

Effet d'un entraînement de boxe sur la stabilité posturale chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson.

Catherine Fréchette

Superviseure de Thèse

Dre. Julie Nantel

Membres du comité évaluateur

Martin Bilodeau

et

Nicole paquet

Thèse soumise de par les exigences pour un diplôme de Maîtrise en science de l'Activité
Physique

École des sciences de l'activité physique
Faculté des sciences de la santé
Université d'Ottawa

© Catherine Fréchette, Ottawa, Canada, 2018

RÉSUMÉ

CONTEXTE : L'instabilité posturale dans la maladie de Parkinson (MP) dû aux troubles locomoteurs a été associée à une diminution de la symétrie et de la coordination du patron de marche et à des modifications des stratégies posturales qui permettent normalement d'éviter les chutes. Ceci est une préoccupation majeure autant pour la communauté médicale que pour la communauté scientifique, car les changements dans la stabilité posturale sont associés à un haut taux de risques de chutes. Nous savons que l'activité physique peut aider à réduire la vitesse de progression des symptômes moteurs et augmenter la stabilité posturale chez la population parkinsonienne. Cependant, peu d'études ont étudié l'efficacité d'un programme d'entraînement qui combine une haute intensité d'entraînement avec différent type de tâches de contrôle postural.

BUT : Le but de ce protocole est de déterminer l'effet d'un entraînement de boxe de 6 semaines sur la stabilité posturale chez les personnes atteintes de la MP.

MÉTHODE : Nous avons analysé la stabilité posturale suite à l'intervention de 6 semaines de boxe, à raison de 2 entraînements de 45 minutes par semaine. Ceci a été quantifié à l'aide de tâches dynamiques de déplacements sur le côté (ML) et antéro-postérieur, des tâches de contrôle postural anticipatoire et réactif compensatoire chez une population atteinte de la MP. Les données cinétiques et cinématiques ont été collectées à l'aide du système de capture de mouvements tridimensionnelle (Vicon, Oxford, UK) et à l'aide de 2 plates formes de force (Kistler, Winterthur, Switzerland). Toutes les variables enregistrées ont été analysées à l'aide de Tests-t appariés de Student et des tests de Wilcoxon afin de comparer la stabilité posturale avant et après le programme d'entraînement de boxe.

RÉSULTATS : Nos résultats suggèrent une amélioration de la stabilité posturale suite aux six semaines d'entraînement de boxe. En effet, le pointage du Mini-BESTest pour les tâches de contrôle postural anticipatoire a en moyenne augmenté de 47%. De plus, nous avons remarqué une augmentation significative de l'amplitude de déplacement des CdP pour les tâches de piétinement sur place ML et une diminution significative de la vitesse de déplacement des CdP les tâches de piétinement sur place ML et AP. Enfin, notre analyse secondaire démontre qu'un programme de boxe de 6 semaines a permis à tous les participants, de façon générale indépendamment de la latérisation des symptômes, de s'améliorer autant sur leur jambe la plus affectée que la jambe la moins affectée par les symptômes de la MP. Plus spécifiquement, que tous les participants avec une latérisation des symptômes de la MP à droite se sont améliorés bilatéralement lors de cette même tâche d'équilibre et seulement sur la jambe droite pour les participants avec une latérisation des symptômes de la MP à gauche.

CONCLUSION : Notre protocole ne permet pas de conclure sur l'effet à long terme de ce programme d'exercice sur la stabilité posturale des personnes atteintes de la MP. Cependant, nos résultats démontrent qu'à court terme, l'exercice peut contribuer au maintien de la stabilité posturale chez les personnes atteintes de cette maladie, ce qui pourrait réduire le risque de chute. De plus, notre étude suggère que l'utilisation d'un programme d'exercices de boxe supervisé n'est pas dangereuse pour cette population. En effet, aucun de nos participants ne s'est blessé durant les six semaines d'entraînement.

REMERCIEMENTS

J'aimerais prendre le temps de remercier ma superviseure de thèse Docteure Julie Nantel car sans son aide, sa patience et ses encouragements, je n'aurais jamais abouti à la fin de cette thèse de maîtrise. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir pris les dizaines d'heures à m'expliquer et me transmettre tes connaissances sans fin. Tu a été pour moi un exemple de persévérance et un mentor hors pair. Merci mille fois pour ton soutien !

J'aimerais aussi remercier ma famille qui a su m'épauler dans ces deux dernières années qui n'ont pas toujours été de tout repos. Merci pour vos encouragements. Merci infiniment aussi à mes collègues de laboratoire Claudine Nafaa et Allen Hill qui m'ont aidé à faire ma collecte de donnée et mon analyse de données. Sans vous je n'aurais tout simplement jamais terminé ma thèse.

Je veux terminer en remerciant toutes les personnes qui se sont proposées pour être mes participants pour mon protocole de recherche. Merci d'être venue deux fois en séance de laboratoire. J'ai eu la chance de rencontrer des gens avec beaucoup de volonté à faire avancer la recherche afin d'aider autres personnes et famille qui souffrent de la même maladie que vous. Merci pour votre sourire et votre enthousiasme à ma recherche.

TABLE DES MATIÈRE

RÉSUMÉ	ii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
DÉFINITIONS IMPORTANTES ET ACRONYMES.....	x
ACRONYMES	x
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1 CONTEXTE	1
1.2 BUTS DE RECHERCHE.....	3
1.3 VARIABLES	4
1.4 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	5
1.5 IMPACTS ET IMPLICATIONS POTENTIELS DE LA PRÉSENTE RECHERCHE.....	5
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
2.1 DÉCLINS FONCTIONNELS ET VIEILLISSEMENT	6
2.2 Maladie de Parkinson.....	7
2.2.1 DÉFINITION DE LA Maladie de Parkinson.....	7
2.2.2 RISQUES DE CHUTES DUS À LA Maladie de Parkinson.....	8
2.2.3 TROUBLES POSTURAUX DUS À LA Maladie de Parkinson.....	9
2.2.4 LATÉRISATION DES SYMPTÔMES CHEZ LES PERSONNES ATTEINTES DE LA MP.....	10
2.2.5 TRAITEMENT DE LA Maladie de Parkinson	12
2.3 BÉNÉFICES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LA MOBILITÉ FONCTIONNELLE	13
2.3.1 ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES ET STABILITÉ POSTURALE	13

