

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES EFFETS IMMÉDIATS DE L'EXERCICE SUR LA COGNITION DES ÂÎNÉES

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

ELIZABETH SAMEI RAD

6 JUIN 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Sur le plan moléculaire, merci aux expertes qui m'ont aidée lors du recrutement et des prises de sang : Nadia Jaffer, Ana-Maria Voinescu et Ioana Minoiu.

Sur le plan structurel, merci à ceux qui m'ont apporté leur expertise dans ce travail multidisciplinaire : Louis Bherer, Sébastien Grenier, Antony Karelis, Maxime Lussier, Carol-Ann Blanchette, Guy Hajj-Boutros et mon directeur, Nicolas Berryman.

Sur le plan socio-comportemental, merci à mes partenaires d'études et mes amies Lily Dong et Florence Morin. Finalement, merci à mon mari, mon partenaire de vie et mon supporteur #1 Charles-Étienne Lavoie.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	viii
RÉSUMÉ	iii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTÉRATURE	2
1.1 Changements avec le vieillissement	2
1.1.1 Changements biophysiques.....	2
1.1.1.1 IGF-1.....	2
1.1.1.2 BDNF	3
1.1.1.3 Cortisol.....	3
1.1.2 Changements cognitifs	4
1.1.2.1 Fonctions exécutives.....	5
1.1.2.2 Changements structuraux du SNC	5
1.1.3 Changements physiques.....	6
1.1.3.1 Sarcopénie	6
1.1.3.2 Dynapénie	7
1.1.3.3 Capacité cardiovasculaire	8
1.2 Capacités fonctionnelles	8
1.3 L'effet de l'activité physique et de l'exercice.....	9
1.3.1 Effets à long terme	9
1.3.1.1 Effets sur la condition physique.....	9
1.3.1.2 Effets sur la cognition	12
1.3.1.3 Mécanismes expliquant ces effets à long terme	14
1.3.2 Effets immédiats.....	18
1.3.2.1 Effets sur la cognition	18
1.3.2.2 Mécanismes expliquant ces effets immédiats.....	19
1.3.2.3 Effets sur la condition physique.....	21
1.4 Problématique	23

1.5	Objectifs et hypothèses	24
CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE.....		26
2.1	Devis expérimental	26
2.2	Sujets.....	26
2.2.1	Critères d’inclusion	26
2.2.2	Critères d’exclusion	26
2.2.3	Recrutement.....	26
2.3	Interventions.....	27
2.3.1	Séance de familiarisation.....	27
2.3.2	Entraînement des habiletés motrices.....	28
2.3.3	Entraînement combiné	29
2.4	Déroulement des séances et variables mesurées.....	30
2.4.1	Fréquence cardiaque	30
2.4.2	Estimation du 1RM	31
2.4.3	Marqueurs biophysologiques	31
2.4.4	Profil des états émotionnels et anxiété-état	31
2.4.5	Fonctions exécutives.....	32
2.4.6	Capacités fonctionnelles.....	34
2.5	Tests statistiques.....	35
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS.....		36
3.1	Recrutement et caractéristiques des participantes.....	36
3.2	Analyses des capacités fonctionnelles	37
3.3	Analyses des fonctions exécutives.....	38
3.4	Mécanismes	42
3.5	Corrélations : Stroop et BDNF	44
CHAPITRE 4 : DISCUSSION		45
4.1	Hypothèses	45
4.2	Fonctions exécutives.....	46
4.3	Capacités fonctionnelles	47
4.4	BDNF et IGF-1.....	48
4.5	Cortisol	49
4.6	Anxiété-état	50
4.7	Autres aspects à considérer pour des études futures	50

CHAPITRE 5 : CONCLUSION	53
ANNEXE A: Formulaire d'information et de consentement.....	55
ANNEXE B: Plan d'entraînement des habiletés motrices.....	61
ANNEXE C: Plan d'entraînement combiné	65
ANNEXE D : Directives ACSM.....	66
RÉFÉRENCES	68

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Carte conceptuelle décrivant la relation entre les variables étudiées dans un entraînement immédiat.	24
Figure 3.1 : Processus de recrutement des participantes.	36
Figure 3.2 : Temps de réaction pour chaque condition de la tâche de Stroop.	39
Figure 3.3 : Taux d'erreurs pour la tâche de Stroop.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Caractéristiques des participantes.	36
Tableau 3.2 : État de forme des participantes pré entraînement.....	37
Tableau 3.3 Reproductibilité des variables des capacités fonctionnelles pré-entraînement.....	37
Tableau 3.4: Description des variables des capacités fonctionnelles.	38
Tableau 3.5: Reproductibilité des variables de la tâche de Stroop pré-entraînement.	39
Tableau 3.6: Description des variables de la tâche de Stroop.	40
Tableau 3.7 : Coûts de l'interférence, d'alternance locale et d'alternance globale de la tâche de Stroop.	40
Tableau 3.8: Reproductibilité des variables de RNG pré-entraînement.	42
Tableau 3.9: Description des variables de RNG.....	42
Tableau 3.10: Reproductibilité des variables mécanistiques pré-entraînement.	43
Tableau 3.11: Description des variables mécanistiques.	43

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

6MWT: *6-minute walking test*

10MWT: *10-meter walking test*

10MWTn: *10-meter walking test vitesse spontanée*

10MWTm: *10-meter walking test vitesse maximale*

ACSM: *American College of Sports Medicine*

BDNF: *Brain-derived neurotrophic factor*

CRIUGM: Centre de recherche de l'Institut universitaire de Gériatrie de Montréal

DTI: *Diffusion tensor imaging*

ELISA: *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*

F: Femme

FC: Fréquence cardiaque

FC max: Fréquence cardiaque maximale

GH: *Growth hormone*

H: Homme

IASTA-Y: Inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété (forme Y)

IGF-1: *Insulin-like growth factor 1*

IRM: Imagerie par résonance magnétique

MMSE: *Mini-Mental State Examination*

MoCA: *Montreal Cognitive Assessment*

MRG: *Mean repetition gap*

POMS: *Profile of moods state*

R: Redondance

RM: Répétition maximale

RNG: *Random number generation*

RPE: *Rate of perceived exertion* (Échelle de perception de l'effort)

STAI-Y: State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)

SNC: Système nerveux central

TPI: *Turning point index*

TR: Temps de réaction

TUG: *Timed up and go*

TUGn: *Timed up and go* vitesse spontanée

TUGm: *Timed up and go* vitesse maximale

$\dot{V}O_2$ max: Volume maximal d'oxygène

$\dot{V}O_2$ pic : Volume pic d'oxygène

RÉSUMÉ

La santé de la population vieillissante est un sujet d'une grande importance qui implique des études dans divers domaines. En effet, cette population subit des changements sur le plan physique, mental et cognitif qui affectent leur autonomie et qualité de vie. Une intervention reconnue pour améliorer la cognition des aînés est l'exercice. Parmi les modalités efficaces à long terme figurent l'entraînement en résistance, aérobic, combiné (force et aérobic) et des habiletés motrices. Les deux dernières se distinguent par leurs bienfaits supérieurs sur la cognition comparativement aux entraînements en résistance ou aérobic seuls. Concernant les effets immédiats, les recherches sont moins abondantes, surtout pour l'entraînement combiné et des habiletés motrices. Il existe toutefois des indications qu'un entraînement de haute intensité, comme en résistance ou en aérobic, peut causer une fatigue immédiate, nuisant aux capacités fonctionnelles des aînés. Ce facteur doit donc être considéré pour optimiser les entraînements sans compromettre leur mobilité à court terme. Par ailleurs, les mécanismes sous-jacents de ces effets demeurent peu explorés. Ainsi, les objectifs principaux de ce projet sont 1) de vérifier si deux modalités d'entraînement (habiletés motrices et combiné force + aérobic) mènent à une amélioration de la cognition immédiate et 2) d'explorer les mécanismes sous-jacents potentiels de cette amélioration s'il y a lieu. Pour répondre à la question principale, 18 participantes (72.06 ± 4.65 ans) ont été recrutées pour une séance de familiarisation et deux séances expérimentales : un entraînement combiné et un entraînement des habiletés motrices. Avant et après chaque séance, les participantes ont effectué des prises de sang (*Brain-derived neurotrophic factor* (BDNF), *Insulin-like growth factor 1*, cortisol), des questionnaires (Profile of moods state, *State-Trait anxiety Inventory* forme Y), des tests cognitifs (*Random Number Generation*, tâche de Stroop) et des évaluations physiques (*10-meter walking test*, *timed up and go*). Les résultats montrent une amélioration des fonctions exécutives, mais aussi une fatigue physique impactant la vitesse de marche maximale. Une amélioration du BDNF a été identifiée comme un mécanisme sous-jacent potentiel, bien qu'il ne soit pas corrélé aux performances cognitives. Des études supplémentaires sont nécessaires pour compléter la littérature à ce sujet et ainsi permettre d'optimiser la prescription d'entraînement aux aînés.

Mots clés : Cognition, effets immédiats, aînés, entraînement combiné, entraînement des habiletés motrices

INTRODUCTION

Selon le l'Organisation Mondiale de la Santé, la population mondiale vieillit plus rapidement que jamais. En 2015, 12% de la population était âgée de 60 ans et plus et on prévoit que ce chiffre montera à 22% en 2050 (WHO, 2024). Au Québec, particulièrement, la population âgée de 65 ans et plus est passée de 7% en 1971 à 20% en 2021 (ISQ, 2021). Ces constats renforcent le besoin déjà existant de porter une attention particulière à l'étude de la santé des aînés. Cette population a souvent des défis concernant la santé physique, la santé mentale et surtout la santé cognitive, qui nuisent à leur autonomie et qualité de vie. Dans les études qui portent une attention sur ces enjeux, le domaine de l'activité physique s'intéresse particulièrement à l'impact de l'entraînement sur la santé des aînés. Les connaissances actuelles démontrent que l'activité physique est une intervention très importante pour ralentir le déclin cognitif, en plus de maintenir une santé physique et mentale. Les avancées scientifiques dans ce domaine sont d'une importance marquante pour favoriser l'autonomie, promouvoir le bien-être et pour alléger les systèmes de santé engorgés.

Ce mémoire portera sur un sujet sous-étudié dans ce domaine : l'effet immédiat de l'exercice sur la cognition des aînés et ses mécanismes. Les constats actuels portent sur deux types d'entraînement seulement et les mécanismes sous-jacents des effets de l'entraînement sont à peine étudiés chez les aînés. D'enrichir les connaissances de ce domaine sera une contribution importante pour optimiser la prescription de l'entraînement chez cette population.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Changements avec le vieillissement

Le vieillissement est un phénomène naturel de la vie qui apporte un grand nombre de changements chez l'individu qui le vit. Parmi ces changements, on peut retrouver des changements au niveau physique, physiologique, social, psychologique et cognitif. Ce dernier sera d'une importance particulière dans le cadre de ce mémoire. Un des changements cognitifs le plus connu est le déclin cognitif. Ce déclin est lié à plusieurs autres changements qu'on observe lors du vieillissement. Ainsi, les trois types de changements qui seront abordés sont biophysiologicals, cognitifs et physiques. À titre indicatif, cliniquement, on caractérise une personne âgée lorsque qu'elle a 65 ans et plus (Lohr, 1990).

1.1.1 Changements biophysiologicals

Les changements physiologiques lors du vieillissement sont nombreux, mais on s'intéressera aux changements liés à la cognition et aux capacités physiques. Parmi ceux-ci, il y a une diminution de l'*Insulin-like growth factor 1* (IGF-1), une diminution du *Brain-derived neurotrophic factor* (BDNF) et un changement du cortisol qui contribuent à influencer un ensemble d'aspects du corps humain.

1.1.1.1 IGF-1

Un des changements qui survient lors du vieillissement est une réduction du taux d'IGF-1 (Bando et al., 1991). L'IGF-1 est un facteur neurotrophe qui peut être exprimé de façon autocrine ou paracrine. Il est sécrété par le foie lorsqu'il y a une surexpression de *Growth Hormone* (GH) dans le plasma (Ashpole et al., 2015). Il peut aussi être produit localement par les muscles ou par le cerveau (Ashpole et al., 2015). À la suite de l'entraînement en résistance, le muscle surexprime l'IGF-1 et ainsi, favorise une prise de masse musculaire (Morton et al., 2018). La présence d'IGF-1 dans le cerveau influence la structure du cerveau et la cognition (Sonntag et al., 2005). L'IGF-1 plasmatique peut entrer dans le cerveau et être utilisé (Reinhardt & Bondy, 1994).

Le GH, qui régule l'expression de l'IGF-1 plasmatique, diminue avec l'âge et cela cause une diminution de l'IGF-1 (Bando et al., 1991). Il a été démontré que le taux d'IGF-1 plasmatique est associé aux fonctions exécutives chez les aînés, notamment à la vitesse de traitement (Aleman et al., 1999). Une étude suggère qu'un taux d'IGF-1 plasmatique plus bas que 9.4 mmol/l est associé avec une vitesse de traitement plus

basse (Dik et al., 2003). Selon des auteurs, un taux plus élevé d'IGF-1 plasmatique serait associé avec un déclin cognitif moins grand (Kalmijn et al., 2000). Plusieurs études démontrent un changement structurel dans le système nerveux central (SNC) chez des souris ayant moins d'IGF-1. Par exemple, une étude a démontré que la longueur et la densité des dendrites spinaux sont diminuées chez des souris qui ont été génétiquement modifiées pour avoir une expression d'IGF-1 qui est significativement plus basse que la normale (Cheng et al., 2003). Une autre étude chez des souris qui ont moins d'IGF-1 a démontré que le nombre de synapses GABAergiques et glutamatergiques dans l'hippocampe est diminué (Trejo et al., 2007). L'IGF-1 influence donc les structures musculaires et nerveuses du corps. Sa diminution, qui arrive naturellement avec le vieillissement, est associée à un déclin cognitif.

1.1.1.2 BDNF

Un autre changement biophysique associé au vieillissement est la réduction du taux d'un autre facteur neurotrophe, le BDNF (Lommatzsch et al., 2005). Cette protéine est majoritairement produite dans le SNC, mais peut aussi être produite par d'autres cellules, notamment les fibres musculaires (Brigadski & Leßmann, 2020). Plusieurs études démontrent que le BDNF plasmatique peut entrer dans le cerveau en traversant la barrière hématoencéphalique (Brigadski & Leßmann, 2020; Pan et al., 1998). Lorsque présent dans le SNC, le BDNF est essentiel pour la mémoire et l'apprentissage et influence la neuroplasticité (Bekinschtein et al., 2014; Lommatzsch et al., 2005). Ainsi, le taux de BDNF plasmatique est associé à la cognition (Klein et al., 2011).

Il a été démontré que le taux de BDNF plasmatique varie selon le niveau de déficience cognitive de la personne âgée (Siuda et al., 2017). Cette étude a démontré que le taux de BDNF plasmatique était le plus bas pour les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer en comparaison aux personnes qui présentent une légère déficience cognitive et aux personnes non-atteintes d'une déficience cognitive. Une autre étude a démontré qu'un taux élevé de BDNF dans le cerveau était associé avec un ralentissement du déclin cognitif (Buchman et al., 2016). Comme l'IGF-1, le BDNF influence aussi la masse musculaire, la plasticité cérébrale et donc la cognition des aînés (Molinari et al., 2020; Susanto & Kusuma, 2024).

1.1.1.3 Cortisol

Un autre changement associé au vieillissement est l'effet du taux de cortisol sur l'organisme. Cette hormone-stéroïde est sécrétée par le cortex surrénal et dirigée vers le plasma lors d'une réaction de stress (Law & Clow, 2020). Cette hormone joue un rôle dans plusieurs mécanismes essentiels du corps humain,

tels qu'une influence sur les voies de production d'énergie, la régulation du cycle circadien et l'activité cérébrale (Levine et al., 2007). Ses effets dépendent du moment de sécrétion, de la quantité d'hormones secrétées et de la durée de la sécrétion (Law & Clow, 2020). C'est l'hypothalamus qui régule, à la base, la sécrétion de l'hormone. Les femmes ont un taux de cortisol plus élevé que les hommes, peu importe le groupe d'âge étudié (Heuser et al., 1994). Lorsque la sécrétion de cette hormone est trop élevée pour une période prolongée, elle peut causer plusieurs problèmes de santé, tels que le diabète, l'hypertension et les maladies neurodégénératives (Brindley & Rolland, 1989). Les effets du cortisol sur la cognition seront plus élaborés dans le cadre de ce mémoire.

Les personnes âgées ont en moyenne un plus haut taux de cortisol que les jeunes adultes (Heuser et al., 1994). Toutefois, une étude longitudinale a démontré que les personnes âgées peuvent avoir une concentration de cortisol élevé, normal ou bas (Lupien et al., 1996). Selon cette étude, un taux de cortisol de 12.5 µg/dl/h est considéré élevé pour les personnes âgées. Pour les personnes âgées ayant un taux de cortisol bas, on rapportait des performances cognitives similaires à un groupe de jeunes adultes (Lupien et al., 1996). Cette même étude a aussi démontré que le cortisol libre et total dans le plasma sont corrélés et donc que le taux de cortisol du plasma est représentatif du taux de cortisol libre. Dans une tâche qui mesurait la mémoire de rappel, les personnes âgées qui avaient un plus haut taux de cortisol performaient moins bien que des personnes âgées avec un taux normal ou bas de cortisol (Lupien et al., 1998). Cependant, la mémoire immédiate ne semblait pas affectée. Les personnes âgées ayant plus de cortisol avaient aussi un hippocampe plus petit que ceux qui avaient un taux de cortisol normal ou bas (Lupien et al., 1998). L'hippocampe est une partie du système nerveux central (SNC) qui est importante dans les tâches cognitives impliquant la mémoire. Un haut taux de cortisol qui est prolongé dans le temps peut donc affecter la cognition des aînés de façon négative. Les femmes subissent un plus grand effet de l'âge sur la réponse au stress du cortisol que les hommes (Otte et al., 2005).

1.1.2 Changements cognitifs

Une multitude de causes sont identifiées pour expliquer pourquoi la cognition décline avec l'âge. Ces causes peuvent être regroupées au niveau intracellulaire (par exemple, les changements métaboliques), intercellulaire (par exemple, un déséquilibre de neurotransmetteurs) et macrostructurel (par exemple, la diminution du volume cortical) (Turrini et al., 2023). Parmi les fonctions cognitives d'intérêt, notons particulièrement les fonctions exécutives dont il sera question dans la section suivante. Ces fonctions ont tendance à commencer à décliner plus tôt dans la vie que d'autres fonctions cognitives (autour de 50 ans),

en plus d'être importantes pour le fonctionnement au quotidien (Corbo & Casagrande, 2022; Turrini et al., 2023).

1.1.2.1 Fonctions exécutives

Un des changements cognitifs avec l'avancement en âge est la diminution de la capacité des fonctions exécutives (Zelazo et al., 2004). Les fonctions exécutives sont des processus mentaux complexes qui nous aident à adapter nos comportements selon notre environnement (Corbo & Casagrande, 2022). Il y a des sous-composantes aux fonctions exécutives, soit l'inhibition et l'attention sélective, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive (Diamond, 2013). L'inhibition et l'attention sélective servent à contrôler les réponses automatiques qui nuisent à notre disponibilité à considérer les informations pertinentes et rejeter les informations non-pertinentes en fonction du contexte. La mémoire de travail est la capacité à retenir des informations liées à une situation et de réfléchir activement à des solutions en considérant les informations pertinentes. La flexibilité cognitive est la capacité à alterner d'une tâche à l'autre. Plusieurs structures cérébrales sont impliquées dans les fonctions exécutives (Corbo & Casagrande, 2022).

Des études ont démontré que les aînés auraient une capacité d'inhibition diminuée comparativement à des jeunes adultes (Hedden & Park, 2001; Houx et al., 1993). Ces dernières études et une revue concluent que cette capacité diminuée d'inhibition nuit à la mémoire de travail, car il y a des informations impertinentes qui sont retenues (Hasher & Zacks, 1988). Une autre étude démontre que la capacité diminuée d'inhibition exerce aussi une influence négative sur la flexibilité cognitive puisque des informations non-importantes sont utilisées dans la prise de perspective (Giller & Beste, 2019). Une étude longitudinale a évalué les fonctions exécutives chez des adultes et des aînés et démontre qu'il y a une diminution dans les capacités des fonctions exécutives avec l'âge et que ces changements peuvent être expliqués en partie par des changements structuraux dans le SNC (Fjell et al., 2017).

1.1.2.2 Changements structuraux du SNC

Ainsi, la diminution des fonctions exécutives serait liée à une diminution dans la connectivité entre les structures cérébrales impliquées (Fjell et al., 2017). La vitesse de traitement est un indicateur de l'efficacité de cette connectivité. Les chercheurs de cette étude ont fait de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) chez les participants qui complétaient des tâches de Stroop et ont remarqué moins de communications entre les structures impliquées dans cette tâche chez les aînés comparés aux jeunes adultes. Une autre étude a démontré une diminution du volume cérébrale total avec l'âge et

particulièrement dans le lobe temporal et l'hippocampe (Scahill et al., 2003). Dans des populations âgées, les personnes ayant une légère déficience cognitive ont un volume cérébral encore plus petit que celles sans déficience cognitive (Driscoll et al., 2009). Une autre étude a démontré qu'un taux de diminution du volume cérébral, particulièrement dans le lobe temporal et l'hippocampe, est associé à plus de risques de développer la maladie de l'Alzheimer (Erten-Lyons et al., 2006). Une autre étude a utilisé une technique de résonance magnétique (*diffusion tensor imaging* ou DTI) chez les aînés afin de mesurer l'intégrité du volume cérébrale de différentes régions du SNC (Kennedy & Raz, 2009). Les auteurs ont démontré qu'une perte de volume cérébral dans la partie antérieure du SNC est associée avec une diminution de vitesse de traitement et de mémoire de travail, alors qu'une perte de volume cérébral dans la partie postérieure du SNC est associée à une diminution des performances dans des tâches sollicitant l'inhibition et l'alternance.

1.1.3 Changements physiques

Mis à part les changements structuraux du SNC, d'autres structures dans le corps humain ont la capacité d'influencer la cognition. Notamment, il faut souligner une diminution de la masse musculaire, de la force musculaire et de la capacité cardiovasculaire qui survient lors du vieillissement.

1.1.3.1 Sarcopénie

Le vieillissement apporte un changement important qui est la sarcopénie. La sarcopénie est définie comme étant la dégradation de la masse musculaire en raison de plusieurs mécanismes qui sont davantage présents dans le vieillissement (Fielding et al., 2011). En moyenne, le volume musculaire diminue de 40% entre l'âge de 20 ans et 80 ans (Lexell et al., 1988). Il y a donc une accélération dans la perte de volume musculaire avec l'âge. Parmi une multitude d'indicateurs cliniques de sarcopénie, il y a une vitesse de marche inférieure à 1 m.s^{-1} (Cruz-Jentoft et al., 2019; Fielding et al., 2011; Schrack et al., 2012).

Plusieurs études démontrent une association entre la sarcopénie et le déclin de la cognition (Chang et al., 2016; Cipolli et al., 2019; Sui et al., 2020). Concernant la sarcopénie, une étude a observé 8279 aînés (48% femmes) sur trois ans et les auteurs ont pu démontrer qu'un pourcentage bas de masse musculaire est associé à un déclin cognitif plus rapide, spécifiquement relié aux fonctions exécutives et à la vitesse psychomotrice (Tessier et al., 2022). Une autre étude a démontré qu'après 4 ans, les hommes ayant un pourcentage de masse musculaire bas avaient un déclin cognitif plus rapide. Toutefois, ce phénomène n'a pas été décrit chez les femmes (Uchida et al., 2023). Une autre étude a démontré que des moins bonnes fonctions cognitives étaient associées à moins de masse musculaire et moins de force musculaire chez les

âînés (Van Dam et al., 2018). Une étude rapporte une corrélation positive entre le volume de certaines zones du SNC et la masse musculaire à certaines régions du corps (Li et al., 2024). En général, le maintien ou l'augmentation de la masse musculaire globale, la masse musculaire des membres supérieurs et la masse musculaire des membres inférieurs sont importants pour ralentir le déclin de volume cérébral.

1.1.3.2 Dynapénie

Quant à la dynapénie, c'est la perte de la force musculaire qui survient lors du vieillissement. Ce phénomène est associé à plusieurs aspects et à des mécanismes différents de ceux associés à la perte de masse musculaire. Ainsi, elle diffère de la sarcopénie (Manini & Clark, 2012). De façon similaire au volume musculaire, la perte de force musculaire s'accélère aussi avec l'âge (Forrest et al., 2005). Plus spécifiquement, la force de préhension diminue de 2% par année pour les hommes entre l'âge de 51 et 60 ans et de 3.4% pour les hommes de 70 ans et plus (Forrest et al., 2005).

Concernant la dynapénie, une étude a démontré que des personnes âgées ayant une meilleure performance cognitive au Mini-Mental State Examination (MMSE) avaient une meilleure force de préhension (Taekema et al., 2012). Un deuxième temps de mesure 4 ans plus tard a permis aux chercheurs de démontrer que les performances cognitives permettaient de prédire la force de préhension. Toutefois, la force de préhension ne permettait pas de prédire les performances cognitives. D'autres chercheurs ont aussi étudié la force de préhension et pouvaient associer une haute force de préhension avec des performances cognitives élevées chez des âînés avec ou sans diagnostic de dépression (Firth et al., 2018). Une autre étude ayant évalué la force des membres inférieurs a conclu que les âînés avaient 34% moins de risques d'avoir un bas niveau de fonctions cognitives quand ils avaient une bonne force des membres inférieurs (Frith & Loprinzi, 2018). Une autre étude a démontré l'effet favorable d'une bonne force globale chez les âînés sur les risques de développer la maladie de l'Alzheimer (Boyle et al., 2009). En effet, ces auteurs ont démontré que les risques de développer la maladie de l'Alzheimer pouvaient diminuer de 43% dans le contexte d'une force musculaire plus élevée. Une étude a lié la force musculaire, le taux d'IGF-1 et les performances cognitives chez les âînés (Gökçe et al., 2024). En effet, la force musculaire des membres inférieurs et le taux d'IGF-1 plasmatique sont des médiateurs quant à la relation entre le vieillissement et les performances cognitives. Plus l'individu a de la force musculaire et d'IGF-1 plasmatique, meilleures sont les performances cognitives de l'individu et vice versa. À noter que la puissance musculaire est aussi diminuée lors du vieillissement et, selon les auteurs, cette diminution serait un indicateur plus important

des capacités fonctionnelles des aînés que la diminution de la force musculaire (Reid & Fielding, 2012). Plus de recherches, particulièrement en lien avec les performances cognitives, sont nécessaires à ce sujet.

