie cérébrovasculaire ischémique dans la phase chronique de la maladie. En effet, l'augmentation de la capacité cardiorespiratoire d'en moyenne 3 ml d'O₂/kg/min représente une amélioration importante considérant que cette variable demeure le meilleur prédicteur de santé et que chaque augmentation d'un MET est associé à une réduction de 10 % à 25 % de la mortalité (Kaminsky et al., 2013). Ce résultat représente une augmentation de 16,8 %, ce qui est comparable à l'augmentation moyenne de 10 % à 15 % rapporté dans une méta-analyse regroupant 28 études avec des patients en phase chronique de l'AVC ou les intensités étaient généralement moyennes (Marsden et al., 2013). En se référant à la demande énergétique des activités de la vie quotidienne (voir la Figure 3, p.31) ainsi qu'au modèle de déconditionnement post-AVC (voir la Figure 4, p.33), on comprend qu'une augmentation de 3 ml d'O₂/kg/min peut permettre un changement considérable dans la vie des personnes atteintes de maladie cérébrovasculaire ischémique en permettant d'accomplir plus facilement les tâches du quotidien et en limitant ou du moins en retardant les conséquences du cercle vicieux de déconditionnement. En ce sens, nous avons également noté une augmentation de la pratique d'activité physique auto-rapportée à la suite de la participation au programme. D'ailleurs, on peut facilement faire un parallèle entre l'augmentation de la capacité

cardiorespiratoire et la pratique d'activité physique ainsi que les bénéfices rapportés par les participants dans l'étude 4. En effet, sur l'échantillon de 10 participants, neuf ont rapporté une amélioration de leur condition physique avec des termes comme « plus de souffle » ou « meilleur cardio » et la moitié ont perçu un impact direct sur leurs capacités à accomplir les activités de la vie quotidienne telles que l'entretien du domicile, les déplacements et l'autonomie. Une des rares études contrôlées randomisées à ce jour ayant évalué l'effet d'un programme HIIT de huit semaines post-AVC a également démontré une augmentation de la capacité cardiorespiratoire immédiatement après le programme (Gjellesvik et al., 2020). Toutefois, lors d'un suivi à 12 mois, les auteurs n'ont noté aucune différence entre le groupe intervention et le groupe contrôle recevant des soins standards seulement. Ces résultats corroborent l'enjeu soulevé dans les études 2 et 4 où une baisse de la pratique d'activité physique est rapportée à la suite de l'arrêt de l'intervention. Ainsi, tel que mentionné dans ces études et dans d'autres (Billinger et al., 2014; Collado-Mateo et al., 2021; Fini et al., 2021), il apparaît primordial de trouver des stratégies pour augmenter l'adhésion à l'activité physique à long terme chez les victimes d'AVC ischémique ou d'ICT. Toutefois, il est important de rappeler que malgré la baisse de la capacité cardiorespiratoire et de la pratique d'activité physique auto-rapportée après le programme d'exercice développé dans cette recherche, les participants présentaient des niveaux significativement plus élevés lors du suivi de 12 mois que par rapport à l'évaluation initiale. Ainsi, il est possible de penser que la structure du programme développé ainsi que les gains physiologiques auront permis d'augmenter l'autonomie des participants dans leur pratique d'activité physique pour permettre de maintenir une partie des acquis.

En ce qui concerne la prise en charge de l'hypertension artérielle qui est un facteur de risque important de l'AVC ischémique et de l'ICT, l'étude 3 a révélé une importante baisse de la pression artérielle systolique immédiatement après l'exercice suivi d'une remontée linéaire jusqu'au retour à la valeur de départ après huit heures. Considérant que le contrôle de la pression artérielle demeure une cible prioritaire en prévention secondaire de la maladie (Brickman et al., 2010), la réduction de 11 mmHg de la pression artérielle systolique rapportée dans l'étude 3 souligne l'importance de l'activité physique aérobie en traitement aigu de l'hypertension artérielle auprès de cette population. Par ailleurs, considérant que cet effet persiste environ huit heures post-exercice, il est nécessaire de rappeler l'importance de faire de l'activité physique quotidiennement pour maximiser son effet sur le contrôle de l'hypertension artérielle. D'un point de vue chronique,

l'activité physique est généralement reconnue pour avoir également un effet modérateur sur la pression artérielle (Cardoso et al., 2010). Toutefois, l'étude 2 n'a pas permis d'observer d'effet chronique significatif sur la pression artérielle systolique ni sur la pression artérielle diastolique après le programme d'exercice de six mois. Rappelons que le traitement pharmacologique de certains participants a été modifié en cours d'intervention par leur médecin pour différentes raisons, ce qui ne permet pas d'isoler l'effet de l'activité physique sur la pression artérielle. En ce qui a trait aux bilans lipidique et glycémique, encore une fois, le programme d'exercice n'a pas permis d'observer d'amélioration. Tel que rapporté plus haut, la littérature semble incertaine sur l'impact de l'activité physique sur ces variables post-AVC. De plus, les valeurs moyennes initiales des paramètres des bilans lipidique et glycémique des participants se trouvant déjà dans les cibles thérapeutiques avant d'entreprendre le programme d'exercice, probablement en raison de leur traitement pharmacologique, il peut être difficile de percevoir un effet. Les données anthropométriques telles que l'IMC, la circonférence de taille et le pourcentage de masse adipeuse n'ont pas non plus été influencées par le programme d'exercice.

Un autre élément important qui s'est amélioré à la suite des programmes d'exercice est la présence de marqueurs d'anxiété et de dépression. En effet, l'étude 2 nous a permis d'observer une amélioration significative de cet aspect immédiatement après l'intervention qui a été maintenue lors du suivi de 12 mois. Considérant la très forte prévalence de troubles anxieux et dépressifs parmi les survivants d'ACV (Barker-Collo, 2007; Esparrago et al., 2015), ces observations ajoutent du poids à l'importance de l'activité physique en prévention ou en traitement de ces symptômes. D'ailleurs, ce constat serait particulièrement important dans la phase de réintégration et de maintien en communauté où les patients rapportent un manque de support du système de la santé et se sentent isolés (Richards, 2013), d'autant plus qu'il a été démontré que la sévérité des symptômes tend à augmenter dans les années suivant l'événement cérébrovasculaire (Lincoln et al., 2013). Dans le même ordre d'idées, l'étude 4 a révélé que la majorité des participants ont perçu une amélioration de leur bien-être psychologique en lien avec leur participation au programme d'exercice. Plusieurs ont rapporté « se sentir bien » et « avoir un meilleur moral ». Ces effets psychologiques ont aussi un rôle à jouer dans le cercle vicieux du déconditionnement. En effet, tandis qu'un état plus anxieux et dépressif limite la participation aux activités, une amélioration de ce paramètre de santé permettrait en quelque sorte de briser cette chaîne et les conséquences associées notamment le risque de comorbidités cardiovasculaires (Kandola et al., 2020).

Considérant la situation pandémique en lien avec la Covid-19 des dernières années, on peut penser que ces observations prennent tout leur sens puisqu'il a été rapporté que la santé mentale et physique des personnes âgées a été négativement affectée; notamment par une augmentation des symptômes anxieux et dépressifs, une faible qualité de sommeil et une réduction de l'activité physique en lien avec l'isolement (Sepulveda-Loyola et al., 2020). Ceci renforce le message de l'importance de l'activité physique pour la santé mentale et particulièrement pour la clientèle post-AVC qui subit déjà un isolement au quotidien. Notons que les améliorations psychologiques perçues dans nos études peuvent provenir à la fois de l'effet de l'activité physique en soi, mais également indirectement par l'aspect social engendré par le programme en lien avec les interactions avec le kinésiologue et entre les participants. Il apparaît difficile de dissocier ces deux facteurs dans les études ayant fait l'objet de cette thèse. D'ailleurs, l'aspect social représente le point apprécié le plus souvent rapporté dans l'étude 4. D'autres auteurs ont également souligné l'important effet motivateur de l'aspect social dans une intervention par l'activité physique chez des victimes d'AVC (Resnick et al., 2008). Ceci souligne l'importance du lien relationnel avec le clinicien ainsi que l'inclusion de séances de groupe, tel que suggéré par plusieurs participants dans l'étude 4, qui devrait être envisagée lorsque possible et souhaité par le patient.

En ce qui a trait aux fonctions cognitives, l'étude 2 n'a pas permis d'affirmer hors de tous doutes l'impact du programme d'exercice sur la santé cognitive de des participants post-AVC ou ICT. Toutefois, nous avons pu observer un effet d'interaction créé par une différence entre l'évolution des groupes intervention et du groupe contrôle. En effet, les deux groupes d'intervention ont démontré une tendance à augmenter le score MoCA, et ce même au suivi de 12 mois, tandis que le groupe contrôle s'est maintenu au même niveau à chaque évaluation. On peut alors croire qu'il pourrait y avoir un effet favorable des programmes d'exercice aérobie sur les fonctions cognitives, mais celui-ci pourrait être confirmé dans une autre étude avec une taille d'échantillon plus grande. Cette observation concorderait avec la littérature qui tend à démontrer qu'un effet bénéfique de l'activité physique sur les fonctions cognitives, particulièrement au niveau des fonctions exécutives, serait possible même après un AVC (Cumming, Tyedin, Churilov, Morris et Bernhardt, 2012). Il faut encore une fois se rappeler que les désordres cognitifs sont très fréquents à la suite d'un AVC, et ce, même longtemps après la réadaptation (Jokinen et al., 2015). Ainsi, encore une fois, l'activité physique, particulièrement de type aérobie, aurait un important rôle à jouer au niveau de la plasticité cérébrale via l'augmentation des neurotrophines,

l'amélioration de la structure et des fonctions synaptiques, la stimulation de la régénération neuronale et de la réorganisation des fonctions neuronales, en plus de faciliter la compensation pour la zone cérébrale lésée (Xing et Bai, 2020).

Notre hypothèse initiale découlant de la littérature en lien avec le HIIT et les maladies cardiovasculaires (Ciolac, 2012; Guiraud et al., 2012; Hussain, Macaluso et Pearson, 2016) supposait que l'inclusion du HIIT dans un programme d'exercice permettrait une plus grande stimulation cardiovasculaire et ainsi des effets plus marqués au niveau de la capacité cardiorespiratoire et des variables secondaires comparativement au programme d'exercice comprenant seulement le MICT. Au terme de cette thèse, force est de constater que le programme d'exercice combiné avec HIIT et MICT, tel que nous l'avons développé n'a pas permis d'ajouter des bénéfices supplémentaires à un programme d'exercice MICT standard. D'un point de vue statistique, l'étude 2 a démontré que les deux programmes d'exercice ont engendré des améliorations comparables de la capacité cardiorespiratoire, des marqueurs d'anxiété et de dépression, ainsi que de la pratique d'activité physique auto-rapportée après les six mois d'intervention. De plus, lors de la fin des interventions supervisées, les deux programmes d'exercice ont également engendré une réduction semblable de la capacité cardiorespiratoire après six mois, bien que les deux se soient maintenus à un niveau supérieur de celui pré intervention. Il est à noter que nous n'avons pas fait directement la comparaison entre HIIT et MICT ce qui limite les comparaisons avec la littérature. La seule différence observée entre le HIIT et le MICT a été observée dans le cadre de l'étude 3 où la baisse de la pression artérielle systolique a été plus prononcée immédiatement après la séance avec HIIT comparativement à celle avec MICT. Toutefois, l'étude n'a pas permis de démontrer cette différence à l'aide de la MAPA dans les heures suivant l'exercice, la taille d'échantillon étant trop petite pour avoir suffisamment de puissance statistique. Ainsi, la seule supériorité du HIIT par rapport au MICT ayant pu être observée dans notre recherche est la baisse de la pression artérielle immédiatement après l'exercice. D'ailleurs, les observations à ce sujet sont variables dans la littérature et la supériorité de l'exercice à intensité élevée ne semble pas toujours bien décrite (Jones et al., 2007; Perrier-Melo et al., 2020; Pescatello et al., 2004; Pimenta et al., 2019). À la lumière de ces observations, nous estimons que l'activité physique de type aérobie est essentielle dans la phase chronique de l'AVC ischémique et de l'ICT pour ses multiples bienfaits sur la santé, mais que le choix du type de programme d'exercice (combinaison HIIT et MICT ou MICT seulement) importe moins. Le

défi clinique consiste principalement à mettre en place des activités qui soient accessibles à cette population et à diminuer le taux d'inactivité physique qui demeure très élevé dans la phase de réintégration et de maintien en communauté. Dans ce cas, toutes les options d'activités aérobie devraient être envisagées selon les préférences, intérêts, objectifs et limitations de la personne sans prioriser un type d'exercice en particulier.

7.4 Contributions de la recherche

Au moment de débiter cette thèse en 2015, très peu d'études s'étaient intéressées à la méthode HIIT chez les survivants d'AVC. Les seules données existantes faisaient référence à des études pilotes de faisabilité souvent avec des interventions uniques ou à très court terme. Avec cette recherche, nous voulions contribuer à cette littérature émergente en développant un programme d'exercice incluant la méthode HIIT basé sur les données probantes, tout en étant réaliste et adapté à un contexte régional pour en évaluer ses effets sur des variables cliniques. Depuis quelques années, nous assistons à une augmentation du nombre d'études dans la littérature permettant de comprendre les effets potentiels du HIIT post-AVC, incluant nos résultats de recherche. En effet, cette thèse doctorale suggère que la haute intensité d'entraînement aérobie est bien tolérée par les survivants d'AVC lorsqu'elle est pratiquée par intervalles. De plus, elle renforce l'idée que cette méthode est sécuritaire avec cette population. En deuxième lieu, l'étude 2 fait partie des rares études à ce jour ayant évalué l'effet de l'inclusion du HIIT post-AVC ischémique ou ICT sur une période de six mois en plus d'avoir évalué l'impact six mois après l'arrêt du programme d'exercice supervisé. À notre connaissance, il s'agit de la première étude ayant utilisé le HIIT chez cette population sur une période aussi longue que 6 mois. En effet, la plupart des études publiées sur le sujet à ce jour étaient des projets pilotes évaluant la faisabilité et la sécurité préliminaire (Askim et al., 2014; Boyne et al., 2013; Carl et al., 2017). Nos résultats concluants et favorables sur certains indicateurs de santé mesurés démontrent l'efficacité de la méthode sans toutefois démontrer de supériorité par rapport à un programme comprenant seulement du MICT. D'ailleurs, la comparaison avec un programme standard de type MICT ajoute à la contribution à la recherche puisqu'encore une fois, cet aspect était peu documenté et incertain. Notons, toutefois, que nos résultats sont limités à la spécificité de notre programme d'exercice. En

ce qui concerne le suivi six mois post-intervention, dans la seule étude contrôlée randomisée à notre connaissance ayant également évalué cet aspect, les auteurs ont conclu que les bénéfices sur la capacité cardiorespiratoire étaient presque tous perdus lors d'un suivi de 12 mois (Gjellesvik et al., 2020). Dans l'étude 2, malgré la baisse de la capacité cardiorespiratoire après la fin de l'intervention supervisée, les résultats étaient tout de même supérieurs au niveau initial lors du suivi à 12 mois. Finalement, les résultats de l'étude quatre contribuent également à la littérature en améliorant la compréhension du vécu des participants et en utilisant les suggestions des participants pour guider nos choix de paramètres pour le développement d'éventuels projets de recherche.

7.5 Forces et limites de la recherche

Une des forces de cette thèse est l'aspect novateur du programme combinant le HIIT et le MICT. Malgré la difficulté de comparaison des résultats avec d'autres recherches en raison de la spécificité du programme d'exercice, ce dernier s'est avéré faisable d'un point de vue clinique et organisationnel, en plus d'être acceptable pour les participants. Il s'agit de caractéristiques nécessaires lors du développement et de l'évaluation d'une intervention complexe telle que décrit par le cadre méthodologique du MRC sur lequel nous nous sommes basés (Skivington et al., 2021). D'ailleurs, le recours à un cadre méthodologique de ce type représente également une force dans la perspective d'une implantation éventuelle du programme d'exercice. De plus, la comparaison avec un programme d'exercice standard de type MICT représente aussi une force. Tel que présenté précédemment, d'autres chercheurs ont choisi de comparer un programme HIIT seulement à un groupe contrôle. Dans cette thèse, la comparaison avec le programme d'exercice MICT a été un avantage puisqu'elle nous aura permis de constater que l'ajout du HIIT n'apportait pas de bénéfice supplémentaire. Le suivi six mois après l'arrêt de l'entraînement supervisé représente aussi un avantage puisqu'il nous aura permis de constater l'effet persistant, et ce, même après l'arrêt de la supervision. Finalement, l'ajout d'entrevues avec les participants est également une force de cette thèse qui nous a permis d'ajouter une dimension qualitative qui permettra de bonifier l'intervention dans une éventuelle phase de mise en œuvre.

Il est nécessaire de réitérer que bien que ces travaux de recherche s'inscrivent dans une démarche de développement des connaissances, les résultats sont restreints aux programmes d'exercice tels que décrits et expérimentés dans le cadre de cette thèse. Ainsi, la généralisation des résultats doit se faire avec prudence compte tenu de l'aspect très spécifique du programme d'exercice développé (paramètres du HIIT, combinaison de deux méthodes et évolution du protocole), ce qui engendre des limitations intrinsèques. Par exemple, une augmentation du ratio HIIT/MICT aurait pu engendrer des résultats différents. Ainsi cette force de notre protocole d'un point de vue clinique peut aussi représenter une limite de l'étude en lien avec la capacité de généralisation des résultats. Parmi les limites, notons aussi que la petite taille de l'échantillon de l'étude 3 n'a pas permis de mettre en évidence les effets aigus des programmes d'exercice sur la pression artérielle jusqu'à 8 heures post effort. Dans le même ordre d'idées, un échantillon plus grand aurait aussi pu permettre d'observer un effet significatif des programmes d'exercice sur les fonctions cognitives dans l'étude 2. Certains aspects organisationnels ont influencé la capacité à recruter à certains moments et ceci a diminué la puissance statistique de quelques analyses secondaires. Finalement, il apparaît nécessaire de mentionner que les résultats des études 1, 2 et 4 peuvent être teintés par l'aspect relationnel avec les intervenants du programme d'exercice. En effet, les compétences d'accompagnement dans un changement de comportement des kinésiothérapeutes pourraient avoir un impact considérable sur l'adhésion au programme et parallèlement, avec les bénéfices associés. D'ailleurs la relation d'aide et l'aspect sécurisant d'être encadré par un professionnel de la santé ont émergé des discussions avec les participants. Il apparaît donc difficile d'isoler uniquement l'effet du programme d'exercice sur les variables mesurées puisque les compétences professionnelles des intervenants peuvent aussi avoir joué un rôle ce qui, encore une fois, appelle à la prudence lors de la généralisation des résultats.

7.6 Perspectives cliniques

La complexité de l'intervention que nous souhaitons développer nous a demandé une réflexion en profondeur et un regard clinique sur chaque élément. Ainsi, dans cette thèse, nous avons été en mesure de créer un programme faisable en tenant compte de toutes les dimensions : capacité à recruter, implication des différents intervenants nécessaires, ressources matérielles,

espaces physiques, paramètres physiologiques, paramètres fonctionnels, acceptabilité des participants, suggestions d'amélioration, impact après l'arrêt des supervisions, etc. Nous avons ainsi pu comprendre les éléments pratiques nécessaires à la mise en place d'un tel programme d'exercice en contexte clinique. Considérant l'acceptabilité favorable des participants et bien sûr, les effets bénéfiques sur leur santé, nous considérons qu'il y aurait des avantages à l'implantation d'un tel programme pour les victimes d'AVC et d'ICT. Tel que discuté précédemment, nous estimons que le choix du type d'intervention est secondaire, tandis que l'aspect prioritaire demeure d'offrir la possibilité aux survivants d'AVC et d'ICT d'être accompagnés et encadrés par un professionnel de la santé dans cette démarche. Ainsi, nous recommandons l'activité physique aérobie en individualisant le programme d'exercice selon les préférences des participants sans chercher à prioriser une méthode en particulier. Tel que démontré par notre recherche, l'utilisation de l'ergocycle apparaît comme un outil intéressant permettant de rejoindre un grand nombre de patients en étant accessible même pour les personnes atteintes d'une hémiplegie partielle limitant les capacités ambulatories, ainsi que pour les personnes présentant des troubles d'équilibre ou de coordination. Lorsque possible, nous estimons qu'une combinaison avec d'autres modalités d'entraînement, telles que la marche ou les exercices en piscine, pourrait être envisageable et potentiellement bénéfique afin de créer une diversité et stimuler l'intérêt. Un constat important de cette thèse à mettre de l'avant dans l'éventualité du développement d'un projet clinique serait l'importance de l'aspect social mentionné par la majorité des participants. Ainsi, l'inclusion d'une séance de groupe viendrait répondre à ce besoin si le participant le souhaite bien sûr. Par ailleurs, considérant la fatigabilité des personnes ayant subi un AVC et le niveau variable de leur énergie, il est nécessaire que le programme puisse être flexible et s'adapter à l'état des participants. Il s'agit d'un point que nous tenions à respecter dans cette recherche en étant à l'écoute des participants et en ajustant le temps des séances selon leur tolérance à chaque séance. D'ailleurs certains participants ont mentionné avoir grandement apprécié cette flexibilité du programme et plus de la flexibilité au niveau de l'horaire pour répondre aux besoins de chacun et limiter les barrières potentielles à leur participation. Finalement, à la lumière de tous ces éléments, il semble que nous ayons toutes les informations nécessaires pour mettre en place un projet clinique qui soit faisable, efficace, sécuritaire et apprécié de cette clientèle.

7.7 Perspectives de recherche

Certains aspects observés lors de cette thèse seraient à considérer pour améliorer les perspectives de recherche éventuelle. Tout d'abord, en considérant les résultats de l'étude 4, il serait intéressant d'évaluer un programme incluant des séances de groupe. D'ailleurs, cette option serait probablement plus favorable dans une perspective d'améliorer le rapport coût-efficacité. Ainsi, il serait possible de créer des petits groupes de participants en utilisant les mêmes paramètres de temps d'effort et de récupération, mais que chacun utilise ses propres paramètres d'intensité prédéterminés en fonction de ses capacités. Ceci permettrait de faire bénéficier les participants d'un entraînement individuel et adapté à leur condition physique tout en bénéficiant des avantages d'être en groupe. De cette façon, il serait également possible de tester des protocoles d'exercice HIIT avec des ratios temps-récupération différents entre les groupes. Nous souhaiterions donc évaluer cette possibilité dans un éventuel projet de recherche. Par ailleurs, l'étude 3 ayant démontré une tendance de supériorité du HIIT sur la baisse aiguë de la pression artérielle systolique qui n'a pas pu être démontrée significativement mériterait d'être reproduite avec une taille d'échantillon plus grande pour confirmer cet effet. Pour ce faire, l'ajout d'un jour contrôle sans activité physique et avec suivi de la MAPA ajouterait à la valeur de l'étude. Ainsi, les données de pression artérielle de chaque jour pourraient être comparées entre elles et non à une valeur de repos unique qui peut être biaisée et non représentative des mesures prises dans le quotidien. Finalement, un autre aspect intéressant à investiguer dans une prochaine étude serait l'impact du HIIT sur les fonctions cognitives et utilisant cette donnée comme variable principale de l'étude. Les données obtenues lors de l'étude 2 nous laissent croire à une opportunité intéressante dans ce domaine et celle-ci serait à explorer.