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE.....	16
3.1 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE ET programme d'entraînement de boxe..	16
3.2 CONCEPTUALISATION DE RECHERCHE	17
3.3 RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS et critères d'exclusions	18
3.4 TÂCHES incluses dans le PROTOCOLE	20
3.5 PROCÉDURES ET COLLECTE DES DONNÉES	24
3.6 INSTRUMENTATIONS ET COLLECTE DES DONNÉES	24
3.8 ANALYSE STATISTIQUE	28
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS	30
4.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PARTICIPANTS	30
4.2 STABILITÉ POSTURALE ET SOUS-POINTAGE DU MINIBEST-EST	31
4.3 STABILITÉ POSTURALE ET TÂCHES DYNAMIQUES	36
4.4 STABILITÉ POSTURALE DU TRONC ET TÂCHES DE CONTRÔLE POSTURAL RÉACTIVES	37
CHAPITRE 5 : DISCUSSION.....	42
5.1 DISCUSSION GÉNÉRALE.....	42
5.2 CHANGEMENTS DANS LA STABILITÉ POSTURALE LORS DE TÂCHES DYNAMIQUES ET DE TÂCHES STATIQUES	43
5.3 LA STABILITÉ POSTURALE EN ML ET L'AJUSTEMENT À UN ENVIRONNEMENT CHANGEANT	47
5.4 ANALYSE SECONDAIRE : LATÉRISATION DES SYMPTÔMES CHEZ LES PERSONNES ATTEINTES DE LA Maladie de Parkinson	47
5.5 BÉNÉFICES D'UN PROGRAMME D'ENTRAÎNEMENT DE BOXE	50
5.6 LIMITES DE LA PRÉSENTE ÉTUDE	52

CHAPITRE 6 : CONCLUSION	54
RÉFÉRENCES.....	56
ANNEXE 1 :	71
Figure 1 « UOMAM, université d’Ottawa / Position des marqueurs »	71
ANNEXE 2 : MiniBEST-est modifié.....	72
ANNEXES 3 : Tâches protocolaires.....	74
ANNEXE 4: Unified Parkinson's disease rating scale (UPDRS) III	80
ANNEXE 5 : Test de cognition Montréal (MoCa).....	81
ANNEXE 6: Postural stability and Falls Questionnaire (Adapted from Ashburn et al. 2008)	88
ANNEXE 7 : Journal de chutes	89
ANNEXE 8 : Journal d’entraînement.....	91
ANNEXE 9: Évaluation du niveau socio-culturel	95
ANNEXE 10 : Questionnaire FOG	97
ANNEXE 12 : Check list protocole de lab avant l’arrivée des participants.....	101
ANNEXE 13 : Référentiel	103
ANNEXE 14. Modèle typique d’un entraînement fait lors du programme de boxe.	
104	
ANNEXE 15 : Tableaux complémentaires pour la section résultats.	109

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1** Caractéristiques générales des participants et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 2** Pointage du Mini-BESTest (0-12) et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 3** Amplitude (mm) et vitesse (mm/s) de déplacement des CdP, lors de la tâche d'équilibre sur une jambe leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 4** Temps (sec) maintenu sur la jambe la plus affectée et la moins affectée par la MP indépendamment de la latérisation des symptômes de la ML et temps relatif à la latérisation des symptômes de la MP lors de tâches d'équilibre, leur pourcentage d'amélioration ainsi que leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 5** Nombre de cycle de piétinement pour 15 secondes et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 6** Amplitude de déplacement (mm) et vitesse de déplacement (mm/s) des centres de pression lors de tâches dynamiques et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 7** Nombre de pas complétés pour reprendre son équilibre suite à une perturbation externe de tous les participants ainsi que le nombre de pas complétés pour reprendre son équilibre selon le côté qui est le plus affecté par la MP et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 8** Longueur des deux premier pas (mm) suite à une perturbation externe compensatoire et leur moyenne et écart-type respectif. [Marqueur du talon]
- Tableau 9** Amplitude du mouvement du tronc (mm) dans les axes ML et AP lors de tâche de contrôle postural réactif compensatoire et leur moyenne et écart-type respectif. [Marqueur du tronc]
- Tableau 10** Informations générales et relatives à la maladie pour chacun des sujets et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 11** Le pointage pour la section III du test UPDRS (examen locomoteur) pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 12** Pointage du questionnaire MoCa pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.
- Tableau 13** Pointage du questionnaire FOG pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** Modèle pour placement des marqueurs « UOMAM, Université d'Ottawa /
Position des marqueurs »

DÉFINITIONS IMPORTANTES ET ACRONYMES

L'alignement postural : L'alignement postural est la combinaison des positions de toutes les articulations et de tous les membres du corps à un moment précis dans le temps. L'alignement postural permet la stabilité posturale (SportsCare and Physiotherapy 2018)

Équilibre postural : Implique la coordination des stratégies sensori-motrices afin de stabiliser le centre de masse durant un mouvement auto-initié ou suite à une perturbation externe de la stabilité posturale et maintenir le centre de masse dans ces limites spécifiques (Horak, 2006).

Stabilité posturale : Ce qui permet au corps de récupérer son état d'équilibre, même après avoir subi une perturbation interne ou externe (Horak, 2006).

Contrôle postural : Est la capacité de maintenir son équilibre et son orientation par rapport à la gravité (Horak, 2006). Ceci est considéré comme une habileté motrice complexe venant d'interaction de multiples processus sensorimoteurs (Horak and Macpherson, 1996). Les deux principaux objectifs fonctionnels du contrôle postural sont l'orientation posturale et l'équilibre postural (Horak et Macpherson, 1996).

Latérisation des symptômes de la MP : Signifie que les symptômes de la maladie apparaissent d'abord sur un côté du corps et qu'ils sont prédominants sur ce même côté. Avec la progression de la maladie, les symptômes apparaissent également du côté opposé (Hoehn et Yahr, 2001).