1.1.3.3 Capacité cardiovasculaire

La santé cardiovasculaire est aussi affectée lors du vieillissement. Un des indicateurs importants de la santé cardiovasculaire est mesurée par le volume maximal d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) (Ross et al., 2016), qui se définit comme étant la consommation maximale d'oxygène, c'est-à-dire, la capacité à transporter et utiliser l'oxygène lors d'un effort maximal (Hill & Lupton, 1923). Selon plusieurs études, le $\dot{V}O_2$ max, diminue de 10% par décennie lors du vieillissement (Barnard, 1979; Hawkins & Wiswell, 2003; Robinson, 1938).

Une étude a pu lier la santé cardiovasculaire au coût de l'interférence, une sous-composante des fonctions exécutives (Predovan et al., 2021). Une autre étude a démontré que le $\dot{V}O_2$ max diminue avec l'âge et que, chez les aînés, une meilleure vitesse de réponse à la tâche de Stroop était associée avec un plus haut $\dot{V}O_2$ max (Gauthier et al., 2015). Les auteurs ont aussi observé que la santé cardiovasculaire est associée à plus d'activation cérébrale lors de l'exécution d'une tâche Stroop. La santé cardiovasculaire auto-rapportée par le questionnaire de l'American Heart Association a aussi été associée au déclin cognitif. Ainsi, des valeurs élevées de santé cardiovasculaire auto-rapportée ont été reliées à des risques plus faibles de développer la maladie d'Alzheimer (Samieri et al., 2018). Un mécanisme proposé dans la littérature est qu'un meilleur $\dot{V}O_2$ max est associé à plus d'oxygénation cérébrale ce qui contribuerait à de meilleurs performances cognitives (Albinet et al., 2014).

1.2 Capacités fonctionnelles

Tous les changements nommés dans les sections 1.1.2 (cognitifs) et 1.1.3 (physiques) mènent à une conséquence chez l'aîné: une diminution des capacités fonctionnelles. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, les capacités fonctionnelles chez la personne âgée sont les capacités de faire ce qui a besoin d'être fait et ce qui est important pour la personne (WHO, 2020). La vitesse de marche, un indicateur important des capacités fonctionnelles, tend à décliner avec l'âge, en partie expliquée par une augmentation du coût énergétique de la marche (Schrack et al., 2012). De plus, plusieurs études lient la diminution des capacités fonctionnelles à une diminution des performances cognitives. Une étude a démontré une corrélation entre des performances élevées en flexibilité cognitive et un niveau élevé de performance physique chez des personnes âgées (Berryman et al., 2013). Une méta-analyse démontre que plus la diminution de la vitesse de marche est importante, plus la sévérité du déclin cognitif est

importante (Peel et al., 2019). Une autre étude démontre que le déclin de la vitesse de marche a permis de prédire le déclin cognitif, mais que le déclin cognitif a seulement permis de prédire le déclin de la vitesse de marche à court terme (Best et al., 2016). Cependant, selon Johnson et collègues, le déclin des fonctions exécutives, plus précisément, peut prédire le déclin des activités fonctionnelles quotidiennes (Johnson et al., 2007). Il semblerait que la relation entre les performances physiques et les performances cognitives est bidirectionnelle (Best et al., 2016; Peel et al., 2019).

Selon Avila-Funes et collègues, des performances cognitives affaiblies et un niveau d'activité physique bas contribuent principalement à une perte des capacités fonctionnelles (Ávila-Funes et al., 2011). L'activité physique peut contribuer à ralentir le déclin de la masse musculaire, la force musculaire, la santé cardiovasculaire ainsi que la santé cognitive qui surviennent lors du vieillissement (Tak et al., 2013).

1.3 L'effet de l'activité physique et de l'exercice

L'activité physique et l'exercice peuvent contribuer à ralentir le déclin cognitif lié au vieillissement en agissant sur la condition physique (Tyndall et al., 2018). La différence entre l'activité physique et l'exercice est que l'activité physique représente toute activité qui nécessite une dépense énergétique au-delà de celle associée au repos, alors que l'exercice est une sous-catégorie de l'activité physique qui implique un entraînement structuré pour améliorer la condition physique (Dasso, 2019). Dans le cadre de cette revue de la littérature, la relation entre l'exercice et la cognition sera plus élaborée. Plusieurs types d'entraînements peuvent être intéressants pour induire des bénéfices chez la personne âgée. Dans les types d'entraînements les plus connus, il y a l'entraînement en résistance, l'entraînement de l'aptitude aérobie (capacité cardiovasculaire), l'entraînement combiné (résistance et aérobie) et l'entraînement des habiletés motrices.

1.3.1 Effets à long terme

Les effets de l'exercice à court et long terme chez la personne âgée ont été bien étudiés.

1.3.1.1 Effets sur la condition physique

L'exercice peut améliorer la force musculaire, la masse musculaire, la capacité cardiovasculaire et les capacités fonctionnelles selon la méthode d'entraînement. Une revue de la littérature a démontré qu'une

fréquence de deux entraînements par semaine peut amener des améliorations sur la condition physique chez les aînés et que plus de séances mènent à plus d'améliorations (Carrick-Ranson et al., 2022). Les directives canadiennes recommandent au moins 2 entraînements en résistance par semaine et 150 minutes d'entraînement à intensité modérée à élevée par semaine pour les aînés (Ross et al., 2020).

Une revue systématique de 16 études démontre les résultats d'un programme d'entraînement en résistance chez des personnes âgées (Lopez et al., 2018). Ainsi, des améliorations de la masse musculaire, de la force musculaire, de la vitesse de marche, de la performance au test *Timed-Up & Go* (TUG) et de l'incidence de chutes ont été rapportées à la suite d'interventions qui avaient une durée de 8 à 48 semaines. La plupart des études qui ont démontré une amélioration des capacités fonctionnelles telles que la vitesse de marche ou le TUG avaient des interventions d'une durée de 10 à 12 semaines. Les interventions en résistance combinées à des exercices d'équilibre semblaient aussi être plus bénéfiques que l'entraînement en résistance seul pour les améliorations des capacités fonctionnelles. Une revue de la littérature rapporte aussi que l'entraînement en résistance semble efficace pour ralentir la perte de masse musculaire, la force musculaire et la puissance musculaire chez les aînés âgés de 80 ans et plus (Carrick-Ranson et al., 2022). Cette étude démontre aussi qu'il peut y avoir un maintien des gains même après un arrêt d'entraînement allant jusqu'à 48 semaines si l'entraînement en résistance a été de haute intensité, mais peu d'études ont trouvé des résultats similaires dans la littérature scientifique (Bosquet et al., 2013; Carrick-Ranson et al., 2022). Une autre étude (n=87) a aussi démontré qu'un programme en résistance permettait des gains en vitesse de marche et en largeur de pas (Fahlman et al., 2011). Les auteurs ont démontré qu'une intervention de 9 à 16 semaines menait à des améliorations sur ces paramètres de la marche, mais que les gains en force pouvaient continuer à s'améliorer en continuant l'intervention au-delà de 16 semaines. Les auteurs recommandent des exercices ciblés pour avoir des gains en force ou en capacités fonctionnelles. Une revue de la littérature rapporte des effets positifs de l'entraînement en résistance sur la mobilité des aînés, surtout chez les individus qui ont moins de mobilité à la base (Brahms et al., 2021). La mobilité articulaire est un indicateur important d'une bonne condition physique (Anderson & Madigan, 2014). En effet, selon une étude, les limitations dans la mobilité de la hanche et des fléchisseurs plantaires du pied nuisent à la production de force et au patron de marche des aînés (Anderson & Madigan, 2014).

L'entraînement aérobique mène aussi à une amélioration de la condition physique chez les aînés. Une revue systématique de 53 études a répertorié les effets de l'entraînement aérobique sur la condition physique des

âînés (Bouaziz et al., 2017). Selon les auteurs, plusieurs études rapportent une amélioration du volume d'oxygène pic ($\dot{V}O_2$ pic) à la suite d'interventions de 6 à 24 semaines. Selon cette même revue systématique, plusieurs études démontraient aussi une augmentation de la force musculaire des membres travaillés. Selon une revue narrative, plusieurs études démontrent des améliorations de la capacité cardiovasculaire à la suite d'un entraînement aérobie qui varient de 6% à 46% dépendamment des paramètres de l'entraînement chez des âînés de 70 ans et plus (Carrick-Ranson et al., 2022). Selon les auteurs, le plus tôt l'entraînement aérobie est intégré dans le mode de vie de l'individu, le mieux sa santé cardiovasculaire sera dans le contexte du vieillissement. L'entraînement aérobie a aussi amélioré les capacités fonctionnelles telles que la vitesse de marche, l'équilibre sur une jambe et le test TUG. Selon cette revue narrative, la plupart des études avaient une prescription d'entraînement aérobie qui respectait les recommandations en termes d'activité physique (150 minutes d'intensité modérée ou 75 minutes d'intensité vigoureuse par semaine). L'entraînement aérobie peut aussi contribuer au maintien et au développement de la mobilité chez les âînés (Brahms et al., 2021). L'entraînement aérobie a aussi l'effet de diminuer le coût énergétique de la marche chez les personnes âîgées (Pothier et al., 2021).

L'entraînement combiné affecte aussi la condition physique chez les âînés. Plusieurs méta-analyses ont pu démontrer que le $\dot{V}O_2$ pic s'améliore (effet modéré) à la suite d'une intervention en entraînement combiné comparativement à des personnes qui ne pratiquaient aucune activité physique (Hurst et al., 2019; Khalafi et al., 2022; Wu et al., 2024) (27, 49 et 37 articles respectivement). Ces méta-analyses ont pu démontrer une amélioration dans des tests de performances fonctionnelles tels que le *6-minute walking test* (6MWT), le TUG et le *30 second chair stand test*, toujours en comparaison à des personnes âîgées inactives. Une des méta-analyses a aussi noté une différence significative chez les groupes ayant fait un entraînement combiné dans le *timed up and go* (TUG) et la vitesse de marche maximale, en comparaison à un groupe contrôle (Wu et al., 2024). Une autre méta-analyse démontrait des améliorations de la force musculaire et de $\dot{V}O_2$ max similaires à des protocoles d'entraînements aérobies ou en résistance seuls (Khalafi et al., 2022). Une étude faite auprès de 55 hommes âîgés (67.5 ± 6.52 ans) a évalué l'effet de différentes modalités d'entraînements (aérobie seulement, résistance seulement et combiné aérobie et résistance) et a pu démontrer des améliorations dans la forme physique dans tous les types d'entraînements, mais plus d'améliorations sur la force et l'aptitude aérobie quand l'entraînement était de type combiné (Sbardelotto et al., 2019). L'entraînement combiné serait donc une option intéressante pour maximiser les bienfaits de l'activité physique sur la condition physique des âînés.

L'entraînement des habiletés motrices améliore certains aspects de la condition physique chez les aînés. Ce type d'entraînement comprend des exercices qui travaillent sur la coordination neuromusculaire, l'équilibre et l'agilité (Forte et al., 2013). L'entraînement des habiletés motrices peut améliorer la force et la flexibilité des aînés selon une revue systématique et une étude originale (Bouaziz et al., 2016; Kang et al., 2015) (27 articles pour la revue systématique). La revue systématique démontre aussi des améliorations des capacités fonctionnelles telles que le TUG, l'équilibre et le *10-meter walking test* (10MWT). Selon cette même revue systématique, certaines études démontrent une amélioration du $\dot{V}O_2$ pic chez les aînés ayant participé à une intervention d'entraînement des habiletés motrices (Bouaziz et al., 2016), mais d'autres études n'ont pas obtenu de résultats significatifs (Forte et al., 2013; Kang et al., 2015). L'entraînement des habiletés motrices peut aussi contribuer à diminuer le coût énergétique de la marche chez les aînés (Pothier et al., 2021). Une autre étude auprès de 90 aînés de 60 ans et plus a pu démontrer qu'un entraînement des habiletés motrices chez ceux atteints d'une légère déficience cognitive a mené à une amélioration dans les scores d'un test de performance physique (version modifiée du *Mini Physical Performance Test*) (Li et al., 2021). Il est démontré que l'entraînement des habiletés motrices semble être efficace pour réduire les risques de chutes et la peur associée aux risques de chutes (Bouaziz et al., 2016). La revue de littérature qui a démontré que l'entraînement améliore la mobilité a aussi observé que l'entraînement des habiletés motrices a un effet positif sur la mobilité des aînés (Brahms et al., 2021).

1.3.1.2 Effets sur la cognition

De façon générale, l'exercice peut induire des bénéfices pour les fonctions cognitives. Par exemple, une méta-analyse rapportait que l'entraînement en résistance a un effet positif sur les fonctions exécutives du groupe intervention comparé au groupe contrôle (Landrigan et al., 2020). La majorité des 21 articles analysés avaient une médiane d'âge des participants de 54 ans et les entraînements duraient de 4 à 96 semaines. Selon cette étude, des variables qui modèrent cette relation seraient la santé cognitive (les participants en déclin cognitif s'améliorent plus), la durée de l'intervention (quand l'intervention durait 16 semaines ou moins il y avait un plus grand effet) et le type de groupe contrôle (les études qui comparé le groupe intervention à un groupe contrôle actif avaient un plus grand effet). Une autre étude auprès de 43 aînés entre l'âge de 65 et 75 ans démontre des améliorations dans la capacité d'inhibition chez les participants ayant pratiqué un entraînement en résistance pendant 3 mois (Forte et al., 2013). Selon ces auteurs, l'entraînement en résistance aurait eu un effet indirect sur les fonctions exécutives en augmentant la force musculaire.

La revue de littérature systématique ayant observé les effets de l'entraînement aérobic chez les aînés a aussi répertorié des bénéfices sur la cognition (Bouaziz et al., 2017) (53 articles). Dans la plupart des études, il y avait une amélioration de la cognition dans des aspects tels que les fonctions exécutives et la mémoire. Une autre étude auprès de 41 aînés (66.23 ± 8.17 ans) démontre qu'une amélioration de la santé cardiovasculaire des participants à la suite d'une intervention en entraînement aérobic est associée à de meilleures performances des fonctions exécutives (Colcombe et al., 2004). Dans cette étude, la santé cardiovasculaire était aussi associée à une activation cérébrale plus élevée lors de l'exécution des tâches de fonctions exécutives. Une méta-analyse démontre qu'un entraînement aérobic sur le long terme, peu importe les paramètres, a un effet positif sur la cognition des aînés (Colcombe & Kramer, 2003) (18 articles). D'autres résultats démontrent une augmentation dans le volume de l'hippocampe à la suite de 6 mois d'entraînement aérobic et plus d'augmentation après 12 mois d'entraînement chez des hommes (H) et femmes (F) âgés (Erickson et al., 2012). Cette augmentation du volume de l'hippocampe était associée à une meilleure mémoire spatiale.

L'entraînement combiné a aussi un effet sur les fonctions cognitives. Une méta-analyse démontre que l'entraînement combiné est meilleur pour améliorer les fonctions cognitives des aînés en comparaison à un entraînement aérobic seul (Colcombe & Kramer, 2003). Une étude auprès de 64 aînés de 60 ans et plus a démontré des améliorations dans les fonctions exécutives, la mémoire épisodique et la vitesse de traitement chez ceux qui ont suivi un programme d'entraînement combiné de 4 semaines comparé à un groupe contrôle non-actif (Nouchi et al., 2014). Une autre étude auprès de 84 aînés (69.3 ± 3.5 ans) a comparé un entraînement aérobic, un entraînement en résistance et un entraînement combiné (Timmons et al., 2018). Les auteurs ont démontré qu'après 12 semaines d'intervention, les trois types d'entraînement ont mené à une amélioration des fonctions cognitives (test *Montreal Cognitive Assessment* ou MoCA).

Une autre étude auprès de 42 aînés de 65 à 75 ans démontre des améliorations dans la capacité d'inhibition et les capacités fonctionnelles chez les participants ayant pratiqué un entraînement des habiletés motrices pendant 3 mois (Forte et al., 2013). Selon ces auteurs, l'entraînement des habiletés motrices aurait un lien direct avec les fonctions exécutives. Une étude qui a testé l'effet d'un entraînement des habiletés motrices sur 90 personnes âgées de 60 ans et plus ayant une légère déficience cognitive a aussi démontré une amélioration dans les scores au MMSE et au MoCA (Li et al., 2021). Plusieurs autres études démontraient une amélioration de la cognition à la suite d'interventions similaires (Bouaziz et al.,

2016; Kim et al., 2017; Venegas-Sanabria et al., 2022). Une étude auprès de 50 aînés âgés entre 65 et 93 ans comparent l'entraînement des habiletés motrices à d'autres interventions (aérobie ou résistance) et démontrent une plus grande amélioration de la cognition des participants qui ont pratiqué l'entraînement des habiletés motrices (Suzuki et al., 2012). Une autre étude auprès de 47 aînés (70.7 ± 5.6 ans) a comparé un entraînement combiné (résistance+ aérobie) et un entraînement des habiletés motrices et des améliorations dans les fonctions exécutives (*Random number generation* ou RNG) ont été observées pour tous les groupes d'entraînement (Berryman et al., 2014). Il est démontré que les aînés qui ont de hautes performances cognitives sont aussi très performants dans les tests physiques, notamment pour les tests sur les habiletés motrices ($n=2262$) (Hermansen et al., 2024). Ainsi, l'entraînement des habiletés motrices pourrait être à prioriser pour ses effets sur la cognition des aînés.

1.3.1.3 Mécanismes expliquant ces effets à long terme

Les mécanismes pouvant expliquer ces effets sont complexes. Un modèle qui peut faciliter la compréhension des mécanismes impliqués dans ces changements est le modèle de Stillman (Stillman et al., 2016). Ainsi, l'activité physique peut contribuer à des changements à trois niveaux. Les changements au niveau moléculaire influencent les changements structuraux et ces derniers influencent les changements socio-comportementaux.

Un des changements moléculaires qui pourrait être intéressant serait une augmentation du taux d'IGF-1, dont la diminution lors du vieillissement est nuisible pour la cognition. L'entraînement en résistance contribue à augmenter le taux de IGF-1 plasmatique (Cassilhas et al., 2010; Cassilhas et al., 2007; de Souza Vale et al., 2009; Tsai et al., 2015). Dans une étude faite auprès de 48 hommes âgés (71.40 ± 3.79 ans), cette augmentation en IGF-1 était inversement corrélée avec le déclin cognitif (Tsai et al., 2015). Une méta-analyse a démontré qu'une intervention en entraînement en résistance d'au moins 16 semaines est nécessaire pour avoir une augmentation significative du taux d'IGF-1 périphérique (Landrigan et al., 2020) (21 articles). Dans une autre étude auprès de 12 femmes âgées (66.08 ± 3.37 ans), les effets de 12 semaines d'entraînement en résistance ont été comparés à un entraînement aérobie et à un groupe contrôle (de Souza Vale et al., 2009). Seul l'entraînement en résistance a mené à une augmentation de l'IGF-1. Une étude auprès de 20 participantes âgées entre 70 et 80 ans a démontré une augmentation de l'IGF-1 chez des femmes âgées qui ont suivi un entraînement combiné (résistance et aérobie) (Ha & Son, 2018). Une augmentation du taux d'IGF-1 serait donc plus liée à l'entraînement en résistance. L'effet de l'entraînement des habiletés motrices sur l'IGF-1 n'est pas bien étudié dans la littérature.

L'augmentation du BDNF est aussi un effet qui est pertinent au sujet, puisque ce facteur neurotrophe qui influence positivement la cognition est aussi diminué chez les aînés. Une étude auprès de 56 participants (68 ± 5 ans) a mesuré le taux de BDNF chez des hommes et des femmes âgées ayant fait un programme en résistance pendant 12 semaines. Ils ont observé que seuls les hommes ont une augmentation significative du BDNF après un entraînement en résistance de basse intensité avec un nombre élevé de répétitions (Forti et al., 2015). Une méta-analyse démontre que les hommes et les femmes peuvent avoir une augmentation du BDNF induit par l'entraînement, mais que l'effet est plus important pour les hommes (Titus et al., 2021) (17 articles). Une autre méta-analyse, cependant, a démontré qu'une intervention d'une durée de 6 à 12 semaines en entraînement en résistance et en entraînement combiné (résistance et aérobie) a mené à une augmentation du BDNF sanguin chez des aînés de différents profils (hommes et femmes), mais pas l'entraînement en aérobie seul (Marinus et al., 2019) (19 articles). Pourtant, une revue systématique démontre une augmentation du BDNF sanguin à la suite d'un entraînement aérobie ou d'un entraînement combiné (aérobie et résistance) d'intensité modérée dans des études avec des participants hommes et femmes (de Melo Coelho et al., 2013) (6 articles). Les paramètres de l'entraînement ont donc une importance pour induire un effet sur le BDNF mais la littérature ne permet pas de faire ressortir avec évidence les paramètres d'entraînement qui mènent à ces changements puisque les études ne sont pas encore très nombreuses. À priori, il semblerait que l'entraînement combiné mène souvent à une augmentation du BDNF chez les aînés. Une autre étude auprès de 34 participants entre l'âge de 60 et 85 ans démontre toutefois une augmentation du taux de BDNF chez les aînés (H et F) à la suite d'un entraînement des habiletés motrices de 8 semaines comparé à un entraînement combiné (Grégoire et al., 2019). L'entraînement a aussi mené à des améliorations dans les performances cognitives dans le test RNG des participants, mais ces améliorations n'étaient pas corrélées à leur augmentation du taux de BDNF. Une étude auprès de 112 participants âgés de plus de 70 ans sur l'effet de l'entraînement des habiletés motrices sur le BDNF chez les aînés (H et F) ne démontre aucune différence après l'intervention (Arrieta et al., 2020). Une autre étude auprès de 100 participants (79.5 ± 3.9 ans) sur l'entraînement des habiletés motrices démontre une amélioration du BDNF après 24 semaines d'intervention, mais les résultats ne sont pas statistiquement significatifs (Tarazona-Santabalbina et al., 2016). L'entraînement des habiletés motrices semble pouvoir mener à une augmentation du BDNF, mais d'autres études peuvent être nécessaires pour mettre en évidence les paramètres qui mènent à des résultats significatifs.

Finalement, le taux de cortisol est aussi un changement intéressant pour expliquer comment la pratique de l'activité physique sur le long terme contribue à améliorer la cognition. Selon Hill et al, les

entraînements d'intensité modérée à élevée peuvent contribuer à augmenter les taux de cortisol, alors qu'un entraînement à basse intensité mène à une diminution du taux de cortisol (Hill et al., 2008). Pourtant, plusieurs études ne voient pas ou peu de différence quant au niveau de cortisol chez les aînés à la suite d'un entraînement en résistance de courte durée (Beserra et al., 2018; De Nys et al., 2022; de Souza Vale et al., 2009). Une revue de la littérature démontre que l'entraînement en résistance peut diminuer le taux de cortisol durant l'entraînement (Corazza et al., 2014). Quant à l'entraînement aérobic, une étude auprès de 12 femmes âgées (66.08 ± 3.37 ans) ne démontre pas de différence dans le niveau de cortisol à la suite d'un entraînement aérobic chez les aînés (de Souza Vale et al., 2009). Une autre étude auprès de 30 participants (âgés entre 50 et 85 ans) démontre que le taux de cortisol diminue chez des aînés ayant une légère déficience cognitive la suite d'une intervention de 12 semaines et que cela mène à de meilleures performances cognitives (Alghadir et al., 2021). Une autre étude démontre une diminution du taux de cortisol chez 80 participants âgés de 65 à 95 ans avec des scores de dépression élevés à la suite d'un entraînement aérobic (Alghadir & Gabr, 2020). Une étude qui comparait l'entraînement aérobic, l'entraînement combiné et un groupe contrôle chez 30 hommes aînés a démontré que seul le groupe combiné a pu bénéficier d'une diminution du cortisol après 8 semaines d'intervention (Delshad & Talashan, 2020). Une étude similaire, mais auprès de 40 femmes âgées (60.34 ± 0.82 ans), n'a pas pu démontrer de différence post-entraînement ou entre les groupes (combiné, aérobic et contrôle) à la suite d'une intervention de 8 semaines (Bagheri et al., 2016). La littérature n'a pas beaucoup exploré l'effet de l'entraînement des habiletés motrices sur le taux de cortisol. Une revue de la littérature a démontré que les études ayant observé un effet positif de l'activité physique sur la cognition sont celles qui ont aussi observé une augmentation de l'IGF-1 (Stein et al., 2018) (7 articles). Un haut taux de cortisol pour des périodes prolongées, comme expliqué plus haut, affecte négativement la cognition chez les aînés et encore plus chez les aînés ayant une déficience cognitive.

De façon notable, plusieurs études ont démontré une meilleure augmentation du taux de BDNF et de diminution de cortisol chez des hommes que chez les femmes post-entraînement (Bagheri et al., 2016; Forti et al., 2015; Szuhany et al., 2015; Titus et al., 2021). De plus, comme mentionné dans la section sur le cortisol (1.1.1.3), le taux de cortisol est plus élevé chez les femmes comparé aux hommes, peu importe le groupe d'âge (Otte et al., 2005). Il semble donc y avoir des différences d'adaptation en fonction du sexe.