CONCLUSION

Cette thèse traitait l'inclusion de la méthode HIIT dans un programme d'exercice chez les survivants d'AVC ischémique ou d'ICT dans la phase chronique de la maladie. Les différentes études ayant fait l'objet de cette thèse soutiennent que l'activité physique et particulièrement la composante aérobie devrait faire partie intégrante de la phase de réintégration et de maintien en communauté du continuum de soins post-AVC. Cette thèse soulève l'importance clinique de la pratique d'activité physique sur la capacité cardiorespiratoire, le contrôle de l'hypertension artérielle ainsi que les marqueurs d'anxiété et dépression. L'utilisation de la méthode HIIT dans un programme d'exercice comprenant du MICT chez les survivants d'AVC ischémique et d'ICT a démontré sa faisabilité, son acceptabilité favorable et son efficacité sur des indicateurs de santé sans toutefois démontrer de supériorité par rapport à la méthode MICT traditionnelle. Ainsi, l'utilisation du HIIT semble être une option intéressante et réaliste avec cette population d'un point de vue clinique. Dans un objectif d'individualiser les interventions en activité physique, il pourrait être bénéfique d'utiliser cette approche avec les patients ayant un intérêt sans toutefois, prioriser celle-ci par rapport au MICT.

Malgré les évidences sur l'efficacité de l'activité physique en prévention secondaire de la maladie cardiovasculaire chez les survivants d'AVC, l'exercice aérobie demeure sous-utilisé dans les milieux cliniques et des interventions doivent être mises de l'avant pour contrer ce manque. Cette thèse démontre que les participants ont besoin et apprécient avoir un encadrement en matière d'activité physique. Les résultats mis en lumière par cette recherche contribuent à augmenter les connaissances sur le sujet et devraient servir d'éléments clés dans l'élaboration d'un projet clinique visant à offrir un programme d'exercice de type aérobie durant la phase de réintégration et de maintien en communauté.

RÉFÉRENCES

- Aamot, I.-L., Karlsen, T., Dalen, H. et Støylen, A. (2015). Long-term Exercise Adherence After High-intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Study. *Physiotherapy Research International: The Journal For Researchers And Clinicians In Physical Therapy*. doi: 10.1002/pri.1619
- Aamot, I. L., Forbord, S. H., Gustad, K., Lockra, V., Stensen, A., Berg, A. T., . . . Støylen, A. (2014). Home-based versus hospital-based high-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a randomized study. *Eur J Prev Cardiol*, 21(9), 1070-1078. doi: 10.1177/2047487313488299
- ACSM (2019). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (Tenth^e éd.). American College of Sports Medicine.
- Adams, R. J., Chimowitz, M. I., Alpert, J. S., Awad, I. A., Cerqueria, M. D., Fayad, P. et Taubert, K. A. (2003). Coronary risk evaluation in patients with transient ischemic attack and ischemic stroke: a scientific statement for healthcare professionals from the Stroke Council and the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association/American Stroke Association. *Circulation*, 108(10), 1278-1290. doi: 10.1161/01.CIR.0000090444.87006.CF
- Adams, V., Alves, M., Fischer, T., Rolim, N., Werner, S., Schutt, N. et Wisloff, U. (2015). High-intensity interval training attenuates endothelial dysfunction in a Dahl salt-sensitive rat model of heart failure with preserved ejection fraction. *J Appl Physiol (1985)*, 119(6), 745-752. doi: 10.1152/jappphysiol.01123.2014
- Agence de santé publique du Canada. (2009). Suivi des Maladies du Coeur et des Accidents Vasculaires Cérébraux au Canada. *Agence de la santé publique du Canada*.
- Aidar, F. J., Jaco de Oliveira, R., Gama de Matos, D., Chilibeck, P. D., de Souza, R. F., Carneiro, A. L. et Machado Reis, V. (2018). A randomized trial of the effects of an aquatic exercise program on depression, anxiety levels, and functional capacity of people who suffered an ischemic stroke. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(7-8), 1171-1177. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07284-X

- Allred, R. P. et Jones, T. A. (2004). Unilateral ischemic sensorimotor cortical damage in female rats: forelimb behavioral effects and dendritic structural plasticity in the contralateral homotopic cortex. *Exp Neurol*, 190(2), 433-445. doi: 10.1016/j.expneurol.2004.08.005
- Anderson, E. et Shivakumar, G. (2013). Effects of exercise and physical activity on anxiety. *Front Psychiatry*, 4, 27. doi: 10.3389/fpsy.2013.00027
- Arai, K., Jin, G., Navaratna, D. et Lo, E. H. (2009). Brain angiogenesis in developmental and pathological processes: neurovascular injury and angiogenic recovery after stroke. *FEBS J*, 276(17), 4644-4652. doi: 10.1111/j.1742-4658.2009.07176.x
- Arboix, A. (2015). Cardiovascular risk factors for acute stroke: Risk profiles in the different subtypes of ischemic stroke. *World J Clin Cases*, 3(5), 418-429. doi: 10.12998/wjcc.v3.i5.418
- Arboix, A., Garcia-Eroles, L., Comes, E., Oliveres, M., Targa, C., Balcells, M. et Massons, J. (2008). Importance of cardiovascular risk profile for in-hospital mortality due to cerebral infarction. *Rev Esp Cardiol*, 61(10), 1020-1029.
- Archer, E. et Blair, S. N. (2011). Physical activity and the prevention of cardiovascular disease: from evolution to epidemiology. *Prog Cardiovasc Dis*, 53(6), 387-396. doi: 10.1016/j.pcad.2011.02.006
- Arena, R., Myers, J., Forman, D. E., Lavie, C. J. et Guazzi, M. (2013). Should high-intensity-aerobic interval training become the clinical standard in heart failure? *Heart Fail Rev*, 18(1), 95-105. doi: 10.1007/s10741-012-9333-z
- Askim, T., Bernhardt, J., Salvesen, O. et Indredavik, B. (2014). Physical activity early after stroke and its association to functional outcome 3 months later. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 23(5), e305-312. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.12.011
- Askim, T., Dahl, A. E., Aamot, I. L., Hokstad, A., Helbostad, J. et Indredavik, B. (2014). High-intensity aerobic interval training for patients 3-9 months after stroke. A feasibility study. *Physiother Res Int*, 19(3), 129-139. doi: 10.1002/pri.1573
- Bandura, A. (1997). Self-Efficacy: The exercise of Control. *New York: W.H. Freeman Co.*
- Banks, G., Bernhardt, J., Churilov, L. et Cumming, T. B. (2012). Exercise preferences are different after stroke. *Stroke Res Treat*, 2012, 890946. doi: 10.1155/2012/890946
- Barker-Collo, S., Krishnamurthi, R., Witt, E., Feigin, V., Jones, A., McPherson, K. et Aroll, B. (2015). Improving Adherence to Secondary Stroke Prevention Strategies Through

- Motivational Interviewing: Randomized Controlled Trial. *Stroke*, 46(12), 3451-3458. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.011003
- Barker-Collo, S. L. (2007). Depression and anxiety 3 months post stroke: prevalence and correlates. *Arch Clin Neuropsychol*, 22(4), 519-531. doi: 10.1016/j.acn.2007.03.002
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A. et Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc*, 51(4), 459-465.
- Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P., Gregson, W., Drust, B. et Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci*, 29(6), 547-553. doi: 10.1080/02640414.2010.545427
- Bassett, D. R., Jr. et Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Bauman, A. E., Sallis, J. F., Dzewaltowski, D. A. et Owen, N. (2002). Toward a better understanding of the influences on physical activity: the role of determinants, correlates, causal variables, mediators, moderators, and confounders. *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2 Suppl), 5-14.
- Berchtold, N. C., Chinn, G., Chou, M., Kesslak, J. P. et Cotman, C. W. (2005). Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus. *Neuroscience*, 133(3), 853-861. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.03.026
- Bernhardt, J., Chittravas, N., Meslo, I. L., Thrift, A. G. et Indredavik, B. (2008). Not all stroke units are the same: a comparison of physical activity patterns in Melbourne, Australia, and Trondheim, Norway. *Stroke*, 39(7), 2059-2065. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.507160
- Berryman, J. W. (1989). The Tradition of the 6 Things Non-Natural - Exercise and Medicine from Hippocrates through Antebellum America. *Exercise and Sport Sciences Reviews/Series*, 17, 515-557.
- Bettcher, B. M., Wilhelm, R., Rigby, T., Green, R., Miller, J. W., Racine, C. A. et Kramer, J. H. (2012). C-reactive protein is related to memory and medial temporal brain volume in older adults. *Brain Behav Immun*, 26(1), 103-108. doi: 10.1016/j.bbi.2011.07.240
- Bhatt, D. L., Steg, P. G., Ohman, E. M., Hirsch, A. T., Ikeda, Y., Mas, J. L., Goto, S., Liau, C.S., Richard, A.J., Rother, J. et Wilson, P.W. (2006). International prevalence, recognition, and

- treatment of cardiovascular risk factors in outpatients with atherothrombosis. *JAMA*, 295(2), 180-189. doi: 10.1001/jama.295.2.180
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med*, 31(1), 13-31.
- Billinger, S. A., Arena, R., Bernhardt, J., Eng, J. J., Franklin, B. A., Johnson, C. M. et Tang, A. (2014). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 45(8), 2532-2553. doi: 10.1161/STR.0000000000000022
- Billinger, S. A., Coughenour, E., Mackay-Lyons, M. J. et Ivey, F. M. (2012). Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations. *Stroke Res Treat*, 2012, 959120. doi: 10.1155/2012/959120
- Billinger, S. A., Matlaga, A. E., Ashenden, A. L., Lentz, A. A., Harter, G. et Rippee, M. A. (2012). Aerobic exercise in subacute stroke improves cardiovascular health and physical performance. *J Neurol Phys Ther*, 36(4), 159-165. doi: 10.1097/NPT.0b013e318274d082
- Billinger, S. A., Taylor, J. M. et Quaney, B. M. (2012). Cardiopulmonary response to exercise testing in people with chronic stroke: a retrospective study. *Stroke Res Treat*, 2012, 987637. doi: 10.1155/2012/987637
- Boan, A. D., Lackland, D. T. et Ovbiagele, B. (2014). Lowering of blood pressure for recurrent stroke prevention. *Stroke*, 45(8), 2506-2513. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.003666
- Booth, A., Moore, G., Flemming, K., Garside, R., Rollins, N., Tuncalp, O. et Noyes, J. (2019). Taking account of context in systematic reviews and guidelines considering a complexity perspective. *BMJ Glob Health*, 4(Suppl 1), e000840. doi: 10.1136/bmjgh-2018-000840
- Boyne, P., Dunning, K., Carl, D., Gerson, M., Khoury, J. et Kissela, B. (2013). High-intensity interval training in stroke rehabilitation. *Top Stroke Rehabil*, 20(4), 317-330. doi: 10.1310/tsr2004-317
- Boyne, P., Dunning, K., Carl, D., Gerson, M., Khoury, J. et Kissela, B. (2015). Within-session responses to high-intensity interval training in chronic stroke. *Med Sci Sports Exerc*, 47(3), 476-484. doi: 10.1249/MSS.0000000000000427

- Brainin, M., Tuomilehto, J., Heiss, W. D., Bornstein, N. M., Bath, P. M., Teuschl, Y. et Quinn, T. (2015). Post-stroke cognitive decline: an update and perspectives for clinical research. *Eur J Neurol*, 22(2), 229-238, e213-226. doi: 10.1111/ene.12626
- Brickman, A. M., Reitz, C., Luchsinger, J. A., Manly, J. J., Schupf, N., Muraskin, J. et Mayeux, R. (2010). Long-term blood pressure fluctuation and cerebrovascular disease in an elderly cohort. *Arch Neurol*, 67(5), 564-569. doi: 10.1001/archneurol.2010.70
- Brodie, D. A., Inoue, A. et Shaw, D. G. (2008). Motivational interviewing to change quality of life for people with chronic heart failure: a randomised controlled trial. *Int J Nurs Stud*, 45(4), 489-500. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2006.11.009
- Bronnum-Hansen, H., Davidsen, M. et Thorvaldsen, P. (2001). Long-term survival and causes of death after stroke. *Stroke*, 32(9), 2131-2136.
- Brown, C., Fraser, J. E., Inness, E. L., Wong, J. S., Middleton, L. E., Poon, V. et Mansfield, A. (2014). Does participation in standardized aerobic fitness training during inpatient stroke rehabilitation promote engagement in aerobic exercise after discharge? A cohort study. *Top Stroke Rehabil*, 21 Suppl 1, S42-51. doi: 10.1310/tsr21S1-S42
- Buchheit, M. et Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*, 43(5), 313-338. doi: 10.1007/s40279-013-0029-x
- Burgomaster, K. A., Heigenhauser, G. J. et Gibala, M. J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol* (1985), 100(6), 2041-2047. doi: 10.1152/jappphysiol.01220.2005
- Calmels, P., Degache, F., Courbon, A., Roche, F., Ramas, J., Fayolle-Minon, I. et Devillard, X. (2011). The feasibility and the effects of cycloergometer interval-training on aerobic capacity and walking performance after stroke. Preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med*, 54(1), 3-15. doi: 10.1016/j.rehab.2010.09.009
- Campbell Burton, C. A., Murray, J., Holmes, J., Astin, F., Greenwood, D. et Knapp, P. (2013). Frequency of anxiety after stroke: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int J Stroke*, 8(7), 545-559. doi: 10.1111/j.1747-4949.2012.00906.x
- Canada, A. d. l. s. p. d. (2016). Accident vasculaires cérébraux au Canada. Faits saillants du système canadien de surveillance des maladies chroniques.

- Cardoso, C. G., Jr., Gomides, R. S., Queiroz, A. C., Pinto, L. G., da Silveira Lobo, F., Tinucci, T. et de Moraes Forjaz, C. L. (2010). Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics (Sao Paulo)*, 65(3), 317-325. doi: 10.1590/S1807-59322010000300013
- Carek, P. J., Laibstain, S. E. et Carek, S. M. (2011). Exercise for the treatment of depression and anxiety. *Int J Psychiatry Med*, 41(1), 15-28. doi: 10.2190/PM.41.1.c
- Carl, D. L., Boyne, P., Rockwell, B., Gerson, M., Khoury, J., Kissela, B. et Dunning, K. (2017). Preliminary safety analysis of high-intensity interval training (HIIT) in persons with chronic stroke. *Appl Physiol Nutr Metab*, 42(3), 311-318. doi: 10.1139/apnm-2016-0369
- Carpio-Rivera, E., Moncada-Jimenez, J., Salazar-Rojas, W. et Solera-Herrera, A. (2016). Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. *Arq Bras Cardiol*, 106(5), 422-433. doi: 10.5935/abc.20160064
- Carro, E., Trejo, J. L., Busiguina, S. et Torres-Aleman, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *J Neurosci*, 21(15), 5678-5684.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E. et Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, 100(2), 126-131.
- Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D. et Trenell, M. I. (2016). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*. doi: 10.1007/s00125-016-4106-1
- Chiuve, S. E., Rexrode, K. M., Spiegelman, D., Logroscino, G., Manson, J. E. et Rimm, E. B. (2008). Primary prevention of stroke by healthy lifestyle. *Circulation*, 118(9), 947-954. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.781062
- Chung, J. Y., Kim, M. W., Bang, M. S. et Kim, M. (2010). The effect of exercise on trkA in the contralateral hemisphere of the ischemic rat brain. *Brain Res*, 1353, 187-193. doi: 10.1016/j.brainres.2010.06.057
- Ciolac, E. G. (2012). High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc Dis*, 2(2), 102-110.

- Clark, P. J., Brzezinska, W. J., Puchalski, E. K., Krone, D. A. et Rhodes, J. S. (2009). Functional analysis of neurovascular adaptations to exercise in the dentate gyrus of young adult mice associated with cognitive gain. *Hippocampus*, 19(10), 937-950. doi: 10.1002/hipo.20543
- Clark, T. G., Murphy, M. F. et Rothwell, P. M. (2003). Long term risks of stroke, myocardial infarction, and vascular death in "low risk" patients with a non-recent transient ischaemic attack. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74(5), 577-580.
- Cohen-Mansfield, J., Marx, M. S., Biddison, J. R. et Guralnik, J. M. (2004). Socio-environmental exercise preferences among older adults. *Prev Med*, 38(6), 804-811. doi: 10.1016/j.ypmed.2004.01.007
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E. et Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61(11), 1166-1170.
- Cornelissen, V. A. et Fagard, R. H. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46(4), 667-675. doi: 10.1161/01.HYP.0000184225.05629.51
- Cornelissen, V. A. et Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*, 2(1), e004473. doi: 10.1161/JAHA.112.004473
- Cotman, C. W. et Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci*, 25(6), 295-301.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C. et Christie, L. A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci*, 30(9), 464-472. doi: 10.1016/j.tins.2007.06.011
- Cotman, C. W. et Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise enhances and protects brain function. *Exerc Sport Sci Rev*, 30(2), 75-79.
- Coull, A. J., Lovett, J. K. et Rothwell, P. M. (2004). Population based study of early risk of stroke after transient ischaemic attack or minor stroke: implications for public education and organisation of services. *BMJ*, 328(7435), 326. doi: 10.1136/bmj.37991.635266.44
- Cox, M. L., Bennett, J. B., 3rd et Dudley, G. A. (1986). Exercise training-induced alterations of cardiac morphology. *J Appl Physiol (1985)*, 61(3), 926-931.

- Craven, T. E., Ryu, J. E., Espeland, M. A., Kahl, F. R., McKinney, W. M., Toole, J. F. et Crouse, J. R., 3rd. (1990). Evaluation of the associations between carotid artery atherosclerosis and coronary artery stenosis. A case-control study. *Circulation*, 82(4), 1230-1242.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. (3rd ° éd.). Los Angeles: SAGE.
- Crichton, G. E. et Alkerwi, A. (2014). Association of sedentary behavior time with ideal cardiovascular health: the ORISCAV-LUX study. *PLoS One*, 9(6), e99829. doi: 10.1371/journal.pone.0099829
- Crozier, J., Roig, M., Eng, J. J., MacKay-Lyons, M., Fung, J., Ploughman, M. et Tang, A. (2018). High-Intensity Interval Training After Stroke: An Opportunity to Promote Functional Recovery, Cardiovascular Health, and Neuroplasticity. *Neurorehabil Neural Repair*, 32(6-7), 543-556. doi: 10.1177/1545968318766663
- Cumming, T. B., Tyedin, K., Churilov, L., Morris, M. E. et Bernhardt, J. (2012). The effect of physical activity on cognitive function after stroke: a systematic review. *Int Psychogeriatr*, 24(4), 557-567. doi: 10.1017/S1041610211001980
- D'Isabella, N. T., Shkredova, D. A., Richardson, J. A. et Tang, A. (2017). Effects of exercise on cardiovascular risk factors following stroke or transient ischemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 269215517709051. doi: 10.1177/0269215517709051
- De Deyne, P. G., Hafer-Macko, C. E., Ivey, F. M., Ryan, A. S. et Macko, R. F. (2004). Muscle molecular phenotype after stroke is associated with gait speed. *Muscle Nerve*, 30(2), 209-215. doi: 10.1002/mus.20085
- De Moor, M. H., Beem, A. L., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I. et De Geus, E. J. (2006). Regular exercise, anxiety, depression and personality: a population-based study. *Prev Med*, 42(4), 273-279. doi: 10.1016/j.ypmed.2005.12.002
- de Oliveira, L., Souza, E. C., Rodrigues, R. A. S., Fett, C. A. et Piva, A. B. (2019). The effects of physical activity on anxiety, depression, and quality of life in elderly people living in the community. *Trends Psychiatry Psychother*, 41(1), 36-42. doi: 10.1590/2237-6089-2017-0129

- De Smedt, A., Brouns, R., Uyttenboogaart, M., De Raedt, S., Moens, M., Wilczak, N. et De Keyser, J. (2011). Insulin-like growth factor I serum levels influence ischemic stroke outcome. *Stroke*, *42*(8), 2180-2185. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.600783
- DeSouza, C. A., Shapiro, L. F., Clevenger, C. M., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Tanaka, H. et Seals, D. R. (2000). Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. *Circulation*, *102*(12), 1351-1357.
- Dhamoon, M. S., Sciacca, R. R., Rundek, T., Sacco, R. L. et Elkind, M. S. (2006). Recurrent stroke and cardiac risks after first ischemic stroke: the Northern Manhattan Study. *Neurology*, *66*(5), 641-646. doi: 10.1212/01.wnl.0000201253.93811.f6
- Di Pasquale, G., Andreoli, A., Pinelli, G., Grazi, P., Manini, G., Tognetti, F. et Testa, C. (1986). Cerebral ischemia and asymptomatic coronary artery disease: a prospective study of 83 patients. *Stroke*, *17*(6), 1098-1101.
- Di Pasquale, G., Pinelli, G., Grazi, P., Andreoli, A., Corbelli, C., Manini, G. L. et Carini, G. C. (1988). Incidence of silent myocardial ischaemia in patients with cerebral ischaemia. *Eur Heart J*, *9 Suppl N*, 104-107.
- Diffie, G. M., Seversen, E. A. et Titus, M. M. (2001). Exercise training increases the Ca²⁺ sensitivity of tension in rat cardiac myocytes. *J Appl Physiol (1985)*, *91*(1), 309-315.
- Ding, Q., Vaynman, S., Akhavan, M., Ying, Z. et Gomez-Pinilla, F. (2006). Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. *Neuroscience*, *140*(3), 823-833. doi: 10.1016/j.neuroscience.2006.02.084
- DiPietro, L., Dziura, J., Yeckel, C. W. et Neufer, P. D. (2006). Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol (1985)*, *100*(1), 142-149. doi: 10.1152/jappphysiol.00474.2005
- Dishman, R. K., Vandenberg, R. J., Motl, R. W. et Nigg, C. R. (2010). Using constructs of the transtheoretical model to predict classes of change in regular physical activity: a multi-ethnic longitudinal cohort study. *Ann Behav Med*, *40*(2), 150-163. doi: 10.1007/s12160-010-9196-2
- Dong, Y., Sharma, V. K., Chan, B. P., Venketasubramanian, N., Teoh, H. L., Seet, R. C. et Chen, C. (2010). The Montreal Cognitive Assessment (MoCA) is superior to the Mini-Mental