ACRONYMES

Maladie de Parkinson : MP

Médio-latéral(e) : ML

Antéro-postérieur(e) : APost

Mini-BESTest : MBT

Centre de pression : CdP

Déplacements sur le côté (ML) : Dépl. ML

Latérisation des symptômes à gauche : LSG

Latérisation des symptômes à droite : LSD

Pas sur place, direction avant-arrière : Pas sur place (AV-AR)

Pas sur place, direction côté : Pas sur place (D-G)

S'asseoir et se lever 1 fois : 1X s'asseoir, se lever

Se lever sur le bout des pieds : Levé sur orteils

Se tenir en équilibre sur une jambe : Équilibre sur 1 jambe

Exercice de pas compensatoire vers l'avant : Compensatoire AV

Exercice de pas compensatoire vers l'arrière : Compensatoire AR

Exercice de pas compensatoire sur le côté droit et gauche : Compensatoire D-G

Amplitude : Amplit

Nombre : Nb

Déplacement : Dépl.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La maladie de parkinson (MP) est une maladie neurologique dégénérative qui affecte environ 1,4% de la population âgée de 65 ans et plus en europe (Dorsey et al., 2006) et qui affecte 0,2% de la population canadienne (Statistique Canada, 2014). Cette maladie affecte les fonctions motrices et entraine des déficits moteurs tels que l'instabilité posturale et des troubles de la locomotion, ce qui augmente les risques de chutes (Jankovic, 2008 ; Morris, 2000). Alors que le nombre de chutes augmente de 33% chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Keen, 2001), ces risques peuvent doubler lorsqu'il s'agit d'une personne atteinte de la MP (Canning et al., 2009).

L'instabilité posturale entraine également des déficits moteurs à la marche. En effet, plusieurs études ont documenté la modifications des caractéristiques spatio-temporelles et cinématiques de la marche telles que la diminution de la longueur des pas et de la vitesse de marche, une augmentation de la cadence, ainsi que de l'asymétrie de pas et une réduction de l'amplitude de mouvement du tronc lors de l'initiation de la marche (Beaulne-Séguin et Nantel 2016 ; Hausdorff, 2003 ; Nantel, Solage et Bronte-Stewart, 2011 ; Plotnik, Giladi, Balash, Peretz and Hausdorff, 2005 ; Yogev et al., 2007). Alors que ces stratégies posturales et motrices seraient implémentées afin de réduire l'instabilité posturale, elles seraient associées aux mécanismes de chute et de blocage moteur à la marche (Beaulne-Séguin et Nantel 2016 ; Hausdorff, 2003 ; Nantel, Solage et Bronte-Stewart, 2011 ; Plotnik, Giladi, Balash, Peretz and Hausdorff, 2005 ; Yogev et al.,

2007).

Il a été démontré que l'instabilité posturale en direction médio-latérale (ML) est particulièrement affectée chez la personne atteinte de la MP. En effet, une augmentation des déplacements, de la vitesse et de la variabilité des centres de pression en direction ML est considérée comme un prédicateur de chute tant chez la personne âgée que la personne atteinte de la MP (Hilliard, Martinez et Janssen, 2009 ; Maki et McIlroy 2006 ; Mille, Johnson, Martinez et Rogers, 2005 ; Nantel, McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; Porter, Dalton et Nantel, 2016 ; Porter et Nantel, 2015 ; Rogers, Hedman et al., 2001 ; Sciadas, Dalton et Nantel, 2016).

Plusieurs études ont démontré que les traitements traditionnels tels que la médication dopaminergique et la stimulation cérébrale profonde du noyau sous-thalamique aident à réduire certains symptômes moteurs tels que les tremblements, mais qu'ils ont des effets mitigés sur la stabilité posturale et les déficits locomoteurs (Blin, Ferrandez, Pailhous and Serratrice, 1991 ; Nantel, Currie McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; O'Sullivan, Said, Dillon, Hoffman and Hughes, 1998). En effet, il a été démontré que la médication peut améliorer certaines composantes de la marche telles que la cadence, la longueur de pas et la vitesse de marche, cependant celle-ci n'a que peu ou pas d'effet sur l'asymétrie de la marche et la variabilité du pas (Hausdorff, Schaafsma et al., 2003 ; Lord, Baker, Nieuwboer, Burn, David et Rochester, 2011 ; Nantel & Bronte-Stewart, 2014 et Schaafsma, Giladi et al., 2003). De plus, à moyen et long terme la prise de cette médication peut mener à l'apparition de symptôme tel que la dyskénisie (Fabbrini et Brotchie, 2007). Les effets partiels de la médication sur la stabilité posturale et la locomotion ont mené la communauté scientifique et médicale à recommander le

développement d'interventions alternatives, telles que l'activité physique, pour réduire les problèmes de chutes et la perte de mobilité chez la personne atteinte de la MP.

Il a été démontré que l'activité physique pouvait ralentir le déclin fonctionnel chez la personne atteinte de la MP, (David et al., 2012 ; Gillespie et al., 2003 ; Gillespie et al., 2012 ; Kannus, Sievänen, Palvanen, Järvinen and Parkkari, 2005). Cependant, l'activité physique pratiquée à haute intensité qui combinerait la résistance musculaire, cardiovasculaire, l'équilibre ainsi que des mouvements fonctionnels, dans les trois plans, pourraient offrir les effets les plus bénéfiques pour le maintien de la stabilité posturale, de la mobilité et de la prévention des chutes (Lord et Rochester, 2015).

1.2 BUTS DE RECHERCHE

Les principaux objectifs de ce protocole sont :

Déterminer l'effet d'un entraînement de boxe d'une durée de six semaines sur :

1. La stabilité posturale à l'aide des sous-scores obtenus par les tâches anticipatoires et réactives du Mini-BESTest.
2. La stabilité posturale lors de tâches de déplacement sur le côté (ML) et de piétinement sur place ML et A-Post.
3. La stabilité posturale du tronc lors de tâches de contrôles posturales réactives suite à une perturbation externe.
4. Objectif secondaire : Le temps maintenu en équilibre sur la jambe la plus affectée et la moins affectée entre les participants ayant une latérisation des symptômes à droite ou à gauche.

1.3 VARIABLES

Effet de l'intervention (prétest et posttest suite à 6 semaines d'entraînement) sur les variables dépendantes.

Variables dépendantes objectif 1

- Les pointages du Mini-BESTest pour les tâches de contrôle postural anticipatoire, tâches de contrôle postural réactives.

Variables dépendantes objectives 2

- La vitesse de déplacement du centre de pression en ML et antéro-postérieur (APost).
- L'amplitude de déplacement du Centre de pression en ML et en APost
- Nombre de cycle de piétinement.

Variables dépendantes objectives 3

- L'amplitude de mouvement du tronc en ML et en APost.
- La longueur du premier pas réalisé pour se stabiliser suite à la tâche réactive.
- Le nombre de pas réalisé pour se stabiliser suite à la tâche réactive.

Variable dépendantes objectif secondaire

- Le temps maintenu en équilibre sur une jambe.