Dans les changements structuraux, on s'intéresse aux changements dans le SNC et des muscles. Il est connu que le IGF-1, le BDNF et le cortisol influencent ces structures tel qu'expliqué à la section 1.1.2. Des

taux élevés d'IGF-1 et de BDNF peuvent améliorer la condition physique en augmentant la masse musculaire via la synthèse de protéines (Ashpole et al., 2015; Susanto & Kusuma, 2024). Le BDNF peut aussi affecter positivement certaines structures du SNC. En effet, selon une étude auprès de 120 aînés qui a observé une augmentation du volume de l'hippocampe à la suite d'un entraînement aérobic, cette augmentation était associée à des taux de BDNF plus élevés post-entraînement (Erickson et al., 2011). Selon une revue systématique, l'augmentation du BDNF, qui serait lié à l'entraînement aérobic, contribue à la plasticité synaptique et au développement neuronal (Bouaziz et al., 2017).

Finalement, l'aspect socio-comportemental peut aussi influencer la relation entre l'activité physique et la cognition (Stillman et al., 2016). Une étude auprès de 385 aînés démontre que les symptômes dépressifs tendent à nuire à la vitesse de traitement et au fonctionnement moteur chez cette population (Baune et al., 2006). Une méta-analyse démontre que les aînés qui ont une légère déficience cognitive ont plus tendance à avoir des symptômes dépressifs ou anxieux (Yates et al., 2013). L'activité physique contribue aussi à améliorer l'humeur. Une revue méta-analytique a démontré que l'activité physique, de plusieurs types, semble améliorer l'humeur, mais surtout l'entraînement en résistance de basse à moyenne intensité (Arent et al., 2000). Une autre étude auprès de 62 aînés démontre que l'anxiété diminue et l'humeur s'améliore après un entraînement en résistance de 24 semaines chez des aînés comparés à un groupe contrôle (participants entre l'âge de 65 et 75 ans) (Cassilhas et al., 2010). Dans une autre étude auprès de 46 aînés (66.97 ± 4.80 ans), une intervention en entraînement aérobic a mené à des améliorations quant aux symptômes de dépression et d'anxiété chez des participants âgés (Antunes et al., 2005). Une méta-analyse a aussi démontré une diminution des symptômes d'anxiété après une intervention d'entraînement (différents types) (Kazeminia et al., 2020) (19 articles). Selon les auteurs de la revue systématique qui a étudié l'effet d'un entraînement aérobic sur la cognition, un des mécanismes qui explique cet effet positif est que l'entraînement aérobic a eu pour effet de diminuer l'anxiété et les symptômes de dépression (Bouaziz et al., 2017) (53 articles). Selon ces auteurs, les hormones secrétées (dopamine, sérotonine, oxycytocine et la norépinéphrine) combinées à un environnement positif et des interactions sociales agréables contribueraient à améliorer la cognition. Une autre étude a démontré que les aînés qui ont de hautes performances cognitives ont aussi un niveau élevé de performance dans les tests physiques et ont moins de symptômes dépressifs (Hermansen et al., 2024).

1.3.2 Effets immédiats

À long terme, l'exercice serait donc une intervention à prioriser pour améliorer la cognition chez les aînés. Cependant, l'exercice a également des effets immédiats sur les participants. Le type d'entraînement ainsi que les modalités d'entraînement influenceront ces effets immédiats.

1.3.2.1 Effets sur la cognition

Les auteurs d'une étude qui a vérifié l'effet d'un entraînement en résistance à vitesse de contraction basse et à vitesse de contraction élevée chez 10 femmes âgées de 60 ans et plus ont pu conclure que les deux types d'entraînements ont mené à une amélioration de la mémoire épisodique dans les 15 minutes suivant l'entraînement (Coelho-Júnior et al., 2021). L'entraînement à basse vitesse a été associé à des améliorations dans la mémoire épisodique jusqu'à 1 heure post-séance. Aucune différence significative n'a été observée pour le test de Stroop (sous-tâches d'inhibition et d'alternance) dans les deux temps de mesure pour les deux interventions.

Une autre étude auprès de 37 aînés de 60 ans et plus a observé l'effet immédiat d'un entraînement en résistance sur les performances cognitives dans le *2-Choice Reaction test*, le *Memory Search Task* et le *Mathematical Processing Test* (Vints et al., 2023). L'entraînement administré chez les participants était d'une intensité élevée (entre 90% et 100% du 1 répétition maximale ou RM). Cette étude a observé une amélioration post entraînement dans le temps de réaction et les performances dans le *Mathematical Processing Test* et une amélioration des performances dans le *2-Choice Reaction Test*.

Une revue systématique a répertorié 14 études sur 15 qui ont observé des effets immédiats positifs de l'entraînement aérobie sur la cognition des aînés de 60 ans et plus (McSween et al., 2019). Les activités pratiquées pouvaient être de la marche, de la danse, du cyclisme, de la natation, du tennis, etc. Parmi les effets positifs, les auteurs ont noté une augmentation dans la performance dans la tâche de Stroop pour les 6 études qui l'ont mesurée, mais pas pour les mêmes sous-tâches. Certaines études notaient une amélioration dans la vitesse de traitement seulement, l'interférence seulement, l'inhibition seulement et deux études ont observé des améliorations dans la vitesse de traitement et l'interférence. Ces deux dernières études ont aussi observé une meilleure amélioration post-séance de la tâche de Stroop chez les participants ayant un meilleur niveau de condition physique que chez les participants avec un moins haut niveau de condition physique. Deux études dans la revue systématique ont aussi répertorié une amélioration dans la fluence verbale post-entraînement. Deux autres études de la revue systématique ont

observé des améliorations dans l'inhibition avec le test de Flanker à la suite de l'entraînement d'intensité modérée ou plus élevée. La mémoire de travail a été améliorée post-entraînement dans deux études qui ont utilisé la tâche du *Digit Span*. La flexibilité cognitive mesurée grâce au test des usages alternatifs s'est améliorée post-entraînement dans une étude qui a rapporté que ces améliorations sont meilleures chez les participants qui ont un meilleur niveau de condition physique. Une autre étude a répertorié une amélioration dans les fonctions exécutives post-entraînement à travers une amélioration dans le test *Switching Time Reaction*. Finalement, une étude a noté une amélioration de la sensibilité audio-visuelle post-entraînement dans le test *Sound-Induced Flash Illusion*.

Une autre étude sortie après cette revue systématique a observé les effets d'un entraînement aérobic de 30 minutes et d'une séance de relaxation chez 49 aînés (entre l'âge de 65 et 75 ans) sur le test *n-back*, qui cible la mémoire de travail (Olivo et al., 2021). Dans les deux groupes, le taux de bonnes réponses a augmenté post-séance. Le groupe qui avait fait la séance de relaxation devait rester assis et écouter de la musique relaxante. Les auteurs pensent que la détente aurait pu aussi avoir un effet positif sur leur cognition, mais que c'est dans les mécanismes que des différences peuvent être retrouvées.

En résumé, il semblerait que différentes modalités d'entraînement mènent à une amélioration dans la cognition des aînés, mais que des différences se présentent quant aux fonctions ciblées. En plus, des études sur l'entraînement combiné et l'entraînement des habiletés motrices sont nécessaires pour compléter la littérature scientifique à ce sujet.

1.3.2.2 Mécanismes expliquant ces effets immédiats

Par ailleurs, les mécanismes expliquant les effets immédiats de l'entraînement chez les aînés sont aussi peu étudiés.

Au niveau moléculaire, une étude a observé l'effet d'un entraînement en résistance et un entraînement aérobic sur le taux du BDNF et IGF-1 sanguin chez 30 hommes âgés (Arazi et al., 2021). L'entraînement en résistance impliquait deux séries d'un circuit de 6 exercices effectués à 60-70% 1RM pour 10 répétitions. L'entraînement aérobic, lui, impliquait 30 minutes de course à 65-70% fréquence cardiaque maximale (FC max). À la suite des deux types d'entraînement, les taux de BDNF et d'IGF-1 ont augmenté de façon significative. Une étude similaire, mais auprès de 38 participants âgés (55 à 75 ans), a comparé deux types d'entraînements aérobic (badminton et cyclisme) à un groupe contrôle afin de déterminer les effets

immédiats sur le taux de BDNF et IGF-1 sanguin (Behrendt et al., 2021). Les deux types d'entraînement ont également mené à une augmentation de ces facteurs neurotrophes. Une étude a spécifiquement observé l'effet de trois intensités d'entraînement aérobique chez 8 jeunes adultes pour observer les différences dans l'augmentation du BDNF post-exercice (Reycraft et al., 2020). Dans cette étude, les participants du groupe contrôle n'ont pas eu de changement dans leur taux de BDNF post-intervention, alors que les trois groupes d'intervention ont eu une augmentation du BDNF post-séance. Plus l'intensité de l'entraînement était élevée, plus l'augmentation du taux de BDNF était grande. L'intensité de la séance a donc un effet sur l'augmentation du BDNF. Une autre méta-analyse qui a observé l'effet immédiat de l'entraînement en résistance et aérobique chez des jeunes adultes sur l'IGF-1 a aussi noté des effets positifs, mais avec des nuances (de Alcantara Borba et al., 2020) (21 articles). Dans les deux types d'interventions, il y a eu une augmentation de l'IGF-1 total, mais aucune différence dans l'IGF-1 libre. De plus, l'entraînement aérobique menait à une plus grande augmentation de l'IGF-1 que l'entraînement en résistance.

L'entraînement immédiat semble aussi avoir un effet positif sur le niveau de cortisol des aînés. Une étude a observé l'effet de trois intensités d'entraînement en résistance sur le niveau de cortisol du sérum chez 60 aînés (60 à 70 ans) (Taha & Mounir, 2019). Les intensités étaient basses (30% du 1 RM), modérées (50% du 1 RM) et élevées (80% du 1 RM). Le protocole d'entraînement était fait de six exercices et tous les participants avaient le même nombre de répétitions à faire et le même temps de repos. Les trois interventions ont mené à une diminution du taux de cortisol post-séance, mais la différence était plus grande pour les groupes ayant fait l'entraînement d'intensité basse ou modérée.

Au niveau structurel, l'entraînement peut avoir un effet immédiat sur les microstructures de l'hippocampe (Callow et al., 2021). Les 30 participants âgés (55 à 85 ans) ont passé des IRM et une IRM de diffusion avant et après un entraînement aérobique de 30 minutes (Échelle de perception de l'effort ou RPE de 15 sur 20) ou un repos assis. Il n'y avait pas de différence dans le volume de l'hippocampe après les deux conditions, mais il y avait une augmentation dans la diffusion moyenne de l'hippocampe et une diminution de l'anisotropie fractionnelle des participants qui se sont entraînés. Une augmentation de la diffusion moyenne indique plus de présence d'eau (ex : inflammation). Une diminution de l'anisotropie fractionnelle indique que les directions de diffusions dans l'hippocampe sont moins uniformes. Typiquement, une diffusion moyenne basse et une anisotropie fractionnelle élevée sont associés avec de meilleurs performances cognitives chez les aînés (Callow et al., 2021).

Au niveau socio-comportemental, il y a quelques articles sur les effets immédiats de l'exercice. Une étude auprès de 32 personnes âgées (66.3 ± 7.3 ans) a observé les changements de l'humeur à la suite d'un entraînement aérobie de 30 minutes avec une intensité de 15 sur 20 sur l'échelle de Borg ou un repos de 30 minutes assis (Alfini et al., 2020). À la suite de l'entraînement, les participantes avaient plus d'affects positifs et cet effet était meilleure chez les participantes qui avaient un sommeil plus dérangé (mesuré par une montre *ActiGraph*). Les chercheurs ont aussi fait des IRMs chez les participantes et ont pu déterminer qu'un médiateur du lien entre les sommeil et l'amélioration des affects positifs post-exercice est une diminution dans la connectivité fonctionnelle intrinsèque dans la voie cingulo-operculaire de l'hippocampe, une région qui a beaucoup de connectivité avec la dépression chez les jeunes adultes (Sheline et al., 2010).

Un autre article a étudié l'effet de l'entraînement immédiat sur l'humeur et l'anxiété-état chez des jeunes femmes atteintes d'une dépression majeure (Meyer et al., 2019). Les participantes devaient faire une prise de sang et remplir le *Profile of Mood State* (POMS) et le questionnaire de l'état-anxiété du *State Trait Anxiety Inventory* avant et après un entraînement aérobie soit à intensité modérée soit à intensité préférée. Les résultats de cette étude démontrent que l'entraînement à intensité modérée a mené à une diminution de leurs états émotionnels négatifs et de leur anxiété-état (Meyer et al., 2019).

1.3.2.3 Effets sur la condition physique

L'exercice peut également avoir un effet immédiat sur la condition physique de l'aîné, notamment sous forme de fatigue. Cette fatigue dépend de l'intensité de l'exercice pratiquée. En effet, une étude auprès de 31 hommes âgés (78.9 ± 7.2 ans) a démontré qu'un entraînement en résistance de haut volume a induit de la fatigue physique immédiatement suite à l'entraînement (Marques et al., 2019). Cette fatigue a diminué leurs performances au lancer du ballon et au saut en contre mouvement. L'entraînement en résistance de bas volume n'a pas induit de la fatigue post-séance, mais a induit une amélioration dans les performances au test de force de préhension.

Une autre étude auprès de 21 personnes âgées (71.2 ± 3.84 ans) a démontré une fatigue musculaire immédiate après une séance d'entraînement en résistance chez les aînés (Moore et al., 2005). Les participants (H et F, 71.2 ± 3.84) ne suivaient pas d'entraînement depuis les 6 mois avant leur participation à l'étude. Les participants étaient amenés à se tenir debout sur des plateformes de force pour mesurer les

oscillations de leur centre de masse avant et après une séance d'entraînement des membres inférieurs. À la suite de l'entraînement, le contrôle postural des participants était réduit.

Une autre étude auprès de 20 participants a démontré qu'un entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) a aussi induit de la fatigue chez les participants âgés (70 ± 4 ans) (Donath et al., 2015). Comparés au groupe contrôle auprès des jeunes adultes, les aînés qui ont fait l'intervention HIIT ont eu plus de débalancements posturaux immédiatement post-séance et plus d'activation musculaire (tibialis antérieur) jusqu'à 10 minutes post-séance au test de l'équilibre à une jambe avec les yeux ouverts. Des débalancements posturaux étaient aussi présents immédiatement post-séance et 10 minutes post-séance au test d'équilibre sur deux jambes à yeux fermés.

Une étude chez 25 femmes âgées (74.3 ± 2.8 ans) a vérifié l'effet de l'intensité d'un entraînement aérobic (Lemos et al., 2009). Les participantes devaient faire un entraînement aérobic de 20 minutes à 60% ou 80% de leur FC max et devaient ensuite faire un entraînement en résistance. Le RPE mesuré après la séance aérobic était plus grande pour le groupe qui a fait un entraînement aérobic à 80% de leur FC max. De plus, le nombre de répétitions effectuées lors de l'entraînement en résistance était moins grand pour le groupe qui a fait l'entraînement aérobic à 80% de leur FC max. De plus, pour le groupe aérobic d'intensité élevée, le RPE augmentait après chaque exercice de musculation (après les 3 séries). Ils concluent que 20 minutes d'entraînement aérobic à intensité élevée mènent à une fatigue qui nuit aux performances physiques immédiates. On peut par ailleurs se demander si l'entraînement en résistance qui suivait l'entraînement aérobic a accentué cette fatigue ou non.

Plusieurs études ont observé l'effet d'un entraînement en résistance ou aérobic sur la performance post-séance chez les aînés. Par contre, l'effet immédiat de l'entraînement combiné ou des habiletés motrices n'est pas exploré chez les aînés dans la littérature scientifique.

De façon importante, une revue systématique rapporte que la fatigue musculaire nuit au contrôle postural en diminuant la force maximale pouvant être produite et l'amplitude de mouvement momentanée chez les aînés (Papa et al., 2015). On peut conclure que si une fatigue est présente post-séance, il peut être sécuritaire d'avoir un retour au calme assez long pour que l'aîné retrouve ses capacités normales avant de quitter l'environnement d'entraînement.

1.4 Problématique

Le vieillissement est une période de vie caractérisée par plusieurs changements qui ont une influence néfaste sur la cognition des aînés. Parmi ces changements, il y a la diminution des facteurs neurotrophes, l'augmentation du taux de cortisol, la diminution de la condition physique et la diminution des capacités cognitives. Comme la condition physique est associée avec plusieurs de ces changements incluant la cognition, l'exercice semble avantageux pour apporter des bienfaits sur les capacités cognitives des aînés. Plusieurs types d'entraînement semblent être avantageux à long terme pour ralentir les changements énumérés et conserver les capacités fonctionnelles et cognitives des aînés. En effet, l'entraînement contribue à améliorer la cognition pouvant être regroupés en trois niveaux selon le modèle de Stillman : le niveau moléculaire, le niveau structurel et le niveau socio comportemental (Stillman et al., 2016). Parmi les améliorations au niveau moléculaire, l'entraînement permet d'augmenter les taux de BDNF et IGF-1 et de diminuer le taux de cortisol chez les aînés. L'entraînement permet aussi des améliorations structurelles du SNC. Finalement, l'entraînement à long terme peut aussi améliorer les états émotionnels et diminuer l'anxiété chez les aînés.

Des études commencent aussi à identifier des avantages de l'exercice sur la cognition des aînés immédiatement après la séance d'entraînement. Il y a des avantages similaires à ceux qui sont présents sur le long terme tels que l'augmentation du BDNF et de l'IGF-1, la diminution du cortisol, la diminution de l'anxiété et une amélioration des fonctions exécutives. Cependant, certains effets non-désirables semblent potentiellement présents immédiatement après l'entraînement. En effet, on observe une fatigue physique qui pourrait compromettre les capacités fonctionnelles. Des lacunes dans la littérature scientifique peuvent être notées à présent. Les effets immédiats de l'entraînement combiné et de l'entraînement des habiletés motrices sur la cognition et la condition physique des aînés sont peu étudiés jusqu'à maintenant. Les mécanismes immédiats sous-jacents sont aussi très peu explorés chez les aînés, peu importe le type d'entraînement. L'entraînement mène à des améliorations dans la cognition des aînés mais la sécurité est un enjeu important, il est alors nécessaire d'inclure des choix d'interventions pour les aînés dont on connaît bien les effets. Il serait donc important de clarifier les effets immédiats des types d'entraînements moins explorés, tels que l'entraînement combiné et l'entraînement des habiletés motrices. L'entraînement combiné semble être associé avec plus de bénéfices sur la condition physique et la cognition sur le long terme, mais pourrait potentiellement être d'une intensité élevée pour l'aîné et donc mener à une fatigue qui diminue les capacités fonctionnelles momentanément. Quant à l'entraînement des habiletés motrices, il pourrait influencer positivement la cognition des aînés et être

d'intensité moins élevée, mais l'efficacité de cette intervention est moins connue. Les mécanismes de ces effets doivent aussi être mieux explorés dans la littérature pour ces types d'entraînement. Comme les effets de l'entraînement sur les biomarqueurs des hommes et des femmes diffèrent, il serait pertinent d'étudier ces populations séparément. L'étude des effets immédiats de ces types d'entraînement chez les aînés permettrait de confirmer l'efficacité de ces interventions sur l'amélioration de la cognition, d'identifier les interventions qui peuvent compromettre les capacités fonctionnelles, d'explorer les mécanismes sous-jacents de cette relation et de comparer les deux types d'entraînements et leurs effets. Tous ces aspects seront essentiels pour optimiser la prescription de l'entraînement chez cette population.

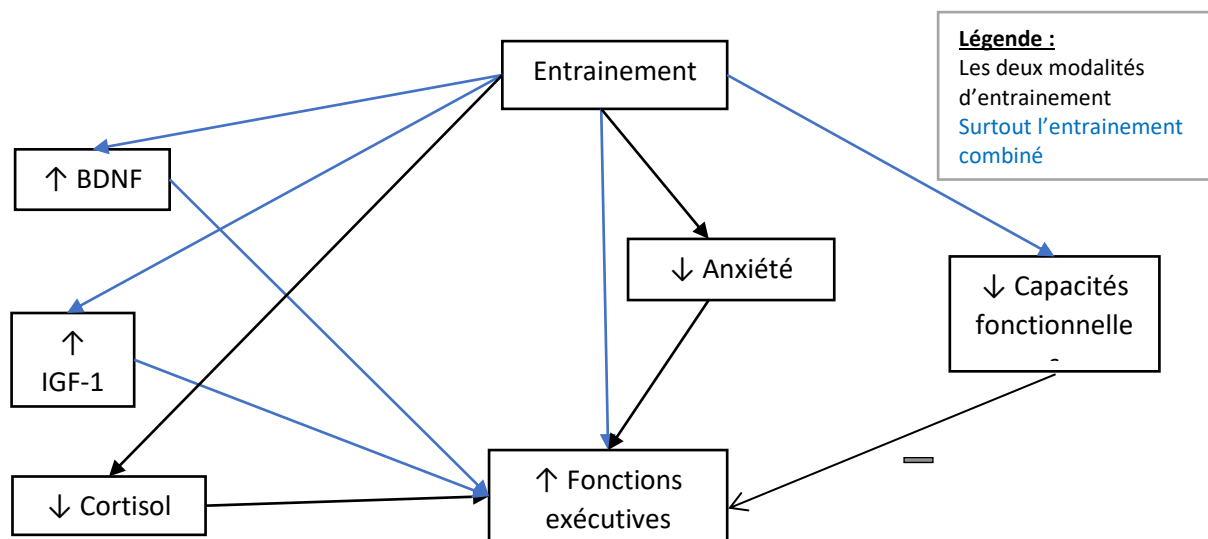


Figure 1.1 : Carte conceptuelle décrivant la relation entre les variables étudiées dans un entraînement immédiat.

1.5 Objectifs et hypothèses

Les objectifs et hypothèses ont été formulés en intégrant le modèle de Stillman (Stillman et al., 2016).

Le premier objectif de ce mémoire est de mieux comprendre les effets immédiats de deux modalités d'entraînement sur les fonctions exécutives et les capacités fonctionnelles chez des aînés. Ces deux modalités d'entraînements sont l'entraînement combiné (résistance et aérobie) et l'entraînement des habiletés motrices.

Les hypothèses sont illustrées à la figure 1.1. L'hypothèse associée au premier objectif est que les deux séances mèneront à une amélioration des fonctions exécutives, mais que l'entraînement combiné mènera à une plus grande amélioration si on s'appuie sur les connaissances des effets à long terme. De plus, les deux interventions devraient avoir une diminution des capacités fonctionnelles, mais cette diminution devrait être plus marquée après l'entraînement combiné.

Le deuxième objectif est d'explorer les mécanismes sous-jacents qui pourraient expliquer l'effet immédiat de l'exercice sur la cognition des aînés. Les variables à observer seront des biomarqueurs qui influencent la condition physique et la cognition (IGF-1, BDNF et cortisol). Des pistes psychologiques incluant l'anxiété seront aussi explorées.

L'hypothèse est que les deux séances mèneront à une augmentation du BDNF et de l'IGF-1, mais que la séance d'entraînement combiné mènera à une plus grande augmentation de ces biomarqueurs. De plus, les deux séances devraient mener à une diminution du cortisol post-séance, avec une plus grande diminution après la séance combinée. Ensuite, il est supposé que les deux séances d'entraînement contribueront à une diminution de l'anxiété sur le court terme (anxiété-état).

Le troisième objectif est d'observer si les changements mécanistiques, c'est-à-dire les trois biomarqueurs et l'anxiété sur le court terme, sont associés aux changements cognitifs observés.

L'hypothèse est que l'augmentation des facteurs neurotrophes, la diminution du cortisol et la diminution de l'anxiété sur le court terme seront liées à des améliorations de la cognition.

CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE

2.1 Devis expérimental

Le projet a été approuvé par le comité éthique de la recherche vieillissement neuroimagerie du Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM) (numéro d'approbation : CER VN 19-20-46). La collecte de données a été faite au CRIUGM. Le devis expérimental de cette étude est de type croisé. Compte tenu des adaptations spécifiques en fonction du sexe, il a été décidé de commencer avec une population féminine seulement, car les moyens financiers supportant cette étude ne permettent pas d'avoir assez des participants pour recruter les deux sexes. Chaque participante a fait deux séances, une pour chaque type d'intervention, mais la moitié des participantes ont commencé avec un type d'intervention et l'autre moitié avec l'autre type d'intervention. L'ordre des interventions a été déterminé de façon aléatoire pour chaque participante.

2.2 Sujets

Les sujets sont des femmes âgées de 65 ans et plus.

2.2.1 Critères d'inclusion

1. Femme
2. 65 ans ou plus

2.2.2 Critères d'exclusion

1. Trouble neurologique progressif
2. Problèmes médicaux instables (troubles cardiaques, palpitations, maladies cardiorespiratoires instables)
3. Contre-indications pour faire de l'activité physique
4. Problèmes cognitifs sévères (Score au MOCA inférieur à 24 ou vitesse de marche spontanée inférieure à 1m.s^{-1})
5. Limites perceptives majeures
6. Engagée dans un programme structuré d'activités physiques

2.2.3 Recrutement

Le projet a été fait au centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (CRIUGM). Le recrutement a été facilité par le centre de recherche, qui possède une banque de participants. Une liste de critères d'inclusion et d'exclusion a été envoyée à la gestionnaire de cette banque de recherche, qui

envoyait des listes de participants qui étaient éligibles au projet selon ces critères. Chaque liste contenait une vingtaine de participants potentiels et des informations de base (par exemple : sexe, âge, nombre d'années d'éducation, etc.) Une fois que ces participants ont été appelés, une nouvelle liste pouvait être obtenue. Chaque liste avait une date d'expiration, au bout duquel les participants ne pouvaient plus être contactés. Comme cette étude s'inscrivait dans le contexte d'une étude pilote subventionnée par le programme d'appui à des projets de recherche stratégiques et structurants du CRIUGM, le nombre total de participantes visées était de 20 afin de respecter les contraintes budgétaires.