- State Examination (MMSE) for the detection of vascular cognitive impairment after acute stroke. *J Neurol Sci*, 299(1-2), 15-18. doi: 10.1016/j.jns.2010.08.051
- Dupont, G. et Berthoin, S. (2004). Time spent at a high percentage of VO₂max for short intermittent runs: active versus passive recovery. *Can J Appl Physiol*, 29 Suppl, S3-S16.
- Egan, B. et Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab*, 17(2), 162-184. doi: 10.1016/j.cmet.2012.12.012
- Eldridge, S. M., Lancaster, G. A., Campbell, M. J., Thabane, L., Hopewell, S., Coleman, C. L. et Bond, C. M. (2016). Defining Feasibility and Pilot Studies in Preparation for Randomised Controlled Trials: Development of a Conceptual Framework. *PLoS One*, 11(3), e0150205. doi: 10.1371/journal.pone.0150205
- El-Tamawy, M. S., Abd-Allah, F., Ahmed, S. M., Darwish, M. H. et Khalifa, H. A. (2014). Aerobic exercises enhance cognitive functions and brain derived neurotrophic factor in ischemic stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 34(1), 209-213. doi: 10.3233/NRE-131020
- Eng, J. J. et Reime, B. (2014). Exercise for depressive symptoms in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 28(8), 731-739. doi: 10.1177/0269215514523631
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S. et Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19(10), 1030-1039. doi: 10.1002/hipo.20547
- Esparrago Llorca, G., Castilla-Guerra, L., Fernandez Moreno, M. C., Ruiz Doblado, S. et Jimenez Hernandez, M. D. (2015). Post-stroke depression: an update. *Neurologia*, 30(1), 23-31. doi: 10.1016/j.nrl.2012.06.008
- Esposito, K. et Giugliano, D. (2004). The metabolic syndrome and inflammation: association or causation? *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 14(5), 228-232.
- Faulkner, J., Stoner, L., Lanford, J., Jolliffe, E., Mitchelmore, A. et Lambrick, D. (2017). Long-Term Effect of Participation in an Early Exercise and Education Program on Clinical Outcomes and Cost Implications, in Patients with TIA and Minor, Non-Disabling Stroke. *Transl Stroke Res*, 8(3), 220-227. doi: 10.1007/s12975-016-0510-6
- Feigin, V. L., Norrving, B. et Mensah, G. A. (2017). Global Burden of Stroke. *Circ Res*, 120(3), 439-448. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308413

- Feigin, V. L., Stark, B. A., Johnson, C. O., Roth, G. A., Bisignano, C., Abady, G. G. et Murray, C. J. L. (2021). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol*, 20(10), 795-820. doi: 10.1016/S1474-4422(21)00252-0
- Fini, N. A., Bernhardt, J., Churilov, L., Clark, R. et Holland, A. E. (2021). Adherence to physical activity and cardiovascular recommendations during the 2years after stroke rehabilitation discharge. *Ann Phys Rehabil Med*, 64(2), 101455. doi: 10.1016/j.rehab.2020.03.018
- Fini, N. A., Holland, A. E., Keating, J., Simek, J. et Bernhardt, J. (2017). How Physically Active Are People Following Stroke? Systematic Review and Quantitative Synthesis. *Phys Ther*, 97(7), 707-717. doi: 10.1093/ptj/pzx038
- Fondation des maladies du coeur et de l'AVC du Canada. (2017). Les mille facettes de l'AVC *Bulletin sur L'AVC 2017* (p. 1-15).
- Fondation des maladies du coeur et de l'AVC du Canada. (2021). (Publication no. <https://www.coeuretavc.ca/avc>).
- Fondation des maladies du coeur et de l'AVC du Canada (2021). Recommandations canadiennes pour les pratiques optimales de soins de l'AVC. Mise à jour 2020. 7^e édition
- Ford, E. S., Greenlund, K. J. et Hong, Y. (2012). Ideal cardiovascular health and mortality from all causes and diseases of the circulatory system among adults in the United States. *Circulation*, 125(8), 987-995. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.049122
- Fu, T. C., Wang, C. H., Lin, P. S., Hsu, C. C., Cherg, W. J., Huang, S. C. et Wang, J. S. (2013). Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *Int J Cardiol*, 167(1), 41-50. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.11.086
- Furie, K. L., Kasner, S. E., Adams, R. J., Albers, G. W., Bush, R. L. et Fagan, S. C. (2011). Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke or transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association. *Stroke*, 42(1), 227-276. doi: 10.1161/STR.0b013e3181f7d043
- Gadidi, V., Katz-Leurer, M., Carmeli, E. et Bornstein, N. M. (2011). Long-term outcome poststroke: predictors of activity limitation and participation restriction. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(11), 1802-1808. doi: 10.1016/j.apmr.2011.06.014

- Gale, N. K., Heath, G., Cameron, E., Rashid, S. et Redwood, S. (2013). Using the framework method for the analysis of qualitative data in multi-disciplinary health research. *BMC Med Res Methodol*, 13, 117. doi: 10.1186/1471-2288-13-117
- Gami, A. S., Witt, B. J., Howard, D. E., Erwin, P. J., Gami, L. A., Somers, V. K. et Montori, V. M. (2007). Metabolic syndrome and risk of incident cardiovascular events and death: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *J Am Coll Cardiol*, 49(4), 403-414. doi: 10.1016/j.jacc.2006.09.032
- Gertz, K., Priller, J., Kronenberg, G., Fink, K. B., Winter, B., Schrock, H. et Endres, M. (2006). Physical activity improves long-term stroke outcome via endothelial nitric oxide synthase-dependent augmentation of neovascularization and cerebral blood flow. *Circ Res*, 99(10), 1132-1140. doi: 10.1161/01.RES.0000250175.14861.77
- Gibala, M. J., Little, J. P., van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A. et Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*, 575(Pt 3), 901-911. doi: 10.1113/jphysiol.2006.112094
- Gibala, M. J. et McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev*, 36(2), 58-63. doi: 10.1097/JES.0b013e318168ec1f
- Gibala, M. J., McGee, S. L., Garnham, A. P., Howlett, K. F., Snow, R. J. et Hargreaves, M. (2009). Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1alpha in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985)*, 106(3), 929-934. doi: 10.1152/jappphysiol.90880.2008
- Giles, M. F. et Rothwell, P. M. (2007). Risk of stroke early after transient ischaemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*, 6(12), 1063-1072. doi: 10.1016/S1474-4422(07)70274-0
- Gjellesvik, T. I., Becker, F., Tjonna, A. E., Indredavik, B., Lundgaard, E., Solbakken, H., . . . Askim, T. (2021). Effects of High-Intensity Interval Training After Stroke (The HIIT Stroke Study) on Physical and Cognitive Function: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 102(9), 1683-1691. doi: 10.1016/j.apmr.2021.05.008
- Gjellesvik, T. I., Becker, F., Tjonna, A. E., Indredavik, B., Nilsen, H., Brurok, B. et Askim, T. (2020). Effects of High-Intensity Interval Training After Stroke (the HIIT-Stroke Study):

- A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 101(6), 939-947. doi: 10.1016/j.apmr.2020.02.006
- Gjellesvik, T. I., Brurok, B., Hoff, J., Torhaug, T. et Helgerud, J. (2012). Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one year follow-up. *Top Stroke Rehabil*, 19(4), 353-360. doi: 10.1310/tsr1904-353
- Glass, C. K., Saijo, K., Winner, B., Marchetto, M. C. et Gage, F. H. (2010). Mechanisms underlying inflammation in neurodegeneration. *Cell*, 140(6), 918-934. doi: 10.1016/j.cell.2010.02.016
- Gliemann, L. (2016). Training for skeletal muscle capillarization: a Janus-faced role of exercise intensity? *Eur J Appl Physiol*, 116(8), 1443-1444. doi: 10.1007/s00421-016-3419-6
- Gollnick, P. D., Bayly, W. M. et Hodgson, D. R. (1986). Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Med Sci Sports Exerc*, 18(3), 334-340.
- Gordon, N. F., Gulanick, M., Costa, F., Fletcher, G., Franklin, B. A., Roth, E. J. et Shephard, T. (2004). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Stroke*, 35(5), 1230-1240. doi: 10.1161/01.STR.0000127303.19261.19
- Gouvernement du Québec (2017). Continuum de services pour les personnes à risque de subir ou ayant subi un accident vasculaire cérébral
- Grace, S. L., Abbey, S. E., Shnek, Z. M., Irvine, J., Franche, R. L. et Stewart, D. E. (2002). Cardiac rehabilitation II: referral and participation. *Gen Hosp Psychiatry*, 24(3), 127-134.
- Graham, M. J., Lucas, S. J., Francois, M. E., Stavrianeas, S., Parr, E. B., Thomas, K. N. et Cotter, J. D. (2016). Low-Volume Intense Exercise Elicits Post-exercise Hypotension and Subsequent Hypervolemia, Irrespective of Which Limbs Are Exercised. *Front Physiol*, 7, 199. doi: 10.3389/fphys.2016.00199
- Gregersen, I., Holm, S., Dahl, T. B., Halvorsen, B. et Aukrust, P. (2016). A focus on inflammation as a major risk factor for atherosclerotic cardiovascular diseases. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 14(3), 391-403. doi: 10.1586/14779072.2016.1128828
- Grundy, S. M., Cleeman, J. I., Daniels, S. R., Donato, K. A., Eckel, R. H., Franklin, B. A., . . . Costa, F. (2005). Diagnosis and management of the metabolic syndrome. An American

- Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. Executive summary. *Cardiol Rev*, 13(6), 322-327.
- Guiraud, T., Juneau, M., Nigam, A., Gayda, M., Meyer, P., Mekary, S. et Bosquet, L. (2010). Optimization of high intensity interval exercise in coronary heart disease. *Eur J Appl Physiol*, 108(4), 733-740. doi: 10.1007/s00421-009-1287-z
- Guiraud, T., Labrunee, M., Gaucher-Cazalis, K., Despas, F., Meyer, P., Bosquet, L. et Pathak, A. (2013). High-intensity interval exercise improves vagal tone and decreases arrhythmias in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc*, 45(10), 1861-1867. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182967559
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M. et Bosquet, L. (2012). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med*, 42(7), 587-605. doi: 10.2165/11631910-000000000-00000
- Hackam, D. G. et Spence, J. D. (2007). Combining multiple approaches for the secondary prevention of vascular events after stroke: a quantitative modeling study. *Stroke*, 38(6), 1881-1885. doi: 10.1161/STROKEAHA.106.475525
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U. et Lancet Physical Activity Series Working, G. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*, 380(9838), 247-257. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60646-1
- Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S. et Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med*, 342(7), 454-460. doi: 10.1056/NEJM200002173420702
- Hamer, M. (2006). The anti-hypertensive effects of exercise: integrating acute and chronic mechanisms. *Sports Med*, 36(2), 109-116.
- Hankey, G. J. et Warlow, C. P. (1999). Treatment and secondary prevention of stroke: evidence, costs, and effects on individuals and populations. *Lancet*, 354(9188), 1457-1463. doi: 10.1016/S0140-6736(99)04407-4
- Hawe, P., Shiell, A. et Riley, T. (2009). Theorising interventions as events in systems. *Am J Community Psychol*, 43(3-4), 267-276. doi: 10.1007/s10464-009-9229-9

- Healy, G. N., Dunstan, D. W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J. E., Zimmet, P. Z. et Owen, N. (2008). Breaks in sedentary time: beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes Care*, 31(4), 661-666. doi: 10.2337/dc07-2046
- Heiss, W. D. (2012). The ischemic penumbra: how does tissue injury evolve? *Ann N Y Acad Sci*, 1268, 26-34. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06668.x
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M. et Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(4), 665-671. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570
- Higginbotham, M. B., Morris, K. G., Williams, R. S., McHale, P. A., Coleman, R. E. et Cobb, F. R. (1986). Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man. *Circ Res*, 58(2), 281-291.
- Hoffmann, M. (2001). Higher cortical function deficits after stroke: an analysis of 1,000 patients from a dedicated cognitive stroke registry. *Neurorehabil Neural Repair*, 15(2), 113-127.
- Hornnes, N., Larsen, K. et Boysen, G. (2010). Little change of modifiable risk factors 1 year after stroke: a pilot study. *Int J Stroke*, 5(3), 157-162. doi: 10.1111/j.1747-4949.2010.00424.x
- Howard, V. J. et McDonnell, M. N. (2015). Physical activity in primary stroke prevention: just do it! *Stroke*, 46(6), 1735-1739. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.006317
- Huang, Y., Macera, C. A., Blair, S. N., Brill, P. A., Kohl, H. W., 3rd et Kronenfeld, J. J. (1998). Physical fitness, physical activity, and functional limitation in adults aged 40 and older. *Med Sci Sports Exerc*, 30(9), 1430-1435. doi: 10.1097/00005768-199809000-00013
- Hussain, S. R., Macaluso, A. et Pearson, S. J. (2016). High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in the Prevention/Management of Cardiovascular Disease. *Cardiol Rev*, 24(6), 273-281. doi: 10.1097/CRD.0000000000000124
- Inaba, Y., Chen, J. A. et Bergmann, S. R. (2010). Prediction of future cardiovascular outcomes by flow-mediated vasodilatation of brachial artery: a meta-analysis. *Int J Cardiovasc Imaging*, 26(6), 631-640. doi: 10.1007/s10554-010-9616-1
- INESSS. (2011). Organisation des services en matière d'accident vasculaire cérébral. Revue des données probantes, des politiques et des expériences. *ETMIS* 7(4), 1-141.
- Ivey, F. M., Macko, R. F., Ryan, A. S. et Hafer-Macko, C. E. (2005). Cardiovascular health and fitness after stroke. *Top Stroke Rehabil*, 12(1), 1-16. doi: 10.1310/GEEU-YRUY-VJ72-LEAR

- Ivey, F. M., Ryan, A. S., Hafer-Macko, C. E., Garrity, B. M., Sorkin, J. D., Goldberg, A. P. et Macko, R. F. (2006). High prevalence of abnormal glucose metabolism and poor sensitivity of fasting plasma glucose in the chronic phase of stroke. *Cerebrovasc Dis*, 22(5-6), 368-371. doi: 10.1159/000094853
- Ivey, F. M., Ryan, A. S., Hafer-Macko, C. E., Goldberg, A. P. et Macko, R. F. (2007). Treadmill aerobic training improves glucose tolerance and indices of insulin sensitivity in disabled stroke survivors: a preliminary report. *Stroke*, 38(10), 2752-2758. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.490391
- Ivey, F. M., Ryan, A. S., Hafer-Macko, C. E. et Macko, R. F. (2011). Improved cerebral vasomotor reactivity after exercise training in hemiparetic stroke survivors. *Stroke*, 42(7), 1994-2000. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.607879
- Jack, C. R., Jr., Wiste, H. J., Vemuri, P., Weigand, S. D., Senjem, M. L., Zeng, G., Bernstein, M.A., Gunter, J.L., Pankratz, V.S., Aisen, P.S., Weiner, M.W., Petersen, R.C., Shaw, L.M., Trojanowski, J.Q. et Knopman, D.S. (2010). Brain beta-amyloid measures and magnetic resonance imaging atrophy both predict time-to-progression from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Brain*, 133(11), 3336-3348. doi: 10.1093/brain/awq277
- Jensen, L., Bangsbo, J. et Hellsten, Y. (2004). Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *J Physiol*, 557(Pt 2), 571-582. doi: 10.1113/jphysiol.2003.057711
- Jin, H., Jiang, Y., Wei, Q., Chen, L. et Ma, G. (2013). Effects of aerobic cycling training on cardiovascular fitness and heart rate recovery in patients with chronic stroke. *NeuroRehabilitation*, 32(2), 327-335. doi: 10.3233/NRE-130852
- Johnsen, A. B., Hoydal, M., Rosbjorgen, R., Stolen, T. et Wisloff, U. (2013). Aerobic interval training partly reverse contractile dysfunction and impaired Ca²⁺ handling in atrial myocytes from rats with post infarction heart failure. *PLoS One*, 8(6), e66288. doi: 10.1371/journal.pone.0066288
- Johnson, G. A. (1991). Research into psychiatric disorder after stroke: the need for further studies. *Aust N Z J Psychiatry*, 25(3), 358-370. doi: 10.3109/00048679109062637
- Jokinen, H., Melkas, S., Ylikoski, R., Pohjasvaara, T., Kaste, M., Erkinjuntti, T. et Hietanen, M. (2015). Post-stroke cognitive impairment is common even after successful clinical recovery. *Eur J Neurol*. doi: 10.1111/ene.12743

- Joubert, J., Davis, S. M., Hankey, G. J., Levi, C., Olver, J., Gonzales, G. et Donnan, G. A. (2015). ICARUSS, the Integrated Care for the Reduction of Secondary Stroke trial: rationale and design of a randomized controlled trial of a multimodal intervention to prevent recurrent stroke in patients with a recent cerebrovascular event, ACTRN = 12611000264987. *Int J Stroke*, 10(5), 773-777. doi: 10.1111/ij.s.12510
- Joubert, J., Reid, C., Barton, D., Cumming, T., McLean, A., Joubert, L. et Davis, S. (2009). Integrated care improves risk-factor modification after stroke: initial results of the Integrated Care for the Reduction of Secondary Stroke model. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 80(3), 279-284. doi: 10.1136/jnnp.2008.148122
- Joyner, M. J. et Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586(1), 35-44. doi: 10.1113/jphysiol.2007.143834
- Kallikazaros, I., Tsioufis, C., Sideris, S., Stefanadis, C. et Toutouzas, P. (1999). Carotid artery disease as a marker for the presence of severe coronary artery disease in patients evaluated for chest pain. *Stroke*, 30(5), 1002-1007.
- Kaminsky, L. A., Arena, R., Beckie, T. M., Brubaker, P. H., Church, T. S., Forman, D. E. et Williams, M. A. (2013). The importance of cardiorespiratory fitness in the United States: the need for a national registry: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation*, 127(5), 652-662. doi: 10.1161/CIR.0b013e31827ee100
- Kandola, A., Ashdown-Franks, G., Stubbs, B., Osborn, D. P. J. et Hayes, J. F. (2019). The association between cardiorespiratory fitness and the incidence of common mental health disorders: A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord*, 257, 748-757. doi: 10.1016/j.jad.2019.07.088
- Kandola, A., Hendrikse, J., Lucassen, P. J. et Yucel, M. (2016). Aerobic Exercise as a Tool to Improve Hippocampal Plasticity and Function in Humans: Practical Implications for Mental Health Treatment. *Front Hum Neurosci*, 10, 373. doi: 10.3389/fnhum.2016.00373
- Kandola, A., Lewis, G., Osborn, D. P. J., Stubbs, B. et Hayes, J. F. (2020). Depressive symptoms and objectively measured physical activity and sedentary behaviour throughout adolescence: a prospective cohort study. *Lancet Psychiatry*, 7(3), 262-271. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30034-1

- Karlsen, T., Aamot, I. L., Haykowsky, M. et Rognmo, O. (2017). High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes. *Prog Cardiovasc Dis*, 60(1), 67-77. doi: 10.1016/j.pcad.2017.03.006
- Katz-Leurer, M., Sender, I., Keren, O. et Dvir, Z. (2006). The influence of early cycling training on balance in stroke patients at the subacute stage. Results of a preliminary trial. *Clin Rehabil*, 20(5), 398-405.
- Kemi, O. J., Ceci, M., Condorelli, G., Smith, G. L. et Wisloff, U. (2008). Myocardial sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ ATPase function is increased by aerobic interval training. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 15(2), 145-148. doi: 10.1097/HJR.0b013e3282efd4e0
- Kemi, O. J., Haram, P. M., Loennechen, J. P., Osnes, J. B., Skomedal, T., Wisloff, U. et Ellingsen, O. (2005). Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovasc Res*, 67(1), 161-172. doi: 10.1016/j.cardiores.2005.03.010
- Kemi, O. J. et Wisloff, U. (2010). High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 30(1), 2-11. doi: 10.1097/HCR.0b013e3181c56b89
- Keteyian, S. J., Brawner, C. A., Savage, P. D., Ehrman, J. K., Schairer, J., Divine, G. et Ades, P. A. (2008). Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J*, 156(2), 292-300. doi: 10.1016/j.ahj.2008.03.017
- Kim, B. R., Han, E. Y., Joo, S. J., Kim, S. Y. et Yoon, H. M. (2014). Cardiovascular fitness as a predictor of functional recovery in subacute stroke patients. *Disabil Rehabil*, 36(3), 227-231. doi: 10.3109/09638288.2013.787123
- Kim, M. W., Bang, M. S., Han, T. R., Ko, Y. J., Yoon, B. W., Kim, J. H. et Kim, M. H. (2005). Exercise increased BDNF and trkB in the contralateral hemisphere of the ischemic rat brain. *Brain Res*, 1052(1), 16-21. doi: 10.1016/j.brainres.2005.05.070
- Kirk, A., Mutrie, N., MacIntyre, P. et Fisher, M. (2004a). Effects of a 12-month physical activity counselling intervention on glycaemic control and on the status of cardiovascular risk factors in people with Type 2 diabetes. *Diabetologia*, 47(5), 821-832. doi: 10.1007/s00125-004-1396-5

- Kirk, A. F., Mutrie, N., Macintyre, P. D. et Fisher, M. B. (2004b). Promoting and maintaining physical activity in people with type 2 diabetes. *Am J Prev Med*, 27(4), 289-296. doi: 10.1016/j.amepre.2004.07.009
- Kleim, J. A., Hogg, T. M., VandenBerg, P. M., Cooper, N. R., Bruneau, R. et Remple, M. (2004). Cortical synaptogenesis and motor map reorganization occur during late, but not early, phase of motor skill learning. *J Neurosci*, 24(3), 628-633. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3440-03.2004
- Kleim, J. A., Lussnig, E., Schwarz, E. R., Comery, T. A. et Greenough, W. T. (1996). Synaptogenesis and Fos expression in the motor cortex of the adult rat after motor skill learning. *J Neurosci*, 16(14), 4529-4535.
- Kleindorfer, D. O., Towfighi, A., Chaturvedi, S., Cockcroft, K. M., Gutierrez, J., Lombardi-Hill, D. et Williams, L. S. (2021). 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients With Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 52(7), e364-e467. doi: 10.1161/STR.0000000000000375
- Klocek, M., Kubinyi, A., Baciór, B. et Kawecka-Jaszcz, K. (2005). Effect of physical training on quality of life and oxygen consumption in patients with congestive heart failure. *Int J Cardiol*, 103(3), 323-329. doi: 10.1016/j.ijcard.2004.10.021
- Kodama, S., Tanaka, S., Heianza, Y., Fujihara, K., Horikawa, C., Shimano, H. et Sone, H. (2013). Association between physical activity and risk of all-cause mortality and cardiovascular disease in patients with diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care*, 36(2), 471-479. doi: 10.2337/dc12-0783
- Krueger, H., Lindsay, P., Cote, R., Kapral, M. K., Kaczorowski, J. et Hill, M. D. (2012). Cost avoidance associated with optimal stroke care in Canada. *Stroke*, 43(8), 2198-2206. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.646091
- Kuipers, S. D. et Bramham, C. R. (2006). Brain-derived neurotrophic factor mechanisms and function in adult synaptic plasticity: new insights and implications for therapy. *Curr Opin Drug Discov Devel*, 9(5), 580-586.
- Kunkel, D., Fitton, C., Burnett, M. et Ashburn, A. (2015). Physical inactivity post-stroke: a 3-year longitudinal study. *Disabil Rehabil*, 37(4), 304-310. doi: 10.3109/09638288.2014.918190

- Kutlubaev, M. A. et Hackett, M. L. (2014). Part II: predictors of depression after stroke and impact of depression on stroke outcome: an updated systematic review of observational studies. *Int J Stroke*, 9(8), 1026-1036. doi: 10.1111/ijvs.12356
- Lackland, D. T., Roccella, E. J., Deutsch, A. F., Fornage, M., George, M. G., Howard, G., et Towfighi, A. (2014). Factors influencing the decline in stroke mortality: a statement from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 45(1), 315-353. doi: 10.1161/01.str.0000437068.30550.cf
- Lai, B., Jeng, B., Vrongistinos, K. et Jung, T. (2015). Post-exercise hypotensive responses following an acute bout of aquatic and overground treadmill walking in people post-stroke: a pilot study. *Top Stroke Rehabil*, 22(3), 231-238. doi: 10.1179/1074935714Z.0000000016
- Lau, K. W. et Mak, M. K. (2011). Speed-dependent treadmill training is effective to improve gait and balance performance in patients with sub-acute stroke. *J Rehabil Med*, 43(8), 709-713. doi: 10.2340/16501977-0838
- Laursen, P. B. et Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*, 32(1), 53-73.
- Lennon, O., Carey, A., Gaffney, N., Stephenson, J. et Blake, C. (2008). A pilot randomized controlled trial to evaluate the benefit of the cardiac rehabilitation paradigm for the non-acute ischaemic stroke population. *Clin Rehabil*, 22(2), 125-133. doi: 10.1177/0269215507081580
- Lentz, A. A., Mattlage, A. E., Ashenden, A. L., Rippee, M. A. et Billinger, S. A. (2012). Measures of Cardiovascular Health and Physical Function after an Aerobic Exercise Intervention in a Patient Fifteen Days Post-Stroke. *J Stud Phys Ther Res*, 5(2), 72-78.
- Leoo, T., Lindgren, A., Petersson, J. et von Arbin, M. (2008). Risk factors and treatment at recurrent stroke onset: results from the Recurrent Stroke Quality and Epidemiology (RESQUE) Study. *Cerebrovasc Dis*, 25(3), 254-260. doi: 10.1159/000113864
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R. et Collins, R. (2002). Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 360(9349), 1903-1913.