1.4 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Un entraînement de boxe de 6 semaines permettra :

1. Hypothèse 1 : Permettra d'améliorer le sous-score des tâches anticipatoires du Mini-BESTest.
2. Hypothèse 2 : De diminuer la vitesse de déplacement et d'augmenter l'amplitude de déplacement des CdP en ML et en APost.
3. Hypothèse 3 : D'augmenter l'amplitude de mouvement du tronc en ML et en APost ainsi que d'augmenter la longueur de pas et de diminuer le nombre de pas nécessaire à la stabilisation posturale suite à la perturbation (tâches réactives).
4. Hypothèse secondaire : Permettra d'augmenter le temps maintenu en équilibre sur une jambe.

1.5 IMPACTS ET IMPLICATIONS POTENTIELS DE LA PRÉSENTE RECHERCHE

Cette étude pourrait permettre de déterminer si un entraînement intensif de boxe de 6 semaines permet d'améliorer la mobilité et la stabilité posturale chez les personnes atteintes de la MP. Éventuellement, il pourrait être possible de comparer ce programme intensif à un programme de boxe plus général et de moindre intensité afin de déterminer l'effet de l'intensité de l'activité physique sur la stabilité posturale et la mobilité, et ce dans l'optique de diminuer les risques de chutes chez cette population.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 DÉCLINS FONCTIONNELS ET VIEILLISSEMENT

De façon générale, le processus de vieillissement mène à une détérioration de la performance motrice, locomotrice et augmente les risques de chutes. Ceci est dû entre autres à une diminution de la force musculaire (Hughes et al., 2001), de la sensibilité du système somatosensoriel (Carter, Kannus et Khan, 2001) et de la flexibilité articulaire (Rubenstein, 2006). Quant à eux, les troubles locomoteurs et de stabilité posturale entraînent une diminution de la symétrie et de la coordination du patron de marche (Hausdorff et al., 2008 ; Plotnik, Giladi et Hausdorff, 2007 ; Rubenstein, 2006) ainsi que la modification des stratégies posturales permettant d'éviter les chutes (Rubenstein, 2006). Il a été démontré que la personne âgée a de la difficulté à retrouver son équilibre suite à une tâche réactive lors de déplacements sur le côté (ML) (Porter et Nantel, 2015 ; Maki et McIlroy, 1996). Ceci les rendrait deux fois plus à risque d'être contraint à faire un pas supplémentaire comme principale stratégie de récupération posturale, ce qui augmente les risques de chutes (Maki et McIlroy, 1996). Le temps de latence, la variabilité du patron moteur et le nombre d'erreurs d'ajustement posturaux seraient également plus élevés suite à une perturbation en ML (Sparto et al., 2014). Finalement, il a récemment été démontré que la personne âgée prioriserait les ajustements posturaux en APost suite à une perturbation en direction ML, stratégie qui augmenterait les risques de chute (Porter, Dalton et Nantel, 2016).

2.2 MALADIE DE PARKINSON

2.2.1 DÉFINITION DE LA MALADIE DE PARKINSON

Certaines pathologies telles que la MP exacerbent les troubles de l'équilibre et de la mobilité. Au Canada plus de 9000 personnes sont diagnostiquées avec la MP chaque année (Organismes caritatifs neurologiques du Canada (OCNC), 2014). Cette maladie se caractérise par une dégénérescence du système dopaminergique qui affecte la production de dopamine et perturbe les circuits des ganglions de base. Plus précisément, la MP cause une perte des neurones dopaminergiques de la substance noire et mène à la présence d'au moins un corps de Lewy (Agid and al., 1990 ; Blum D, Torch S, Lambeng N, et al., 2001). La substance noire est une petite zone du cerveau qui fait partie des noyaux du système nerveux et regroupe près de 400000 neurones. Cette substance sécrète la dopamine, qui est un neurotransmetteur permettant de réguler les mouvements. Ce neurotransmetteur a pour rôle la communication entre les neurones. Une insuffisance en dopamine entraîne notamment les tremblements et la dégénérescence motrice et cognitive observées dans la MP. La mort cellulaire est un processus essentiel à l'homéostasie des tissus de l'organisme (Levine et al., 1993). Cependant, un mécanisme d'activation de la mort cellulaire inappropriée peut engendrer de grave conséquence comme l'apparition de la MP (Mochizuki et al., 1996). Un des processus naturels de mort cellulaire se nomme l'autophagie. De la MP, l'autophagie est altérée, ce qui contraint l'organisme à subir une accumulation de mitochondries anormales qui ne peuvent pas être dégradées. Cette accumulation peut mener à une augmentation de la mort cellulaire (Wong et Cuervo, 2010).

Les personnes atteintes de la MP ne ressentiront que les symptômes seulement lorsque 50-70% des leurs neurones à dopamines seront détruits et que le cerveau ne sera plus en mesure de compenser la perte dopaminergique (Do Van., 2016). Les déficits moteurs de la MP sont désigné par l'acronyme « TRAP » ; tremblements au repos, rigidité, l'akinésie (absence de mouvement) ou bradykinésie (lenteur de mouvements), la perte de réflexes posturaux, les blocages à la marche et une posture fléchie vers l'avant (Jankovic, 2008). La rigidité musculaire et articulaire se caractérise par des mouvements lents et saccadés, par une flexion permanente du cou, du tronc, des coudes et des genoux (Jankovic, 2008). Ceci résulte en une posture typiquement voûtée qui déplace le centre de gravité vers l'avant (Dietz, 1997), ce qui a pour effet de réduire la stabilité posturale (Morris et Iansek, 1994 ; Devos, Defebvre et Bordet, 2009 ; Kerr et al., 2010). La bradykinésie a pour effet de ralentir les mouvements volontaires et de contribuer à l'augmentation de la faiblesse musculaire (Berardelli et Rothwell, 2001). La faiblesse musculaire est en outre reconnue comme l'un des facteurs contribuant à l'instabilité posturale (Nallegowda et al., 2004). De plus, des études démontrent que la rigidité et le syndrome du blocage à la marche sont les principaux symptômes moteurs contribuant à l'instabilité posturale lors de la marche (Factor et al, 2010 ; kerr et al., 2010).

2.2.2 RISQUES DE CHUTES DUS À LA MALADIE DE PARKINSON

Plus de 68% des personnes atteintes de la MP chutent au minimum une fois par année et 50% d'entre elles chutent à répétition (Temlett et Thompson, 2006). Les chutes peuvent causer des blessures graves (Pressley et al., 2003 ; Temlett et Thompson, 2006), entraîner la peur de chuter (Adkin, Frank et Jog, 2003 ; Bloem, Grimbergen, Cramer,

Willemsen et Zwinderman, 2001) et contribuer à l'inactivité et à la diminution de la qualité de vie (Bloem, Grimbergen, Cramer, Willemsen et Zwinderman, 2001 ; Franchignoni, Martignoni, Ferriero et Pasetti, 2005). Parmi les principaux facteurs de risque associés aux chutes, on retrouve l'augmentation de l'instabilité posturale, la modification du patron locomoteur et les blocages moteurs à la marche (Shaw, Stefanyk, Frank, Jog et Adkin, 2012 ; Williams, 2006).