2.3 Interventions

Les participantes ont été amenées à venir au centre de recherche pour un total de trois séances. La première séance était la séance de familiarisation. Ensuite, la participante a eu deux séances expérimentales où deux interventions différentes ont été testées chez chacune des participantes, soit un entraînement des habiletés motrices et un entraînement combiné en force et en aptitude aérobie. Les interventions étaient d'une durée de 60 minutes et ont été effectuées avec l'accompagnement d'une kinésiologue.

2.3.1 Séance de familiarisation

La séance de familiarisation était à la fois pour compléter le test MoCA et pour se familiariser avec les tests cognitifs et physiques. La séance était d'une durée de 60 à 75 minutes. La séance a commencé avec la signature du formulaire de consentement (*Voir Annexe A*). Ensuite, le test MoCA a été effectué. À la suite de cela, la fréquence cardiaque (FC) au repos a été prise pour estimer la FC de réserve.

Ensuite, la participante a été amenée à la salle d'entraînement pour faire un échauffement de marche sur tapis roulant. L'échauffement a été effectué avec la surveillance d'une kinésiologue qui a posé des questions sur le niveau de difficulté perçu de l'échauffement et sur la sensation de chaleur de la participante. L'intensité a été ajustée en fonction d'une vitesse qui permettra à la participante d'avoir chaud et de pouvoir maintenir une conversation en marchant. Cette même vitesse de marche a été retenue pour l'échauffement des séances d'entraînement. À la suite de l'échauffement, la participante a eu un moment de familiarisation avec l'appareil du *leg press*. La participante accompagnée par la kinésiologue a essayé l'appareil à une charge légère pour pratiquer la technique. Après un repos de 2 minutes, un test a été effectué avec le *leg press* pour estimer le 1RM (section 2.4.2).

Par la suite, la participante a été amenée dans une salle avec une table pour effectuer les tests cognitifs (section 2.4.5). La participante avait trois essais pour le test RNG et un essai des cinq blocs de tests Stroop. Finalement, la participante a effectué les tests physiques (section 2.4.6), soit le test de marche et le TUG.

2.3.2 Entraînement des habiletés motrices

L'entraînement des habiletés motrices (HM) (*Voir Annexe B*) a commencé avec un échauffement de 5 minutes de marche sur tapis roulant, suivi d'un échauffement spécifique de 5 minutes. L'échauffement spécifique a consisté en une dizaine de répétitions de certains mouvements de mobilité.

À la suite de l'échauffement, il y a eu une portion de l'entraînement consacrée à la locomotion. Différentes marches ont été réalisées pour faire le tour de la salle : la marche vers l'avant, la marche à reculons, la marche avec un pied devant l'autre (le talon du pied avant collé aux orteils du pied arrière) et des marches latérales (chaque côté). La marche avec un pied devant l'autre diffère de la marche vers l'avant, car la base d'appui est plus petite et donc ce type de marche augmente la difficulté de garder l'équilibre. Ensuite, les mêmes marches ont été effectuées dans un parcours avec obstacles. La marche à reculons n'était pas utilisée avec les obstacles pour la sécurité des participantes. Les obstacles consistaient en des cônes à contourner et un appui surélevé sur lequel monter et descendre lors du parcours.

Ensuite, il y a eu des exercices d'équilibre. Les premiers exercices d'équilibres ont été sur un coussin d'équilibre. Il fallait rester debout sur le coussin avec les pieds décollés pour 30 secondes et ensuite les pieds collés pour 30 secondes pour un total de trois séries. Il y a eu une pause d'une quinzaine de secondes entre chaque essai. Ensuite, il y a eu des exercices d'équilibre sur le ballon suisse. Assis sur le ballon, il y a eu cinq exercices à faire : coller et décoller les pieds, bouger le bassin de l'avant vers l'arrière et vice versa, bouger le bassin de droite à gauche et vice versa, faire des cercles avec le bassin (vers la droite et vers la gauche) et lever un pied à la fois. Chaque exercice a été fait 10 fois par côté pour un total de trois séries.

Le dernier exercice était avec une cible et des balles de taille et de poids différents. Il y avait 4 cibles : un symbole sur le mur au-dessus à 2 mètres du sol, un symbole à 1.25 mètres du sol, une boîte au sol sur le mur et un cône devant la boîte à 0.5 mètre. Il y avait quatre balles : une grosse balle légère verte en mousse, une balle en mousse jaune plus dense, une balle de tennis et une balle de baseball. La participante se plaçait à un cône distancé de trois mètres du mur et devait frapper la cible la plus haute en premier et

frapper les autres cibles en descendant jusqu'au cône. Pour la première série, la main dominante a été utilisée avec la balle la plus légère pour commencer et progressivement plus lourde jusqu'au cône au sol avec la balle de baseball. La même séquence a été faite avec la main non dominante. Ensuite, la balle la plus lourde a été utilisée pour la première cible et diminuait en poids à chaque cible jusqu'au cône avec la grosse balle en mousse. Encore une fois, la main dominante a été utilisée en premier et la main non-dominante ensuite.

Finalement, des étirements du mollet et du pectoral ont été effectués pour faire un retour au calme. Chaque étirement a été maintenu pour 30 secondes par côté.

2.3.3 Entraînement combiné

L'entraînement combiné (C) (*Voir Annexe C*) a commencé avec un échauffement de 10 minutes de marche sur le tapis roulant.

Après l'échauffement, la participante a été amenée à l'appareil du *leg press* pour effectuer les exercices en force. Le protocole d'entraînement était de faire quatre séries de dix répétitions à 70% du 1RM estimé avec des pauses de deux minutes entre chaque série.

Ensuite, la participante a été amenée au vélo stationnaire pour faire l'entraînement de l'aptitude aérobie. L'entraînement commençait avec un échauffement de deux minutes sur le vélo. Par la suite, la participante devait effectuer un effort de quatre minutes à 60% de sa FC réserve sur le vélo. À la suite de cet effort, la participante a eu deux minutes de repos actif. Les quatre minutes d'effort reprenaient après la pause, pour un total de quatre fois lors de la séance. Après l'exercice, la participante a fait un retour au calme de deux minutes. La durée totale de l'entraînement aérobie était de 26 minutes.

Le choix de seulement prescrire des exercices de bas du corps lors de cette séance était pour simuler un scénario pouvant induire une grande fatigue. Considérant que l'entraînement combiné est valorisé en kinésiologie, ce scénario d'entraînement pourrait réellement être prescrit à cette population. Ainsi, il devient pertinent de quantifier une fatigue potentielle pour mieux décrire les effets à court terme et, éventuellement, optimiser la prescription d'entraînement.

2.4 Déroutement des séances et variables mesurées

L'ordre des tests pré et post séance était le suivant : la prise de sang, les questionnaires, les tests cognitifs et les tests physiques. La durée des tests était approximativement de 45 minutes à chaque temps de mesure (pré et post séance).

Lors d'une séance, la participante a été amenée dans la salle de prélèvement du CRIUGM pour la prise de sang avec une infirmière. Dans la même salle, la participante remplissait des questionnaires. Par la suite, la participante a été amenée dans une salle avec un bureau, proche de la salle d'entraînement, pour faire les tests cognitifs. Ensuite, la participante a été amenée dans la salle d'entraînement pour les tests physiques. Par la suite, la participante a été amenée à faire la séance d'entraînement. Enfin, la participante a été amenée à refaire tous les tests dans le même ordre.

Entre la séance de familiarisation et la première séance, il y a eu au moins 24 heures. Entre les deux séances expérimentales, il y a eu exactement sept jours. Les séances expérimentales ont donc été complétées le même jour de la semaine et à la même heure du jour afin d'optimiser la reproductibilité des paramètres mesurés.

2.4.1 Fréquence cardiaque

Pour mesurer la fréquence cardiaque, un cardiofréquencemètre de la marque Polar a été utilisée. Au repos, la participante mettait la ceinture au niveau de la poitrine, sur la peau, et devait s'asseoir pendant une durée de trois minutes. La fréquence cardiaque de repos a été mesurée à l'aide de la montre Polar. La fréquence cardiaque maximale a été estimée avec le calcul $211 - 0.64 * (\text{âge})$ afin de prescrire un entraînement similaire, mais adapté à toutes les participantes (Nes et al., 2013). Ensuite, le calcul $FC_{\text{max}} - FC_{\text{repos}}$ a été fait pour déterminer la fréquence cardiaque de réserve. Finalement, le calcul $(FC_{\text{réserve}} / 100 * 60) + FC_{\text{repos}}$ a été fait pour estimer 60% de la fréquence cardiaque de réserve, qui était la prescription d'exercice lors de l'entraînement aérobic. La prescription d'entraînement a été déterminée en respectant les recommandations de l'*American College of Sports Medicine (ACSM)* (Voir Annexe D) (ACSM, 2013). Le capteur a donc utilisé pendant l'entraînement aérobic pour mesurer la fréquence cardiaque à différents moments de l'entraînement par intervalles (avant l'échauffement, après l'échauffement, pendant les séries d'efforts, pendant les séries de repos actif, pendant le retour au calme et après avoir quitté le vélo stationnaire) afin de valider que la prescription d'entraînement a été respectée.

2.4.2 Estimation du 1RM

Pour estimer le 1RM, le protocole de l'équipe de Verdijk a été utilisé (Verdijk et al., 2009). Lors de la familiarisation avec l'appareil du *leg press*, une charge qu'il était possible de soulever entre 10 et 15 répétitions a été estimée. La participante devait faire le plus de répétitions valides avec la charge. Le test arrêta si la technique était compromise ou si la participante ne pouvait plus continuer. Si le nombre de répétitions dépassait 20, il fallait refaire le test. Une pause de 5 minutes était prise entre les tentatives de tests, au besoin. Ensuite, les données ont été entrées dans le calcul $1\text{ RM} = \text{charge} / (1.0278 - 0.0278 * \text{répétitions})$ afin d'estimer le 1RM (Verdijk et al., 2009). Étant donné que le projet nécessitait des personnes âgées qui ne sont pas actives de façon régulière, un choix de tests à risque réduit était important. Lors des séances d'entraînement, la charge à soulever était de 70% du 1RM pour 10 répétitions par série, ce qui correspond à un entraînement typique de la force endurance, une modalité d'entraînement en résistance qui est recommandée aux personnes âgées (Chodzko-Zajko et al., 2009).

2.4.3 Marqueurs biophysiques

Afin de mesurer le taux des marqueurs biophysiques, des prises de sang ont été recueillies avant et après la séance d'entraînement. La prise de sang a été effectuée par des infirmières du CRIUGM dans la salle de prélèvement. À la suite de la prise de sang, l'échantillon passait dans une centrifugeuse afin de séparer le plasma. Le plasma était extrait et placé dans un tube cryogénique et gardé dans un congélateur -80° jusqu'au moment des analyses. Les niveaux des BDNF, IGF-1 et cortisol ont été mesurés par la méthode Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA).

Ces mesures ont été effectuées afin de vérifier l'effet de ces deux types d'entraînement sur ces biomarqueurs et de vérifier si leurs changements sont corrélés à des changements dans les performances cognitives des participantes.

2.4.4 Profil des états émotionnels et anxiété-état

Deux questionnaires ont été administrés avant et après la séance d'entraînement. Le premier, le questionnaire POMS-f, était pour mesurer le profil des états émotionnels. Le questionnaire contenait 65 items qui correspondent à des émotions et que le participant devait noter entre 0 et 4, en fonction des sensations vécues dans la dernière semaine. Le score de 0 correspond à « pas du tout », 1 à « un peu », 2 à « modérément », 3 à « beaucoup » et 4 à « extrêmement ». Les réponses seront utilisées pour estimer

des scores sur chaque variable mesurée : la colère, la confusion, la dépression, la fatigue, la tension et la vigueur. L'objectif était d'évaluer si la participante se présentait aux deux séances dans le même état.

Le deuxième questionnaire était la section anxiété-état (forme Y-1) de l'inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété (forme Y) (IASTA-Y), une traduction du State-Trait Anxiety Inventory (Form Y) (STAI-Y). Le questionnaire contenait 20 items qui ont été utilisés pour estimer un score d'anxiété-état. Sur chaque item, il y avait un énoncé et il faut donner un score en encerclant le mot qui correspond à quel point chaque énoncé a été ressenti au moment de compléter le questionnaire. Les choix de réponse sont : pas du tout, un peu, modérément, beaucoup. Les choix sont ensuite convertis en score d'anxiété. Un score entre 20 et 37 correspond à un niveau d'anxiété moindre à bas alors qu'un score entre 38 et 44 représente un niveau d'anxiété modéré. Un score entre 45 et 80 indique un niveau d'anxiété élevé. Cette mesure a été prise pour évaluer si le niveau d'anxiété-état change à la suite de ces deux types d'entraînement et si ces changements sont corrélés avec des changements dans les performances cognitives des participantes.

2.4.5 Fonctions exécutives

Deux tests cognitifs ont été administrés à chaque participante avant et après la séance d'entraînement. Le premier test était le RNG. Le protocole présenté par Albinet a été utilisé (Albinet et al., 2014). Pour chaque temps de mesure, il y a eu deux essais : le premier essai était pour refamiliariser la participante et le deuxième était l'essai retenu pour les analyses. Lors d'un essai, la participante devait nommer 100 chiffres entre 0 et 9 de façon aléatoire à un rythme de 60 chiffres par minutes qui était marqué par un signal sonore (métronome). Pour expliquer ce qui caractérise une suite aléatoire, l'explication suivante était fournie : « Imaginez que vous avez un chapeau avec des boules numérotées de 0 à 9 dans le chapeau. Vous pigerez une boule et m'indiquerez le numéro de la boule pigée. Ensuite il faut remettre la boule dans le chapeau, mélanger les boules et recommencer jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter. » Un chronomètre a été utilisé pour vérifier que le rythme était respecté.

Les réponses ont été entrées dans le logiciel *RGCalc* afin de retirer six variables pour les analyses (Towse & Neil, 1998). L'adjacence (ATotal), le *turning point index* (TPI) et les *runs* étaient des indicateurs de la capacité d'inhibition (Audiffren et al., 2009). Pour TPI, un score plus élevé est favorable alors que pour ATotal et runs, c'est un score plus faible qui est favorable. Les trois autres variables sont des indicateurs de la performance de la mémoire de travail (Audiffren et al., 2009). Une de ces variables est la moyenne

de l'écart entre les répétitions (*Mean repetition gap* (MRG)) et plus elle est grande, plus la mémoire de travail est bonne. Pour les autres variables associées à la mémoire de travail (R ou redondance et Coupon), des scores plus faibles sont favorables.

Le test Stroop a été fait sur une tablette tactile et les participantes devaient tenir la tablette entre les deux mains, appuyées sur la table, en ayant les pouces au-dessus de chaque côté de l'écran. Une version modifiée du test préparé par l'équipe de Lussier a été administrée (Lussier et al., 2021). Cette version modifiée utilise les chiffres 1 à 6 à la place de couleurs. Tout le long du test, il y avait 3 boutons de chaque côté de l'écran : à gauche de haut en bas les boutons « un », « deux » et « trois »; à droite de haut en bas les boutons « quatre », « cinq » et « six ». Les participantes avaient comme instruction d'effectuer les différentes tâches le plus rapidement que possible sans compromettre l'exactitude de leurs réponses. Dans la première tâche, il suffisait d'identifier le chiffre présenté. La participante voyait à l'écran un type de chiffre et la quantité de chiffres était de la même valeur (exemple : quatre fois le chiffre 4). Dans la deuxième tâche, il suffisait de compter combien il y avait d'astérisques (*) à l'écran. Dans la troisième tâche, il s'agissait de compter combien il y avait de chiffres, peu importe le type de chiffre présenté. Le type de chiffre et la quantité de chiffres n'étaient pas identiques durant cette tâche (exemple : quatre fois le chiffre 6. La bonne réponse aurait été 4.). Dans la dernière tâche, il fallait alterner entre la première tâche et la troisième tâche. Si un dé rose était affiché à l'écran, il fallait identifier le type de chiffre, peu importe combien il y en avait. Si un dé vert était à l'écran, il fallait compter combien il y avait de chiffres peu importe la valeur du chiffre. Encore une fois, le type de chiffre et la quantité de chiffres n'étaient pas identiques.

Les mesures d'intérêts dans la tâche de Stroop étaient l'exactitude des réponses (nombre d'erreurs) et le temps de réaction (ms). Les variables de la tâche de Stroop étaient donc le temps de réaction de la lecture (la première tâche), de l'énumération (la deuxième tâche) de l'inhibition (la troisième tâche) et de la non-alternance et de l'alternance (la quatrième tâche). Seulement les réponses valides seront considérées pour ces variables. Concernant le nombre total d'essais, il y en avait 60 pour la lecture, 30 pour l'énumération, 30 pour l'inhibition, 48 pour la non-alternance et 32 pour l'alternance. Ensuite, des comparaisons ont été faites avec le temps de réaction (TR) de ces variables afin de déterminer le coût d'interférence (inhibition), le coût d'alternance local (mémoire de travail) et le coût d'alternance global (flexibilité cognitive) (Predovan et al., 2021). Pour calculer le coût d'interférence, des comparaisons ont été faites avec le calcul suivant : $(\text{TR de l'inhibition} - \text{TR de l'énumération}) / \text{TR de l'énumération} * 100$. Pour le coût d'alternance

local, le calcul était : $(\text{TR de l'alternance} - \text{TR de la non-alternance}) / \text{TR de la non-alternance} * 100$. Pour le coût d'alternance globale, le calcul était : $(\text{TR de la non-alternance} - \text{TR de l'inhibition}) / \text{TR de l'inhibition} * 100$. La condition de lecture n'a pas été analysée puisque des tests pilotes ont déterminé que cette partie de la tâche n'amenait rien de nouveau par rapport à la condition d'énumération.

Ces mesures ont été effectuées pour vérifier si les deux types d'entraînements mènent à une amélioration de la cognition des aînés et dans quels aspects de la cognition il y a des améliorations. Le test de la RNG servira à déterminer s'il y a eu des améliorations dans l'inhibition et la mémoire de travail. Quant à la tâche de Stroop, elle servira à observer s'il y a eu des améliorations dans l'inhibition, la mémoire de travail, l'attention sélective et la flexibilité cognitive.

2.4.6 Capacités fonctionnelles

Deux tests ont été administrés pour mesurer les capacités fonctionnelles : un test de marche sur 10 mètres et un test TUG. Pour le test de marche de 10 mètres, il y avait deux paires de cellules photo électriques placées à 10 mètres de distance. Lorsque la participante traversait la première paire de bornes, le chronomètre commençait et lorsque la participante traversait la deuxième paire, le chronomètre arrêtait. La participante devait faire le test à quatre reprises par temps de mesure : deux essais à vitesse spontanée (vitesse normale, vitesse habituelle - 10MWTn) et deux essais à vitesse maximales (le plus rapidement possible, sans course - 10MWTm). Le test de marche sur 10 mètres permettait de déterminer la vitesse de marche.

Pour le test TUG, une chaise était placée à 3 mètres d'un cône. La participante devait se lever, marcher jusqu'au cône, faire le tour du cône, revenir vers la chaise et se rasseoir. Le chronomètre a été lancé lorsque le dos de la participante décollait de la chaise et a été arrêté lorsque les cuisses de la participante touchaient au siège de la chaise. Il y a eu quatre essais pour chaque temps de mesure : deux à vitesse spontanée (TUGn) et deux à vitesse maximale (TUGm).

Pour les tests de marche et le TUG, la moyenne des performances à vitesse normale a été analysée alors que le meilleur temps a été retenu pour les conditions de vitesse maximale. Ces mesures permettent de vérifier si une fatigue qui affecte les capacités fonctionnelles des aînés survient à la suite de ces deux types d'entraînement.

2.5 Tests statistiques

Dans un premier temps, des analyses de reproductibilité pour les variables dépendantes ont été effectuées en utilisant les résultats pré entraînement obtenus lors des deux séances expérimentales. Dans ce cas, un test *t* a été réalisé pour comparer les moyennes des deux séances (pré HM vs. Pré C). Par la suite, l'amplitude des effets (Hedges' *g*) a été calculée en se basant sur la méthode décrite par Dupuy et collègues (Dupuy et al., 2012). L'échelle de Cohen a été utilisée pour interpréter les valeurs obtenues (Cohen, 2013). Ainsi, l'effet était considéré anodin ($g < 0.20$), petit ($0.20 \leq g < 0.50$), modéré ($0.50 \leq g < 0.80$) ou grand ($g \geq 0.80$). Par la suite, le coefficient de corrélation intraclasse (ICC), le coefficient de variation (CV), l'erreur standard de la mesure (SEM) et la plus petite différence détectable (MD) ont été calculés (Weir, 2005). La reproductibilité relative a été considérée très élevée ($ICC \geq 0.90$), élevée ($0.70 \leq ICC \leq 0.89$) ou modérée ($0.50 \leq ICC \leq 0.69$) (Munro, 2005). Le CV a été considéré acceptable quand les valeurs étaient inférieures à 10% (Atkinson & Nevill, 1998).

Dans un deuxième temps, des ANOVA à deux facteurs (séance * temps) avec mesures répétées sur le facteur temps ont été effectuées pour les variables de mobilité (10MWT et TUG) ainsi que pour les variables mécanistiques (biomarqueurs et anxiété état) et la performance cognitive à la RNG. Une ANOVA à trois facteurs (séance * temps * condition) a été réalisée pour les temps de réaction à la tâche de Stroop. Au besoin, les corrections de Greenhouse-Geisser ont été appliquées et les tests Post Hoc ont été conduits avec la correction de Bonferroni. Pour la tâche de Stroop, les scores de précision ont été calculés en faisant le ratio entre le nombre d'erreurs total de toutes les participantes pour chaque condition et le nombre total de réponses, puis une approche descriptive a été utilisée pour présenter les résultats. Une ANOVA à deux facteurs (séance * temps) avec mesures répétées sur le facteur temps a été effectuée pour les coûts d'interférence, d'alternance locale et d'alternance globale. Lorsque pertinent, pour apprécier les effets de l'intervention, l'amplitude des effets (Hedges' *g*) a été calculée puis interprétée comme pour les analyses de reproductibilité. Afin de vérifier les associations entre les changements observés ((post-pré)/pré*100) pour les variables mécanistiques et les performances cognitives, une approche corrélationnelle (Spearman) a été utilisée. Les analyses statistiques ont été effectuées avec JASP (0.19.1) et SPSS (29). Une valeur de $p < 0.05$ était considérée comme étant statistiquement significative.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS

3.1 Recrutement et caractéristiques des participantes

Au total, 120 noms ont été obtenus de la banque de participants du CRIUGM. La figure 3.1 présente le processus de recrutement ainsi que les raisons ayant mené à l'exclusion d'une candidature. Au final, 18 participantes ont complété l'étude et leurs caractéristiques principales sont décrites dans le tableau 3.1.

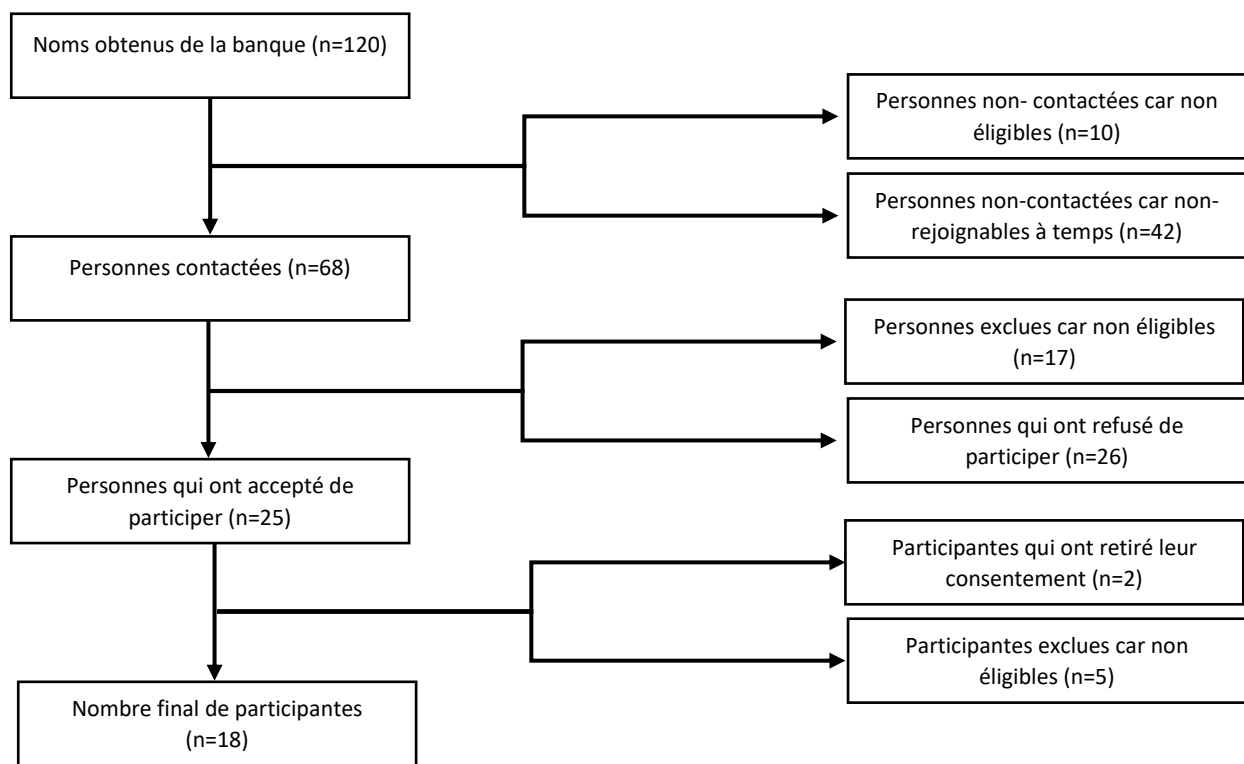


Figure 3.1 : Processus de recrutement des participantes.