- Li, J. et Siegrist, J. (2012). Physical activity and risk of cardiovascular disease--a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Environ Res Public Health*, 9(2), 391-407. doi: 10.3390/ijerph9020391
- Lincoln, N. B., Brinkmann, N., Cunningham, S., Dejaeger, E., De Weerd, W., Jenni, W., et De Wit, L. (2013). Anxiety and depression after stroke: a 5 year follow-up. *Disabil Rehabil*, 35(2), 140-145. doi: 10.3109/09638288.2012.691939
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., et Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol (1985)*, 111(6), 1554-1560. doi: 10.1152/jappphysiol.00921.2011
- Little, J. P., Safdar, A., Bishop, D., Tarnopolsky, M. A. et Gibala, M. J. (2011). An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1alpha and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 300(6), R1303-1310. doi: 10.1152/ajpregu.00538.2010
- Lloyd-Jones, D. M., Hong, Y., Labarthe, D., Mozaffarian, D., Appel, L. J., Van Horn, L. et Rosamond, W. D. (2010). Defining and setting national goals for cardiovascular health promotion and disease reduction: the American Heart Association's strategic Impact Goal through 2020 and beyond. *Circulation*, 121(4), 586-613. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192703
- Lopez-Lopez, C., LeRoith, D. et Torres-Aleman, I. (2004). Insulin-like growth factor I is required for vessel remodeling in the adult brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(26), 9833-9838. doi: 10.1073/pnas.0400337101
- Lorig, K. R. et Holman, H. (2003). Self-management education: history, definition, outcomes, and mechanisms. *Ann Behav Med*, 26(1), 1-7.
- MacInnis, M. J. et Gibala, M. J. (2016). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol*. doi: 10.1113/JP273196
- MacKay-Lyons, M., Billinger, S. A., Eng, J. J., Dromerick, A., Giacomantonio, N., Hafer-Macko, C. et Unsworth, K. (2019). Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Phys Ther*. doi: 10.1093/ptj/pzz153
- MacKay-Lyons, M., Billinger, S. A., Eng, J. J., Dromerick, A., Giacomantonio, N., Hafer-Macko, C., . . . Unsworth, K. (2020). Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best

- Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Phys Ther*, 100(1), 149-156. doi: 10.1093/ptj/pzz153
- Mackay-Lyons, M., McDonald, A., Matheson, J., Eskes, G. et Klus, M. A. (2013). Dual effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular fitness and walking ability early after stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 27(7), 644-653. doi: 10.1177/1545968313484809
- Mackay-Lyons, M. J., Macdonald, C. et Howlett, J. (2009). Metabolic syndrome and its components in individuals undergoing rehabilitation after stroke. *J Neurol Phys Ther*, 33(4), 189-194. doi: 10.1097/NPT.0b013e3181c21764
- Macko, R. F., Ivey, F. M., Forrester, L. W., Hanley, D., Sorkin, J. D., Katzel, L. I. et Goldberg, A. P. (2005). Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*, 36(10), 2206-2211. doi: 10.1161/01.STR.0000181076.91805.89
- Macko, R. F., Smith, G. V., Dobrovolny, C. L., Sorkin, J. D., Goldberg, A. P. et Silver, K. H. (2001). Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(7), 879-884. doi: 10.1053/apmr.2001.23853
- MacMahon, S., Peto, R., Cutler, J., Collins, R., Sorlie, P., Neaton, J. et Stamler, J. (1990). Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part 1, Prolonged differences in blood pressure: prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet*, 335(8692), 765-774.
- Mang, C. S., Campbell, K. L., Ross, C. J. et Boyd, L. A. (2013). Promoting neuroplasticity for motor rehabilitation after stroke: considering the effects of aerobic exercise and genetic variation on brain-derived neurotrophic factor. *Phys Ther*, 93(12), 1707-1716. doi: 10.2522/ptj.20130053
- Mansfield, A., Knorr, S., Poon, V., Inness, E. L., Middleton, L., Biasin, L. et Brooks, D. (2016). Promoting Optimal Physical Exercise for Life: An Exercise and Self-Management Program to Encourage Participation in Physical Activity after Discharge from Stroke Rehabilitation-A Feasibility Study. *Stroke Res Treat*, 2016, 9476541. doi: 10.1155/2016/9476541

- Markus, H. et Cullinane, M. (2001). Severely impaired cerebrovascular reactivity predicts stroke and TIA risk in patients with carotid artery stenosis and occlusion. *Brain*, 124(Pt 3), 457-467.
- Marsden, D. L., Dunn, A., Callister, R., Levi, C. R. et Spratt, N. J. (2013). Characteristics of exercise training interventions to improve cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review with meta-analysis. *Neurorehabilitation And Neural Repair*, 27(9), 775-788. doi: 10.1177/1545968313496329
- Matsuda, F., Sakakima, H. et Yoshida, Y. (2011). The effects of early exercise on brain damage and recovery after focal cerebral infarction in rats. *Acta Physiol (Oxf)*, 201(2), 275-287. doi: 10.1111/j.1748-1708.2010.02174.x
- Mayo, N. E., Wood-Dauphinee, S., Cote, R., Durcan, L. et Carlton, J. (2002). Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(8), 1035-1042.
- McAuley, E. et Blissmer, B. (2000). Self-efficacy determinants and consequences of physical activity. *Exerc Sport Sci Rev*, 28(2), 85-88.
- McKevitt, C., Fudge, N., Redfern, J., Sheldenkar, A., Crichton, S., Rudd, A. R. et Wolfe, C. D. (2011). Self-reported long-term needs after stroke. *Stroke*, 42(5), 1398-1403. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.598839
- Merriam, S. B. (1988). *Case study in education: A qualitative approach*. San Francisco, Ca: Wiley & Sons, Incorporated, John.
- Meyer, P., Gayda, M., Juneau, M. et Nigam, A. (2013). High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure. *Curr Heart Fail Rep*, 10(2), 130-138. doi: 10.1007/s11897-013-0130-3
- Meyer, P., Normandin, E., Gayda, M., Billon, G., Guiraud, T., Bosquet, L. et Nigam, A. (2012). High-intensity interval exercise in chronic heart failure: protocol optimization. *Journal of Cardiac Failure*, 18(2), 126-133. doi: 10.1016/j.cardfail.2011.10.010
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R. et Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med*, 36(2), 117-132.
- Miller M.W., R., S. (2002). *Motivational Interviewing*. New York, NY: Guilford Press.

- Moholdt, T., Aamot, I. L., Granoien, I., Gjerde, L., Myklebust, G., Walderhaug, L. et Wisloff, U. (2011). Long-term follow-up after cardiac rehabilitation: a randomized study of usual care exercise training versus aerobic interval training after myocardial infarction. *Int J Cardiol*, 152(3), 388-390. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.08.025
- Monfils, M. H. et Teskey, G. C. (2004). Skilled-learning-induced potentiation in rat sensorimotor cortex: a transient form of behavioural long-term potentiation. *Neuroscience*, 125(2), 329-336. doi: 10.1016/j.neuroscience.2004.01.048
- Moon, J. S., Janjua, N., Ahmed, S., Kirmani, J. F., Harris-Lane, P., Jacob, M. et Qureshi, A. I. (2008). Prehospital neurologic deterioration in patients with intracerebral hemorrhage. *Crit Care Med*, 36(1), 172-175. doi: 10.1097/01.CCM.0000297876.62464.6B
- Moore, S. A., Hallsworth, K., Plotz, T., Ford, G. A., Rochester, L. et Trenell, M. I. (2013). Physical activity, sedentary behaviour and metabolic control following stroke: a cross-sectional and longitudinal study. *PLoS One*, 8(1), e55263. doi: 10.1371/journal.pone.0055263
- Morris, J., Oliver, T., Kroll, T. et Macgillivray, S. (2012). The importance of psychological and social factors in influencing the uptake and maintenance of physical activity after stroke: a structured review of the empirical literature. *Stroke Res Treat*, 2012, 195249. doi: 10.1155/2012/195249
- Morris, J. N., Heady, J. A., Raffle, P. A., Roberts, C. G. et Parks, J. W. (1953). Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*, 265(6796), 1111-1120; concl.
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M. et Turner, M. B. (2015). Heart disease and stroke statistics--2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 131(4), e29-322. doi: 10.1161/CIR.0000000000000152
- Munk, P. S., Butt, N. et Larsen, A. I. (2010). High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol*, 145(2), 312-314. doi: 10.1016/j.ijcard.2009.11.015
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S. et Atwood, J. E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*, 346(11), 793-801. doi: 10.1056/NEJMoa011858
- Naci, H. et Ioannidis, J. P. (2015). Comparative effectiveness of exercise and drug interventions on mortality outcomes: metaepidemiological study. *BMJ*, 347, f5577. doi: 10.1136/bmj.f5577

- Nguyen-Huynh, M. N. et Johnston, S. C. (2007). Evaluation and management of transient ischemic attack: an important component of stroke prevention. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*, 4(6), 310-318. doi: 10.1038/ncpcardio0889
- Nicholson, S., Sniehotta, F. F., van Wijck, F., Greig, C. A., Johnston, M., McMurdo, M. E., . . . Mead, G. E. (2013). A systematic review of perceived barriers and motivators to physical activity after stroke. *Int J Stroke*, 8(5), 357-364. doi: 10.1111/j.1747-4949.2012.00880.x
- O'Donnell, M. J., Chin, S. L., Rangarajan, S., Xavier, D., Liu, L., Zhang, H. Rao-Melacini, P., Zhang, X., Pais, P., Agapay, S., Damasceno, A., Langhorne, P., McQueen, J., Rosengren, A., Dehghan, M., Hankey, G.J., Dans, A., Elsayed, A., . . . Yusuf, S. (2016). Global and regional effects of potentially modifiable risk factors associated with acute stroke in 32 countries (INTERSTROKE): a case-control study. *Lancet*. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30506-2
- O'Donnell, M. J., Xavier, D., Liu, L., Zhang, H., Chin, S. L., Rao-Melacini, P. Yusuf, S. (2010). Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet*, 376(9735), 112-123. doi: 10.1016/S0140-6736(10)60834-3
- O'Donnell, M. J., Xavier, D., Liu, L., Zhang, H., Chin, S. L., Rao-Melacini, P., Rangarajan, S., Islam, S., Pais, P., McQueen, M.J., Mondo, C., Damasceno, A., Hankey, G.J., Dans, A.L., Yusoff, K., Truelsen, T., Diener, H.C., Sacco, R.L., . . . Yusuf, S. (2010). Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet*, 376(9735), 112-123. doi: 10.1016/S0140-6736(10)60834-3
- O'Donovan, G., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Woolf-May, K. et Bird, S. R. (2005a). The effects of 24 weeks of moderate- or high-intensity exercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol*, 95(5-6), 522-528. doi: 10.1007/s00421-005-0040-5
- O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S. R., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Jones, D. W. et Woolf-May, K. (2005b). Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol (1985)*, 98(5), 1619-1625. doi: 10.1152/jappphysiol.01310.2004

- Oguma, Y. et Shinoda-Tagawa, T. (2004). Physical activity decreases cardiovascular disease risk in women: review and meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 26(5), 407-418. doi: 10.1016/j.amepre.2004.02.007
- Owen, N., Healy, G. N., Matthews, C. E. et Dunstan, D. W. (2010). Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*, 38(3), 105-113. doi: 10.1097/JES.0b013e3181e373a2
- Palm, F., Urbanek, C., Wolf, J., Buggle, F., Kleemann, T., Hennerici, M. G., et Grau, A. J. (2012). Etiology, risk factors and sex differences in ischemic stroke in the Ludwigshafen Stroke Study, a population-based stroke registry. *Cerebrovasc Dis*, 33(1), 69-75. doi: 10.1159/000333417
- Pang, M. Y., Charlesworth, S. A., Lau, R. W. et Chung, R. C. (2013). Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: evidence-based exercise prescription recommendations. *Cerebrovasc Dis*, 35(1), 7-22. doi: 10.1159/000346075
- Pate, R. R., O'Neill, J. R. et Lobelo, F. (2008). The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev*, 36(4), 173-178. doi: 10.1097/JES.0b013e3181877d1a
- Pedersen, B. K. (2006). The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays Biochem*, 42, 105-117. doi: 10.1042/bse0420105
- Pendlebury, S. T., Mariz, J., Bull, L., Mehta, Z. et Rothwell, P. M. (2012). MoCA, ACE-R, and MMSE versus the National Institute of Neurological Disorders and Stroke-Canadian Stroke Network Vascular Cognitive Impairment Harmonization Standards Neuropsychological Battery after TIA and stroke. *Stroke*, 43(2), 464-469. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.633586
- Pendlebury, S. T. et Rothwell, P. M. (2009a). Prevalence, incidence, and factors associated with pre-stroke and post-stroke dementia: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*, 8(11), 1006-1018. doi: 10.1016/S1474-4422(09)70236-4
- Pendlebury, S. T. et Rothwell, P. M. (2009b). Risk of recurrent stroke, other vascular events and dementia after transient ischaemic attack and stroke. *Cerebrovasc Dis*, 27 Suppl 3, 1-11. doi: 10.1159/000209260
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult

- dentate gyrus. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(13), 5638-5643. doi: 10.1073/pnas.0611721104
- Perrier-Melo, R. J., Costa, E. C., Farah, B. Q. et Costa, M. D. C. (2020). Acute Effect of Interval vs. Continuous Exercise on Blood Pressure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Arq Bras Cardiol*, 115(1), 5-14. doi: 10.36660/abc.20190107
- Perry, V. H. (2004). The influence of systemic inflammation on inflammation in the brain: implications for chronic neurodegenerative disease. *Brain Behav Immun*, 18(5), 407-413. doi: 10.1016/j.bbi.2004.01.004
- Pin-Barre, C. et Laurin, J. (2015). Physical Exercise as a Diagnostic, Rehabilitation, and Preventive Tool: Influence on Neuroplasticity and Motor Recovery after Stroke. *Neural Plast*, 2015, 608581. doi: 10.1155/2015/608581
- Ploughman, M. (2008). Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Dev Neurorehabil*, 11(3), 236-240. doi: 10.1080/17518420801997007
- Pohl, M., Mehrholz, J., Ritschel, C. et Ruckriem, S. (2002). Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. *Stroke*, 33(2), 553-558.
- Pols, M. A., Peeters, P. H., Twisk, J. W., Kemper, H. C. et Grobbee, D. E. (1997). Physical activity and cardiovascular disease risk profile in women. *Am J Epidemiol*, 146(4), 322-328.
- Potempa, K., Lopez, M., Braun, L. T., Szidon, J. P., Fogg, L. et Tincknell, T. (1995). Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke*, 26(1), 101-105.
- Potenza, M. V. et Mechanick, J. I. (2009). The metabolic syndrome: definition, global impact, and pathophysiology. *Nutr Clin Pract*, 24(5), 560-577. doi: 10.1177/0884533609342436
- Prior, S. J., McKenzie, M. J., Joseph, L. J., Ivey, F. M., Macko, R. F., Hafer-Macko, C. E. et Ryan, A. S. (2009). Reduced skeletal muscle capillarization and glucose intolerance. *Microcirculation*, 16(3), 203-212. doi: 10.1080/10739680802502423
- Prochaska, J. O., DiClemente, C. C. et Norcross, J. C. (1992). In search of how people change. Applications to addictive behaviors. *Am Psychol*, 47(9), 1102-1114.
- Psilander, N., Wang, L., Westergren, J., Tonkonogi, M. et Sahlin, K. (2010). Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. *Eur J Appl Physiol*, 110(3), 597-606. doi: 10.1007/s00421-010-1544-1

- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S. et Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(5), 679-692. doi: 10.1007/s40279-015-0321-z
- Resnick, B., Michael, K., Shaughnessy, M., Kopunek, S., Nahm, E. S. et Macko, R. F. (2008). Motivators for treadmill exercise after stroke. *Top Stroke Rehabil*, 15(5), 494-502. doi: 10.1310/tsr1505-494
- Richards, C. L. (2013). Trajectoire de services de réadaptation post-AVC Un continuum centré sur la personne. Rapport du Comité d'experts sur l'offre de services de réadaptation post-AVC. *Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec*.
- Rimmer, J. H., Rauworth, A. E., Wang, E. C., Nicola, T. L. et Hill, B. (2009). A preliminary study to examine the effects of aerobic and therapeutic (nonaerobic) exercise on cardiorespiratory fitness and coronary risk reduction in stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(3), 407-412. doi: 10.1016/j.apmr.2008.07.032
- Rimmer, J. H., Wang, E. et Smith, D. (2008). Barriers associated with exercise and community access for individuals with stroke. *J Rehabil Res Dev*, 45(2), 315-322.
- Rodgers, A., Lawes, C. et MacMahon, S. (2000). Reducing the global burden of blood pressure-related cardiovascular disease. *J Hypertens Suppl*, 18(1), S3-6.
- Rokey, R., Rolak, L. A., Harati, Y., Kutka, N. et Verani, M. S. (1984). Coronary artery disease in patients with cerebrovascular disease: a prospective study. *Ann Neurol*, 16(1), 50-53. doi: 10.1002/ana.410160110
- Rostamian, S., Mahinrad, S., Stijnen, T., Sabayan, B. et de Craen, A. J. (2014). Cognitive impairment and risk of stroke: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Stroke*, 45(5), 1342-1348. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.004658
- Rother, J., Alberts, M. J., Touze, E., Mas, J. L., Hill, M. D., Michel, P., Bhatt, D.L., Aichner, F.T., Goto, S., Matsumoto, M., Ohman, E.M., Okada, Y., Uchiyama, S., D'Agostino, R., Hirsch, A., Wilson, P. et Gabriel Steg, P. (2008). Risk factor profile and management of cerebrovascular patients in the REACH Registry. *Cerebrovasc Dis*, 25(4), 366-374. doi: 10.1159/000120687
- Rothwell, P. M., Giles, M. F., Chandratheva, A., Marquardt, L., Geraghty, O., Redgrave, J. N., Mehta, Z. (2007). Effect of urgent treatment of transient ischaemic attack and minor stroke

- on early recurrent stroke (EXPRESS study): a prospective population-based sequential comparison. *Lancet*, 370(9596), 1432-1442. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61448-2
- Ruland, C. M. et Moore, S. M. (2001). Eliciting exercise preferences in cardiac rehabilitation: initial evaluation of a new strategy. *Patient Educ Couns*, 44(3), 283-291.
- Rush, J. W. et Aultman, C. D. (2008). Vascular biology of angiotensin and the impact of physical activity. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(1), 162-172. doi: 10.1139/H07-147
- Ryan, A. S., Dobrovolny, C. L., Silver, K. H., Smith, G. V. et Macko, R. F. (2000). Cardiovascular fitness after stroke: Role of muscle mass and gait deficit severity. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 9(4), 185-191. doi: 10.1053/jscd.2000.7237
- Sacco, R. L., Wolf, P. A., Kannel, W. B. et McNamara, P. M. (1982). Survival and recurrence following stroke. The Framingham study. *Stroke*, 13(3), 290-295.
- Sarkar, U., Ali, S. et Whooley, M. A. (2007). Self-efficacy and health status in patients with coronary heart disease: findings from the heart and soul study. *Psychosom Med*, 69(4), 306-312. doi: 10.1097/PSY.0b013e3180514d57
- Saunders, D. H., Greig, C. A. et Mead, G. E. (2014). Physical activity and exercise after stroke: review of multiple meaningful benefits. *Stroke*, 45(12), 3742-3747. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.004311
- Saver, J. L. (2006). Time is brain--quantified. *Stroke*, 37(1), 263-266. doi: 10.1161/01.STR.0000196957.55928.ab
- Schinder, A. F. et Poo, M. (2000). The neurotrophin hypothesis for synaptic plasticity. *Trends Neurosci*, 23(12), 639-645.
- Schnohr, P., Marott, J. L., Jensen, J. S. et Jensen, G. B. (2012). Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Prev Cardiol*, 19(1), 73-80. doi: 10.1177/1741826710393196
- Schwarz, A. J., Brasel, J. A., Hintz, R. L., Mohan, S. et Cooper, D. M. (1996). Acute effect of brief low- and high-intensity exercise on circulating insulin-like growth factor (IGF) I, II, and IGF-binding protein-3 and its proteolysis in young healthy men. *J Clin Endocrinol Metab*, 81(10), 3492-3497. doi: 10.1210/jcem.81.10.8855791
- Seals, D. R. et Reiling, M. J. (1991). Effect of regular exercise on 24-hour arterial pressure in older hypertensive humans. *Hypertension*, 18(5), 583-592.