2.2.3 TROUBLES POSTURAUX DUS À LA MALADIE DE PARKINSON

L'instabilité posturale est une préoccupation majeure pour les personnes atteintes de la MP, car elle affecte la majorité des activités motrices nécessaire aux activités quotidiennes (Morris, Iansek, Smithson et Huxham, 2000). L'instabilité posturale est associée à l'inhabileté à contrôler le centre de masse durant les activités journalières comme : se lever, s'asseoir, se tourner ainsi qu'à retrouver son équilibre suite à une perturbation externe (Crenna et Frigo, 1991). Chez la personne atteinte de la MP, le dérèglement des circuits de ganglions basaux entraînerait une diminution de l'habileté à adapter de façon efficace ses stratégies posturales dans un environnement changeant (Horak, Dimitrova et Nutt, 2005). L'analyse des CdP en position quasi statique debout a permis de démontrer que la variabilité et la vitesse de l'oscillation posturale augmentent avec la sévérité de la MP. Ceci serait associé à déclin du contrôle postural et par conséquent à une augmentation des risques de chutes (Marchese, Bove et Abbruzzese, 2003 ; Nantel, McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; Pellecchia, 2003 ; Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett and Myklebust, 1996).

L'instabilité posturale serait exacerbée lors de mouvement dynamique, ce qui amènerait la personne atteinte de MP à consciemment utiliser une posture plus restrictive dans le but d'accroître leur stabilité posturale (Beaulne-Séguin et Nantel, 2016). Cependant, une telle stratégie pourrait interférer avec l'exécution du mouvement volontaire et des réponses posturales compensatoires lors de perturbations, volontaire ou non volontaire (Allum, Carpenter, Honegger, Adkin and Bloem, 2002 ; Beaulne-Séguin et Nantel, 2016 ; Carpenter, Allum, Honegger, Adkin and Bloem, 2004 ; Holmes, Jenkins, Johnson, Adams and Spaulding, 2010 ; Wu, 1998 ; Horak, Dimitrova et Nutt, 2005 ; Smithson, Morris et Iansek, 1998 ; Shaw, Stefanyk, Frank, Jog and Adkin, 2012). Sciadas, Dalton et Nantel (2016) ont démontré une augmentation de la variabilité et de la vitesse des déplacements des CdP en ML chez la personne atteinte de la MP lorsque la tâche consistait à réduire les oscillations posturales en présence d'une tâche cognitive. Les auteurs ont suggéré que cette stratégie posturale pourrait augmenter la demande attentionnelle de la tâche et donc mettre le participant à plus grand risque de chute.

2.2.4 LATÉRISATION DES SYMPTÔMES CHEZ LES PERSONNES ATTEINTES DE LA MP

La MP apparaît d'abord comme un trouble unilatéral, de sorte que les symptômes commencent sur un côté du corps et atteignent le côté controlatéral par la suite. De plus, tout au long de la progression de la MP, les symptômes continueront à s'aggraver davantage sur le côté initialement affecté (Djaldetti et al., 2006, Haaxma et al., 2010 ; Hoehn et Yahr, 2001 ; Lee et al., 1995 ; Riederer et Sian-Hulsmann, 2012 ; Uitti et al., 2005). Les symptômes de cette maladie apparaissent tout d'abord d'un côté, car la substance noire du système nerveux et le putamen controlatéral du côté le plus affecté par

la maladie ont une plus grande dégénérescence et une diminution plus rapide de l'absorption de la dopamine comparativement aux structures homologues du côté homolatéral non affecté au début de la maladie (Heinrichs-Graham, Santamaria et al., 2017). Plus simplement, une latérisation des symptômes du côté droit signifie que la maladie affectera davantage l'hémisphère gauche et qu'au niveau moteur la personne sera plus affectée sur le côté droit de son corps. Et à l'inverse, une latérisation des symptômes du côté gauche signifie que c'est l'hémisphère droit qui est le plus affecté et que les symptômes moteurs sont prédominants sur le côté gauche de la personne. Il est important de ne pas confondre la latérisation des symptômes de la MP avec le côté dominant et non dominant du participant.

Cette latéralisation est importante sur le plan du diagnostic, car elle permet de distinguer la MP des autres troubles neurodégénératifs, y compris les tremblements (Thenganatt et Louis, 2012), l'atrophie multisystématisée et la paralysie supranucléaire (Suchowersky et al., 2006). Il est intéressant d'observer que le côté initialement affecté dans la MP a été récemment associé à des trajectoires de symptômes différentes et ceci pourrait aider à formuler des pronostics de longévité de vie avec la maladie. En effet, une étude comptant 125 patients a montré qu'avec le profil à latérisation du côté droit la progression des symptômes moteurs est significativement plus rapide par rapport à un profil à latérisation du côté gauche (Baumann et al., 2014).

Enfin, une latérisation des symptômes à gauche a été associée à une durée de la maladie plus longue suite au diagnostic, ainsi qu'une inhibition ambulatoire retardée par rapport à une latérisation des symptômes à droite (Munhoz et al., 2013). D'autre part, selon Cubo et al. (2009), les personnes présentant une latérisation des symptômes à droite

auraient des symptômes de déficience cognitive plus sévères par rapport aux personnes avec une latérisation des symptômes à gauche avec le temps, en particulier pour le dysfonctionnement de l'attention et l'apprentissage de la mémoire. Toutefois, la nature de l'asymétrie des symptômes de la MP, en particulier le degré d'asymétrie (c'est-à-dire, comment les symptômes unilatéraux ou bilatéraux sont présents) et son origine neurophysiologique, reste à être déterminée (Karádi et al., 2015 ; Cubo et al., 2009 ; Caligiuri, Brown, Meloy, et al., 2004 ; Fritzsche M., 2003).