Tableau 3.1: Caractéristiques des participantes.

n	18
Âge (ans)	72.06 ± 4.65
Éducation (ans)	16.00 ± 3.58
1 RM estimé (kg)	85.28 ± 31.97
60% FC de réserve	120.35 ± 4.96

Note : Moyenne (Moy) et Écart-type (ÉT). FC = Fréquence cardiaque

Les participantes avaient un niveau de vigueur et de fatigue (questionnaire POMS) similaire au début des deux séances (habiletés motrices (HM) et entraînement combiné (C)) selon le test-t. En effet, comme représenté dans le tableau 3.2, aucune différence significative n’a été détectée dans l’état pré entraînement des deux séances. La taille d’effet (ES) révèle un effet anodin (-0.04 à 0.10). Concernant la perception de l’effort des séances d’entraînement (sur 10), la moyenne était de 4.64 ($\pm$ 1.37) pour la séance des habiletés motrices (HM) et de 7.06 ($\pm$ 0.68) pour la séance combiné (C).

Tableau 3.2 : État de forme des participantes pré entraînement.

	Pré HM	Pré C	Test-t p	ES
Vigueur	56.67 $\pm$ 7.00	56.39 $\pm$ 6.66	0.89	-0.04
Fatigue	39.28 $\pm$ 5.82	39.89 $\pm$ 5.31	0.41	0.10

Notes : Moyenne $\pm$ Écart-type.

HM = Habiletés motrices. C = Combiné. ES = Amplitude de l’effet.

3.2 Analyses des capacités fonctionnelles

La reproductibilité des variables des capacités fonctionnelles sur les données pré-entraînement est représentée dans le tableau 3.3. Les tests-t ne révèlent pas de différence significative entre les mesures pré-entraînement des deux séances. La taille d’effet (ES) révèle un effet anodin pour toutes les conditions (-0.03 à 0.19). Les analyses des coefficients de corrélation intraclasse (ICC) indiquent une reproductibilité relative élevée à très élevée (0.78 à 0.90). Les coefficients de variation (CV) sont de 5.68% à 9.21%. L’erreur standard de la mesure (SEM) varie de 0.28 à 0.36 (s). La plus petite différence détectable (MD) varie entre 0.78 et 1.00 (s).

Tableau 3.3 Reproductibilité des variables des capacités fonctionnelles pré-entraînement.

Variable	Test-t (p)	ES	ICC	CV	SEM	MD
10MWTn	0.97	0.00	0.86	6.36	0.35	0.98
10MWTm	0.23	0.19	0.78	9.21	0.36	1.00
TUGn	0.60	0.05	0.90	5.68	0.32	0.89
TUGm	0.82	-0.03	0.87	6.70	0.28	0.78

Notes : ES = Amplitude de l’effet. ICC = Coefficient de corrélation intraclasse. CV = Coefficient de variation. SEM = Erreur standard de la mesure.

MD = Plus petite différence détectable. 10MWTn = 10-meter walking test à vitesse spontanée. 10MWTm = 10-meter walking test à vitesse maximale. TUGn = Timed up and go à vitesse spontanée. TUGm = Timed up and go à vitesse maximale.

L'ANOVA révèle un effet significatif du temps pour le 10MWT et le TUG à la vitesse maximale (voir tableau 3.4). En effet, le temps pour franchir 10m a augmenté ($p = 0.023$) post entraînement pour la séance HM (pré : 5.453 ± 0.760 ; post : 5.636 ± 0.827) et la séance C (pré : 5.604 ± 0.785 ; post : 5.832 ± 1.008). Pour le test TUGm, le temps pour compléter le test a aussi augmenté ($p = 0.016$) post séance pour la séance HM (pré : 5.963 ± 0.744 ; post : 6.032 ± 0.777) et la séance C (pré : 5.942 ± 0.755 ; post : 6.222 ± 0.913). Aucune différence significative n'a été trouvée pour les tests 10MWT et TUG à vitesse spontanée. Aucune interaction n'a été trouvée entre les facteurs temps et séance.

Tableau 3.4: Description des variables des capacités fonctionnelles.

	Pré HM	Post HM	ES	Pré C	Post C	ES	Temps p	Interaction (Temps * séance) p
10MWTn (s)	7.88 ± 0.83	7.63 ± 0.95	-0.26	7.87 ± 1.02	7.87 ± 1.25	0.00	0.20	0.24
10MWTm (s)	5.45 ± 0.76	5.64 ± 0.83	0.22	5.60 ± 0.79	5.83 ± 1.01	0.22	0.02*	0.78
TUGn (s)	8.00 ± 1.02	7.90 ± 1.10	-0.09	8.06 ± 0.98	8.10 ± 1.17	0.04	0.71	0.38
TUGm (s)	5.96 ± 0.74	6.03 ± 0.78	0.09	5.94 ± 0.76	6.22 ± 0.91	0.30	0.02*	0.09

Notes : Moyenne $\pm$ Écart-type.

HM = Habiletés motrices. ES = Amplitude de l'effet. C = Combiné. 10MWTn = 10-meter walking test à vitesse spontanée. 10MWTm = 10-meter walking test à vitesse maximale. TUGn = Timed up and go à vitesse spontanée. TUGm = Timed up and go à vitesse maximale.

*Effet significatif du temps

3.3 Analyses des fonctions exécutives

La reproductibilité des variables de la tâche de Stroop est représentée dans le tableau 3.5. Les tests-t ne révèlent pas de différence significative entre les mesures pré-entraînement des deux séances. La taille d'effet (ES) révèle un effet anodin pour toutes les conditions (-0.02 à 0.02), sauf la condition d'énumération qui présente une petite différence (-0.27). Les analyses des coefficients de corrélation intraclasse (ICC) indiquent une reproductibilité relative modérée à élevée (0.65 à 0.73). Les coefficients de variation (CV) sont de 7.78% à 11.42%. L'erreur standard de la mesure (SEM) varie de 54.80 à 140.39 (ms). La plus petite différence détectable (MD) varie entre 151.91 et 389.15 (ms).

Tableau 3.5: Reproductibilité des variables de la tâche de Stroop pré-entraînement.

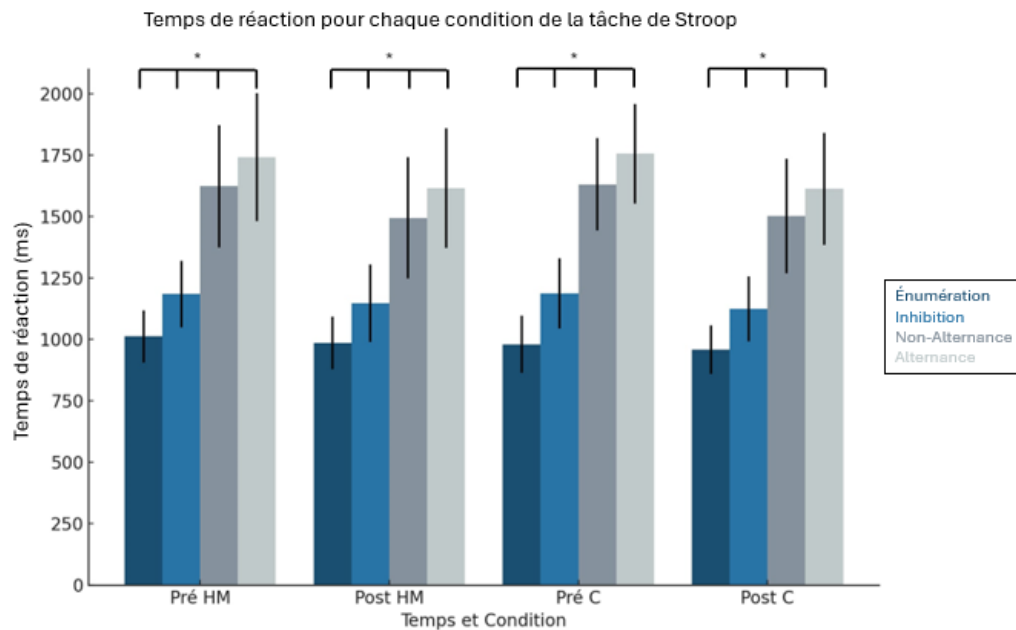
Variable	Test-t (p)	ES	ICC	CV	SEM	MD
Énumération	0.11	-0.27	0.73	7.78	54.80	151.91
Inhibition	0.93	0.02	0.73	8.87	74.37	206.15
Non-Alternance	0.80	-0.05	0.66	11.40	130.36	361.33
Alternance	0.90	-0.02	0.65	11.42	140.39	389.15

Notes : n = 17.

ES = Amplitude de l'effet. ICC = Coefficient de corrélation intraclasse. CV = Coefficient de variation. SEM = Erreur standard de la mesure.

MD = Plus petite différence détectable.

L'ANOVA pour la tâche de Stroop révèle d'abord un effet significatif de la condition ($p < 0.001$). En effet, les temps de réaction de la tâche augmentent avec la complexité de la tâche (voir figure 3.2). Un effet significatif de temps a aussi été révélé ($p < 0.001$). En effet, les temps de réaction sont plus rapides après les séances d'entraînement. Ensuite, une interaction temps * condition suggère que les améliorations post séance sont plus marquées lorsque la tâche se complexifie (voir tableau 3.6).



Notes : HM = Habiletés motrices. C = Combiné. ms = millisecondes.

*Effet significatif de la condition ($p < 0.001$).

Figure 3.2 : Temps de réaction pour chaque condition de la tâche de Stroop.

Tableau 3.6: Description des variables de la tâche de Stroop.

	Pré HM	Post HM	ES	Pré C	Post C	ES	Comparaisons pré et post [#] p
Énumération	1012.50 ± 106.07	984.93 ± 107.14	-0.25	979.88 ± 117.30	958.07 ± 99.73	-0.19	1.00
Inhibition	1184.46 ± 135.28	1147.35 ± 157.70	-0.23	1186.83 ± 143.15	1123.59 ± 131.80	-0.44	0.29
Non- Alternance	1622.95 ± 248.67	1494.54 ± 246.60	-0.49	1630.81 ± 187.46	1501.51 ± 232.71	-0.56	< 0.001*
Alternance	1741.16 ± 260.07	1615.35 ± 243.84	-0.47	1755.92 ± 202.76	1612.47 ± 227.03	-0.62	< 0.001*

Notes : n = 17.

Moyenne ± Écart-type.

HM = Habiletés motrices. ES = Amplitude de l'effet. C = Combiné.

Toutes les différences entre les conditions sont significatives à $p < 0.001^*$.

La différence pour le facteur temps est significatif à $p < 0.001^*$.

Corrections de *Bonferroni* appliquées.

En ce qui concerne les coûts d'interférence, d'alternance locale et d'alternance globale, les résultats sont présentés au tableau 3.7. Seul un effet temps a été trouvé pour le coût de l'alternance globale ($p = 0.04$).

Tableau 3.7 : Coûts de l'interférence, d'alternance locale et d'alternance globale de la tâche de Stroop.

	Pré HM	Post HM	ES	Pré C	Post C	ES
Coût d'interférence	16.95% ± 4.68	16.58% ± 11.09	-0.04	21.38% ± 8.94	17.44% ± 9.45	-0.41
Coût d'alternance locale	7.39% ± 4.63	8.36% ± 4.84	0.20	7.76% ± 4.74	7.73% ± 5.71	-0.01
Coût d'alternance globale*	37.46% ± 17.48	31.11% ± 18.37	-0.34	38.40% ± 16.46	33.79% ± 14.20	-0.28

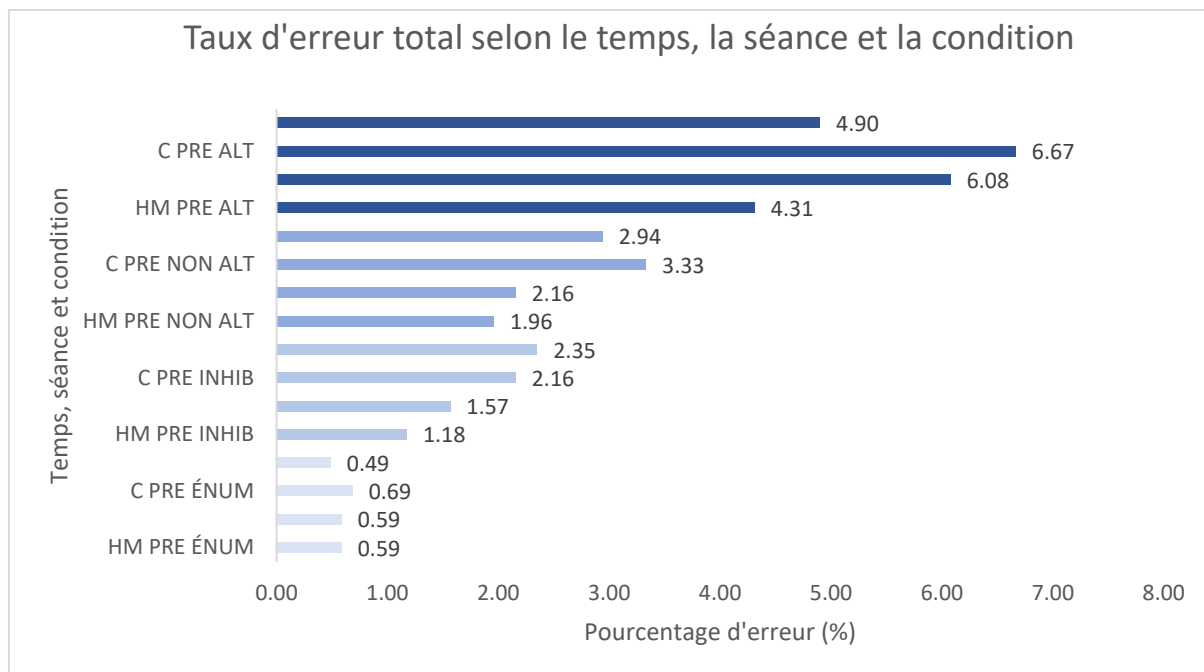
Notes : n = 17

Moyenne ± Écart-type.

HM = Habiletés motrices. ES = Amplitude de l'effet C = Combiné.

* Effet temps à $p = 0.04$

À la figure 3.3, on décrit un taux d'erreur qui tend à augmenter avec le niveau de difficulté de la tâche. Ces essais n'ont pas été pris en compte pour les analyses précédentes.



HM = Habiletés motrices. C = Combiné. ALT = Alternance. NON ALT = Non-alternance. INHIB = inhibition. Énum = Énumération.

Figure 3.3 : Taux d'erreurs pour la tâche de Stroop.

La reproductibilité des variables RNG pré-entraînement est représentée dans le tableau 3.8. Les tests-t ne révèlent pas de différence significative entre les mesures pré-entraînement des deux séances. La taille d'effet (ES) révèle un effet anodin pour toutes les conditions (-0.17 à 0.15), sauf le Runs qui présente une petite différence (0.23). Les analyses des coefficients de corrélation intraclasse (ICC) indiquent une reproductibilité basse pour le Runs (0.42) et modérée à élevée pour les autres variables (0.68 à 0.72). Les coefficients de variation (CV) sont de 2.80% à 63.59%. L'erreur standard de la mesure (SEM) est de 7.64 pour le TPI, 5.08 pour le ATotal, 0.43 pour le Runs, 0.91 pour le R, 12.88 pour le Coupon et 0.19 pour le MRG. La plus petite différence détectable (MD) est de 21.19 pour le TPI, 14.09 pour le ATotal, 1.19 pour le Runs, 2.52 pour le R, 35.71 pour le Coupon et 0.52 pour le MRG.

Tableau 3.8: Reproductibilité des variables de RNG pré-entraînement.

Variable	Test-t (p)	ES	ICC	CV	SEM	MD
TPI	0.84	0.04	0.68	10.81	7.64	21.19
ATotal	0.50	0.12	0.72	23.38	5.08	14.09
Runs	0.35	0.23	0.42	48.60	0.43	1.19
R	0.34	0.15	0.75	50.31	0.91	2.52
Coupon	0.74	-0.14	0.68	63.59	12.88	35.71
MRG	0.33	-0.17	0.72	2.80	0.19	0.52

Notes : ES = Amplitude de l'effet. ICC = Coefficient de corrélation intraclasse. CV = Coefficient de variation. SEM = Erreur standard de la mesure. MD = Plus petite différence détectable. TPI = *turning point index*. ATotal = adjacence. R = redondance. MRG = *mean repetition gap*.

L'ANOVA pour la RNG ne révèle aucun effet significatif sur le facteur temps, séance ou l'interaction (voir tableau 3.9). Des analyses exploratoires ont été effectuées sur la ronde de pratique (ronde 1) et un effet temps significatif a été trouvé pour le R qui suggère une détérioration des performances post vs pré séance.

Tableau 3.9: Description des variables de RNG.

	Pré HM	Post HM	ES	Pré C	Post C	ES	Temps p	Interaction (temps * séance) p
TPI	83.16 ± 12.19	83.39 ± 16.87	0.01	83.67 ± 14.20	87.16 ± 14.57	0.23	0.27	0.44
ATotal	30.17 ± 9.64	30.72 ± 10.60	0.05	31.33 ± 9.31	29.61 ± 9.92	-0.17	0.58	0.32
Runs	1.18 ± 0.65	1.40 ± 0.75	0.30	1.31 ± 0.45	1.16 ± 0.56	-0.29	0.71	0.21
R	2.40 ± 1.94	2.75 ± 1.64	0.17	2.70 ± 1.64	2.62 ± 1.64	-0.05	0.41	0.26
Coupon	30.36 ± 25.83	30.30 ± 25.83	0.00	26.93 ± 18.58	29.71 ± 25.88	0.11	0.56	0.53
MRG	9.44 ± 0.33	9.49 ± 0.36	0.15	9.37 ± 0.37	9.49 ± 0.36	0.30	0.10	0.58

Notes : Moyenne ± Écart-type.

HM = Habiletés motrices. ES = Amplitude de l'effet. C = Combiné. TPI = *turning point index*. ATotal = adjacence. R = redondance. MRG = *mean repetition gap*.

Analyses effectuées sur la 2^e ronde de RNG (la 1^{ère} est une ronde de pratique).

3.4 Mécanismes

La reproductibilité des variables mécanistiques pré-entraînement est représentée dans le tableau 3.10. Les variables mécanistiques sont les concentrations de BDNF, d'IGF-1 et de cortisol ainsi que le score de

l'anxiété-état. Les tests-t ne révèlent pas de différence significative entre les mesures pré-entraînement des deux séances. La taille d'effet (ES) révèle un effet anodin pour l'IGF-1 (-0.06) et l'anxiété-état (-0.01), ainsi qu'un petit effet pour le cortisol (0.21) et le BDNF (-0.41). Les analyses des coefficients de corrélation intraclasse (ICC) indiquent une reproductibilité relative basse à modérée des variables mécanistiques (0.19 à 0.59). Les coefficients de variation (CV) sont de 45.63 pour le BDNF, 50.53 pour l'IGF-1, 126.60 pour le cortisol et 16.60 pour l'anxiété-état. L'erreur standard de la mesure (SEM) est de 182.43 pour le BDNF, 636.71 pour l'IGF-1, 255.97 pour le cortisol et 3.19 pour l'anxiété-état. La plus petite différence détectable (MD) est de 8.83 pour l'anxiété-état mais varie entre 505.68 et 709.52 pour les biomarqueurs.

Tableau 3.10: Reproductibilité des variables mécanistiques pré-entraînement.

Variable	Test-t (p)	ES	ICC	CV	SEM	MD
BDNF	0.16	-0.41	0.26	45.63	182.43	505.68
IGF-1	0.68	-0.06	0.47	50.53	229.71	636.71
Cortisol	0.45	0.21	0.19	126.60	255.97	709.52
Anxiété-État	0.96	-0.01	0.59	16.60	3.19	8.83

Notes : n = 16 pour les taux de BDNF et IGF-1. n = 13 pour le Cortisol. n = 17 pour l'anxiété-état.

ES = Amplitude de l'effet. ICC = Coefficient de corrélation intraclasse. CV = Coefficient de variation. SEM = Erreur standard de la mesure. MD = Plus petite différence détectable. BDNF = *Brain-derived neurotrophic factor*. IGF-1 = *Insulin-like growth factor 1*.

L'ANOVA révèle un effet significatif pour le facteur temps pour le BDNF ($p < 0.001$). En effet, le BDNF augmente post-entraînement pour l'entraînement HM (pré : 620.987 ± 222.983 ; post : 734.202 ± 200.441) et l'entraînement C (pré : 508.810 ± 211.612 ; post : 792.240 ± 218.369). Aucun autre effet significatif n'a été retrouvé pour les autres variables mécanistiques (voir tableau 3.11).

Tableau 3.11: Description des variables mécanistiques.

	Pré HM	Post HM	ES	Pré C	Post C	ES	Temps p	Interaction p
BDNF	620.99 ± 222.98	734.20 ± 200.44	0.50	508.81 ± 211.61	792.24 ± 218.37	1.25	< 0.001*	0.06
IGF-1	630.81 ± 339.63	549.06 ± 209.25	-0.21	592.25 ± 226.31	622.59 ± 225.36	0.13	0.41	0.14
Cortisol	269.41 ± 155.66	145.14 ± 69.40	-0.84	341.25 ± 396.86	366.51 ± 408.85	0.06	0.55	0.38
Anxiété-État	27.18 ± 4.19	26.00 ± 5.67	-0.21	27.12 ± 5.54	26.47 ± 5.59	-0.11	0.28	0.67

Notes : Moyenne ± Écart-type.

n = 16 pour les taux de BDNF et IGF-1. n = 13 pour le Cortisol. n = 17 pour l'anxiété-état.

HM = Habiletés motrices. ES = Amplitude de l'effet. C = Combiné. BDNF = *Brain-derived neurotrophic factor*. IGF-1 = *Insulin-like growth factor 1*.

3.5 Corrélations : Stroop et BDNF

Puisque le BDNF est la seule variable mécanistique à avoir été modifiée significativement à la suite de l'intervention, seul ce paramètre a été inclus dans les analyses corrélationnelles. Pour des raisons similaires, les performances à la tâche RNG n'ont pas été considérées. Les coefficients de corrélation de Spearman ont été calculés ($-0,109 \leq \rho \leq 0,306$) mais aucune association entre les changements de performance cognitive (Stroop) et moléculaires (BDNF) n'est statistiquement significative ($0,216 \leq p \leq 0,689$).

CHAPITRE 4 : DISCUSSION

L'objectif principal de ce projet était de mieux comprendre les effets immédiats de deux modalités d'entraînement (HM et C) sur les fonctions exécutives et capacités fonctionnelles chez des aînés. Ensuite, ce projet visait à explorer les mécanismes sous-jacents (BDNF, IGF-1, cortisol et anxiété-état) qui pourraient expliquer l'effet immédiat de l'exercice sur la cognition des aînés. Finalement, ce projet avait comme objectif de vérifier si les changements mécanistiques étaient liés aux changements cognitifs observés.

4.1 Hypothèses

En rappel, les objectifs et hypothèses ont été formulés en intégrant le modèle de Stillman (Stillman et al., 2016). Pour l'objectif principal, les hypothèses étaient que les deux séances mèneraient à une amélioration des fonctions exécutives, mais que l'entraînement combiné produirait une plus grande amélioration. De plus, il a été envisagé que les deux interventions devaient présenter une diminution des capacités fonctionnelles, mais que cette diminution devait être plus marquée à la suite de l'entraînement combiné. Pour le 2^e objectif, l'hypothèse était que les deux séances mèneraient à une augmentation du BDNF et de l'IGF-1, mais que la séance d'entraînement combiné mènerait à une plus grande augmentation de ces facteurs neurotrophes. De plus, les deux séances devaient mener à une diminution du cortisol post-séance, avec une diminution plus marquée après la séance combinée. Il était aussi envisagé que les deux séances d'entraînement contribuent à une diminution de l'anxiété-état. Finalement, pour le 3^e objectif, l'hypothèse était que l'augmentation des facteurs neurotrophes, la diminution du cortisol et la diminution de l'anxiété-état seraient reliées à des améliorations de la cognition.

La première hypothèse est partiellement confirmée par les résultats de cette étude, car des améliorations de la performance à un des tests cognitifs ont été observées après les séances d'entraînement (HM et C). Cependant, il n'y avait pas d'interaction entre le temps et la séance ce qui suggère que les améliorations étaient similaires, peu importe le type d'entraînement. De plus, un effet temps a été observé pour les tests de marche effectués à vitesse maximale et un déclin des performances semble alors se présenter. Curieusement, cet effet de fatigue a seulement affecté les tests à vitesse maximale et non les tests à vitesse

spontanée, ce qui suggère que les tests maximaux sont probablement plus sensibles aux effets de la fatigue.

Concernant le deuxième objectif, seul le BDNF a été significativement augmenté post-entraînement, sans différence significative entre les types d'entraînement. Aucune autre différence n'a été observée pour l'IGF-1, le cortisol ou l'anxiété-état.

Finalement, pour le troisième objectif, l'hypothèse de départ n'a pas été validée par les résultats puisqu'aucune corrélation n'a été trouvée entre les changements de concentration de BDNF et les performances cognitives.

4.2 Fonctions exécutives

Les ICC de la tâche de Stroop indiquent une reproductibilité modérée à élevée (entre 0.65 et 0.73). Ceux de la RNG indique une reproductibilité variant de basse à élevée (entre 0.42 et 0.75). Quant aux CV de la tâche de Stroop, les valeurs varient entre 7.78% et 11.42%, suggérant une reproductibilité acceptable. Les valeurs de CV de la RNG sont entre 2.80% et 63.59%, suggérant ainsi beaucoup plus de variabilité que pour la tâche de Stroop.