- Sekhon, M., Cartwright, M. et Francis, J. J. (2017). Acceptability of healthcare interventions: an overview of reviews and development of a theoretical framework. *BMC Health Serv Res*, 17(1), 88. doi: 10.1186/s12913-017-2031-8
- Sepulveda-Loyola, W., Rodriguez-Sanchez, I., Perez-Rodriguez, P., Ganz, F., Torralba, R., Oliveira, D. V. et Rodriguez-Manas, L. (2020). Impact of Social Isolation Due to COVID-19 on Health in Older People: Mental and Physical Effects and Recommendations. *J Nutr Health Aging*, 24(9), 938-947. doi: 10.1007/s12603-020-1469-2
- Seshadri, S., Beiser, A., Kelly-Hayes, M., Kase, C. S., Au, R., Kannel, W. B. et Wolf, P. A. (2006). The lifetime risk of stroke: estimates from the Framingham Study. *Stroke*, 37(2), 345-350. doi: 10.1161/01.STR.0000199613.38911.b2
- Shephard, R. J. (2009). Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med*, 43(5), 342-346. doi: 10.1136/bjism.2007.044800
- Sidani, S. et Braden, C. J. (2011). *Design, Evaluation and Translation of Nursing Interventions*. Wiley-Blackwell.
- Sims, J., Galea, M., Taylor, N., Dodd, K., Jespersen, S., Joubert, L. et Joubert, J. (2009). Regenerate: assessing the feasibility of a strength-training program to enhance the physical and mental health of chronic post stroke patients with depression. *Int J Geriatr Psychiatry*, 24(1), 76-83. doi: 10.1002/gps.2082
- Skivington, K., Matthews, L., Simpson, S. A., Craig, P., Baird, J., Blazeby, J. M., Craig, N., McIntosh, E., Petticrew, M., Rycroft-Malone, J., White, M. et Moore, L. (2021). A new framework for developing and evaluating complex interventions: update of Medical Research Council guidance. *BMJ*, 374, n2061. doi: 10.1136/bmj.n2061
- Slordahl, S. A., Madslie, V. O., Stoylen, A., Kjos, A., Helgerud, J. et Wisloff, U. (2004). Atrioventricular plane displacement in untrained and trained females. *Med Sci Sports Exerc*, 36(11), 1871-1875.
- Smith, A. C., Saunders, D. H. et Mead, G. (2012). Cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review. *Int J Stroke*, 7(6), 499-510. doi: 10.1111/j.1747-4949.2012.00791.x
- Smith, S. C., Jr., Blair, S. N., Bonow, R. O., Brass, L. M., Cerqueira, M. D., Dracup, K., Fuster, V., Gotto, A., Houston, K., Jacobs, A., Jones, D., Krauss, R.M., Mosca, L., Ockene, I., Pasternak, R.C., Pearson, T., Pfeffer, M.A., Starke, R.D. et Taubert, K. A. (2001). AHA/ACC Scientific Statement: AHA/ACC guidelines for preventing heart attack and

- death in patients with atherosclerotic cardiovascular disease: 2001 update: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association and the American College of Cardiology. *Circulation*, 104(13), 1577-1579.
- Smits, J. A., Berry, A. C., Rosenfield, D., Powers, M. B., Behar, E. et Otto, M. W. (2008). Reducing anxiety sensitivity with exercise. *Depress Anxiety*, 25(8), 689-699. doi: 10.1002/da.20411
- Sollberg, L. A., McGarry, P. A., Moossy, J., Strong, J. P., Tejada, C. et Loken, A. C. (1968). Severity of atherosclerosis in cerebral arteries, coronary arteries, and aortas. *Ann N Y Acad Sci*, 149(2), 956-973.
- Statistique Canada (2022). Tableau 13-10-0394-01 - Les principales causes de décès, population totale, selon le groupe d'âge. Repéré à https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1310039401&request_locale=fr
- Stensvold, D., Slordahl, S. A. et Wisloff, U. (2012). Effect of exercise training on inflammation status among people with metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord*, 10(4), 267-272. doi: 10.1089/met.2011.0140
- Stoller, O., de Bruin, E. D., Knols, R. H. et Hunt, K. J. (2012). Effects of cardiovascular exercise early after stroke: systematic review and meta-analysis. *BMC Neurology*, 12, 45-45. doi: 10.1186/1471-2377-12-45
- Suk, S. H., Sacco, R. L., Boden-Albala, B., Cheun, J. F., Pittman, J. G., Elkind, M. S., Paik et M.C. (2003). Abdominal obesity and risk of ischemic stroke: the Northern Manhattan Stroke Study. *Stroke*, 34(7), 1586-1592. doi: 10.1161/01.STR.0000075294.98582.2F
- Sun, J., Ke, Z., Yip, S. P., Hu, X. L., Zheng, X. X. et Tong, K. Y. (2014). Gradually increased training intensity benefits rehabilitation outcome after stroke by BDNF upregulation and stress suppression. *Biomed Res Int*, 2014, 925762. doi: 10.1155/2014/925762
- Swain, R. A., Harris, A. B., Wiener, E. C., Dutka, M. V., Morris, H. D., Theien, B. E., Engberg, K., Lauterbur, P.C. et Greenough, W. T. (2003). Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience*, 117(4), 1037-1046.

- Takatori, K., Matsumoto, D., Okada, Y., Nakamura, J. et Shomoto, K. (2012). Effect of intensive rehabilitation on physical function and arterial function in community-dwelling chronic stroke survivors. *Top Stroke Rehabil*, 19(5), 377-383. doi: 10.1310/tsr1905-377
- Teasell, R., Foley, N., Salter, K., Bhogal, S., Jutai, J. et Speechley, M. (2009). Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation: executive summary, 12th edition. *Top Stroke Rehabil*, 16(6), 463-488. doi: 10.1310/tsr1606-463
- Tessier, A. (2012). L'organisation et la prestation de services de réadaptation pour les personnes ayant subi un accident vasculaire cérébral (AVC) et leurs proches. *Institut national d'excellence en santé et en services sociaux*
- Thomas, D. E., Elliott, E. J. et Naughton, G. A. (2006). Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*(3), CD002968. doi: 10.1002/14651858.CD002968.pub2
- Tian, S., Zhang, Y., Tian, S., Yang, X., Yu, K., Zhang, Y., Shen, X., Zhang, L., Sun, Y., Xie, H., He, Z., Guo, Z., Jia, J., Bai, Y., Zhu, Y., Cheng, Y., Wang, X., Wu, J., Wang, N., Yu, H. et Hu, Y. (2013). Early exercise training improves ischemic outcome in rats by cerebral hemodynamics. *Brain Res*, 1533, 114-121. doi: 10.1016/j.brainres.2013.07.049
- Tieges, Z., Mead, G., Allerhand, M., Duncan, F., van Wijck, F., Fitzsimons, C., Greig, C. et Chastin, S. (2015). Sedentary behavior in the first year after stroke: a longitudinal cohort study with objective measures. *Arch Phys Med Rehabil*, 96(1), 15-23. doi: 10.1016/j.apmr.2014.08.015
- Tiemeier, H., Bakker, S. L., Hofman, A., Koudstaal, P. J. et Breteler, M. M. (2002). Cerebral haemodynamics and depression in the elderly. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 73(1), 34-39.
- Tjonna, A. E., Lee, S. J., Rognmo, O., Stolen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., Loennechen, J.P., Al-Share, Q.Y., Skogvoll, E., Slordahl, S.A., Kemin, O.J., Najjar, S. et Wisloff, U. (2008). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*, 118(4), 346-354. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822
- Tomczak, C. R., Thompson, R. B., Paterson, I., Schulte, F., Cheng-Baron, J., Haennel, R. G. et Haykowsky, M. J. (2011). Effect of acute high-intensity interval exercise on postexercise biventricular function in mild heart failure. *J Appl Physiol (1985)*, 110(2), 398-406. doi: 10.1152/jappphysiol.01114.2010

- Towfighi, A., Ovbiagele, B., El Husseini, N., Hackett, M. L., Jorge, R. E., Kissela, B. M., Mitchell, P.H., Skolarus, L.E., Whooley, M.A. et Williams, L.S.(2017). Poststroke Depression: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 48(2), e30-e43. doi: 10.1161/STR.000000000000113
- Urabe, T., Watada, H., Okuma, Y., Tanaka, R., Ueno, Y., Miyamoto, N., Tanaka, Y., Hattori, N. et Kawamori, R. (2009). Prevalence of abnormal glucose metabolism and insulin resistance among subtypes of ischemic stroke in Japanese patients. *Stroke*, 40(4), 1289-1295. doi: 10.1161/STROKEAHA.108.522557
- van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C. et Gage, F. H. (2005). Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *J Neurosci*, 25(38), 8680-8685. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1731-05.2005
- van Wijck, F., Bernhardt, J., Billinger, S. A., Bird, M. L., Eng, J., English, C., Teixeira-Salmela, L.F., Mackay-Lyons, M., Melifonwu, R., Sunnerhagen, K.S., Solomon, J.M., Thilarajah, S. et Mead, G. (2019). Improving life after stroke needs global efforts to implement evidence-based physical activity pathways. *Int J Stroke*, 1747493019840930. doi: 10.1177/1747493019840930
- van Wijk, I., Kappelle, L. J., van Gijn, J., Koudstaal, P. J., Franke, C. L., Vermeulen, M., Gorter, J.W. et Algra, A. (2005). Long-term survival and vascular event risk after transient ischaemic attack or minor ischaemic stroke: a cohort study. *Lancet*, 365(9477), 2098-2104. doi: 10.1016/S0140-6736(05)66734-7
- Veldema, J. et Jansen, P. (2020). Resistance training in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 34(9), 1173-1197. doi: 10.1177/0269215520932964
- Vicenzini, E., Ricciardi, M. C., Altieri, M., Puccinelli, F., Bonaffini, N., Di Piero, V. et Lenzi, G. L. (2007). Cerebrovascular reactivity in degenerative and vascular dementia: a transcranial Doppler study. *Eur Neurol*, 58(2), 84-89. doi: 10.1159/000103642
- Virani, S. S., Alonso, A., Aparicio, H. J., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A.P., Chamberlain, A.M., Cheng, S., Delling, F.N., Elking, M.S., Evenson, K.R., Ferguson, J.F., Gupta, D.K. Khan, S.S., Kissela, B.M., Knutson, K.L., Lee, C.D., ... Tsao, C. W. (2021). Heart Disease and Stroke Statistics-2021 Update: A Report From the

- American Heart Association. *Circulation*, 143(8), e254-e743. doi: 10.1161/CIR.0000000000000950
- Vogelzangs, N., Beekman, A. T., de Jonge, P. et Penninx, B. W. (2013). Anxiety disorders and inflammation in a large adult cohort. *Transl Psychiatry*, 3, e249. doi: 10.1038/tp.2013.27
- Walsh, J. H., Bilsborough, W., Maiorana, A., Best, M., O'Driscoll, G. J., Taylor, R. R. et Green, D. J. (2003). Exercise training improves conduit vessel function in patients with coronary artery disease. *J Appl Physiol (1985)*, 95(1), 20-25. doi: 10.1152/jappphysiol.00012.2003
- Walsh, J. H., Yong, G., Cheetham, C., Watts, G. F., O'Driscoll, G. J., Taylor, R. R. et Green, D. J. (2003). Effects of exercise training on conduit and resistance vessel function in treated and untreated hypercholesterolaemic subjects. *Eur Heart J*, 24(18), 1681-1689.
- Wannamethee, S. G. et Shaper, A. G. (2002). Physical activity and cardiovascular disease. *Semin Vasc Med*, 2(3), 257-266. doi: 10.1055/s-2002-35400
- Wardlaw, J., Brazzelli, M., Miranda, H., Chappell, F., McNamee, P., Scotland, G., Quayyum, Z., Martin, D., Shuler, K., Sandercock, P. et Dennis, M. (2014). An assessment of the cost-effectiveness of magnetic resonance, including diffusion-weighted imaging, in patients with transient ischaemic attack and minor stroke: a systematic review, meta-analysis and economic evaluation. *Health Technol Assess*, 18(27), 1-368, v-vi. doi: 10.3310/hta18270
- Warraich, Z. et Kleim, J. A. (2010). Neural plasticity: the biological substrate for neurorehabilitation. *PM R*, 2(12 Suppl 2), S208-219. doi: 10.1016/j.pmrj.2010.10.016
- Warren, T. Y., Barry, V., Hooker, S. P., Sui, X., Church, T. S. et Blair, S. N. (2010). Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*, 42(5), 879-885. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c3aa7e
- Webster, F., Saposnik, G., Kapral, M. K., Fang, J., O'Callaghan, C. et Hachinski, V. (2011). Organized outpatient care: stroke prevention clinic referrals are associated with reduced mortality after transient ischemic attack and ischemic stroke. *Stroke*, 42(11), 3176-3182. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.621524
- Weimar, C., Goertler, M., Rother, J., Ringelstein, E. B., Darius, H., Nabavi, D. G., . . . Group, S. S. (2007). Systemic risk score evaluation in ischemic stroke patients (SCALA): a prospective cross sectional study in 85 German stroke units. *J Neurol*, 254(11), 1562-1568. doi: 10.1007/s00415-007-0590-z

- Wendel-Vos, G. C., Schuit, A. J., Feskens, E. J., Boshuizen, H. C., Verschuren, W. M., Saris, W. H. et Kromhout, D. (2004). Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data. *Int J Epidemiol*, 33(4), 787-798. doi: 10.1093/ije/dyh168
- Wiener, J., McIntyre, A., Janssen, S., Chow, J. T., Batey, C. et Teasell, R. (2019). Effectiveness of High-Intensity Interval Training for Fitness and Mobility Post Stroke: A Systematic Review. *PM R*, 11(8), 868-878. doi: 10.1002/pmrj.12154
- Williams, L. S., Ghose, S. S. et Swindle, R. W. (2004). Depression and other mental health diagnoses increase mortality risk after ischemic stroke. *Am J Psychiatry*, 161(6), 1090-1095. doi: 10.1176/appi.ajp.161.6.1090
- Wilkins, K., Campbell, N. R., Joffres, M. R., McAlister, F. A., Nichol, M., Quach, S., Johansen, H.L., et Tremblay, M. S. (2010). Blood pressure in Canadian adults. *Health Rep*, 21(1), 37-46.
- Wilmot, E. G., Edwardson, C. L., Achana, F. A., Davies, M. J., Gorely, T., Gray, L. J., Khunti, T., et Biddle, S. J. (2012). Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55(11), 2895-2905. doi: 10.1007/s00125-012-2677-z
- Wisloff, U., Ellingsen, O. et Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev*, 37(3), 139-146. doi: 10.1097/JES.0b013e3181aa65fc
- Wisloff, U., Nilsen, T. I., Droyvold, W. B., Morkved, S., Slordahl, S. A. et Vatten, L. J. (2006). A single weekly bout of exercise may reduce cardiovascular mortality: how little pain for cardiac gain? 'The HUNT study, Norway'. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 13(5), 798-804. doi: 10.1097/01.hjr.0000216548.84560.ac
- Wisloff, U., Stoylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, O., Haram, P. M., Tjonna, A.E., Helgerud, J., Slordahl, S., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, S.M., Ellingsen, O. et Skjaerpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086-3094. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041
- Xing, Y. et Bai, Y. (2020). A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol*, 57(10), 4218-4231. doi: 10.1007/s12035-020-02021-1

- Yaffe, K. (2013). Chronic medical disease and cognitive aging: toward a healthy body and brain. *Oxford University Press*. doi: 10.1093/med/9780199793556.001.0001
- Yaffe, K., Haan, M., Blackwell, T., Cherkasova, E., Whitmer, R. A. et West, N. (2007). Metabolic syndrome and cognitive decline in elderly Latinos: findings from the Sacramento Area Latino Study of Aging study. *J Am Geriatr Soc*, 55(5), 758-762. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01139.x
- Zhang, P., Zhang, Q., Pu, H., Wu, Y., Bai, Y., Vosler, P. S., Chen, J., Shi, H., Gao, Y. et Hu, Y. (2012). Very early-initiated physical rehabilitation protects against ischemic brain injury. *Front Biosci (Elite Ed)*, 4, 2476-2489.
- Zheng, Q., Zhu, D., Bai, Y., Wu, Y., Jia, J. et Hu, Y. (2011). Exercise improves recovery after ischemic brain injury by inducing the expression of angiopoietin-1 and Tie-2 in rats. *Tohoku J Exp Med*, 224(3), 221-228. doi: 10.1620/tjem.224.221
- Zhong, W., Geng, N., Wang, P., Li, Z. et Cao, L. (2016). Prevalence, causes and risk factors of hospital readmissions after acute stroke and transient ischemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Neurol Sci*, 37(8), 1195-1202. doi: 10.1007/s10072-016-2570-5

ANNEXE A – JOURNAL DE RECHERCHE – ÉTUDE 1

Entraînement par intervalles après un accident vasculaire cérébral :

une étude pilote

Cahier du sujet

Identification du participant

--	--	--

Initiales du participant

AVCP	
------	--

Numéro du patient

Groupe 1 Groupe 2

Investigateurs :

Thalia Lapointe, candidate Ph. D.

François Trudeau, Ph. D.

Julie Houle, Ph. D.

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
1	Évaluation 1							

INFORMATIONS GÉNÉRALES

NOM _____ PRÉNOM _____

Rue _____
 Ville _____
 Province _____
 Pays _____
 Code postal _____

TÉLÉPHONE Résidence (____) _____

SEXE Homme Femme

NAM _____ **#CIUSSS** _____

MÉDECIN DE FAMILLE : _____

ORIGINE ETHNIQUE Caucasiens Noir Asiatique Autre _____

DATE DE NAISSANCE ____/____/____ **ÂGE*** ____ ans
* L'âge doit être calculé à partir de la première visite

ÉTAT CIVIL seul en couple en couple + enfants

MILIEU DE VIE résidence maison à étages maison bungalow appart.

OCCUPATION retraite travail temps partiel travail temps plein

REVENU < 20000 20000-39999 40000-59999 60000-79999 > 80000

SCOLARITÉ < DES DES DEP DEC uni 1er cycle uni 2e cycle

TABAGISME fumeur non-fumeur arrêt depuis: _____

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		AVCP	# DU SUJET
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM		
-	-							

FIN DE PROTOCOLE

Le sujet a-t-il complété l'étude selon le protocole?

- Oui Date de fin: _____/_____/_____
(jour/mois/année)
- Non Date du retrait: _____/_____/_____
(jour/mois/année)

Raison du retrait (cochez une case)

- Déviation majeure du protocole
 Choix du sujet
 Autre, spécifiez: _____

Le sujet est-il décédé durant l'étude?

- Non
- Oui Date: _____/_____/_____
(jour/mois/année)

Commentaires:

DÉCLARATION DE L'INVESTIGATEUR

Je certifie que j'ai attentivement examiné et vérifié toutes les entrées dans ce cahier du sujet.
Toutes les informations entrées dans ce cahier par moi et/ou mes associés sont correctes.

Signature de l'investigateur

_____/_____/_____
(jour/mois/année)

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION	INITIALES DU SUJET	# DU SUJET
-------	--------	--------------------	--------------------	------------

1	Évaluation 1	JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
---	--------------	------	------	-------	--------	-----	------	--

ATTESTATION

SIGNATURE DU FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Je, _____, atteste que le participant a lu, compris les informations données et a donné son consentement écrit avant d'entrer dans l'étude. (Le formulaire de consentement est gardé dans le dossier à cet endroit).