2.2.5 TRAITEMENT DE LA MALADIE DE PARKINSON

À ce jour, il n'existe aucun traitement pouvant freiner la progression de la MP (Obeso et al., 2010). Au mieux, les traitements existants permettent de réduire la vitesse de la dégénération neuronale afin de minimiser les symptômes moteurs et ainsi limiter la perte de mobilité fonctionnelle. Dans la majorité des cas, les personnes diagnostiquées avec cette maladie sont prises en charge et mises sous traitement de remplacement dopaminergique ou obtiennent la chirurgie de stimulation cérébrale profonde (Olanow, Stern et Sethi, 2009). Cependant, aucun consensus n'a été établi sur l'effet de ces traitements sur la posture et locomotion, puisque certaines études ont rapporté une amélioration de la stabilité posturale (Mancini, Rocchi, Horak et Chiarla, 2008), alors que d'autres ont rapporté des effets minimes voire une détérioration de la stabilité posturale (Bronte-Stewart, Minn, Rodrigues, Buckley and Nashner, 2002 ; Devosa, Defebvrea et Bordet, 2009 ; Nantel, Currie, McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; Shivitz et Koop 2006). De plus, la sensibilité à la médication diminue avec le temps et pourrait induire certaines complications telles que la dyskinésie (David, Devos, Defebvre et Bordet,

2009 ; Deuschl et al., 2006 ; Fabbrini et Brotchie, 2007 ; Limousin et al., 1998 ; Ponce et Lozano, 2010).

Dans ce contexte, la communauté scientifique et médicale a démontré la nécessité d'étudier des interventions alternatives. Un nombre croissant d'études démontre que chez la personne atteinte de la MP, l'activité physique pourrait avoir des effets bénéfiques sur la mobilité fonctionnelle (Lambert, D'Cruz, Schlatter and Barron, 2016 ; Martin et Wieler, 2003 ; Nieuwboer et al., 2007), la condition physique générale et le patron locomoteur (Shulman et al. 2013).

2.3 BÉNÉFICES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LA MOBILITÉ FONCTIONNELLE

2.3.1 ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES ET STABILITÉ POSTURALE

Gammon et Earhart (2008) ont démontré une diminution significative des troubles d'instabilité posturale et une amélioration de la mobilité suite à un entraînement de Tai Chi de treize semaines à raison de deux entraînements par semaine. En effet, les tests cliniques d'équilibre « Berg Balance », « Timed Up and Go », ainsi que l'équilibre postural en position tandem et le « 6-minutes-walk » ont tous été améliorés de façon significative pour le groupe ayant participé à l'entraînement de Tai Chi tandis que le groupe de contrôle a montré peu de changement sur ces mesures.

Shigematsu et al. (2008) ont évalué l'effet d'un protocole d'entraînement de douze semaines, sur la stabilité posturale et la prévalence de chutes. Les participants ayant pris part à l'entraînement « squat-stepping-exercice (SSE) » (programme

consistant à faire des pas multidirectionnels en suivant des indices visuels au sol) ont démontré une plus grande amélioration dans les tests d'extension de la jambe, de marche (avant, arrière et au tour d'un cône) ainsi qu'au niveau du temps de réaction au signal de départ et du nombre de chutes, lorsque comparé à un groupe ayant fait un entraînement traditionnel à la marche. Les auteurs ont donc conclu qu'un protocole d'entraînement favorisant les déplacements sur le côté en direction ML pourrait permettre de diminuer les risques de chutes et augmenter la stabilité posturale chez les personnes atteintes de MP.

Pour leur part, Combs et al. (2011), ont évalué l'effet d'un protocole de boxe d'une durée de douze semaines, à raison de 3 fois par semaines, sur la stabilité posturale. Sur la base d'amélioration des tests cliniques tels que l'atteinte fonctionnelle (Functional Reach test, FRT), du test 'Up et Go' (TUG) et du test « 6-minutes-walk », ceux-ci ont également démontré qu'un protocole mettant l'emphase sur les déplacements sur le côté (ML) permettait d'améliorer la stabilité posturale et la mobilité. De plus, les résultats de cette étude de cas a permis de démontrer la faisabilité d'utiliser un programme de boxe chez les personnes atteintes de la MP. Cependant, un plus grand échantillon est nécessaire afin de pouvoir généraliser à un plus grand nombre de patients atteints de la MP.

Bien que plusieurs études aient démontré l'effet bénéfique de l'activité physique chez la personne atteinte de la MP, il a été proposé que les entraînements à intensités faible à modérée, majoritairement utilisée lors d'études avec des personnes atteintes de la MP, ne serait peut-être pas suffisant pour permettre une amélioration significative des

certaines symptômes moteurs, à long terme (Corcos et al., 2013 ; Sherrington, Whitney, Lord, Herbert, Cumming and Close, 2008 et Lord et Rochester, 2015). Selon Lord et Rochester (2015), l'activité physique comprenant des mouvements fonctionnels, des tâches multiples (i.e. tâche de coordination) et priorisant une haute intensité sur de courtes durées serait la combinaison qui optimiserait l'effet de l'activité physique sur la stabilité posturale, la mobilité et la réduction des chutes (Lord et Rochester, 2015). Dans le contexte de ce protocole, l'intensité du programme de boxe « intensif » sera défini comme une activité physique aérobique suffisante pour augmenter la fréquence cardiaque et le besoin d'oxygène (Ahlskog, 2011) et qui est maintenue pour une période d'au moins 20 minutes (Morberg, Jensen, Bode and Wermuth, 2014) (Tableau. 10).

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

3.1 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE ET PROGRAMME D'ENTRAÎNEMENT DE BOXE.

Généralité du programme

Ce programme a été élaboré sur la base du programme « Rock Steady » développé par Scott C. Newman en 2006. Ce type d'entraînement a été spécifiquement créé pour les personnes atteintes de la MP, afin de réduire la vitesse de progression des symptômes moteurs par l'entremise de l'activité physique et de leur permettre de maintenir une meilleure qualité de vie (Rocksteadyboxing, 2018).

La durée du programme d'entraînement a été choisie suite à l'étude de Dalton et Nantel (2016) qui a démontré qu'il serait possible de voir des changements de l'alignement postural après seulement 6 semaines d'entraînement de marche nordique à raison de deux entraînements par semaine.

Spécificité du programme

Les participants de ce protocole de recherche ont complété un entraînement intensif de boxe de six semaines à raison de deux entraînements de ~ 45 minutes par semaine. Chaque entraînement a débuté par un échauffement d'une durée de 10 minutes combinant des exercices d'agilités et cardiorespiratoires, suivit d'une série principale se composant de 10 exercices de boxe cardiorespiratoire et d'agilités de 2 minutes chacun suivi de 30 secondes de repos entre chaque série. Chacun des entraînements de boxe s'est terminé avec une période de 10 minutes d'étirement et d'exercices de respiration au sol, au choix de l'entraîneur. Chaque participant a donc complété 12 entraînements de boxe.