Puisque peu d'études ont observé l'effet immédiat de l'entraînement combiné ou des habiletés motrices sur la cognition de l'ainé, des études sur les modalités d'entraînement en résistance ou en aérobie seuls seront utilisées pour comparer les résultats avec la littérature scientifique. En ce qui concerne les fonctions exécutives, un effet bénéfique global a été observée pour les deux modalités d'entraînement. Ensuite, une interaction temps*condition a été observée, suggérant des effets plus marqués dans les tâches de non-alternance et d'alternance. L'amélioration semble donc plus importante quand la tâche se complexifie et sollicite davantage les fonctions exécutives. Concernant les mesures de la RNG, nous n'avons pas trouvé de différences significatives à la suite des interventions. Le RNG informe sur les capacités d'inhibition et la mémoire de travail de l'individu qui passe le test. Considérant qu'aucun effet n'a été détectée pour le coût d'interférence, il semble que l'absence d'amélioration pour les scores d'inhibition de la RNG est logique. Similairement, aucun effet n'a été détecté pour le coût d'alternance locale, qui est associé à la mémoire de travail. On a toutefois observé un effet temps sur le coût de l'alternance globale qui est associée à la flexibilité cognitive.

Dans la littérature scientifique, seulement deux études ont été identifiées comme ayant vérifié les effets immédiats de l'entraînement en résistance sur la cognition des aînés. De ces études, l'une n'a pas observé d'améliorations dans la tâche de Stroop post-entraînement (Coelho-Júnior et al., 2021) alors que l'autre a trouvé des améliorations dans le *2-Choice Reaction test*, un test qui mesure l'alternance (Vints et al., 2023). Cependant, chez des personnes d'âge moyen (52 ± 7.3 et 58.1 ± 3 ans), des études démontrent que l'entraînement en résistance a un effet bénéfique immédiat sur la cognition, spécifiquement dans la sous-tâche de la flexibilité cognitive dans la tâche de Stroop (Alves et al., 2012; Chang et al., 2014). Selon une revue systématique, plusieurs études démontrent que l'entraînement aérobic mène à des améliorations immédiates sur la cognition des aînés dans la tâche de Stroop, mais pour des sous-tâches différentes (McSween et al., 2019).

Dans ce contexte, ce mémoire peut s'insérer dans la littérature comme ayant observé des améliorations dans les tâches plus complexes associées aux fonctions exécutives, notamment la flexibilité cognitive. Il manque encore de l'information quant aux caractéristiques de l'entraînement qui causent ces améliorations et avec quelles sous-composantes des performances cognitives ces caractéristiques sont associées. La méthodologie incluait des entraînements dont les effets immédiats n'ont pas encore été étudiés dans la littérature quant aux améliorations de la cognition des aînés. Dans la littérature sur les effets à long terme, ces deux modalités d'entraînements ont été démontrés comme étant meilleurs pour améliorer la cognition des aînés comparativement à l'entraînement en résistance ou à l'entraînement aérobic seul (Colcombe & Kramer, 2003; Suzuki et al., 2012). Des études futures peuvent viser à comparer les modalités d'entraînements utilisés avec l'entraînement en résistance ou aérobic.

4.3 Capacités fonctionnelles

La reproductibilité des variables des capacités fonctionnelles est bonne. L'ICC indique une haute reproductibilité (0.78 à 0.90) et le CV indique une variabilité acceptable (5.68 à 9.21%).

Les résultats de ce mémoire indiquent que la vitesse de marche et la performance au TUG à vitesse spontanée n'ont pas été affectées par l'entraînement. Seuls les essais à vitesse maximale ont été impactés négativement par l'entraînement. De plus, il faut considérer que les deux types d'entraînement choisis ne sont pas typiquement de la même intensité (en moyenne RPE de 7.06 pour C et 4.64 pour HM selon nos données). De façon intéressante, en se référant aux amplitudes de l'effet (ES), on constate pour le TUGm une différence anodine à la suite de la séance HM (0.09), mais petite pour la séance C (0.30). Ainsi, malgré

que l'interaction temps*séance n'était pas significative, il est possible d'envisager que la séance C a induit une fatigue plus importante que la séance HM.

Peu d'études existent sur les effets immédiats de l'activité physique sur les capacités fonctionnelles des aînés. Des études avec des modalités d'entraînement différentes que celles utilisées dans le cadre de ce mémoire ont été publiées. Une étude de Marques et son équipe a démontré qu'un entraînement en résistance de basse intensité induisait des diminutions immédiates dans la force de préhension (Marques et al., 2019). La même étude a aussi démontré qu'un entraînement en résistance de haute intensité diminuait la performance lors du saut contre-mouvement et le lancer de ballon assis. Plusieurs études démontrent un changement dans le contrôle postural et l'équilibre sur des plateformes de force à la suite d'un entraînement aérobie ou de résistance (Lemos et al., 2009; Moore et al., 2005; Papa et al., 2015). Aucune de ces études ont observé la fatigue immédiate à la suite d'un entraînement sur la vitesse de marche ou le TUG. De plus, aucun de ces études n'a utilisé les modalités d'entraînement combiné ou des habiletés motrices. Ces résultats sont donc un apport novateur dans la littérature et devraient être vérifiées avec des études supplémentaires.

4.4 BDNF et IGF-1

Concernant la reproductibilité, les ICC du BDNF (0.26) et de l'IGF-1 (0.47) indiquent une reproductibilité plutôt basse. Les CV du BDNF (45.63%) et de l'IGF-1 (50.53%) suggèrent une importante variabilité.

Quant aux facteurs neurotrophes, les résultats concordent avec la littérature scientifique. Selon une revue systématique, 5 études sur 6 démontrent une augmentation immédiate du BDNF à la suite d'un entraînement aérobie ou en résistance chez les aînés (de Melo Coelho et al., 2013). Dans le cas de ce projet, les deux types d'entraînement ont mené à une augmentation du BDNF. Même si l'interaction temps*séance n'est pas significative (0.06), l'amplitude de l'effet est moyenne pour la séance HM (0.50) et grande pour la séance C (1.25). En ce qui concerne l'IGF-1, il n'y a pas de consensus avec les résultats quant aux réponses immédiates post-entraînement. En effet, certains articles démontrent une augmentation, d'autres une diminution et certains ne montrent pas de différence (de Alcantara Borba et al., 2020; Ha & Son, 2018; Stein et al., 2018). De plus, il semble être associé à l'entraînement en résistance à long terme et à l'entraînement aérobie à court terme (de Alcantara Borba et al., 2020; de Souza Vale et al., 2009). De façon intéressante, une étude a observé que l'IGF-1 augmentait chez les aînés ayant fait un entraînement aérobie seulement s'ils avaient la maladie de l'Alzheimer's (Stein et al., 2021). Considérant

que les participantes incluses dans ce mémoire étaient en bonne santé, les résultats concordent avec ceux de cette étude, malgré que les modalités d'entraînement ne soient pas les mêmes. En ce sens, il serait pertinent d'observer les effets immédiats de l'entraînement aérobic, en résistance, combiné et des habiletés motrices chez des aînés de différents niveaux de santé cognitive.

4.5 Cortisol

L'ICC du cortisol est de 0.19, ce qui indique une reproductibilité basse. Le CV est élevé (126.60%) ce qui indique une importante variabilité. Ces résultats sont attendus considérant la nature de la variable qui est sensible à une multitude de facteurs.

Concernant le cortisol, aucune différence significative n'a été trouvée. Toutefois, le cortisol est normalement très variable à travers la journée. Le cortisol est plus élevé en début de journée, surtout à l'éveil (Ice, 2005). Dans le cas de ce projet de maîtrise, les séances commençaient à des heures différentes selon la participante (entre 8 :00 et 14 :30). Cependant, chaque participante commençait les deux séances à la même heure et à la même journée de la semaine. Le cortisol est aussi affecté par la présence de pathologies telles que la dépression, le diabète et la maladie de l'Alzheimer (Otte et al., 2005). Dans le cas de ce mémoire, les participantes n'avaient pas de pathologies non-contrôlées. La diète peut aussi influencer le taux de cortisol (Stachowicz & Lebidzińska, 2016). Cependant, il n'a pas été demandé aux participantes de modifier leur diète à court terme. Malgré tout, en se présentant à la même heure de la journée, il est plus envisageable que cette diète à court terme ait été similaire. L'humeur peut aussi influencer le cortisol, mais un peu moins chez les personnes âgées qui présentent déjà des taux élevés de cortisol (Ice, 2005). Malgré ce constat sur la difficulté de détecter des différences dans le cortisol, la littérature indique un intérêt pour observer cette donnée dans le contexte des améliorations des performances cognitives immédiatement après un entraînement. Certaines études démontrent une diminution du cortisol chez les aînés à la suite d'un entraînement immédiat (Taha & Mounir, 2019) et un entraînement à long terme (Corazza et al., 2014; Delshad & Talashan, 2020; Hill et al., 2008). Une étude faite chez des aînés avec une légère déficience intellectuelle a constaté une diminution du cortisol après une intervention d'entraînement aérobic de 12 semaines et a pu lier cette diminution avec de meilleures performances cognitives (Alghadir et al., 2021). Chez les jeunes adultes, cependant, ce serait plutôt une augmentation immédiate post-séance du cortisol qui est associée à de meilleures performances cognitives post-séance (Tsai et al., 2014). D'autres études ne démontrent pas de diminution dans le taux de cortisol à la suite d'un entraînement en résistance, aérobic ou combiné à long terme (Bagheri et al., 2016; Beserra

et al., 2018; De Nys et al., 2022; de Souza Vale et al., 2009). Il semblerait que les études qui démontrent une diminution immédiate dans le taux de cortisol à la suite d'un entraînement, sont des études ayant utilisé de l'exercice à intensité basse ou modérée. Dans ce mémoire, même si l'interaction temps*séance n'est pas significative, on constate une diminution de taux de cortisol post-entraînement pour l'entraînement HM (pré : 269.41; post : 145.14) contrairement à l'entraînement C (pré : 341.25; post : 366.51). Ainsi, il y a une grande amplitude de l'effet (-0.84) pour la séance HM et une amplitude de l'effet anodine (0.06) pour l'entraînement C. Rappelons que les femmes ont un taux de cortisol plus élevé que les hommes, et que des études démontrent que les hommes ont une meilleure diminution du taux de cortisol que les femmes à la suite d'un entraînement à long terme (Bagheri et al., 2016; Forti et al., 2015; Szuhany et al., 2015; Titus et al., 2021).

4.6 Anxiété-état

L'ICC de l'anxiété-état (0.59) nous indique une variabilité modérée. Le CV de 16.60%, suggère une variabilité plutôt élevée.

Plusieurs études ont observé une diminution de l'anxiété-état à la suite d'un entraînement (différents types) à long terme chez les aînés (Antunes et al., 2005; Bouaziz et al., 2017; Cassilhas et al., 2010; Kazeminia et al., 2020). Dans le cadre de ce projet, cette variable ne semble pas avoir été modifiée significativement à la suite des interventions. Une étude chez des jeunes adultes suggère que l'anxiété-état est diminuée immédiatement post-entraînement à la suite d'un entraînement aérobie et non après des entraînements en résistance (Hill et al., 2019). Cette piste mérite d'être investiguée chez les aînés également. Il faut aussi considérer que la moyenne des scores d'anxiété-état est entre 20 et 37, ce qui correspond à un niveau d'anxiété-état anodin ou bas selon l'échelle d'interprétation du STAI-Y. Par ailleurs, il est possible que l'anxiété-état ne diminue que chez les populations qui présentent un plus haut niveau initial d'anxiété.

4.7 Autres aspects à considérer pour des études futures

Dans les autres aspects à considérer, on pourrait retrouver le moment de l'année auquel les participantes ont fait partie de l'étude. Le recrutement s'est échelonné sur 8 mois dans la ville de Montréal au Canada. Les conditions météorologiques sont très diverses entre le mois d'août, par exemple, et le mois de février. Les caractéristiques météorologiques de l'hiver peuvent rendre le transport vers le centre de recherche

plus long et plus difficile ce qui peut affecter le niveau d'énergie, l'humeur et le taux de cortisol. Bien que ce projet soit un devis intra-participante et que les tests ont été faits à une semaine d'intervalle, ces aspects peuvent être pris en considération pour des futures études.

De plus, il faut rappeler que les directives pour un entraînement sécuritaire pour l'ainé de l'ACSM ont été utilisées pour préparer les programmes d'entraînements. Le RPE a été recueilli lors des séances, ce qui est utile pour déterminer la perception de l'effort lors de la séance d'entraînement. Cependant, l'entraînement représentait à peu près 1 heure, alors que la séance complète durait entre 2,5 et 3 heures. De plus les tests physiques ont été les derniers à être administrés (environ 30 minutes post-entraînement). On peut penser que de la fatigue cognitive s'accumule aussi puisque la période de 30 minutes entre l'entraînement et les tests physiques est remplie de tests cognitifs et de questionnaires. Pourtant, une étude observe que la fatigue mentale n'a pas d'effet sur la performance physique des aînés (Faria et al., 2024). On peut se demander si la fatigue mentale peut influencer la fatigue physique dans un autre contexte, par exemple dans celui de cette étude où les participantes avaient une longue séance de 3 heures, incluant 1 heure d'entraînement. Dans des futures études similaires, il serait pertinent de faire des mesures de fatigue subjectives tout au long de la séance afin de voir si les mesures correspondent avec les observations sur les performances physiques. Cela permettrait aussi d'observer l'évolution de la fatigue à travers toute la séance, et non seulement lors de l'entraînement. Il est aussi important de considérer que dans la pratique, un bon kinésologue qui accompagne n'importe quel client doit suivre la fatigue et s'ajuster en conséquence. Dans le cas d'un client plus âgé, on ne veut pas induire une fatigue assez intense pour nuire à leur mobilité quand le client a besoin de se déplacer après sa séance d'entraînement.

Aussi, le recrutement a été complexifié par les critères d'exclusion pour le projet. Il fallait trouver des participantes âgées, n'ayant aucun problème de santé non-contrôlé, n'étant pas en train de suivre un programme d'entraînement régulier et avec les capacités de s'entraîner (pas de blessures qui empêchent de faire les exercices du protocole). En se référant à la figure 2.1 qui présente le processus de recrutement, on peut voir que plusieurs participantes exclues remplissaient un de ces trois critères d'exclusions énumérés. Ce choix a été fait puisqu'aucune autre étude dans la littérature n'avait observé les effets immédiats de l'entraînement en utilisant les modalités d'entraînement prévues pour ce projet. Bien entendu, il serait pertinent de faire des études futures qui incluent des participantes qui avaient ces critères d'exclusions, puisque ce serait plus représentatif de la population vieillissante. Ceci pourrait

impliquer, cependant, que le protocole d'entraînement ne soit plus standardisé pour chaque participant, mais que les exercices choisis soient adaptés à chaque individu.

En général, ce genre de projet nécessite plusieurs ressources pour être mené adéquatement. Il y a plusieurs choix à faire, notamment en ce qui concerne l'ordre des tests. Il est possible que l'ordre des tests ait affecté les résultats. Toutefois, il a fallu planifier la prise de mesure pour mettre en ordre les tests les plus sensibles au temps post-entraînement et les faire passer en premier. Aussi, l'ordre de passation des tests a été le même à chaque temps de mesure. Finalement, ce genre de projet peut être refait avec d'autres mesures telles que l'appréciation des séances pour voir ce qui est motivant pour cette population, les affects positifs et négatifs, des mesures structurelles (IRM), de force et d'équilibre, par exemples.

CHAPITRE 5 : CONCLUSION

En conclusion, un objectif de ce projet de recherche a été de vérifier les effets immédiats de l'entraînement des habiletés motrices et de l'entraînement combiné sur la cognition des aînés et la fatigue physique. Ensuite, ce projet voulait vérifier si BDNF, IGF-1, le cortisol et l'anxiété-état sont des mécanismes sous-jacents des changements cognitifs et physiques. Finalement, cette étude cherchait à déterminer si ces mécanismes sont liés aux changements observés sur la cognition et la mobilité. Sur la base de ces résultats, il est possible de conclure que ces deux modalités d'entraînement pourraient améliorer la cognition de façon immédiate, notamment les fonctions exécutives. De plus, il ressort que ces deux modalités d'entraînement mènent à une diminution de la performance de la vitesse de marche maximale. Finalement, le BDNF augmente à la suite de ces deux modalités d'entraînement, mais ne semble pas être corrélé aux performances cognitives.

Sur le plan scientifique, ce projet avait pour cible de contribuer à la littérature sur le sujet des effets immédiats de l'exercice sur la cognition des aînés. Spécifiquement, ce projet a voulu introduire deux autres modalités d'entraînement qui pourraient être plus avantageuses pour améliorer la cognition des aînés. Selon les résultats obtenus, ces modalités d'entraînement méritent d'être étudiées davantage puisqu'elles présentent des résultats favorables en ce qui concerne la cognition des femmes âgées. Ces résultats n'ont pas été concluants sur les variables expliquant comment la cognition a été affectée immédiatement post-entraînement, mis à part pour le BDNF qui semble augmenter immédiatement post-entraînement sans toutefois être corrélé avec les améliorations de la cognition.

Sur le plan pratique, les kinésiologues et autres intervenants de la santé peuvent bénéficier des informations tirées de ce projet pour faire des choix éclairés sur les modalités d'entraînement à prescrire aux clientèles âgées et pour les informer des avantages de l'exercice de façon plus précise. Un des avantages de l'entraînement des habiletés motrices est que cet entraînement est typiquement d'une intensité plus basse, ce qui peut présenter un intérêt particulier pour des personnes plus fragiles physiquement. Ce type d'entraînement peut tout de même apporter une augmentation des performances cognitives de façon immédiate. Cependant, une altération des performances à la marche à vitesse maximale suggère qu'une certaine fatigue peut malgré tout s'installer à court terme. L'entraînement combiné apporte des bénéfices similaires, mais est d'intensité plus élevée et peut amener plus d'améliorations sur la force et la condition aérobie des participants si pratiqué sur le long terme.

Pour la suite des études dans ce domaine, il reste encore à investiguer les différences entre les modalités d'entraînement étudiées et les modalités d'entraînement typiques, telles que l'entraînement en résistance ou l'entraînement aérobic seul. De plus, ce projet est novateur puisqu'il s'est intéressé aux mécanismes sous-jacents expliquant les améliorations observées sur la cognition. Il y a encore une multitude de variables qui pourraient être utilisées pour comprendre comment ces modalités d'entraînement améliorent la cognition. En effet, des projets futurs pourraient s'intéresser à la motivation, aux affects, à l'activité et la structure cérébrale. De plus, les hommes devraient aussi être étudiés dans ce contexte.

Il est important de reconnaître l'importance des personnes âgées qui ont largement contribué à la société. Pour le faire, les trois sphères de la santé, la cognition, la condition physique et la psychologie, sont importantes à considérer. Les études qui ont un regard holistique sur ces sphères sont essentielles pour leur permettre de continuer à mener des vies épanouies et actives.

ANNEXE A: Formulaire d'information et de consentement



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Titre du projet de recherche :	Effets immédiats de l'activité physique sur la cognition des aînés: Étude des mécanismes biopsychologiques.
Chercheur responsable du projet de recherche :	Nicolas Berryman, Ph. D., chercheur au Centre de recherche de l'IUGM.
Co-chercheurs :	▪ Sébastien Grenier, Ph. D., chercheur au Centre de recherche de l'IUGM. ▪ Antony Karelis, Ph. D., chercheur au Centre de recherche de l'IUGM. ▪ Elizabeth Samei Rad, étudiante (MSc) au Centre de recherche de l'IUGM.
Établissement participant :	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de l'Île-de-Montréal. CCSMTL – IUGM.

1. Introduction

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet ou à un membre de son personnel de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

2. Nature et objectifs du projet de recherche

Les effets bénéfiques de l'activité physique sur la mémoire et l'attention ont été bien démontrés, et ce, particulièrement chez les aînés. En plus des améliorations à long terme, une seule séance d'activité physique est susceptible de produire des bénéfices immédiats sur la mémoire et l'attention.

Cependant, l'étude des mécanismes permettant d'expliquer les bénéfices de l'activité physique sur la mémoire et l'attention est peu avancée. À cet égard, des études récentes mettent l'accent sur différentes pistes biologiques et psychologiques. Néanmoins, la contribution exacte de chacune de ces pistes doit toujours être confirmée, surtout dans la perspective des effets immédiats de l'activité physique.

Ainsi, ce projet de recherche a comme objectif principal de mieux comprendre les mécanismes biopsychologiques associés aux effets immédiats de différents programmes d'activité physique sur la mémoire et l'attention des aînés. Ce projet permettra à terme une meilleure prescription de l'activité physique en fonction d'effets spécifiques visés.

Pour la réalisation de ce projet de recherche, nous comptons recruter 20 participantes, âgées de 65 ans et plus et démontrant une bonne santé générale permettant de prendre part à des séances d'activité physique d'intensité modérée.

3. Déroulement du projet de recherche

3.1 Lieu de réalisation du projet de recherche, durée et nombre de visites

Ce projet de recherche se déroulera au Centre de recherche de l'IUGM. Votre participation à ce projet durera 2 semaines et comprendra une visite de familiarisation et 2 autres visites qui doivent être séparées d'au moins 7 jours.

Ce projet implique que les rendez-vous au centre de recherche soient pris à un moment fixe de la semaine. Ainsi, il faut identifier un moment durant lequel vous pourrez être libre durant 2 semaines consécutives. Par exemple, une première rencontre prévue un lundi à 10 h devra être reproduite lors de la semaine suivante. Cependant, la visite de familiarisation pourra être organisée 24 heures avant la première visite pour les tests officiels.

3.2 Nature de votre participation

Vous serez invitée à 1 séance de familiarisation et 2 séances d'entraînement. La structure et la séquence des séances d'entraînement seront identiques, mais vous serez appelées à réaliser des activités d'entraînement différentes.

3.2.1 Description de la séance de familiarisation d'une durée de 45 à 60 minutes

Dans un premier temps, nous passerons en revue avec vous les critères d'inclusion et d'exclusion du projet pour nous assurer que vous pouvez participer à ce projet. En effet, il se peut que vous ne puissiez participer à ce projet pour diverses raisons. Le cas échéant, le chercheur responsable du projet ou un membre de son équipe discutera avec vous de ces points et abordera les raisons pour lesquelles vous ne pouvez être admissible.

Par la suite, nous ferons une série d'exercices afin que vous puissiez vous familiariser avec les appareils que nous utiliserons lors des séances suivantes. Par exemple, vous devrez réaliser un exercice sur appareil de musculation ce qui nous servira à déterminer une intensité qui sera appropriée pour vous.

3.2.2 Description des séances d'entraînements d'une durée de 90 à 120 minutes

La séance impliquera des tests pré-entraînement. D'abord, vous devrez compléter des questionnaires afin de quantifier vos états émotionnels. Ensuite, une prise de sang de 45 ml (ce qui correspond environ à quatre cuillères à soupe) sera effectuée par une infirmière au creux de votre avant-bras. Enfin, on vous demandera de réaliser des tests de marche au sol ainsi que des tests de mémoire et d'attention.

Ensuite, vous participerez à une séance d'entraînement. Vous serez appelée à effectuer une séance de développement des habiletés motrices pouvant inclure un parcours de marche, de la jonglerie, des exercices d'équilibre, etc. L'autre séance comprend plutôt des exercices sur vélo et sur un appareil de musculation pour les jambes.

Finalement, cette séance se terminera par une reprise des tests pré-entraînement à savoir les questionnaires afin de quantifier vos états émotionnels, une prise de sang de 45 ml et des tests de marche au sol ainsi que des tests de mémoire et d'attention.

3.2.3 Précautions à prendre

Avant chaque séance, il sera important d'éviter les entraînements physiques et les efforts inhabituels pour une période d'au moins 48 heures.

4. Découverte fortuite

Bien qu'ils ne fassent pas l'objet d'une évaluation médicale formelle, les résultats de tous les tests, examens et procédures réalisés dans le cadre de ce projet de recherche peuvent mettre en évidence des problèmes jusque-là ignorés, c'est ce que l'on appelle une découverte fortuite. C'est pourquoi, en présence d'une particularité, le chercheur responsable du projet vous téléphonera pour assurer un suivi.

5. Avantages associés au projet de recherche

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche.

6. Risques associés au projet de recherche

6.1 Risques associés à l'activité physique

Votre participation à ce projet de recherche n'est pas sans risque. Par exemple, la pratique d'activités physiques

peut être associée à une augmentation de la possibilité de subir une blessure physique, telles que des blessures musculaires, articulaires, osseuses, etc. ou d'être victime d'un malaise cardiovasculaire. Également, vous pourriez ressentir une fatigue inhabituelle à la suite de ces séances de tests et d'entraînement.

Cependant, les procédures mises en place dans ce projet de recherche à savoir : le dépistage approprié et la gestion adéquate des intensités devraient réduire de façon importante l'éventualité de tels événements.

De plus, nous vous demanderons de nous indiquer tous les problèmes de santé que vous avez. Nous vous questionnerons aussi sur vos antécédents médicaux, nous vous poserons des questions sur votre santé et nous vous questionnerons sur les médicaments que vous avez pris dans le passé ou que vous prenez actuellement, y compris les produits naturels et les remèdes à base d'herbes médicinales. Nous vous rappelons qu'il est important pour vous de nous dire la vérité au sujet de votre état de santé.

6.2 Risques associés à la prise de sang

La prise de sang peut provoquer une légère douleur, des rougeurs, des ecchymoses ou des douleurs au point d'insertion de l'aiguille. Dans de très rares cas, des lésions nerveuses peuvent survenir au point d'insertion de l'aiguille.

7. Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable de ce projet ou à l'un des membres de son personnel de recherche.

Le chercheur responsable de ce projet et le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie 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.

Si vous vous retirez du projet ou êtes retiré du projet, l'information et le matériel déjà recueillis dans le cadre de ce projet seront néanmoins conservés, analysés ou utilisés pour assurer l'intégrité du projet.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait avoir un impact sur votre décision de continuer à participer à ce projet vous sera communiquée rapidement.