Signature : _____

Date : / /
(jour/mois/année)

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	
1	Évaluation 1						AVCP

HISTOIRE SANTÉ

INFORMATION SUR L'AVC

Date : ____ / ____ / ____
 Jour/mois/année

1^{er} événement Récurrent

Atcd AVC :

Type :

AVC ischémique

Ischémie cérébrale transitoire

Localisation :

Hémisphère gauche

Hémisphère droit

Cervelet

Tronc cérébral

Symptômes associés :

Autres conditions associées :

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
1	Évaluation 1							

MÉDICATION ACTUELLE:

Statines	<input type="checkbox"/>	_____
Autres hypolipémiants	<input type="checkbox"/>	_____
ARA	<input type="checkbox"/>	_____
BCC	<input type="checkbox"/>	_____
IECA	<input type="checkbox"/>	_____
Bêta-bloqueurs	<input type="checkbox"/>	_____
Diurétiques	<input type="checkbox"/>	_____
Nitrates	<input type="checkbox"/>	_____
Anticoagulants	<input type="checkbox"/>	_____
Anxiolytiques	<input type="checkbox"/>	_____
Antidépresseurs	<input type="checkbox"/>	_____
Anti-douleurs	<input type="checkbox"/>	_____
Autres	<input type="checkbox"/>	_____

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
1	Évaluation 1							

TEST D'EFFORT

Protocole 1 Protocole 2

Nombre de paliers complétés : _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Électriquement + -

Cliniquement + -

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

Intensités cibles :

95 % _____ W

40-50 % _____ W

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
1	Évaluation 1							

DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

Poids : _____ kg
Taille : _____ m
IMC : _____ kg/m²
Bio impédance : _____ % MG
Circonférence de taille : _____ cm

MESURES DE REPOS

Pression artérielle : BD _____ mmHg BG _____ mmHg
Fréquence cardiaque : _____ bpm

BILAN SANGUIN

LDL : _____ **ApoB :** _____
HDL : _____ **TG :** _____
Glycémie : _____ **HbA1c :** _____

FONCTIONS COGNITIVES ET ANXIÉTÉ

MoCA : _____ /25
Échelle HAD : sous score A _____ sous score D _____ total _____

Initiales de l'évaluateur : _____

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
1	Évaluation 1							

DONNÉES DU PODOMÈTRE

Date du retour du podomètre : _____

JOUR	STEPS	ACT MIN
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
TOTAL		

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
2	Semaine 1							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 3

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
2	Semaine 2							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 3

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
2	Semaine 3							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 3

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
2	Semaine 4							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 3

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
3	Semaine 1							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
3	Semaine 2							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
3	Semaine 3							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
3	Semaine 4							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

ENTRAÎNEMENT 2

Date : ___ / ___ / 2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____ / 10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
4	Semaine 1							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
4	Semaine 2							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
4	Semaine 3							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
4	Semaine 4							

ENTRAÎNEMENT 1

Date : ___/___/2016

Temps d'échauffement : _____ min

Temps de récupération : _____ min

Nombre d'intervalles : _____

Temps total : _____ min

Perception de l'effort : _____/10

Absent

Raison : _____

Pression artérielle

Pré-entraînement : _____ mmHg

Effort : _____ mmHg

Récup : _____ mmHg

Post-entraînement : _____ mmHg

Fréquence cardiaque

Pré-entraînement : _____ bpm

Effort : _____ bpm

Récup : _____ bpm

Post-entraînement : _____ bpm

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
5	Évaluation 2							

DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

Poids : _____ kg
Taille : _____ m
IMC : _____ kg/m²
Bio impédance : _____ % MG
Circonférence de taille : _____ cm

MESURES DE REPOS

Pression artérielle : BD _____ mmHg BG _____ mmHg
Fréquence cardiaque : _____ bpm

BILAN SANGUIN

LDL : _____ **ApoB :** _____
HDL : _____ **TG :** _____
Glycémie : _____ **HbA1c :** _____

FONCTIONS COGNITIVES ET ANXIÉTÉ

MoCA : _____ /25
Échelle HAD : sous score A _____ sous score D _____ total _____

CHANGEMENT DE L'ÉTAT DE SANTÉ OU DES HABITUDES DE VIE

Initiales de l'évaluateur : _____

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
5	Évaluation 2							

TEST D'EFFORT

Protocole 1 Protocole 2

Nombre de paliers complétés : _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

Initiales de l'évaluateur : _____

PHASE	VISITE	DATE D'OBSERVATION			INITIALES DU SUJET		# DU SUJET	
		JOUR	MOIS	ANNÉE	PRÉNOM	NOM	AVCP	
5	Évaluation 2							

DONNÉES DU PODOMÈTRE

Date du retour du podomètre : _____

JOUR	STEPS	ACT MIN
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
TOTAL		

ANNEXE B – QUESTIONNAIRE D'ACCEPTABILITÉ – ÉTUDE

1

Entraînement par intervalles après un accident vasculaire cérébral : une étude pilote

Évaluation subjective

1. Quel type de séance avez-vous trouvé plus difficile?
 - a) Repos actif
 - b) Repos passif
 - c) Difficulté semblable

2. Quel type de séance avez-vous préféré?
 - a) Repos actif
 - b) Repos passif
 - c) Aucune préférence

3. Au cours des trois derniers mois, avez-vous observé des changements au niveau de votre condition physique?
 - a) Tolérance à l'effort
 - b) Capacité à effectuer les tâches quotidiennes
 - c) Capacité à se déplacer
 - d) Autre :

4. Au cours des trois derniers mois, avez-vous fait des changements dans vos habitudes de vie:
 - a) Alimentation : _____
 - b) Tabac : _____
 - c) Sommeil : _____
 - d) Gestion du stress : _____
 - e) Autre : _____

5. Sur une échelle de 1 à 5, à combien estimez-vous votre satisfaction du programme?
Insatisfait 1 2 3 4 5 Extrêmement satisfait

6. Recommanderiez-vous ce programme à une personne dans votre situation?
 - a) Oui
 - b) Non

7. Quels ont été les obstacles rencontrés par rapport à votre participation?

8. Quels ont été les éléments facilitant votre participation?

9. Commentaires ou suggestions :

ANNEXE C – JOURNAL DE RECHERCHE – ÉTUDE 2

Projet ACCTI-AVC

Cahier du participant

Suivi des évaluations

--	--	--

Initiales du participant

AVC	
-----	--

Numéro du patient

Groupe ACCTI-AVC Groupe standard Groupe contrôle

Investigateurs :

Thalia Lapointe, candidate Ph. D.
François Trudeau, Ph. D.
Julie Houle, Ph. D.
Marika Payette, candidate M. Sc.
Claude Lajoie, Ph. D.
Ying Sia, cardiologue
Pascali Durand-Martel, neurologue

HISTOIRE DE SANTÉ

INFORMATION SUR L'AVC

Date : ____/____/____
 Jour/mois/année

1^{er} événement Récurent

Atcd AVC :

Type :

AVC ischémique
Ischémie cérébrale transitoire

Localisation :

Hémisphère gauche
Hémisphère droit
Cervelet
Tronc cérébral

Symptômes associés :

Conditions associées :

Dyslipidémie
Diabète
Hypertension artérielle
MAP
Maladie coronarienne
IRC
FA

MÉDICATION ACTUELLE:

Statines	<input type="checkbox"/>	_____
Autres hypolipémiants	<input type="checkbox"/>	_____
ARA	<input type="checkbox"/>	_____
BCC	<input type="checkbox"/>	_____
IECA	<input type="checkbox"/>	_____
Bêta-bloqueurs	<input type="checkbox"/>	_____
Diurétiques	<input type="checkbox"/>	_____
Nitrates	<input type="checkbox"/>	_____
Anticoagulants	<input type="checkbox"/>	_____
Anxiolytiques	<input type="checkbox"/>	_____
Antidépresseurs	<input type="checkbox"/>	_____
Anti-douleurs	<input type="checkbox"/>	_____
Autres	<input type="checkbox"/>	_____

TEST D'EFFORT

Temps 0

Date : ____/____/____

Hauteur du banc : _____

Départ : _____ W

FC max estimée : _____ bpm

PA :

Pré test	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	Post 3 min	Post 6 min
mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

Temps complété : _____

FC peak : _____ bpm (_____ % FC max) PA peak: _____ mmHg DP: _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Lactatémie : _____ mmol/L

Saturation O₂ : _____ %

Électriquement + -

Cliniquement + -

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

ÉVALUATION

Temps 0

Date : ____ / ____ / ____

DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

Poids : _____ kg

Circonférence de taille : _____ cm

Taille : _____ m

Bio impédance : _____ % MG

IMC : _____ kg/m²

MESURES DE REPOS

PA : BD _____ mmHg BG _____ mmHg FC : _____ bpm

BILAN SANGUIN

LDL : _____ mmol/L

TG : _____

CK : _____

HDL : _____ mmol/L

HbA1c : _____

AST : _____

CT : _____ mmol/L

FONCTIONS COGNITIVES ET ANXIÉTÉ

MoCA : _____ /30

Échelle HAD : sous score A _____ sous score D _____ total _____

MAPA + VFC

Moyenne 24h post-continu

	Veille	Sommeil	Total
PAS	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg
PAD	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg
FC	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg

Moyenne 24h post-HIIT

	Veille	Sommeil	Total
PAS	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg
PAD	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg
FC	_____ mmHg	_____ mmHg	_____ mmHg

Heure de coucher : _____

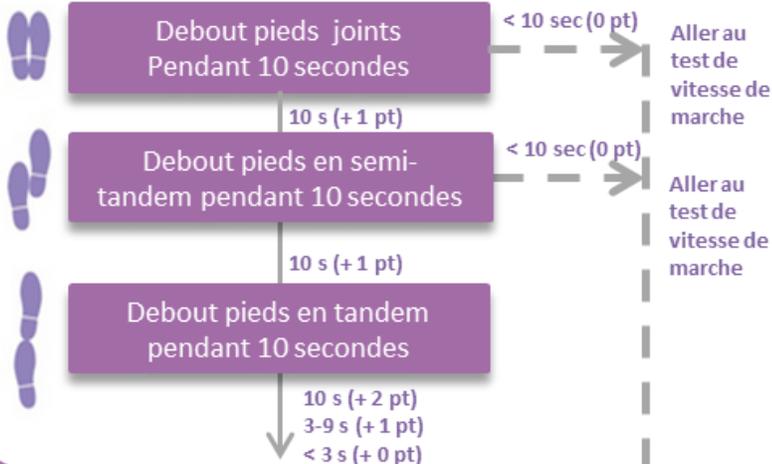
Heure de lever : _____

Short Physical Performance Battery

Temps 0

Date : ____/____/____

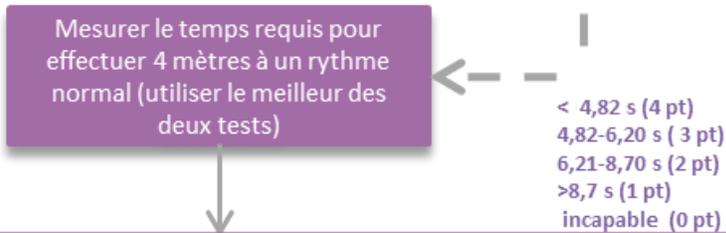
1. Les tests d'équilibre



Points :

Test 1 ____pt
 Test 2 ____pt
 Test 3 ____pt

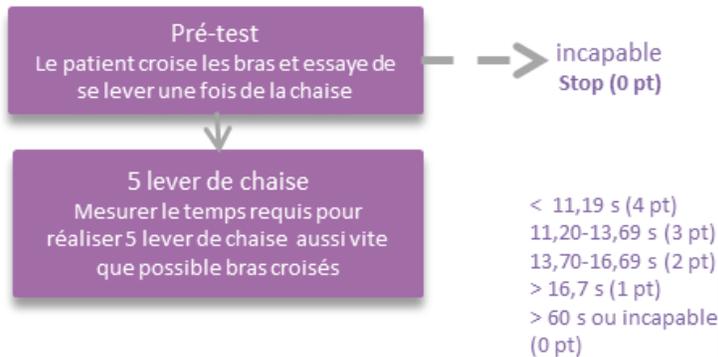
2. Test de vitesse de marche



Points :

____pt

3. Test de lever de chaise



Points :

____pt

Total points:
 _____pt

SPPB 0-6 Faible performance
 SPPB 7-9 Performances intermédiaires
 SPPB 10-12 Haute performance

SUIVI 3 MOIS

Événements survenus :

AVC

ICT

Infarctus

Changement de l'état de santé :

Changement de la médication :

TEST D'EFFORT**Temps 3 mois****Date :** ____/____/____

Hauteur du banc : _____

Départ : _____ W

FC max estimée : _____ bpm

PA :

Pré test	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	Post 3 min	Post 6 min
mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

Temps complété : _____

FC peak : _____ bpm (_____ % FC max) PA peak: _____ mmHg DB: _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Lactatémie: _____ mmol/L

Saturation O₂ : _____ %

Électriquement + -

Cliniquement + -

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

SUIVI 6 MOIS

Événements survenus :

AVC

ICT

Infarctus

Changement de l'état de santé :

Changement de la médication :

TEST D'EFFORT**Temps 6 mois**

Date : ____/____/____

Hauteur du banc : _____

Départ : _____ W

FC max estimée : _____ bpm

PA :

Pré test	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	Post 3 min	Post 6 min
mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

Temps complété : _____

FC peak : _____ bpm (_____ % FC max) PA peak: _____ mmHg DB: _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Lactatémie : _____ mmol/L

Saturation O₂ : _____ %

Électriquement + -

Cliniquement + -

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

ÉVALUATION

Temps 6 mois

Date : ____/____/____

DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

Poids : _____ kg

Circonférence de taille : _____ cm

Taille : _____ m

Bio impédance : _____ % MG

IMC : _____ kg/m²

MESURES DE REPOS

PA : BD _____ mmHg BG _____ mmHg FC : _____ bpm

BILAN SANGUIN

LDL : _____ mmol/L

TG : _____

CK : _____

HDL : _____ mmol/L

HbA1c : _____

AST : _____

CT : _____ mmol/L

FONCTIONS COGNITIVES ET ANXIÉTÉ

MoCA : _____ /30

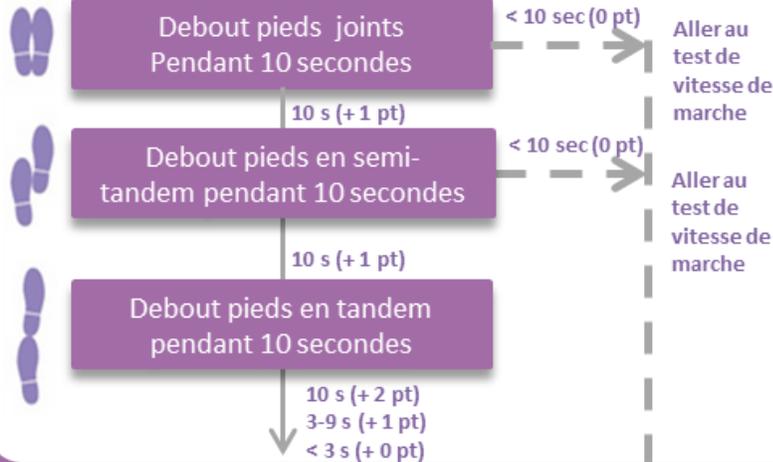
Échelle HAD : sous score A _____ sous score D _____ total _____

Short Physical Performance Battery

Temps 6 mois

Date : ____/____/____

1. Les tests d'équilibre



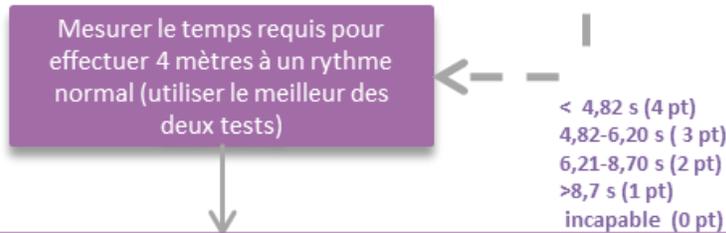
Points :

Test 1 ____pt

Test 2 ____pt

Test 3 ____pt

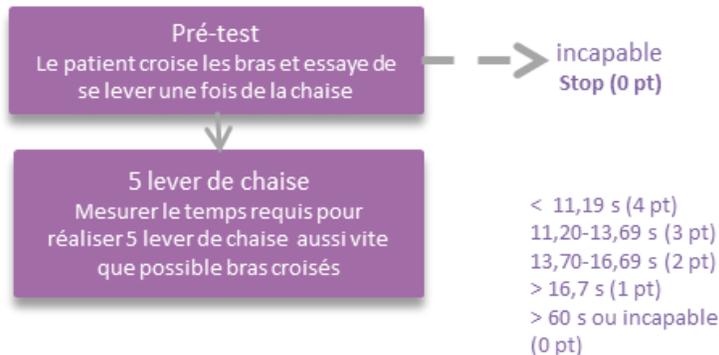
2. Test de vitesse de marche



Points :

____pt

3. Test de lever de chaise



Points :

____pt

Total points:

____pt

SPPB 0-6 Faible performance

SPPB 7-9 Performances intermédiaires

SPPB 10-12 Haute performance

SUIVI 12 MOIS

Événements survenus :

AVC

ICT

Infarctus

Changement de l'état de santé :

Changement de la médication :

TEST D'EFFORT**Temps 12 mois**

Date : ____/____/____

Hauteur du banc : _____

Départ : _____ W

FC max estimée : _____ bpm

PA :

Pré test	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	Post 3 min	Post 6 min
mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

Temps complété : _____

FC peak : _____ bpm (_____ % FC max) PA peak: _____ mmHg DB: _____

Puissance peak : _____ W

VO₂peak : _____ ml d'O₂/kg/min

Lactatémie : _____ mmol/L

Saturation O₂ : _____ %

Électriquement + -

Cliniquement + -

Raison de l'arrêt :

Commentaires :

ÉVALUATION

Temps 12 mois

Date : ____/____/____

DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES

Poids : _____ kg

Circonférence de taille : _____ cm

Taille : _____ m

Bio impédance : _____ % MG

IMC : _____ kg/m²

MESURES DE REPOS

PA : BD _____ mmHg BG _____ mmHg FC : _____ bpm

BILAN SANGUIN

LDL : _____ mmol/L

TG : _____

CK : _____

HDL : _____ mmol/L

HbA1c : _____

AST : _____

CT : _____ mmol/L

FONCTIONS COGNITIVES ET ANXIÉTÉ

MoCA : _____ /30

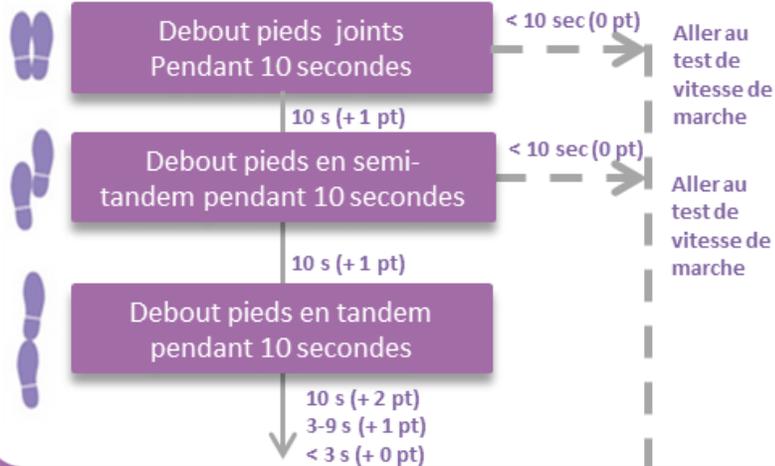
Échelle HAD : sous score A _____ sous score D _____ total _____

Short Physical Performance Battery

Temps 12 mois

Date : ____/____/____

1. Les tests d'équilibre



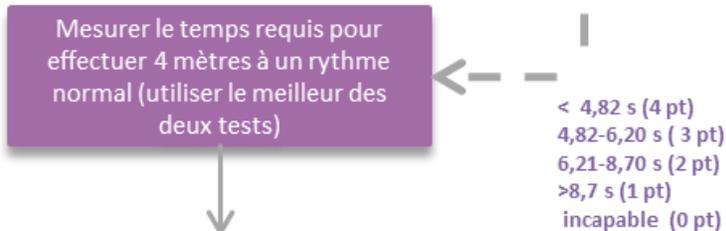
Points :

Test 1 ____pt

Test 2 ____pt

Test 3 ____pt

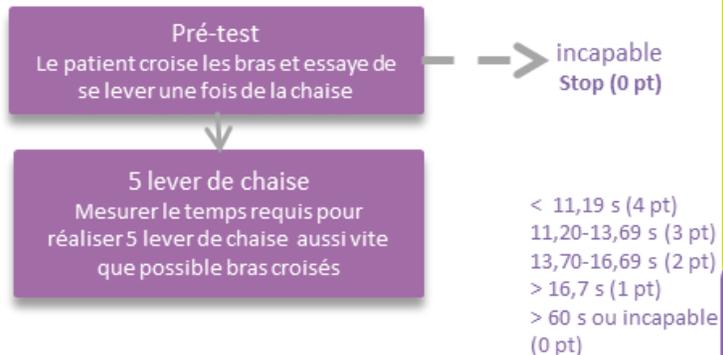
2. Test de vitesse de marche



Points :

____pt

3. Test de lever de chaise



Points :

____pt

Total points:

____pt

SPPB 0-6 Faible performance

SPPB 7-9 Performances intermédiaires

SPPB 10-12 Haute performance

ANNEXE D – QUESTIONNAIRE D’ACCEPTABILITÉ – ÉTUDE 2

Treatment Acceptability and Preference Questionnaire – REVISED

VERSION FRANÇAISE

Adapté de Sidani et al. 2009

Les citations suivantes font référence au protocole de recherche ACCTI-AVC auquel vous avez participé. Je vais vous lire la description de l’intervention et ensuite, je vous poserai quelques questions à ce sujet.

Groupe ACCTI-AVC (HIIT) :

Suivi d’activité physique d’une durée de six mois comprenant des séances sur vélo stationnaire à la Clinique Universitaire de Kinésiologie ainsi que des séances à domicile de la modalité de votre choix. Les entraînements à l’université comprenaient des intervalles d’effort à haute intensité avec une évolution du protocole au fil du temps et étaient supervisés par un kinésologue. Vous avez débuté par un suivi trois fois par semaine pendant deux mois pour ensuite passer à deux fois par semaine pendant deux mois et terminer avec une fois par semaine lors des deux derniers mois. Les entraînements à domicile étaient de type continu et réalisés sans supervision. Il vous était recommandé de les effectuer en complément des entraînements par intervalles.

Groupe continu :

Suivi d’activité physique d’une durée de six mois comprenant des séances sur vélo stationnaire à la Clinique Universitaire de Kinésiologie ainsi que des séances à domicile de la modalité de votre choix. Les séances à l’université étaient des entraînements de type continu. L’intensité était la même tout au long de la séance et la durée évoluait au fil du temps. Vous avez reçu un suivi une fois par semaine pendant six mois. Les entraînements à domicile étaient également de type continu et réalisés sans supervision. Il vous était recommandé d’en effectuer deux par semaine en complément des entraînements supervisés.

Maintenant que je vous ai décrit l’intervention, veuillez évaluer les points suivants :

S'il vous plaît, répondez à la question en encerclant la réponse la plus appropriée. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses.

À court terme, dans quelle mesure pensez-vous que le programme a amélioré votre condition de santé?

Pas efficace du tout	Quelque peu efficace	Efficace	Très efficace	Extrêmement efficace
0	1	2	3	4

À long terme, dans quelle mesure pensez-vous que le programme améliorera votre condition de santé?

Pas efficace du tout	Quelque peu efficace	Efficace	Très efficace	Extrêmement efficace
0	1	2	3	4

Dans quelle mesure pensez-vous que le programme a amélioré vos limitations quotidiennes suite à votre AVC?

Pas efficace du tout	Quelque peu efficace	Efficace	Très efficace	Extrêmement efficace
0	1	2	3	4

Dans quelle mesure pensez-vous que ce programme a amélioré vos capacités à réaliser vos activités de la vie quotidienne?

Pas efficace du tout	Quelque peu efficace	Efficace	Très efficace	Extrêmement efficace
0	1	2	3	4

À quel point ce programme vous semble-t-il acceptable?

Pas acceptable du tout	Quelque peu acceptable	Acceptable	Très acceptable	Extrêmement acceptable
0	1	2	3	4

Comment ce programme vous semble-t-il adapté/approprié pour votre état de santé?

Pas approprié du tout 0	Quelque peu approprié 1	Approprié 2	Très approprié 3	Extrêmement approprié 4
-------------------------------	-------------------------------	----------------	---------------------	-------------------------------

Selon vous, quelle est la gravité des inconvénients liés à de ce programme?