La spécificité de ce programme d'entraînement de boxe est sa structure en circuit. Comme mentionné précédemment, chaque entraînement commençait avec un échauffement d'une durée d'environ 10 minutes et comportait jusqu'à trois exercices en circuits/stations fait un à la suite de l'autre. Tous les entraînements étaient différents, mais chacun d'eux intégrait les mêmes composantes de l'entraînement soit : la vitesse ; l'amplitude de mouvement ; la stabilité posturale/équilibre ; les déplacements ML ; les capacités cardio-vasculaires. Cela a été choisi dans le but d'offrir un programme diversifié aux participants et d'assurer de travailler les composantes spécifiques à cette population. Dans chacune des séries principales, l'entraînement comprenait entre quatre à cinq exercices spécifiques de boxe et les autres quatre à cinq exercices étaient reliés au conditionnement physique de base. Le fait que seulement quatre à cinq exercices étaient dédiés spécifiquement à la boxe et que les autres exercices entraînaient les autres aspects de la condition physique ceci permettait aux entraîneurs d'inclure les différentes composantes de l'activité physique ce qui est la force de ce programme d'entraînement. Chacune des séries principales avaient au maximum dix exercices. En somme, la structure de chacun des entraînements était la même, ce n'est que les exercices qui changeaient d'un entraînement à l'autre sans pour autant changer les composantes d'entraînement qui étaient les mêmes. Un exemple d'entraînement typique est donné dans l'annexe 14.

3.2 CONCEPTUALISATION DE RECHERCHE

Les participants du protocole ont assisté à deux séances en laboratoire soit, une séance avant et une séance suivant le 6 semaines d'entraînement afin d'évaluer l'effet de

l'entraînement sur la stabilité posturale et la mobilité. Les variables dépendantes de cette recherche ont été collectées à l'aide du système d'analyse du mouvement Vicon (Oxford UK) et de deux plateformes de force (Kistler, Winterthur, Switzerland) placées une côte-à-côte (voir annexe 13 pour placement des plateformes de force).

Lors des séances en laboratoires, toutes les tâches ont été exécutées avec l'aide de la même personne, soit avec Catherine Fréchette, qui a reçu un entraînement par vidéo afin de s'assurer que tous les tests soient correctement faits et de façon similaires, car nous ne voulions pas qu'un changement d'évaluateur ait un impact sur la validité dans l'exécution de celles-ci. Ceci dit, le Mini-BESTest est un test clinique de niveau 1 qui peut être fait par un étudiants et qui peut être utilisé à des fins de recherches, car il a été démontré que la fidélité inter-juge est très bonne et qu'il peut aussi bien démontrer des améliorations au niveau de la stabilité posturale et des risques de chutes que les tests du « Berg Balance Scale (BBS) », du « Timed Up and Go (TUG) » et du « Falls Efficacy Scale (FES(s)) » (Sarrazin, 2003 et Mini Balance Evaluation Systems Test, 2013).

3.3 RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS ET CRITÈRES D'EXCLUSIONS

La collecte de données se fit auprès d'un groupe de 15 participants (6 hommes et 9 femmes) atteints de la MP et habitant dans la région d'Ottawa-Gatineau. Évaluation clinique : La sévérité de la maladie de chaque participant a été évaluée à l'aide du test Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) section moteur (III) (annexe 4). Chacun des participants a complété le test « Montreal Cognitive Assessment » (MoCA) (annexe 5) visant à déterminer les atteintes cognitives légères. Les évaluations cliniques ont toutes été complétées par la même évaluatrice, soit Julie Nantel. Les participants ont

également eu à remplir un questionnaire visant à déterminer la présence de problème de chutes (annexe 6). Un journal de chute leur a été distribué (annexe 7) afin de déterminer l'occurrence de chute tout au long des six semaines d'entraînement. Un questionnaire général sur leur situation sociologique (annexe 9), ainsi qu'un questionnaire de blocage moteur à la marche a été remplis avec les participants (annexe 10). Finalement, lors des 6 semaines d'entraînement, les participants ont complété un journal d'entraînement incluant les dates des entraînements auxquels ils ont participé et la durée de chacun des entraînement (annexe 8). Ce journal a permis de déterminer si chacun des participants avait suffisamment fait de séances de boxe pour que ces données soient pertinentes à notre analyse, car un minimum de dix séances étaient nécessaire pour qu'un participant soit inclus dans l'analyse de données. Finalement, les évaluations cognitives et motrices ont été complétées dans le stade optimal de médication chez les participants prenant de la médication. Pour ceux qui n'étaient pas encore sur médication, ceux-ci ont été évalués à un moment de la journée, où ils se sentaient aux meilleures de leur forme, autant cognitivement et physiquement.

Critères d'exclusion à la collecte de données.

Aucun participant avec un historique de troubles orthopédique/musculo-squelettique ou neurologique autre que la MP, qui aurait pu influencer la stabilité posturale ou le patron de marche n'a pu participer à la collecte de donnée. Tout participant ayant subi une chirurgie récente qui aurait pu affecter la stabilité posturale ou le patron de marche n'a pas été retenu pour le protocole. Un minimum de dix entraînements (>de 80% des séances) devait être complétés afin que les données des participants soient incluses dans l'analyse statistique. Tous les participants ont complété l'entraînement minimal.

Pour le test du UPDRS-III, les participants devaient avoir un pointage se situant entre 11 et 20 points afin de ne pas être exclus de la collecte de données. Plus précisément, les participants ayant des pointages >3 pour chacune des tâches étaient exclus du protocole, puisque ceci devait être apte à se déplacer indépendamment.

Tous les participants devaient être capable de suivre les instructions lors des sessions d'entraînement. Il a donc été décidé d'inclure tous les participants ayant un pointage ≥ 24 malgré que le pointage définissant une absence de troubles cognitifs légers soit ≥ 26 . Les deux critères les plus importants pour cette évaluation étaient donc que les participants soient capable de se déplacer de façon indépendante et de comprendre les instructions des tâches du protocole et des entraînements et de les exécuter par la suite.