8. Confidentialité

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

Ces renseignements peuvent comprendre les informations 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. Votre dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que votre nom, votre sexe, votre date de naissance et votre origine ethnique.

Tous les renseignements recueillis demeureront confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Ces données de recherche seront conservées pendant au moins 7 ans par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Les données de recherche pourront être publiées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier.

À des fins de surveillance, de contrôle, de protection, de sécurité, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par des organismes réglementaires ainsi que par des représentants de l'établissement ou du Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie. Ces personnes et ces organismes adhèrent à

une politique de confidentialité.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin.

9. Études ultérieures

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées par le chercheur responsable pour réaliser d'autres projets de recherche soit dans le domaine de la neuroscience du vieillissement ou dans le domaine de la promotion de la santé, des soins et des interventions.

Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie avant leur réalisation. De plus, le Comité en assurera le suivi. Vos données de recherche seront conservées de façon sécuritaire sur des serveurs informatiques du Centre de recherche de l'IUGM. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de vos données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code.

Vos données de recherche seront conservées aussi longtemps qu'elles peuvent avoir une utilité pour l'avancement des connaissances scientifiques. Lorsqu'elles n'auront plus d'utilité, vos données de recherche seront détruites. Par ailleurs, notez qu'en tout temps, vous pouvez demander la non-utilisation de vos données de recherche en vous adressant au chercheur responsable de ce projet de recherche.

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées à ces conditions? ☐ **Oui** ☐ **Non**

10. Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable de ce projet de recherche ou un membre de son personnel de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés. ☐ **Oui** ☐ **Non**

11. Possibilité de commercialisation

Les résultats de la recherche découlant notamment de votre participation pourraient mener à la création de produits commerciaux et générer des profits. Cependant, vous ne pourrez en retirer aucun avantage financier.

12. Financement du projet de recherche

Le chercheur responsable de ce projet de recherche a reçu un financement interne du Centre de recherche de l'IUGM pour mener à bien ce projet de recherche.

13. Compensation

Vous recevrez un montant de 40 dollars en guise de compensation pour vos déplacements et votre participation au projet de recherche. Si vous vous retirez ou si vous êtes retiré du projet avant qu'il ne soit complété, vous recevrez un montant proportionnel à votre participation.

14. En cas de préjudice

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé.

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

15. Procédures en cas d'urgence médicale

Veuillez noter que l'IUGM n'est pas un centre hospitalier de soins de courte durée qui offre des services d'urgence et qui compte sur la présence sur place d'un médecin 24 heures sur 24. Par conséquent, advenant une condition médicale qui nécessiterait des soins immédiats, les premiers soins vous seront dispensés par le personnel en place et des dispositions seront prises afin de vous transférer, si nécessaire, aux urgences d'un hôpital avoisinant.

16. Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable de ce projet de recherche, Nicolas Berryman, en écrivant à cette adresse : berryman.nicolas@uqam.ca

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 le commissaire aux plaintes et à la qualité des services du CIUSSS Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal au 514.593.3600.

17. Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie a approuvé le projet de recherche et en assurera le suivi. Pour toute information, vous pouvez joindre le Comité, par téléphone au 514.527.9565, poste 3223 ou par courriel à l'adresse suivante: karima.bekhiti.ccsmtl@ssss.gouv.qc.ca

Consentement

Titre du projet de recherche : Effets immédiats de l'activité physique sur la cognition des aînés: Étude des mécanismes biopsychologiques

1. Consentement du participant

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. On m'a expliqué le projet de recherche et le présent formulaire d'information et de consentement. On a répondu à mes questions et on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Après réflexion, je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

J'autorise le chercheur responsable de ce projet de recherche ou son équipe à informer mon médecin traitant de ma participation à ce projet et à lui transmettre toute information pertinente :

Oui ☐

Non ☐

Nom et coordonnées du médecin traitant :

Nom et signature du participant

Date

2. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant le projet de recherche et le présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

3. Signature et engagement du chercheur responsable de ce projet de recherche

Je certifie qu'on a expliqué au participant le présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions qu'il avait.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée et datée au participant.

Nom et signature du chercheur responsable de ce projet de recherche

Date

ANNEXE B: Plan d'entraînement des habiletés motrices

1. Échauffement global :

- 5 min de marche sur tapis roulant (pas d'essoufflement / sudation excessive).

2. Échauffement spécifique :

Assis sur la chaise

- Respiration avec abduction/adduction des épaules (arcs de bras de côté à en haut)
- Extension des genoux
- Rotation du tronc alternée
- Rotation des chevilles – externes
- Rotation des chevilles - internes
- Flexion latérale du tronc alternée

Debout derrière la chaise

- Abduction de la hanche
- Élévation sur les orteils
- Flexion/extension de la hanche

Respiration avec abduction-adduction des épaules (5 réps)



Extension des genoux (10 réps)



Flexion latérale du tronc alternée (5 réps / côté)



Abduction de la hanche (10 réps / côté)



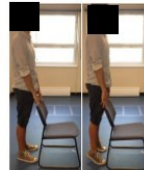
Rotation du tronc alternée (5 réps / côté)



Rotation des chevilles (15 sec / sens)



Élévation sur les orteils (10 réps)



Flexion - Extension de la hanche (10 réps / côté)



3. Exercices de locomotion (à vitesse élevée)

- a. Marche normale (un tour à gauche, un tour à droite) x 3
- b. Marche avec un pied devant l'autre (un tour à gauche, un tour à droite) x 1
- c. Marche à reculons (un tour à gauche, un tour à droite) x 3
- d. Marche de côté (un tour à gauche, un tour à droite) x 3
- e. Parcours avec cônes et step - marche normale x 3
- f. Parcours avec cônes et step – marche avec un pied devant l'autre x 3
- g. Parcours avec cônes et step – marche de côté vers la gauche x 3
- h. Parcours avec cônes et step – marche de côté vers la droite x 3



4. Équilibre sur ballon plat instable (3 reps de 30 sec chaque exercice; avec souliers)

- a. Pieds aux extrémités
- b. Pieds collés ensemble

Plateforme d'instabilité – Pieds collés



5. Équilibre sur ballon (3 reps de 30 sec chaque exercice; avec souliers)

- Coller les pieds ensemble
- Mouvement du bassin avant-arrière
- Mouvement du bassin gauche-droite
- Mouvement du bassin rotation
- Lever un pied en alternance lentement

Ballon – Coller les pieds ensemble



Lever pied en alternance

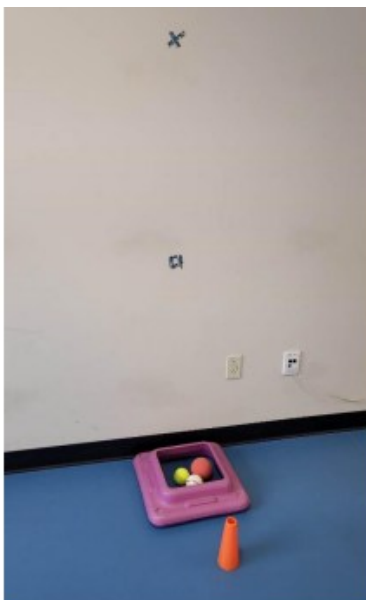


Triset ballon – Avant-arrière / gauche-droite / rotation



6. Exercices de cibles (4 répétitions : main G/D et ordre CROISS/DÉCROISS)

- Une marque de tape en haut de la tête (2 mètres)
- Une marque de tape en bas de la tête (1,25 mètre)
- Une boîte loin de la personne (3 mètres)
- Un cône proche de la personne (1 mètre)



7. Retour au calme

Étirements (30 sec chaque exercice)

- a. Étirement du pectoral
- b. Étirement du mollet



Étirement des mollets au mur



ANNEXE C: Plan d'entraînement combiné

Entrainement en Combiné (durée : 45 minutes)						
Entrainement en Force → Legpress	<i>Objectifs</i>	<i>Nombre de répétitions</i>	<i>Séries</i>	<i>Commentaires</i>		
	4 séries de 10 répétitions à 70 % de RM	/10	/1	RPE :		
		/10	/1			
		/10	/1			
		/10	/1			
Repos de 2 minutes entre chaque séries						
Entrainement en aérobie → Ergocycle	4 séries de 4 minutes à 60% de la FC réserve 60% FC réserve:	T0 : FC avant l'exercice				
		T1 : FC échauffement				
		T2 : FC exercice				
		T3 : FC récupération				
	Repos de 2 minutes entre chaque séries					
	<u>Commentaires :</u>	RPE :				

ANNEXE D : Directives ACSM

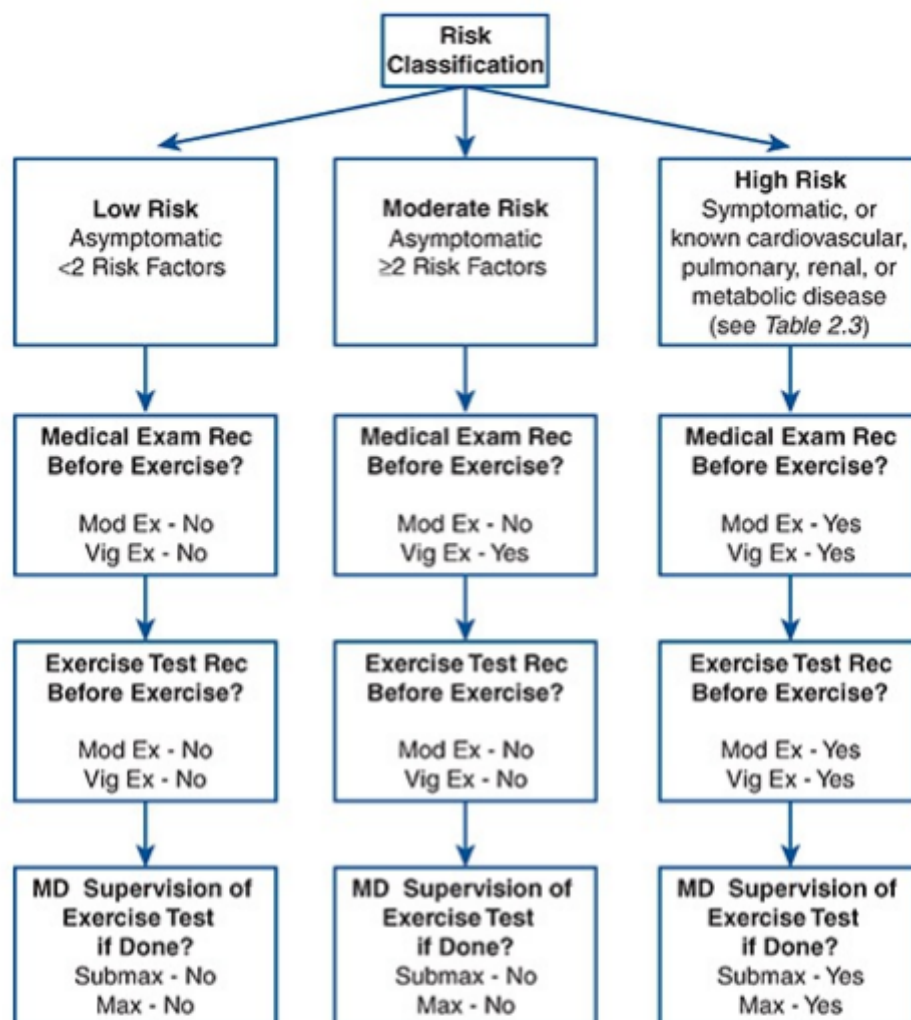
TABLE 2.2. Atherosclerotic Cardiovascular Disease (CVD) Risk Factors and Defining Criteria (26,31)

Risk Factors	Defining Criteria
Age	Men ≥ 45 yr; women ≥ 55 yr (12)
Family history	Myocardial infarction, coronary revascularization, or sudden death before 55 yr in father or other male first-degree relative or before 65 yr in mother or other female first-degree relative
Cigarette smoking	Current cigarette smoker or those who quit within the previous 6 mo or exposure to environmental tobacco smoke
Sedentary lifestyle	Not participating in at least 30 min of moderate intensity, physical activity ($40\% - < 60\% \dot{V}O_{2R}$) on at least 3 d of the week for at least 3 mo (22,30)
Obesity	Body mass index $\geq 30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ or waist girth $> 102 \text{ cm}$ (40 in) for men and $> 88 \text{ cm}$ (35 in) for women (10)
Hypertension	Systolic blood pressure $\geq 140 \text{ mm Hg}$ and/or diastolic $\geq 90 \text{ mm Hg}$, confirmed by measurements on at least two separate occasions, or on antihypertensive medication (9)
Dyslipidemia	Low-density lipoprotein (LDL) cholesterol $\geq 130 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($3.37 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) or high-density lipoprotein ^b (HDL) cholesterol $< 40 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($1.04 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) or on lipid-lowering medication. If total serum cholesterol is all that is available, use $\geq 200 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($5.18 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) (21)
Prediabetes ^a	Impaired fasting glucose (IFG) = fasting plasma glucose $\geq 100 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($5.55 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) and $\leq 125 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($6.94 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) or impaired glucose tolerance (IGT) = 2 h values in oral glucose tolerance test (OGTT) $\geq 140 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($7.77 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) and $\leq 199 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($11.04 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) confirmed by measurements on at least two separate occasions (5)
Negative Risk Factors	Defining Criteria
High-density lipoprotein (HDL) cholesterol	$\geq 60 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($1.55 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)

^aIf the presence or absence of a CVD risk factor is not disclosed or is not available, that CVD risk factor should be counted as a risk factor except for prediabetes. If the prediabetes criteria are missing or unknown, prediabetes should be counted as a risk factor for those ≥ 45 yr, especially for those with a body mass index (BMI) $\geq 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, and those < 45 yr with a BMI $\geq 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ and additional CVD risk factors for prediabetes. The number of positive risk factors is then summed.

^bHigh HDL is considered a negative risk factor. For individuals having high HDL $\geq 60 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ($1.55 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), for these individuals one positive risk factor is subtracted from the sum of positive risk factors.

$\dot{V}O_{2R}$, oxygen uptake reserve.



Mod Ex: Moderate intensity exercise; 40%–<60% $\dot{V}O_2R$; 3–<6 METs
“An intensity that causes noticeable increases in HR and breathing.”

Vig Ex: Vigorous intensity exercise; ≥60% $\dot{V}O_2R$; ≥6 METs
“An intensity that causes substantial increases in HR and breathing.”

Not Rec: Reflects the notion a medical examination, exercise test, and physician supervision of exercise testing are not recommended in the preparticipation screening; however, they may be considered when there are concerns about risk, more information is needed for the Ex Rx, and/or are requested by the patient or client.

Rec: Reflects the notion a medical examination, exercise test, and physician supervision are recommended in the preparticipation health screening process.

■ **FIGURE 2.4.** Medical examination, exercise testing, and supervision of exercise testing preparticipation recommendations based on classification of risk. Ex Rx, exercise prescription; HR, heart rate; METs, metabolic equivalents; $\dot{V}O_2R$, oxygen uptake reserve.

RÉFÉRENCES

ACSM. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott williams & wilkins.

Albinet, C. T., Mandrick, K., Bernard, P. L., Perrey, S., & Blain, H. (2014). Improved cerebral oxygenation response and executive performance as a function of cardiorespiratory fitness in older women: a fNIRS study. *Frontiers in aging neuroscience*, 6, 272.

Aleman, A., Verhaar, H. J., De Haan, E. H., De Vries, W. R., Samson, M. M., Drent, M. L., Van Der Veen, E. A., & Koppeschaar, H. P. (1999). Insulin-like growth factor-I and cognitive function in healthy older men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84(2), 471-475.

Alfini, A. J., Won, J., Weiss, L. R., Nyhuis, C. C., Shackman, A. J., Spira, A. P., & Smith, J. C. (2020). Impact of exercise on older adults' mood is moderated by sleep and mediated by altered brain connectivity. *Social cognitive and affective neuroscience*, 15(11), 1238-1251.

Alghadir, A. H., & Gabr, S. A. (2020). Hormonal function responses to moderate aerobic exercise in older adults with depression. *Clinical interventions in aging*, 1271-1283.

Alghadir, A. H., Gabr, S. A., Al-Momani, M., & Al-Momani, F. (2021). Moderate aerobic training modulates cytokines and cortisol profiles in older adults with cognitive abilities. *Cytokine*, 138, 155373.

Alves, C. R. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D., & Takito, M. Y. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(4), 539-549.

Anderson, D. E., & Madigan, M. L. (2014). Healthy older adults have insufficient hip range of motion and plantar flexor strength to walk like healthy young adults. *Journal of biomechanics*, 47(5), 1104-1109.

- Antunes, H. K. M., Stella, S. G., Santos, R. F., Bueno, O. F. A., & Mello, M. T. d. (2005). Depression, anxiety and quality of life scores in seniors after an endurance exercise program. *Brazilian journal of psychiatry*, 27, 266-271.
- Arazi, H., Babaei, P., Moghimi, M., & Asadi, A. (2021). Acute effects of strength and endurance exercise on serum BDNF and IGF-1 levels in older men. *BMC geriatrics*, 21(1), 1-8.
- Arent, S., Landers, M., & Etnier, J. (2000). The effects of exercise on mood in older adults: a meta-analytic. *J Aging Phys Act*, 8(4), 407-430.
- Arrieta, H., Rezola-Pardo, C., Kortajarena, M., Hervás, G., Gil, J., Yanguas, J. J., Iturburu, M., Gil, S. M., Irazusta, J., & Rodriguez-Larrad, A. (2020). The impact of physical exercise on cognitive and affective functions and serum levels of brain-derived neurotrophic factor in nursing home residents: a randomized controlled trial. *Maturitas*, 131, 72-77.
- Ashpole, N. M., Sanders, J. E., Hodges, E. L., Yan, H., & Sonntag, W. E. (2015). Growth hormone, insulin-like growth factor-1 and the aging brain. *Experimental Gerontology*, 68, 76-81.
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26, 217-238.
- Audiffren, M., Tomporowski, P. D., & Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: modulation of executive control in a Random Number Generation task. *Acta psychologica*, 132(1), 85-95.
- Ávila-Funes, J. A., Pina-Escudero, S., Aguilar-Navarro, S., Gutierrez-Robledo, L., Ruiz-Arregui, L., & Amieva, H. (2011). Cognitive impairment and low physical activity are the components of frailty more strongly associated with disability. *The Journal of nutrition, health and aging*, 15(8), 683-689.
- Bagheri, L., Faramarzi, M., Banitalebi, E., & Mardanpour Shahrekordi, Z. (2016). A comparison of the effects of three types of combined training on testosterone and cortisol concentration and muscular strength in elderly women. *Journal of Sport Biosciences*, 8(1), 123-141.

- Bando, H., Zhang, C., Takada, Y., Yamasaki, R., & Saito, S. (1991). Impaired secretion of growth hormone-releasing hormone, growth hormone and IGF-I in elderly men. *European Journal of Endocrinology*, 124(1), 31-36.
- Barnard, R. (1979). Physiological characteristics of sprint and endurance Masters runners. *Medicine and science in sports*, 11(2), 167-171.
- Baune, B. T., Suslow, T., Engelen, A., Arolt, V., & Berger, K. (2006). The association between depressive mood and cognitive performance in an elderly general population—the MEMO study. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 22(2), 142-149.
- Behrendt, T., Kirschnick, F., Kröger, L., Beileke, P., Rezepin, M., Brigadski, T., Leßmann, V., & Schega, L. (2021). Comparison of the effects of open vs. closed skill exercise on the acute and chronic BDNF, IGF-1 and IL-6 response in older healthy adults. *BMC neuroscience*, 22(1), 1-19.
- Bekinschtein, P., Cammarota, M., & Medina, J. H. (2014). BDNF and memory processing. *Neuropharmacology*, 76, 677-683.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F., Kergoat, M. J., Vu, T. T. M., & Bosquet, L. (2013). Executive functions, physical fitness and mobility in well-functioning older adults. *Experimental Gerontology*, 48(12), 1402-1409.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F., Lussier, M., Kergoat, M. J., Vu, T. T. M., & Bosquet, L. (2014). Multiple roads lead to Rome: combined high-intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age*, 36, 1-19.
- Beserra, A. H. N., Kameda, P., Deslandes, A. C., Schuch, F. B., Laks, J., & Moraes, H. S. d. (2018). Can physical exercise modulate cortisol level in subjects with depression? A systematic review and meta-analysis. *Trends in psychiatry and psychotherapy*, 40, 360-368.
- Best, J. R., Liu-Ambrose, T., Boudreau, R. M., Ayonayon, H. N., Satterfield, S., Simonsick, E. M., Studenski, S., Yaffe, K., Newman, A. B., & Rosano, C. (2016). An evaluation of the longitudinal, bidirectional

associations between gait speed and cognition in older women and men. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 71(12), 1616-1623.

Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., & Mujika, I. (2013). Effect of training cessation on muscular performance: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(3), e140-e149.

Bouaziz, W., Lang, P. O., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Vogel, T. (2016). Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: a systematic review. *International journal of clinical practice*, 70(7), 520-536.

Bouaziz, W., Vogel, T., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Lang, P. O. (2017). Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 69, 110-127.

Boyle, P. A., Buchman, A. S., Wilson, R. S., Leurgans, S. E., & Bennett, D. A. (2009). Association of muscle strength with the risk of Alzheimer disease and the rate of cognitive decline in community-dwelling older persons. *Archives of neurology*, 66(11), 1339-1344.

Brahms, C. M., Hortobágyi, T., Kressig, R. W., & Granacher, U. (2021). The interaction between mobility status and exercise specificity in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*, 49(1), 15-22.

Brigadski, T., & Leßmann, V. (2020). The physiology of regulated BDNF release. *Cell and Tissue Research*, 382(1), 15-45.

Brindley, D. N., & Rolland, Y. (1989). Possible connections between stress, diabetes, obesity, hypertension and altered lipoprotein metabolism that may result in atherosclerosis. *Clinical science (London, England: 1979)*, 77(5), 453-461.

Buchman, A. S., Yu, L., Boyle, P. A., Schneider, J. A., De Jager, P. L., & Bennett, D. A. (2016). Higher brain BDNF gene expression is associated with slower cognitive decline in older adults. *Neurology*, 86(8), 735-741.

- Callow, D. D., Won, J., Alfini, A. J., Purcell, J. J., Weiss, L. R., Zhan, W., & Smith, J. C. (2021). Microstructural plasticity in the Hippocampus of healthy older adults after acute exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(9), 1928-1936.
- Carrick-Ranson, G., Howden, E. J., & Levine, B. D. (2022). Exercise in Octogenarians: How Much Is Too Little? *Annual review of medicine*, 73, 377-391.
- Cassilhas, R. C., Antunes, H. K. M., Tufik, S., & De Mello, M. T. (2010). Mood, anxiety, and serum IGF-1 in elderly men given 24 weeks of high resistance exercise. *Perceptual and Motor skills*, 110(1), 265-276.
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1401-1407.
- Chang, K.-V., Hsu, T.-H., Wu, W.-T., Huang, K.-C., & Han, D.-S. (2016). Association between sarcopenia and cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(12), 1164. e1167-1164. e1115.
- Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Huang, C.-C., Wang, C.-C., & Chu, I.-H. (2014). Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults: general or specific cognitive improvement? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 51-55.
- Cheng, C. M., Mervis, R. F., Niu, S. L., Salem Jr, N., Witters, L. A., Tseng, V., Reinhardt, R., & Bondy, C. A. (2003). Insulin-like growth factor 1 is essential for normal dendritic growth. *Journal of neuroscience research*, 73(1), 1-9.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Singh, M. A. F., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530.
- Cipolli, G. C., Yassuda, M. S., & Aprahamian, I. (2019). Sarcopenia is associated with cognitive impairment in older adults: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition, health and aging*, 23(6), 525-531.

Coelho-Júnior, H. J., Aguiar, S. d. S., Calvani, R., Picca, A., Carvalho, D. d. A., Zwarg-Sá, J. d. C., Audiffren, M., Marzetti, E., & Uchida, M. C. (2021). Acute effects of low-and high-speed resistance exercise on cognitive function in frail older nursing-home residents: A randomized crossover study. *Journal of Aging Research*, 2021.

Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. routledge.

Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125-130.

Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the national academy of sciences*, 101(9), 3316-3321.

Corazza, D. I., Sebastião, É., Pedroso, R. V., Andreatto, C. A. A., de Melo Coelho, F. G., Gobbi, S., Teodorov, E., & Santos-Galduróz, R. F. (2014). Influence of chronic exercise on serum cortisol levels in older adults. *European Review of Aging and Physical Activity*, 11, 25-34.

Corbo, I., & Casagrande, M. (2022). Higher-level executive functions in healthy elderly and mild cognitive impairment: a systematic review. *Journal of clinical medicine*, 11(5), 1204.

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., & Sayer, A. A. (2019). Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, 48(1), 16-31.

Dasso, N. A. (2019). How is exercise different from physical activity? A concept analysis. *Nursing forum*,

de Alcantara Borba, D., da Silva Alves, E., Rosa, J. P. P., Facundo, L. A., Costa, C. M. A., Silva, A. C., Narciso, F. V., Silva, A., & de Mello, M. T. (2020). Can IGF-1 serum levels really be changed by acute physical exercise? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Physical Activity and Health*, 17(5), 575-584.