Pas grave du tout 0	Quelque peu grave 1	Grave 2	Très grave 3	Extrêmement grave 4
---------------------------	---------------------------	------------	-----------------	---------------------------

À quel point était-ce facile de suivre ce programme?

Pas facile du tout 0	Quelque peu facile 1	Facile 2	Très facile 3	Extrêmement facile 4
----------------------------	----------------------------	-------------	------------------	----------------------------

À quel point étiez-vous disposé à vous conformer au programme?

Pas disposé du tout 0	Quelque peu disposé 1	Disposé 2	Très disposé 3	Extrêmement disposé 4
-----------------------------	-----------------------------	--------------	-------------------	-----------------------------

ANNEXE E – JOURNAL DE SUIVI DES ACTIVITÉS – ÉTUDE 3

Numéro de téléphone _____

Nom du professionnel de la santé _____

EN CAS DE DIFFICULTÉS, CONTACTEZ :

HEURE DE LA FIN DU TRAVAIL _____

HEURE DU DÉBUT DU TRAVAIL _____

17 h 00 _____

16 h 00 _____

15 h 00 _____

14 h 00 _____

13 h 00 _____

12 h 00 _____

HEURE MÉDICAMENTS ACTIVITÉS SYMPTÔMES

APRÈS-MIDI

Vous devez noter, en y ajoutant l'heure :

- votre coucher et votre lever
- la prise de vos médicaments antihypertenseurs

Vous pouvez également noter l'heure la prise de vos médicaments antihypertenseurs :

- un malaise que vous ressentez (maux de tête,
- sentiment de baisse de pression artérielle,
- étourdissement, douleur, autre)
- un exercice physique intense

6 h 00 _____

7 h 00 _____

8 h 00 _____

9 h 00 _____

10 h 00 _____

11 h 00 _____

HEURE MÉDICAMENTS ACTIVITÉS SYMPTÔMES

MATINÉE

SOIR

HEURE	MÉDICAMENTS	ACTIVITÉS	SYMPTÔMES
18 h 00	_____	_____	_____
19 h 00	_____	_____	_____
20 h 00	_____	_____	_____
21 h 00	_____	_____	_____
22 h 00	_____	_____	_____
23 h 00	_____	_____	_____

HEURE DU COUCHER _____

HEURE DU LEVER _____

QUALITÉ DU SOMMEIL _____

NUIT

MONITORAGE AMBULATOIRE DE LA PRESSION ARTÉRIELLE (MAPA)

JOURNAL D'ACTIVITÉS

Le **journal d'activités** vous permet d'inscrire certains événements qui pourraient influencer votre pression artérielle.

NOM _____ PRÉNOM _____

DE DOSSIER _____

DATE DE L'EXAMEN DU _____ AU _____

BRASSARD PETIT MOYEN GRAND

BRAS D G # DU MONITEUR _____

HEURE D'INSTALLATION _____ DU RETRAIT _____

MÉDICAMENTS ANTI HTA _____

Pour plus d'informations concernant l'hypertension artérielle :

WWW.HYPERTENSION.QC.CA/INFOPATIENS

Une initiative des membres de la Société québécoise d'hypertension artérielle



ANNEXE F – GUIDE D’ENTREVUE – ÉTUDE 4

ACCUEIL – RÉSUMÉ DU BUT, DES FINS DE L’EXERCICE : 5 MINUTES

Présentation personnelle

Remerciements

Présentation de l’importance de fournir des réponses authentiques et personnelles, et précision quant à la structuration de la période

INTRODUCTION À LA DISCUSSION : 5 MINUTES

Demander des nouvelles, comment ça se passe depuis la fin du programme

DISCUSSION : 30 À 40 MINUTES

- 1) Pouvez-vous me parler de votre expérience au projet de recherche ACCTI-AVC?

- 2) Avez-vous perçu des changements physiques ou psychologiques dans votre quotidien suite à votre participation au programme?

Pouvez-vous me donner des exemples?

- 3) Pouvez-vous me parler de votre pratique d’activité physique avant le programme? Quand je parle d’activité physique, je parle d’activités planifiées comme la marche ou le vélo, mais aussi d’activité comme les déplacements à la marche ou encore les tâches ménagères.

Maintenant, pouvez-vous me parler de votre pratique d’activité physique suite à l’arrêt du programme?

Vous m’avez parlé de votre pratique d’activité physique avant et après le programme, est-ce que vous voyez une différence entre ces deux réponses?

SYNTHÈSE : 10 MINUTES

Qu'est-ce que vous aimé ou moins aimé dans le programme?

Avez-vous des suggestions pour améliorer le programme?

Est-ce qu'il y a des points qui ont été négligés ou non couverts durant la rencontre dont vous aimeriez me faire part?

ANNEXE G – APPROBATION ÉTHIQUE UQTR – ÉTUDE 1

Le 13 mai 2016

Madame Thalia Lapointe
Étudiante
Département d'anatomie

Madame,

J'accuse réception des documents corrigés nécessaires à la réalisation de votre protocole de recherche intitulé **Entraînement par intervalles après un accident vasculaire cérébral : une étude pilote** en date du 10 mai 2016.

Une photocopie du certificat portant le numéro (CER-16-223-07.15) vous sera acheminée par courrier interne. Sa période de validité s'étend du 13 mai 2016 au 13 mai 2017.

Nous vous invitons à prendre connaissance de votre certificat qui présente vos obligations à titre de responsable d'un projet de recherche.

Je vous souhaite la meilleure des chances dans vos travaux et vous prie d'agréer, Madame, mes salutations distinguées.

LA SECRÉTAIRE DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

FANNY LONGPRÉ
Agente de recherche
Décanat de recherche et de la création

FL/kg

p. j. Certificat d'éthique

c. c. M. François Trudeau, professeur au Département de l'activité physique

ANNEXE H – APPROBATION ÉTHIQUE UQTR – ÉTUDES 2, 3 ET 4

Le 8 décembre 2017

Madame Thalia Lapointe
Étudiante
Département d'anatomie

Madame,

Les membres du comité d'éthique vous remercient de leur avoir acheminé votre demande de certificat d'éthique pour le projet **Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée** en date du 29 novembre 2017.

Lors d'un processus de révision accéléré, le comité a émis un avis favorable à l'attribution du certificat demandé pour votre projet mentionné ci-dessus.

Une photocopie du certificat portant le numéro (CER-17-241-10.04) vous sera acheminée par courrier interne. Sa période de validité s'étend du 8 décembre 2017 au 8 décembre 2018.

Je vous invite à prendre connaissance de votre certificat qui présente vos obligations à titre de responsable d'un projet de recherche.

Je vous souhaite la meilleure des chances dans vos travaux et vous prie d'agréer, Madame, mes salutations distinguées.

LA SECRÉTAIRE DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

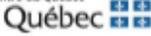
SOPHIE PARENT
Agente de recherche
Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains

SP/kl

p. j. Certificat d'éthique

c. c. M. François Trudeau, professeur au Département des sciences de l'activité physique

ANNEXE I – APPROBATION ÉTHIQUE CIUSSS-MCQ – ÉTUDE 1

<p>Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec</p> 		<p>COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE</p> <p>Téléphone : 819-697-3333 poste 64399 Télécopieur : 819-378-9543 Courriel : 04chtr_recherche@ciuss.gouv.qc.ca</p>		<p>No d'approbation éthique CSSSTR : CÉR-2016-005-00</p>	
Certificat d'approbation éthique					
Description du projet de recherche :					
Titre du projet :		Entraînement par intervalles après un accident vasculaire cérébral : une étude pilote			
Chercheur :		Thalia Lapointe			
Provenance des fonds :		Aucun			
Documents approuvés par le CÉR à utiliser pour la présente étude :					Date de la version
Protocole					2016-04-07
Formulaire d'information et de consentement					2016-05-18
Affiche					Non-datée
Formulaire d'évaluation de l'anxiété et de la dépression - Hospital Anxiety and Depression scale (HAD), version française					Non-datée
Questionnaire Montreal Cognitive Assessment (MOCA), version française					Non-datée
Autorisation à utiliser le formulaire MOCA					2016-02-24
Approbation éthique :					
Étude initiale du projet par notre CÉR :		2016-04-21			
Certificat actuel :					
Raison d'émission :		Acceptation finale			
Date de révision par notre CÉR :		2016-05-19			
Période de validité :		Du 2016-05-19 au 2017-05-19			
<p>_____ François Lemire Président du comité d'éthique de la recherche</p> 					
<i>À noter que le présent document est acheminé de manière électronique seulement et agit à titre de version officielle.</i>					

ANNEXE J – APPROBATION ÉTHIQUE CIUSSS-MCQ – ÉTUDES 2, 3 ET 4



PAR COURRIEL

Trois-Rivières, le 6 décembre 2017

Mme Thalia Lapointe
Étudiante de 3^e cycle en sciences de l'activité physique
Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)
3351, boulevard des Forges
Trois-Rivières (Québec) G9A 5H7
Thalia.lapointe@uqtr.ca

Objet : **Autorisation de réaliser la recherche suivante :**
Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée
Numéro attribué par le CÉR évaluateur : CÉR-2017-002
Numéro d'établissement attribué par le Service de la recherche :
521-Effet entraînement par intervalles post AVC

Madame Lapointe,

Il nous fait plaisir de vous autoriser à réaliser la recherche identifiée en titre sous les auspices du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ).

Cette autorisation vous permet de réaliser la recherche dans les lieux suivants :
Au département d'électrophysiologie en cardiologie au Centre hospitalier affilié universitaire régional (CHAUR) de Trois-Rivières.

Pour vous donner cette autorisation, notre établissement reconnaît l'examen éthique qui a été effectué par le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec.

- qui agit comme CÉR évaluateur pour ce projet, conformément au Cadre de référence des établissements publics, du RSSS pour l'autorisation d'une recherche menée dans plus d'un établissement (le Cadre de référence);
- qui a confirmé dans sa lettre du 22 juin 2017 le résultat positif de l'examen scientifique et de l'examen éthique du projet; et
- qui a approuvé la version réseau du formulaire de consentement utilisé pour cette recherche.

Si le CER évaluateur juge que les changements apportés à la version réseau du formulaire de consentement affectent l'acceptabilité éthique du projet, il suspendra son approbation éthique pour l'établissement (art. 11.6.).

Nous accusons réception du formulaire de consentement que vous avez préparé pour notre établissement et nous le joindrons à la copie de cette autorisation qui sera transmise au CÉR évaluateur.

Cette autorisation vous est donnée à condition que vous vous engagiez à :

- respecter les dispositions du Cadre de référence se rapportant à votre recherche;
- respecter le cadre réglementaire de notre établissement sur les activités de recherche, notamment pour l'identification des participants à la recherche;
- utiliser la version des documents se rapportant à la recherche approuvée par le CÉR évaluateur, les seuls changements apportés, si c'est le cas, étant d'ordre administratif et identifiés de façon à ce que le CÉR évaluateur puisse en prendre connaissance;
- respecter les exigences fixées par le CÉR évaluateur pour le suivi éthique continu de la recherche.

1001, boulevard du Carmel
Trois-Rivières (Québec) G9Z 3R9
Téléphone : 819 697-3333, poste 69449
Outch@recherche@ciuss.gov.qc.ca
www.ciussmq.ca

...2

De plus, la chercheuse s'engage à respecter les modalités suivantes :

- La chercheuse devra organiser elle-même les rendez-vous des patients pour leur test d'effort sur ergocycle les fin de semaines en plus d'informer, le plus tôt possible, et d'obtenir l'autorisation du chef de service des cliniques ambulatoires de cardiologie, de neurologie, de sclérose en plaques et d'électrophysiologie médicale et de la trajectoire locale de l'utilisation du local et de l'équipement. Celui-ci se réserve le droit de refuser advenant un enjeu quelconque;
- La chercheuse devra respecter les plages horaires du Dr Sia pour cette intervention;
- L'accueil des usagers sera fait par Dr Sia accompagné par la chercheuse;
- La chercheuse devra recevoir de l'information concernant le mode de fonctionnement de l'équipement afin de l'utiliser adéquatement;
- Le local et l'équipement seront utilisés dans le cadre de la dite recherche de façon autonome et aucun technicien de l'électrophysiologie ne sera sollicité;
- Le local et les équipements devront être laissés dans l'état où ils étaient avant le passage de l'équipe de recherche.

L'autorisation qui vous est donnée ici de réaliser la recherche sous les auspices de notre établissement devra être renouvelée à la date indiquée par le CER évaluateur afin que l'approbation éthique de la recherche demeure en vigueur sans autre procédure de notre part.

La personne à joindre pour toute question relative à cette autorisation ou à son renouvellement ou au sujet de changements d'ordre administratif qui auraient été apportés à la version des documents se rapportant à la recherche approuvée par le CER évaluateur est madame Caroline Guertin, chef de service de la Recherche médicale et clinique, au 819 897-3333 poste 68146 ou à l'adresse courriel suivante : caroline.guertin@ssss.gouv.qc.ca

La présente autorisation peut être suspendue ou révoquée par notre établissement en cas de non-respect des conditions établies. Le CER évaluateur en sera alors informé.

Vous consentez également à ce que notre établissement communique aux autorités compétentes des renseignements personnels qui sont nominatifs au sens de la loi en présence d'un cas avéré de manquement à la conduite responsable en recherche de votre part lors de la réalisation de cette recherche.

Je vous invite à entrer en communication avec l'équipe de la recherche par le biais du guichet unique, si besoin est, à l'adresse suivante : guichet.recherche@ssss.gouv.qc.ca. Vous pouvez aussi solliciter l'appui de notre CER en vous adressant à : ciusssmq_bureau_integre_de_lethique@ssss.gouv.qc.ca pour obtenir les conseils et le soutien voulus.

En terminant, je vous demanderais de toujours mentionner dans votre correspondance au sujet de cette recherche le numéro attribué au projet de recherche par le CER évaluateur (CÉR-2017-002) ainsi que le numéro attribué à votre demande par notre établissement (521-Effet entraînement par intervalles post AVC).

Veuillez agréer, Mme Lapointe, mes salutations distinguées.

Roger Guimond
Directeur administratif de l'enseignement universitaire, de la recherche et de l'innovation
CIUSSS MCQ

p. j. Formulaire de consentement qui sera utilisé pour la réalisation de la recherche dans l'établissement.

c. c. : Mme Chantal Brochu, adjointe à la direction des soins infirmiers, CIUSSS MCQ;
M. Bernard Deshaies, président du CER du CIUSSS MCQ;
Dr Ariel Diaz, chef de service de cardiologie, CIUSSS MCQ;
Mme Caroline Guertin, chef de service – Recherche médicale et clinique, CIUSSS MCQ;
Dr André Poirier, codirecteur médical de l'enseignement universitaire, de la recherche et de l'innovation, CIUSSS MCQ;
M. René Thermen, chef de service des cliniques ambulatoires de cardiologie, de neurologie, de sclérose en plaques et d'électrophysiologie médicale et de la trajectoire locale, CIUSSS MCQ;
Mme Marie-Josée Tremblay, directrice adjointe, programmes des soins médicaux, chirurgicaux et de cardiologie, CIUSSS MCQ;
Dr Yin Tung Sia, cardiologue, CIUSSS MCQ;
Mme Josée Simoneau, directrice des soins infirmiers, CIUSSS MCQ;

ANNEXE K – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDE 1



LETTRE D'INFORMATION



Invitation à participer au projet de recherche Entraînement par intervalles après un accident vasculaire cérébral : une étude pilote

Chercheurs principaux :

Thalia Lapointe, candidate au doctorat en sciences biomédicales
François Trudeau, Ph.D
Julie Houle, Ph.D
Ying Sia, cardiologue

Votre participation à la recherche, qui vise à évaluer la faisabilité d'un programme d'entraînement post-accident vasculaire cérébral (AVC), serait grandement appréciée.

Objectifs

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer la faisabilité d'un programme d'entraînement cardiovasculaire en intervalles après un AVC ischémique ou une ischémie cérébrale transitoire (ICT). Les résultats permettront de développer une étude à plus grande échelle et éventuellement d'améliorer les services disponibles pour les individus ayant subi à un AVC.

Cette lettre d'information vise à vous informer sur ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche et à prendre une décision éclairée à ce sujet. Nous vous demandons donc de lire le formulaire de consentement attentivement et de poser toutes les questions que vous souhaitez. Vous pouvez prendre tout le temps dont vous avez besoin avant de prendre votre décision.

Tâche

Votre implication dans l'étude sera d'une durée totale de trois mois. Vous serez tout d'abord soumis à une évaluation pré-participation, à un programme d'entraînement, puis à une évaluation finale.

Évaluation pré-participation. La première partie de cette évaluation se déroulera à l'hôpital, au département d'électrophysiologie. Vous serez soumis à un test d'effort maximal sur ergocycle administré par un cardiologue. Le test débutera par un effort d'intensité faible et augmentera progressivement pour atteindre votre capacité maximale en moins de 12 minutes. Avant de terminer cette première rencontre, nous vous remettons un journal de bord permettant de noter vos séances d'activités physiques à domicile quotidiennement (une à deux minutes par jour) ainsi qu'un accéléromètre que vous devrez porter à chaque jour durant une semaine. L'outil est simple à installer et ne nuit aucunement au mouvement ou aux activités quotidiennes.

Lors d'une deuxième rencontre qui se déroulera à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), vous devrez vous présenter à jeun le matin afin qu'une infirmière puisse prendre une prise de sang. Votre fréquence cardiaque et votre pression artérielle de repos seront mesurées ainsi que votre poids, votre taille, votre circonférence de taille et votre pourcentage de graisse (par bio impédance). Nous vous servirons ensuite une collation (eau, jus, barres tendres et fruits). Vous devrez répondre à un court questionnaire sur votre état de santé et vos habitudes de vie, à un questionnaire évaluant les capacités cognitives (MoCA) et un sur le niveau d'anxiété et de dépression (HAD). Vous devrez aussi porter un appareil de mesure ambulatoire de la pression artérielle (MAPA) durant 24 heures.

Programme d'entraînement. Durant le premier mois de l'intervention, vous serez appelé à venir trois fois par semaine à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR pour faire un programme d'entraînement cardiovasculaire par intervalles adapté à votre condition. Chaque séance sera supervisée par un kinésologue afin de s'assurer de la sécurité de celle-ci. Les entraînements se feront sur ergocycle et seront d'une durée de 20 à 40 minutes selon vos capacités. Votre pression artérielle et votre fréquence cardiaque seront mesurées au début et à la fin de chaque séance ainsi que pendant l'entraînement. Durant cette période, vous serez aussi appelé à faire deux entraînements musculaire (20 minutes) et un entraînement cardiovasculaire (30 minutes pouvant être fractionné par période d'au moins 10 minutes) par semaine à domicile ainsi qu'à remplir votre journal de bord.

Durant le deuxième mois, la même procédure sera suivie sauf que l'entraînement supervisé en clinique sera réalisé deux fois par semaine, celui cardiovasculaire à domicile sera aussi deux fois par semaine et l'entraînement musculaire toujours deux fois.

Lors du troisième et dernier mois de l'intervention, la même procédure sera aussi utilisée, mais sous forme d'un entraînement supervisé en clinique et de trois séances cardiovasculaires et de deux musculaires à domicile. À l'issue de la dernière rencontre, nous vous remettons à nouveau un accéléromètre que vous devrez porter durant une semaine de la même façon qu'au début de l'étude.

Évaluation finale. Votre participation se terminera par une visite à la Clinique Universitaire de Kinésiologie afin de reprendre les mesures d'évaluation. Ainsi, votre fréquence cardiaque, pression artérielle, poids, circonférence de taille, pourcentage de graisse et bilan sanguin seront repris. Vous devrez répondre encore une fois aux questionnaires MoCA et HAD. Finalement, vous referez un test d'effort maximal à l'hôpital sous la supervision du cardiologue à l'hôpital en plus de reporter l'accéléromètre pendant une semaine et le MAPA pendant 24 heures.

Voici en quoi consiste la période de l'étude :

		UQTR ou hôpital*	Domicile
Évaluation pré-intervention		<ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire de base • Mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, du poids, de la taille, de la circonférence de taille, du pourcentage de graisse et bilan sanguin • Test MoCA • Échelle HAD • Test d'effort maximal* 	<ul style="list-style-type: none"> • Port de l'accéléromètre durant une semaine • Journal de bord • MAPA
Programme d'entraînement	1^{er} mois	3 entraînements par semaine	<ul style="list-style-type: none"> • 1 entraînement cardiovasculaire par semaine • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
	2^e mois	2 entraînements par semaine	<ul style="list-style-type: none"> • 2 entraînements cardiovasculaires par semaine • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
	3^e mois	1 entraînement par semaine	<ul style="list-style-type: none"> • 3 entraînements cardiovasculaires par semaine • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
Évaluation post-intervention		<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, du poids, de la taille, de la circonférence de taille, du pourcentage de masse adipeuse et bilan sanguin • Test MoCA • Échelle HAD • Test d'effort maximal* 	<ul style="list-style-type: none"> • Port de l'accéléromètre durant une semaine • Journal de bord • MAPA

De plus, en participant à l'étude, vous acceptez que l'équipe de recherche puisse consulter votre dossier médical pour obtenir des informations sur l'AVC ou l'ICT, sur votre médication actuelle

ainsi que sur vos antécédents cardiovasculaires. Ces informations serviront pour les statistiques de l'étude en plus de contribuer à assurer la sécurité des participants.

Risques, inconvénients, inconforts

Bien que l'évaluation pré-intervention permette de limiter les risques potentiels, la participation à un programme d'activité physique à haute intensité comporte certains risques. Lors des tests d'effort et des entraînements, les incidents possibles de survenir sont des étourdissements, des malaises, une pression artérielle anormale, des nausées, des crampes musculaires ou des blessures musculosquelettiques. Les risques de complications nécessitant une hospitalisation, infarctus aigu du myocarde ou mort subite pendant ou immédiatement après un test d'effort sont $\leq 0.2\%$, $0,04\%$, et de $0,01\%$, respectivement. Le taux d'événements graves est généralement considéré comme étant 1/10 000. Veuillez noter que ces dangers sont minimes et que toutes les précautions seront prises pour réduire ces risques au minimum. Le participant est tenu d'informer le superviseur le plus rapidement possible de tout malaise, douleur ou autres signes et symptômes ressentis pendant l'exercice ou après. À tout moment, la sécurité du participant prévaudra sur les objectifs de l'étude. Vous pouvez décider à tout moment de vous retirer de l'épreuve. Les chercheurs peuvent aussi décider de mettre fin à votre participation s'ils jugent que votre intégrité ou votre santé sont en jeu. La prise de sang au début et à la fin de l'étude peut aussi être un inconvénient.

Bénéfices

Votre participation vous permettra d'obtenir les bénéfices associés à la pratique régulière de l'activité physique sur l'amélioration de la santé ainsi que des conseils d'un kinésiologue en matière de saines habitudes de vie. Un programme d'exercice pour améliorer la mobilité et l'équilibre vous sera aussi remis à votre entrée dans l'étude. Aucune compensation d'ordre monétaire n'est accordée. Aussi, vous pourrez bénéficier d'un bilan de votre état de santé et de votre condition physique. La contribution à l'avancement des connaissances au sujet de la prévention secondaire post-AVC est un autre bénéfice de votre participation à l'étude.

Compensation

Les frais de stationnement et de déplacement vous seront remboursés sur présentation de pièces justificatives.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable ainsi que les membres de son personnel de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Ces renseignements peuvent comprendre les informations contenues dans votre dossier médical, concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les réponses aux questionnaires et les résultats de tous les tests, examens et procédures qui seront réalisés.

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. La confidentialité sera assurée à l'aide de codes numériques attribués aux participants. Les résultats de la recherche, qui pourront être diffusés sous forme de thèse ou d'article scientifique ne permettront pas d'identifier les participants.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Les données recueillies seront conservées sous clé à l'Université du Québec à Trois-Rivières et les seules personnes qui y auront accès seront les chercheurs de cette étude. Elles seront déchetées dans cinq ans et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

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

Participation volontaire

Votre participation à cette étude se fait sur une base entièrement volontaire. À tout moment, les meilleurs intérêts des participants prévaudront sur les objectifs de cette étude. Vous avez la liberté de vous retirer en tout temps de l'étude sans aucun préjudice et la confidentialité des informations recueillies sera rigoureusement préservée tel qu'indiqué plus tôt. Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée, analysée ou utilisée pour assurer l'intégrité du projet.

Le chercheur responsable de ce projet de recherche et le comité d'éthique de la recherche du CIUSSS MCQ peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Droits du sujet de recherche

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable de ce projet de recherche, l'établissement et l'organisme subventionnaire de leur responsabilité civile et professionnelle.

Responsable de la recherche

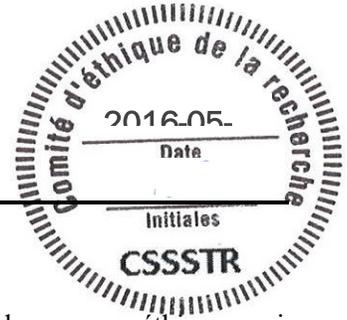
Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Thalia Lapointe, responsable de l'étude à l'université du Québec à Trois-Rivières au : 819-376-5011 poste 3797.

Identification des personnes ressources

Le Comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du Québec a approuvé ce projet de recherche et en assurera le suivi. Le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières, a aussi approuvé ce projet de recherche. Ils approuveront au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche. Pour toute information, vous pouvez communiquer avec le secrétariat du comité d'éthique de la recherche du CIUSSS MCQ au 819-697-3333, poste 64399 ou avec le secrétariat du comité éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières au 819-376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique au CEREH@uqtr.ca.

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec la Commissaire aux plaintes et à la qualité des services du CIUSSS MCQ au numéro suivant : 819-370-2200, poste 3227.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



Engagement de la chercheuse

Moi, Thalia Lapointe, m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

Consentement du participant

Je, _____, confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet « *Entraînement par intervalles post-accident vasculaire cérébral : une étude pilote* ». J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de laisser mon enfant participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

Participant :	Chercheuse:
Signature :	Signature :
Nom :	Nom :
Date :	Date :
Numéro de téléphone :	

ANNEXE L – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDES 2 ET 3



LETTRE D'INFORMATION

Invitation à participer au projet de recherche ACCTI-AVC

Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée

Chercheurs principaux :

Thalia Lapointe, candidate au doctorat en sciences biomédicales
Marika Payette, candidate à la maîtrise en sciences de l'activité physique
François Trudeau, Ph.D
Julie Houle, Ph.D
Claude Lajoie, Ph.D.
Ying Sia, cardiologue
Pascali Durand-Martel, neurologue

Objectifs

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer l'effet d'un programme d'entraînement cardiovasculaire en intervalles sur les facteurs de risque cardiovasculaire, l'oxygénation musculaire et les fonctions cognitives après un AVC ischémique ou une ischémie cérébrale transitoire (ICT). Les résultats permettront éventuellement d'améliorer les services disponibles pour les individus ayant subi à un AVC.

Cette lettre d'information vise à vous informer sur ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche et à prendre une décision éclairée à ce sujet. Nous vous demandons donc de lire le formulaire de consentement attentivement et de poser toutes les questions que vous souhaitez. Vous pouvez prendre tout le temps dont vous avez besoin avant de prendre votre décision.

Tâche

Votre implication dans l'étude sera d'une durée totale de 12 mois. Vous serez tout d'abord soumis à une évaluation pré-participation, à un programme d'entraînement de six mois (seulement si de

façon aléatoire vous faites partie des groupes entraînement ACCTI-AVC) à une évaluation après 6 mois, puis à une dernière évaluation après 12 mois.

Évaluation pré-participation. La première partie de cette évaluation se déroulera à l'hôpital, au département d'électrophysiologie. Vous serez soumis à un test d'effort maximal sur ergocycle administré par un cardiologue. Vous devrez porter un dispositif (NIRS) permettant d'évaluer l'oxygénation musculaire au niveau de la cuisse de votre jambe atteinte par l'AVC. Une occlusion de la circulation sanguine doit être réalisée préalablement pour permettre le bon fonctionnement de l'appareil. Pour ce faire, un brassard de pression artérielle sera installé autour de votre cuisse alors que vous serez en position couchée sur le dos avec la jambe relevée et la pression sera augmentée à 200 mmHg pendant 5 minutes. Ce brassard sera ensuite retiré pour faire le test d'effort. Le test débutera par un effort d'intensité faible et augmentera progressivement pour atteindre votre capacité maximale en moins de 12 minutes. Avant de terminer cette première rencontre, nous vous remettrons un journal de bord permettant de noter vos séances d'activités physiques à domicile quotidiennement (une à deux minutes par jour) ainsi qu'un accéléromètre que vous devrez porter à chaque jour durant une semaine. L'outil est simple à installer et ne nuit aucunement au mouvement ou aux activités quotidiennes.

Lors d'une deuxième rencontre qui se déroulera à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), vous devrez vous présenter à jeun depuis quatre heures le matin afin qu'une infirmière puisse prendre une prise de sang. Votre fréquence cardiaque et votre pression artérielle de repos seront mesurées ainsi que votre poids, votre taille, votre circonférence de taille et votre pourcentage de gras (par bio impédance). Nous vous servirons ensuite une collation (eau, jus, barres tendres et fruits). Vous devrez répondre à un court questionnaire évaluant les capacités cognitives (MoCA) ainsi qu'un sur le niveau d'anxiété et de dépression (HAD). Vous réaliserez un court test de la condition physique (SPPB). Nous vous remettrons également un appareil de mesure ambulatoire de la pression artérielle (MAPA) ainsi qu'un Holter que vous porterez durant 24 heures.

Programme d'entraînement (groupe ACCTI-AVC seulement). Durant les deux premiers mois de l'intervention, vous serez appelé à venir trois fois par semaine à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR pour faire un programme d'entraînement cardiovasculaire par intervalles adapté à votre condition. Chaque séance sera supervisée par un kinésologue afin de s'assurer de la sécurité de celle-ci. Les entraînements se feront sur ergocycle et seront d'une durée de 20 à 40 minutes selon vos capacités. Votre pression artérielle et votre fréquence cardiaque seront mesurées au début et à la fin de chaque séance ainsi que pendant l'entraînement. Durant cette période, vous serez aussi appelé à faire deux entraînements musculaire (20 minutes) et un entraînement cardiovasculaire (30 minutes pouvant être fractionné par période d'au moins 10 minutes) par semaine à domicile ainsi qu'à remplir votre journal de bord.

Durant le troisième et le quatrième mois, la même procédure sera suivie sauf que l'entraînement supervisé en clinique sera réalisé deux fois par semaine, celui cardiovasculaire à domicile sera aussi deux fois par semaine et l'entraînement musculaire toujours deux fois. Une évaluation de la capacité cardiorespiratoire en cardiologie sera également réalisée à la fin du troisième mois. La procédure utilisée sera la même que celle de l'évaluation initiale. Ces données permettront de réajuster les intensités cibles du programme d'entraînement.

Lors du cinquième et du sixième mois de l'intervention, la même procédure sera aussi utilisée, mais sous forme d'un entraînement supervisé en clinique et de trois séances cardiovasculaires et de deux musculaires à domicile. À l'issue de la dernière rencontre, nous vous remettrons à nouveau un accéléromètre que vous devrez porter durant une semaine de la même façon qu'au début de l'étude.

Programme d'entraînement (groupe standard seulement)

Vous serez référé à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR pour recevoir un suivi standard d'activité physique. Il s'agit de recommandations d'exercice aérobie à intensité moyenne 20 à 60 minutes selon la tolérance trois fois par semaine. Vous aurez accès à un suivi avec un étudiant stagiaire de la clinique supervisé par un kinésologue une fois par semaine pendant six mois.

Évaluation post-entraînement. Votre participation se terminera par une visite à la Clinique Universitaire de Kinésiologie afin de reprendre les mesures d'évaluation. Ainsi, votre fréquence cardiaque, pression artérielle, poids, circonférence de taille, pourcentage de graisse et bilan sanguin seront repris. Vous devrez répondre encore une fois aux questionnaires MoCA, HAD et DASI. Finalement, vous referez un test d'effort maximal à l'hôpital sous la supervision du cardiologue avec l'appareil NIRS en plus de reporter le MAPA et le holter pendant 24 heures.

Évaluation finale. Six mois après l'évaluation post-entraînement, vous participerez à l'évaluation finale qui consiste aux mêmes tests que les deux précédentes à l'exception du port du MAPA et du Holter. De plus, vous répondrez à un court questionnaire (moins de 5 minutes) sur votre appréciation du programme.

Voici en quoi consiste la période de l'étude :

		UQTR ou hôpital*	Domicile
Évaluation pré-intervention		<ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire de base • Mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, du poids, de la taille, de la circonférence de taille, du pourcentage de masse adipeuse et bilan sanguin • Test MoCA • Échelle HAD • SPPB • Test d'effort maximal* • NIRS* 	<ul style="list-style-type: none"> • Port de l'accéléromètre durant une semaine • Journal de bord • MAPA • Holter
Programme d'entraînement	1^{er} et 2^e mois	3 entraînements par semaine (groupe ACCTI-AVC)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 entraînement cardiovasculaire par semaine

		1 entraînement par semaine (groupe standard)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
	3^e et 4^e mois	2 entraînements par semaine (groupe ACCTI-AVC) 1 entraînement par semaine (groupe standard)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 entraînements cardiovasculaires par semaine • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
	5^e et 6^e mois	1 entraînement par semaine (2 groupes entraînement)	<ul style="list-style-type: none"> • 3 entraînements cardiovasculaires par semaine • 2 entraînements musculaires par semaine • Journal de bord
Évaluation post-entraînement		<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, du poids, de la taille, de la circonférence de taille, du pourcentage de masse adipeuse et bilan sanguin • Test MoCA • Échelle HAD • SPPB • Test d'effort maximal* • NIRS* 	<ul style="list-style-type: none"> • Port de l'accéléromètre durant une semaine • Journal de bord • MAPA • Holter
Évaluation finale		<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, du poids, de la taille, de la circonférence de taille, du pourcentage de masse adipeuse et bilan sanguin • Test MoCA • Échelle HAD • SPPB • Test d'effort maximal* • Questionnaire TAP 	<ul style="list-style-type: none"> • Port de l'accéléromètre durant une semaine • Journal de bord

De plus, en participant à l'étude, vous acceptez que l'équipe de recherche puisse consulter votre dossier médical pour obtenir des informations sur l'AVC ou l'ICT, sur votre médication actuelle ainsi que sur vos antécédents cardiovasculaires. Ces informations serviront pour les statistiques de l'étude en plus de contribuer à assurer la sécurité des participants.

Risques, inconforts, inconvénients

Bien que l'évaluation pré-intervention permette de limiter les risques potentiels, la participation à un programme d'activité physique à haute intensité comporte certains risques. Lors des tests d'effort et des entraînements, les incidents possibles de survenir sont des étourdissements, des malaises, une pression artérielle anormale, des nausées, des crampes musculaires ou des blessures musculosquelettiques. Les risques de complications nécessitant une hospitalisation, infarctus aigu du myocarde ou mort subite pendant ou immédiatement après un test d'effort sont ≤ 0.2 %, 0,04 %, et de 0,01 %, respectivement. Le taux d'événements graves est généralement considéré comme étant 1/10 000. Veuillez noter que ces dangers sont minimes et que toutes les précautions seront prises pour réduire ces risques au minimum. Le participant est tenu d'informer le superviseur le plus rapidement possible de tout malaise, douleur ou autres signes et symptômes ressentis pendant l'exercice ou après. À tout moment, la sécurité du participant prévaudra sur les objectifs de l'étude. Vous pouvez décider à tout moment de vous retirer de l'épreuve. Les chercheurs peuvent aussi décider de mettre fin à votre participation s'ils jugent que votre intégrité ou votre santé sont en jeu. Outre l'inconfort engendré par l'occlusion artérielle nécessaire pour l'utilisation du NIRS, cette technique ne représente aucun danger pour la santé. Les prises de sang au début, après six mois et à la fin de l'étude peuvent aussi être un inconvénient. Des inconforts peuvent être ressentis lors de la prise de sang (ex : douleur lors de l'insertion de l'aiguille). Dans certains cas, une ecchymose peut apparaître au site où a été faite la prise de sang et il disparaîtra après quelques jours. Dans de très rares cas, certaines personnes peuvent ressentir un malaise vagal passager (bouffée de chaleur, faiblesse, étourdissements).

Bénéfices

Votre participation vous permettra d'obtenir les bénéfices associés à la pratique régulière de l'activité physique sur l'amélioration de la santé ainsi que des conseils d'un kinésologue en matière de saines habitudes de vie. Un programme d'exercice pour améliorer la mobilité et l'équilibre vous sera aussi remis à votre entrée dans l'étude. Aucune compensation d'ordre monétaire n'est accordée. Aussi, vous pourrez bénéficier d'un bilan de votre état de santé et de votre condition physique. La contribution à l'avancement des connaissances au sujet de la prévention secondaire post-AVC est un autre bénéfice de votre participation à l'étude.

Compensation

Les frais de stationnement et de déplacement vous seront remboursés sur présentation de pièces justificatives.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, la chercheuse responsable ainsi que les membres de l'équipe de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis. Ces renseignements peuvent comprendre les informations contenues dans votre dossier médical, concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les réponses aux questionnaires et les résultats de tous les tests, examens et procédures qui seront réalisés.

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. La confidentialité sera assurée à l'aide de codes numériques attribués aux participants. Les résultats de la recherche, qui pourront être diffusés sous forme de thèse ou d'article scientifique ne permettront pas d'identifier les participants.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Les données recueillies seront conservées sous clé à l'Université du Québec à Trois-Rivières et les seules personnes qui y auront accès seront les chercheurs de cette étude. Elles seront déchiquetées dans cinq ans et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

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

Participation volontaire

Votre participation à cette étude se fait sur une base entièrement volontaire. À tout moment, les meilleurs intérêts des participants prévaudront sur les objectifs de cette étude. Vous avez la liberté de vous retirer en tout temps de l'étude sans aucun préjudice et la confidentialité des informations recueillies sera rigoureusement préservée tel qu'indiqué plus tôt. Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée, analysée ou utilisée pour assurer l'intégrité du projet.

La chercheuse responsable de ce projet de recherche et le comité d'éthique de la recherche du CIUSSS MCQ peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Droits du sujet de recherche

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable de ce projet de recherche, l'établissement et l'organisme subventionnaire de leur responsabilité civile et professionnelle.

Responsable de la recherche

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Thalia Lapointe, responsable de l'étude à l'université du Québec à Trois-Rivières au : 819 376-5011 poste 3797.

Identification des personnes ressources

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler vous pouvez communiquer avec la commissaire locale aux plaintes et à la qualité des services du CIUSSS MCQ au numéro suivant : 1 888-693-3606.

Le comité d'éthique de la recherche volet médical du Centre intégré universitaire en santé et services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ) et le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières ont approuvé ce projet de recherche. En plus d'en assurer le suivi, ils approuveront au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche. Pour toute information, vous pouvez communiquer avec le secrétariat du bureau intégré de l'éthique du CIUSSS MCQ au 819 372-3133 poste 32303 ou avec le secrétariat du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières au 819 376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique au CEREH@uqtr.ca.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Engagement de la chercheuse

Moi, Thalia Lapointe, m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

Consentement du participant

Je, _____, confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet « *Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée* ». J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

Participant :	Chercheuse:
Signature :	Signature :
Nom :	Nom :
Date :	Date :
Numéro de téléphone :	

ANNEXE M – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – ÉTUDE 4



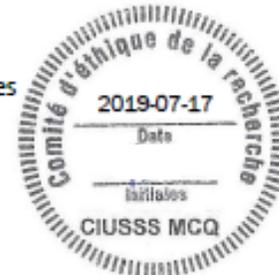
LETTRE D'INFORMATION

Invitation à participer au projet de recherche ACCTI-AVC

Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et
cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée
ENTREVUE QUALITATIVE

Chercheurs principaux :

Thalia Lapointe, candidate au doctorat en sciences biomédicales
François Trudeau, Ph.D
Julie Houle, Ph.D
Ying Sia, cardiologue
Pascali Durand-Martel, neurologue



Objectifs

L'objectif principal de cette partie de l'étude est d'évaluer l'appréciation et les impacts sur les comportements du projet de recherche ACCTI-AVC auquel vous avez participé.

Cette lettre d'information vise à vous informer sur ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche et à prendre une décision éclairée à ce sujet. Nous vous demandons donc de lire le formulaire de consentement attentivement et de poser toutes les questions que vous souhaitez. Vous pouvez prendre tout le temps dont vous avez besoin avant de prendre votre décision.

Tâche

Votre participation à cette recherche consiste à répondre à des questions qui vous seront posées dans le cadre d'une entrevue individuelle, d'une durée d'environ une heure, et qui porteront sur les éléments suivants:

- description de l'expérience;
- changement de l'état de santé;
- pratique d'activité physique;

- appréciation et suggestions.

En participant, j'autorise les chercheurs, à enregistrer ma voix lors de cette captation audio. J'autorise également les chercheurs, à utiliser de façon confidentielle en tout ou en partie mes propos captés lors de l'entrevue à des fins de recherche. J'autorise la retranscription de mes propos dans un logiciel informatique permettant le traitement et l'analyse des données.

Risques, inconvénients, inconforts

Il est possible que le fait de raconter votre expérience suscite des réflexions ou des souvenirs émouvants ou désagréables. Si cela se produit, n'hésitez pas à en parler avec la personne qui mène l'entrevue. Celle-ci pourra vous mentionner le nom d'une ressource en mesure de vous aider, au besoin (Clinique universitaire de services psychologiques de l'UQTR).

Bénéfices

Le fait de participer à cette recherche vous offre une occasion de réfléchir et de discuter en toute confidentialité, de vos perceptions et de votre expérience en lien avec votre participation au projet de recherche ACCTI-AVC. La contribution à l'avancement des connaissances au sujet de la prévention secondaire post-AVC est aussi bénéfique de votre participation à l'étude.

Compensation

Les frais de stationnement vous seront remboursés sur présentation de pièces justificatives.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, la chercheuse responsable ainsi que les membres de l'équipe de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Durant la recherche:

- votre nom et tous ceux cités durant l'entrevue seront remplacés par un code;
- seul la chercheuse aura accès à la liste contenant les noms et les codes, elle-même conservée séparément du matériel de la recherche, des données et des formulaires de consentement;
- tout le matériel de la recherche, incluant les formulaires de consentement et les enregistrements, sera conservé dans un classeur barré, dans un local sous clé;
- les données en format numérique seront, pour leur part, conservées dans des fichiers encryptées dont l'accès sera protégé par l'utilisation d'un mot de passe et auquel seul le chercheur aura accès;

Lors de la diffusion des résultats :

- les noms des participants ne paraîtront dans aucun rapport;
- les résultats seront présentés sous forme globale de sorte que les résultats individuels des participants ne seront jamais communiqués;

Les résultats de la recherche seront publiés dans des revues scientifiques, et aucun participant ne pourra y être identifié ou reconnu

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par la chercheuse responsable de ce projet de recherche.

Les données recueillies seront conservées sous clé à l'Université du Québec à Trois-Rivières et les seules personnes qui y auront accès seront les chercheurs de cette étude. Elles seront déchiquetées cinq ans après la fin de la recherche et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

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

Participation volontaire

Votre participation à cette étude se fait sur une base entièrement volontaire. À tout moment, les meilleurs intérêts des participants prévaudront sur les objectifs de cette étude. Vous avez la liberté de vous retirer en tout temps de l'étude sans aucun préjudice et la confidentialité des informations recueillies sera rigoureusement préservée tel qu'indiqué plus tôt. Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée, analysée ou utilisée pour assurer l'intégrité du projet.

La chercheuse responsable de ce projet de recherche et le comité d'éthique de la recherche volet médical du CIUSSS MCQ peuvent mettre fin à votre participation, sans

vosre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Droits du participant de recherche

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable de ce projet de recherche, l'établissement et l'organisme subventionnaire de leur responsabilité civile et professionnelle.

Responsable de la recherche

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Thalia Lapointe, responsable de l'étude à l'université du Québec à Trois-Rivières au : 819 376-5011 poste 3797.

Identification des personnes ressources

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler vous pouvez communiquer avec la commissaire locale aux plaintes et à la qualité des services du CIUSSS MCQ au numéro suivant : 1 888 693-3606.

Le comité d'éthique de la recherche volet médical du Centre intégré universitaire en santé et services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ) et le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières ont approuvé ce projet de recherche. En plus d'en assurer le suivi, ils approuveront au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche. Pour toute information, vous pouvez communiquer avec le secrétariat du bureau intégré de l'éthique du CIUSSS MCQ au 819 372-3133 poste 32303 ou avec le secrétariat du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières au 819 376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique au CEREH@uqtr.ca.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Engagement de la chercheuse

Moi, Thalia Lapointe, m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

Consentement du participant

Je, _____, confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet « *Effet d'un programme d'entraînement par intervalles sur la santé cardiovasculaire et cognitive post accident vasculaire cérébral : une étude clinique randomisée ENTREVUE QUALITATIVE* ». J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

Participant :	Chercheuse:
Signature :	Signature :
Nom :	Nom :
Date :	Date :
Numéro de téléphone :	