- de Melo Coelho, F. G., Gobbi, S., Andreatto, C. A. A., Corazza, D. I., Pedroso, R. V., & Santos-Galduróz, R. F. (2013). Physical exercise modulates peripheral levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF): a systematic review of experimental studies in the elderly. *Archives of gerontology and geriatrics*, 56(1), 10-15.
- De Nys, L., Ofosu, E. F., Ryde, G. C., Connelly, J., & Whittaker, A. C. (2022). Physical activity influences cortisol and dehydroepiandrosterone (Sulfate) levels in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 31(2), 330-351.
- de Souza Vale, R. G., de Oliveira, R. D., Pernambuco, C. S., da Silva Novaes, J., & de Andrade, A. d. F. D. (2009). Effects of muscle strength and aerobic training on basal serum levels of IGF-1 and cortisol in elderly women. *Archives of gerontology and geriatrics*, 49(3), 343-347.
- Delshad, A., & Talashan, M. (2020). A Comparison of the Effects of Two Methods of Aerobic and Combined Exercises on the Changes of Angiogenesis Factor TGF- β 1 and Cortisol Hormone in Healthy Elderly Men. *Yafteh*, 21(4).
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Dik, M. G., Pluijm, S. M., Jonker, C., Deeg, D. J., Lomecky, M. Z., & Lips, P. (2003). Insulin-like growth factor I (IGF-I) and cognitive decline in older persons. *Neurobiology of Aging*, 24(4), 573-581.
- Donath, L., Kurz, E., Roth, R., Hanssen, H., Schmidt-Trucksäess, A., Zahner, L., & Faude, O. (2015). Does a single session of high-intensity interval training provoke a transient elevated risk of falling in seniors and adults? *Gerontology*, 61(1), 15-23.
- Driscoll, I., Davatzikos, C., An, Y., Wu, X., Shen, D., Kraut, M., & Resnick, S. (2009). Longitudinal pattern of regional brain volume change differentiates normal aging from MCI. *Neurology*, 72(22), 1906-1913.

- Dupuy, O., Mekary, S., Berryman, N., Bherer, L., Audiffren, M., & Bosquet, L. (2012). Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(4), 296-304.
- Erickson, K. I., Miller, D. L., & Roecklein, K. A. (2012). The aging hippocampus: interactions between exercise, depression, and BDNF. *The Neuroscientist*, 18(1), 82-97.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., & White, S. M. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(7), 3017-3022.
- Erten-Lyons, D., Howieson, D., Moore, M. M., Quinn, J., Sexton, G., Silbert, L., & Kaye, J. (2006). Brain volume loss in MCI predicts dementia. *Neurology*, 66(2), 233-235.
- Fahlman, M. M., McNevin, N., Boardley, D., Morgan, A., & Topp, R. (2011). Effects of resistance training on functional ability in elderly individuals. *American journal of health promotion*, 25(4), 237-243.
- Faria, L. O., de Sousa Fortes, L., & Albuquerque, M. R. (2024). The Influence of Mental Fatigue on Physical Performance and Its Relationship with Rating Perceived Effort and Enjoyment in Older Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-15.
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., Van Kan, G. A., Andrieu, S., Bauer, J., & Breuille, D. (2011). Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249-256.
- Firth, J., Firth, J. A., Stubbs, B., Vancampfort, D., Schuch, F. B., Hallgren, M., Veronese, N., Yung, A. R., & Sarris, J. (2018). Association between muscular strength and cognition in people with major depression or bipolar disorder and healthy controls. *JAMA psychiatry*, 75(7), 740-746.
- Fjell, A. M., Sneve, M. H., Grydeland, H., Storsve, A. B., & Walhovd, K. B. (2017). The disconnected brain and executive function decline in aging. *Cerebral cortex*, 27(3), 2303-2317.

- Forrest, K. Y., Zmuda, J. M., & Cauley, J. A. (2005). Patterns and determinants of muscle strength change with aging in older men. *Aging Male*, 8(3/4), 151.
- Forte, R., Boreham, C. A., Leite, J. C., De Vito, G., Brennan, L., Gibney, E. R., & Pesce, C. (2013). Enhancing cognitive functioning in the elderly: multicomponent vs resistance training. *Clinical interventions in aging*, 19-27.
- Forti, L. N., Van Roie, E., Njemini, R., Coudyzer, W., Beyer, I., Delecluse, C., & Bautmans, I. (2015). Dose- and gender-specific effects of resistance training on circulating levels of brain derived neurotrophic factor (BDNF) in community-dwelling older adults. *Experimental Gerontology*, 70, 144-149.
- Frith, E., & Loprinzi, P. D. (2018). The association between lower extremity muscular strength and cognitive function in a national sample of older adults. *Journal of lifestyle medicine*, 8(2), 99.
- Gauthier, C. J., Lefort, M., Mekary, S., Desjardins-Crépeau, L., Skimminge, A., Iversen, P., Madjar, C., Desjardins, M., Lesage, F., & Garde, E. (2015). Hearts and minds: linking vascular rigidity and aerobic fitness with cognitive aging. *Neurobiology of Aging*, 36(1), 304-314.
- Giller, F., & Beste, C. (2019). Effects of aging on sequential cognitive flexibility are associated with fronto-parietal processing deficits. *Brain Structure and Function*, 224(7), 2343-2355.
- Gökçe, E., Kaushal, N., Fontanille, T., Vrinceanu, T., Saillant, K., Vints, W. A., Freret, T., Gauthier, A., Bherer, L., & Langeard, A. (2024). The mediating role of lower body muscle strength and IGF-1 level in the relationship between age and cognition. A MIDUS substudy. *Experimental Gerontology*, 189, 112399.
- Grégoire, C.-A., Berryman, N., St-Onge, F., Vu, T. T. M., Bosquet, L., Arbour, N., & Bherer, L. (2019). Gross motor skills training leads to increased brain-derived neurotrophic factor levels in healthy older adults: A pilot study. *Frontiers in Physiology*, 10, 442515.
- Ha, M.-S., & Son, W.-M. (2018). Combined exercise is a modality for improving insulin resistance and aging-related hormone biomarkers in elderly Korean women. *Experimental Gerontology*, 114, 13-18.

- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *Psychology of learning and motivation*, 22, 193-225.
- Hawkins, S. A., & Wiswell, R. A. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Medicine*, 33, 877-888.
- Hedden, T., & Park, D. (2001). Aging and interference in verbal working memory. *Psychology and aging*, 16(4), 666.
- Hermansen, M., Nygaard, M., Tan, Q., Jeune, B., Semkovska, M., Christensen, K., Thinggaard, M., & Mengel-From, J. (2024). Cognitively high-performing oldest old individuals are physically active and have strong motor skills-a study of the Danish 1905 and 1915 birth cohorts. *Archives of gerontology and geriatrics*, 105398.
- Heuser, I., Gotthardt, U., Schweiger, U., Schmider, J., Lammers, C.-H., Dettling, M., & Holsboer, F. (1994). Age-associated changes of pituitary-adrenocortical hormone regulation in humans: importance of gender. *Neurobiology of Aging*, 15(2), 227-231.
- Hill, A., & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM: Quarterly Journal of Medicine*(62), 135-171.
- Hill, E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of endocrinological investigation*, 31, 587-591.
- Hill, M. D., Gibson, A.-M., Wagerman, S. A., Flores, E. D., & Kelly, L. A. (2019). The effects of aerobic and resistance exercise on state anxiety and cognitive function. *Science & sports*, 34(4), 216-221.
- Houx, P. J., Jolles, J., & Vreeling, F. W. (1993). Stroop interference: aging effects assessed with the Stroop Color-Word Test. *Experimental aging research*, 19(3), 209-224.

- Hurst, C., Weston, K. L., McLaren, S. J., & Weston, M. (2019). The effects of same-session combined exercise training on cardiorespiratory and functional fitness in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Aging clinical and experimental research*, 31(12), 1701-1717.
- Ice, G. H. (2005). Factors influencing cortisol level and slope among community dwelling older adults in Minnesota. *Journal of Cross-Cultural Gerontology*, 20, 91-108.
- ISQ. (2021). *Portrait des personnes âgées au Québec*. o
<https://statistique.quebec.ca/fr/communiquer/portrait-personnes-ainees-quebec>
- Johnson, J. K., Lui, L.-Y., & Yaffe, K. (2007). Executive function, more than global cognition, predicts functional decline and mortality in elderly women. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(10), 1134-1141.
- Kalmijn, S., Janssen, J., Pols, H., Lamberts, S., & Breteler, M. (2000). A prospective study on circulating insulin-like growth factor I (IGF-I), IGF-binding proteins, and cognitive function in the elderly. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 85(12), 4551-4555.
- Kang, S., Hwang, S., Klein, A. B., & Kim, S. H. (2015). Multicomponent exercise for physical fitness of community-dwelling elderly women. *Journal of physical therapy science*, 27(3), 911-915.
- Kazemini, M., Salari, N., Vaisi-Raygani, A., Jalali, R., Abdi, A., Mohammadi, M., Daneshkhah, A., Hosseini-Far, M., & Shohaimi, S. (2020). The effect of exercise on anxiety in the elderly worldwide: a systematic review and meta-analysis. *Health and quality of life outcomes*, 18(1), 1-8.
- Kennedy, K. M., & Raz, N. (2009). Aging white matter and cognition: differential effects of regional variations in diffusion properties on memory, executive functions, and speed. *Neuropsychologia*, 47(3), 916-927.
- Khalafi, M., Sakhaei, M. H., Rosenkranz, S. K., & Symonds, M. E. (2022). Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & behavior*, 254, 113888.

- Kim, H., Chey, J., & Lee, S. (2017). Effects of multicomponent training of cognitive control on cognitive function and brain activation in older adults. *Neuroscience research*, 124, 8-15.
- Klein, A. B., Williamson, R., Santini, M. A., Clemmensen, C., Ettrup, A., Rios, M., Knudsen, G. M., & Aznar, S. (2011). Blood BDNF concentrations reflect brain-tissue BDNF levels across species. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14(3), 347-353.
- Landrigan, J.-F., Bell, T., Crowe, M., Clay, O. J., & Mirman, D. (2020). Lifting cognition: a meta-analysis of effects of resistance exercise on cognition. *Psychological research*, 84(5), 1167-1183.
- Law, R., & Clow, A. (2020). Stress, the cortisol awakening response and cognitive function. *International review of neurobiology*, 150, 187-217.
- Lemos, A., Simão, R., Polito, M., Salles, B., Rhea, M. R., & Alexander, J. (2009). The acute influence of two intensities of aerobic exercise on strength training performance in elderly women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1252-1257.
- Levine, A., Zagoory-Sharon, O., Feldman, R., Lewis, J. G., & Weller, A. (2007). Measuring cortisol in human psychobiological studies. *Physiology & behavior*, 90(1), 43-53.
- Lexell, J., Taylor, C. C., & Sjöström, M. (1988). What is the cause of the ageing atrophy?: Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15-to 83-year-old men. *Journal of the neurological sciences*, 84(2-3), 275-294.
- Li, L., Liu, M., Zeng, H., & Pan, L. (2021). Multi-component exercise training improves the physical and cognitive function of the elderly with mild cognitive impairment: A six-month randomized controlled trial. *Annals of palliative medicine*, 10(8), 8919929-8918929.
- Li, Z., Wu, X., Yan, Z., Cui, Y., Liu, Y., Cui, S., Wang, Y., & Liu, T. (2024). Unveiling the muscle-brain axis: A bidirectional mendelian randomization study investigating the causal relationship between sarcopenia-related traits and brain aging. *Archives of gerontology and geriatrics*, 123, 105412.

Lohr, K. N. (1990). Medicare: a strategy for quality assurance, volume I.

Lommatzsch, M., Zingler, D., Schuhbaeck, K., Schloetcke, K., Zingler, C., Schuff-Werner, P., & Virchow, J. C. (2005). The impact of age, weight and gender on BDNF levels in human platelets and plasma. *Neurobiology of Aging*, 26(1), 115-123.

Lopez, P., Pinto, R. S., Radaelli, R., Rech, A., Grazioli, R., Izquierdo, M., & Cadore, E. L. (2018). Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging clinical and experimental research*, 30, 889-899.

Lupien, S., Lecours, A., Schwartz, G., Sharma, S., Hauger, R. L., Meaney, M. J., & Nair, N. (1996). Longitudinal study of basal cortisol levels in healthy elderly subjects: evidence for subgroups. *Neurobiology of Aging*, 17(1), 95-105.

Lupien, S. J., De Leon, M., De Santi, S., Convit, A., Tarshish, C., Nair, N. P. V., Thakur, M., McEwen, B. S., Hauger, R. L., & Meaney, M. J. (1998). Cortisol levels during human aging predict hippocampal atrophy and memory deficits. *Nature neuroscience*, 1(1), 69-73.

Lussier, M., Saillant, K., Vranceanu, T., Hudon, C., & Bherer, L. (2021). Normative data for a tablet-based dual-task assessment in healthy older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 36(7), 1316-1325.

Manini, T. M., & Clark, B. C. (2012). Dynapenia and aging: an update. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 67(1), 28-40.

Marinus, N., Hansen, D., Feys, P., Meesen, R., Timmermans, A., & Spildooren, J. (2019). The impact of different types of exercise training on peripheral blood brain-derived neurotrophic factor concentrations in older adults: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 49, 1529-1546.

Marques, D. L., Neiva, H. P., Fail, L. B., Gil, M. H., & Marques, M. C. (2019). Acute effects of low and high-volume resistance training on hemodynamic, metabolic and neuromuscular parameters in older adults. *Experimental Gerontology*, 125, 110685.

- McSween, M.-P., Coombes, J. S., MacKay, C. P., Rodriguez, A. D., Erickson, K. I., Copland, D. A., & McMahon, K. L. (2019). The immediate effects of acute aerobic exercise on cognition in healthy older adults: a systematic review. *Sports Medicine*, 49(1), 67-82.
- Meyer, J. D., Crombie, K. M., Cook, D. B., Hillard, C. J., & Koltyn, K. F. (2019). Serum endocannabinoid and mood changes after exercise in major depressive disorder. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(9), 1909.
- Molinari, C., Morsanuto, V., Ruga, S., Notte, F., Farghali, M., Galla, R., & Uberti, F. (2020). The role of BDNF on aging-modulation markers. *Brain Sciences*, 10(5), 285.
- Moore, J. B., Korff, T., & Kinzey, S. J. (2005). Acute effects of a single bout of resistance exercise on postural control in elderly persons. *Perceptual and Motor skills*, 100(3), 725-733.
- Morton, R. W., Sato, K., Gallagher, M. P., Oikawa, S. Y., McNicholas, P. D., Fujita, S., & Phillips, S. M. (2018). Muscle androgen receptor content but not systemic hormones is associated with resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy in healthy, young men. *Frontiers in Physiology*, 1373.
- Munro, B. H. (2005). *Statistical methods for health care research* (Vol. 1). lippincott williams & wilkins.
- Nes, B. M., Janszky, I., Wisløff, U., Støylen, A., & Karlsen, T. (2013). Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(6), 697-704.
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Hashizume, H., Nozawa, T., Nouchi, H., & Kawashima, R. (2014). Four weeks of combination exercise training improved executive functions, episodic memory, and processing speed in healthy elderly people: evidence from a randomized controlled trial. *Age*, 36, 787-799.
- Olivo, G., Nilsson, J., Garzón, B., Lebedev, A., Wåhlin, A., Tarassova, O., Ekblom, M., & Lövdén, M. (2021). Immediate effects of a single session of physical exercise on cognition and cerebral blood flow: A randomized controlled study of older adults. *Neuroimage*, 225, 117500.

- Otte, C., Hart, S., Neylan, T. C., Marmar, C. R., Yaffe, K., & Mohr, D. C. (2005). A meta-analysis of cortisol response to challenge in human aging: importance of gender. *Psychoneuroendocrinology*, 30(1), 80-91.
- Pan, W., Banks, W. A., Fasold, M. B., Bluth, J., & Kastin, A. J. (1998). Transport of brain-derived neurotrophic factor across the blood–brain barrier. *Neuropharmacology*, 37(12), 1553-1561.
- Papa, E. V., Garg, H., & Dibble, L. E. (2015). Acute effects of muscle fatigue on anticipatory and reactive postural control in older individuals: a systematic review of the evidence. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 38(1), 40-48.
- Peel, N. M., Alapatt, L. J., Jones, L. V., & Hubbard, R. E. (2019). The association between gait speed and cognitive status in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *The Journals of Gerontology: Series A*, 74(6), 943-948.
- Pothier, K., Vranceanu, T., Intzandt, B., Bosquet, L., Karelis, A. D., Lussier, M., Vu, T. M., Nigam, A., Li, K. Z., & Berryman, N. (2021). A comparison of physical exercise and cognitive training interventions to improve determinants of functional mobility in healthy older adults. *Experimental Gerontology*, 149, 111331.
- Predovan, D., Berryman, N., Lussier, M., Comte, F., Vu, T. T. M., Villalpando, J. M., & Bherer, L. (2021). Assessment of the Relationship Between Executive Function and Cardiorespiratory Fitness in Healthy Older Adults. *Frontiers in Psychology*, 12, 742184.
- Reid, K. F., & Fielding, R. A. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*, 40(1), 4-12.
- Reinhardt, R. R., & Bondy, C. (1994). Insulin-like growth factors cross the blood-brain barrier. *Endocrinology*, 135(5), 1753-1761.
- Reycraft, J. T., Islam, H., Townsend, L. K., Hayward, G. C., Hazell, T. J., & MacPherson, R. E. (2020). Exercise intensity and recovery on circulating brain-derived neurotrophic factor. *Med. Sci. Sports Exerc*, 52(5), 1210-1217.

- Robinson, S. (1938). Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie*, 10, 251-323.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J.-P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D., & Lavie, C. J. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 134(24), e653-e699.
- Ross, R., Chaput, J.-P., Giangregorio, L. M., Janssen, I., Saunders, T. J., Kho, M. E., Poitras, V. J., Tomasone, J. R., El-Kotob, R., & McLaughlin, E. C. (2020). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Adults aged 18–64 years and Adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(10), S57-S102.
- Samieri, C., Perier, M.-C., Gaye, B., Proust-Lima, C., Helmer, C., Dartigues, J.-F., Berr, C., Tzourio, C., & Empana, J.-P. (2018). Association of cardiovascular health level in older age with cognitive decline and incident dementia. *Jama*, 320(7), 657-664.
- Sbardelotto, M. L., Costa, R. R., Malysz, K. A., Pedroso, G. S., Pereira, B. C., Sorato, H. R., Silveira, P. C., Nesi, R. T., Grande, A. J., & Pinho, R. A. (2019). Improvement in muscular strength and aerobic capacities in elderly people occurs independently of physical training type or exercise model. *Clinics*, 74, e833.
- Scahill, R. I., Frost, C., Jenkins, R., Whitwell, J. L., Rossor, M. N., & Fox, N. C. (2003). A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging. *Archives of neurology*, 60(7), 989-994.
- Schrack, J. A., Simonsick, E. M., Chaves, P. H., & Ferrucci, L. (2012). The role of energetic cost in the age-related slowing of gait speed. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(10), 1811-1816.
- Sheline, Y. I., Price, J. L., Yan, Z., & Mintun, M. A. (2010). Resting-state functional MRI in depression unmasks increased connectivity between networks via the dorsal nexus. *Proceedings of the national academy of sciences*, 107(24), 11020-11025.

- Siuda, J., Patalong-Ogiewa, M., Żmuda, W., Targosz-Gajniak, M., Niewiadomska, E., Matuszek, I., Jędrzejowska-Szypułka, H., & Rudzińska-Bar, M. (2017). Cognitive impairment and BDNF serum levels. *Neurologia i neurochirurgia polska*, 51(1), 24-32.
- Sonntag, W. E., Ramsey, M., & Carter, C. S. (2005). Growth hormone and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and their influence on cognitive aging. *Ageing research reviews*, 4(2), 195-212.
- Stachowicz, M., & Lebiedzińska, A. (2016). The effect of diet components on the level of cortisol. *European Food Research and Technology*, 242, 2001-2009.
- Stein, A. M., da Silva, T. M. V., de Melo Coelho, F. G., Rueda, A. V., Camarini, R., & Galduróz, R. F. S. (2021). Acute exercise increases circulating IGF-1 in Alzheimer's disease patients, but not in older adults without dementia. *Behavioural Brain Research*, 396, 112903.
- Stein, A. M., Silva, T. M. V., Coelho, F. G. d. M., Arantes, F. J., Costa, J. L. R., Teodoro, E., & Santos-Galduróz, R. F. (2018). Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dementia & neuropsychologia*, 12, 114-122.
- Stillman, C. M., Cohen, J., Lehman, M. E., & Erickson, K. I. (2016). Mediators of physical activity on neurocognitive function: a review at multiple levels of analysis. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 626.
- Sui, S. X., Williams, L. J., Holloway-Kew, K. L., Hyde, N. K., & Pasco, J. A. (2020). Skeletal muscle health and cognitive function: a narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1), 255.
- Susanto, E., & Kusuma, S. (2024). The Role of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in the Pathogenesis of Sarcopenia: A Meta-Analysis of Molecular Mechanisms. *Bioscientia Medicina: Journal of Biomedicine and Translational Research*, 8(12), 5736-5748.
- Suzuki, T., Shimada, H., Makizako, H., Doi, T., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., Anan, Y., Uemura, K., Lee, S., & Park, H. (2012). Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC neurology*, 12, 1-9.

- Szuhany, K. L., Bugatti, M., & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of psychiatric research*, 60, 56-64.
- Taekema, D. G., Ling, C. H., Kurrle, S. E., Cameron, I. D., Meskers, C. G., Blauw, G. J., Westendorp, R. G., de Craen, A. J., & Maier, A. B. (2012). Temporal relationship between handgrip strength and cognitive performance in oldest old people. *Age and ageing*, 41(4), 506-512.
- Taha, M. M., & Mounir, K. M. (2019). Acute response of serum cortisol to different intensities of resisted exercise in the elderly. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 24, 20-25.
- Tak, E., Kuiper, R., Chorus, A., & Hopman-Rock, M. (2013). Prevention of onset and progression of basic ADL disability by physical activity in community dwelling older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*, 12(1), 329-338.
- Tarazona-Santabalbina, F. J., Gómez-Cabrera, M. C., Pérez-Ros, P., Martínez-Arnau, F. M., Cabo, H., Tsaparas, K., Salvador-Pascual, A., Rodríguez-Mañas, L., & Viña, J. (2016). A multicomponent exercise intervention that reverses frailty and improves cognition, emotion, and social networking in the community-dwelling frail elderly: a randomized clinical trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(5), 426-433.
- Tessier, A.-J., Wing, S. S., Rahme, E., Morais, J. A., & Chevalier, S. (2022). Association of low muscle mass with cognitive function during a 3-year follow-up among adults aged 65 to 86 years in the Canadian longitudinal study on aging. *JAMA network open*, 5(7), e2219926-e2219926.
- Timmons, J. F., Minnock, D., Hone, M., Cogan, K. E., Murphy, J. C., & Egan, B. (2018). Comparison of time-matched aerobic, resistance, or concurrent exercise training in older adults. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2272-2283.
- Titus, J., Bray, N. W., Kamkar, N., Camicioli, R., Nagamatsu, L. S., Speechley, M., & Montero-Odasso, M. (2021). The role of physical exercise in modulating peripheral inflammatory and neurotrophic biomarkers in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Mechanisms of Ageing and Development*, 194, 111431.

- Towse, J. N., & Neil, D. (1998). Analyzing human random generation behavior: A review of methods used and a computer program for describing performance. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30, 583-591.
- Trejo, J., Piriz, J., Llorens-Martin, M., Fernandez, A., Bolos, M., LeRoith, D., Nunez, A., & Torres-Aleman, I. (2007). Central actions of liver-derived insulin-like growth factor I underlying its pro-cognitive effects. *Molecular psychiatry*, 12(12), 1118-1128.
- Tsai, C.-L., Wang, C.-H., Pan, C.-Y., & Chen, F.-C. (2015). The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 9, 23.
- Tsai, C.-L., Wang, C.-H., Pan, C.-Y., Chen, F.-C., Huang, T.-H., & Chou, F.-Y. (2014). Executive function and endocrinological responses to acute resistance exercise. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 262.
- Turrini, S., Wong, B., Eldaief, M., Press, D. Z., Sinclair, D. A., Koch, G., Avenanti, A., & Santarnecchi, E. (2023). The multifactorial nature of healthy brain ageing: Brain changes, functional decline and protective factors. *Ageing research reviews*, 88, 101939.
- Tyndall, A. V., Clark, C. M., Anderson, T. J., Hogan, D. B., Hill, M. D., Longman, R. S., & Poulin, M. J. (2018). Protective effects of exercise on cognition and brain health in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*, 46(4), 215-223.
- Uchida, K., Sugimoto, T., Tange, C., Nishita, Y., Shimokata, H., Saji, N., Kuroda, Y., Matsumoto, N., Kishino, Y., & Ono, R. (2023). Association between reduction of muscle mass and faster declines in global cognition among older people: a 4-year prospective cohort study. *The Journal of nutrition, health and aging*, 27(11), 932-939.
- Van Dam, R., Van Ancum, J. M., Verlaan, S., Scheerman, K., Meskers, C. G., & Maier, A. B. (2018). Lower cognitive function in older patients with lower muscle strength and muscle mass. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 45(3-4), 243-250.

- Venegas-Sanabria, L. C., Cavero-Redondo, I., Martínez-Vizcaino, V., Cano-Gutierrez, C. A., & Álvarez-Bueno, C. (2022). Effect of multicomponent exercise in cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *BMC geriatrics*, 22(1), 617.
- Verdijk, L. B., Van Loon, L., Meijer, K., & Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 59-68.
- Vints, W. A., Ghafelzadeh Ahwaz, F., Westhof-Jacobs, C., Drozdova-Statkevičienė, M., Česnaitienė, V. J., Ziv, G., Pauwels, L., Levin, O., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2023). The effects of a single bout of high-intense strength exercise on cognitive function and postural dual-task control in older adults. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1-21.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- WHO. (2020). *Healthy ageing and functional ability*. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/healthy-ageing-and-functional-ability>
- WHO. (2024). *Ageing and Health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Wu, Z.-J., Han, C., Wang, Z.-Y., & Li, F.-H. (2024). Combined training prescriptions for improving cardiorespiratory fitness, physical fitness, body composition, and cardiometabolic risk factors in older adults: Systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Science & sports*, 39(1), 1-18.
- Yates, J. A., Clare, L., & Woods, R. T. (2013). Mild cognitive impairment and mood: a systematic review. *Reviews in Clinical Gerontology*, 23(4), 317-356.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta psychologica*, 115(2-3), 167-183.