3.4 TÂCHES INCLUSES DANS LE PROTOCOLE

Durant chaque séance en laboratoire, les participants ont exécuté une série de trois essais pour chacune des tâches fonctionnelles proposées. Le protocole comportait un total de 9 tâches fonctionnelles (annexe 2 et 3), dont certaines, provenant du Mini-BESTest (Balance Evaluation Systems Test © 2005-2013 Oregon Health & Science University), ainsi qu'une tâche de piétinement sur place avec transfert de poids en direction ML et en direction APost, ainsi qu'une tâche de déplacement sur le côté (ML). Les études indiquent que le Mini-BESTest peu prédire les risques de chutes chez les personnes atteintes de la MP (Potter, K., et Brandfass, K., 2015). Avant chacune des tâches, une explication et une démonstration de la tâche était faites aux participants.

Tâches anticipatoires

- **Tâche 1** : *1 x S'asseoir et se lever* :
 - Description : Au signal de départ : Go ! À partir d'une position assise, les mains placées sur les épaules en croix sur la poitrine, dites au participant de se lever de la chaise sans utiliser ses bras et ensuite dites-lui de se rasseoir dans la même position de départ.

- **Tâche 2** : *Se lever sur le bout des pieds*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se lever sur le bout des orteils pour une durée de trois secondes minimalement, pour ensuite retourner sur les talons.

- **Tâche 3** : *Se tenir en équilibre sur une jambe (jambe droite et ensuite jambe gauche)*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se maintenir en équilibre sur une jambe le plus longtemps que possible, sans l'aide de ses bras, pour ensuite dites-lui retourner dans la position debout à deux jambes

Tâches de contrôle postural réactif suite à une perturbation

- **Tâche 4** : *Exercice de pas compensatoire vers l'avant*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (mains de l'évaluateur placées au niveau des épaules du participants) de se laisser tomber vers l'avant et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.

- **Tâche 5** : *Exercice de pas compensatoire vers l'arrière*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (mains de l'évaluateur placées au niveau des épaules du participants) de se laisser tomber vers l'arrière et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.

- **Tâche 6** : *Exercice de pas compensatoire sur le côté droit et gauche*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (une main de l'évaluateur placée au niveau de l'épaule du participants et l'autre main au niveau du coude) de se laisser tomber vers le côté droit et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.
 - *Faire de même, mais sur le côté gauche.

Tâches fonctionnelles impliquant des déplacements sur le côté en médiaux latéraux

- **Tâche 7** : *Déplacements sur le côté (ML)*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout sur une plateforme de force, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se déplacer vers la droite, pour se rendre sur l'autre plateforme de force, commençant par le pied droit pour ensuite rejoindre celui-ci avec le pied gauche sur l'autre plateforme de force. S'assurez d'avoir les deux pieds sur la seconde plateforme de force avant de retourner sur la première plateforme de force. Exécuter des allez-retour pour une durée de 15 secondes.
 - Définition d'un cycle de déplacement sur le côté (ML) : Pour compléter un cycle de déplacement sur le côté (ML), le participant doit partir la tâche avec les pieds placés côte-à-côte sur la plateforme de force numéro 1. Au signal de départ, le participant doit déplacer son pied droit sur la plateforme de force numéro 2, pour ensuite apporter son pied gauche sur la plateforme de force numéro 2 et ensuite retourner ses deux pieds, un à la suite de l'autre sur la plateforme de force numéro 1.

**Le cycle est compté lorsque l'évaluateur voit un vecteur de force à la verticale (en Z) apparaître sur la plateforme de force.*

- **Tâche 8** : *Piétinement sur place, direction côté*
 - Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, les pieds alignés à la largeur des épaules, dites au participant de mettre le pied droit sur la plateforme de force droite et de mettre le pied gauche sur la plateforme de force gauche. Ensuite demander à celui-ci de balancer le poids de son corps sur sa jambe droite et ensuite sur sa jambe gauche. S'assurer que

seulement le pied droit touche à la plateforme de force droite et que seulement le pied gauche touche à la plateforme de force gauche. Répéter la bascule sur le côté pour une durée de 15 secondes.

- Définition d'un cycle de piétinement sur place, direction côté : Pour compléter un cycle de piétinement sur place, direction côté, le participant doit partir la tâche avec son pied gauche sur la plateforme de force numéro 1 et son pied droit sur la plateforme de force numéro 2. Au signal de départ, le participant doit basculer le poids de son corps sur son pied droit, ensuite basculer le poids de son corps sur son pied gauche, pour ensuite rebasculer le poids de son corps sur son pied droit.

**Le cycle est compté lorsque l'évaluateur voit un vecteur de force à la verticale (en Z) apparaître sur la plateforme de force.*

- **Tâche 9 : Piétinement sur place, direction avant-arrière**

- Description : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, les pieds alignés à la largeur des épaules, le pied droit avancé vers l'avant sur la plateforme de force droite et le pied gauche reculé vers l'arrière sur la plateforme de force gauche, dites au participant de faire balancer le poids de son corps sur sa jambe droite et ensuite sur sa jambe gauche. S'assurer que seulement le pied droite touche à la plateforme de force droite et que seulement le pied gauche touche à la plateforme de force gauche. Répéter la bascule sur le côté pour une durée de 15 secondes.
- Définition d'un cycle Piétinement sur plus, direction avant-arrière : Pour compléter un cycle de piétinement sur place, direction côté, le participant doit partir la tâche avec son pied gauche sur la plateforme de force numéro 1 et son pied droit sur la plateforme de force numéro 2. Au signal de départ, le participant doit basculer le poids de son corps sur son pied droit, ensuite basculer le poids de son corps sur son pied gauche, pour ensuite rebasculer le poids de son corps sur son pied droit.

**Le cycle est compté lorsque l'évaluateur voit un vecteur de force à la verticale (en Z) apparaître sur la plateforme de force.*

3.5 PROCÉDURES ET COLLECTE DES DONNÉES

Les participants potentiels ont été rencontrés par Catherine Fréchette au moins deux semaines avant la première collecte de données. Cette rencontre a permis un premier contact afin de donner les détails du projet de recherche. Suite à cette rencontre, un courriel décrivant chacune des tâches de façon détaillée a été envoyé afin de leur permettre de prendre une décision éclairée et volontaire quant à leur participation. Chacun des participants s'est rendu au laboratoire situé au 200 Lees Ave, Ottawa, ON K1S 5L5 pour les deux séances de laboratoire.

Chacune des séances dans le laboratoire a duré approximativement une heure. Une heure avant l'arrivée des participants, une calibration du système de caméra Vicon (Oxford, Royaume-Uni) et des plateformes de forces de type Kistler (Winterthur, Suisse) a été faite. Suite à leur arrivée, tous les participants ont eu à signer un formulaire de consentement. Et tous les participants ont été libres de quitter l'étude à n'importe quel moment.

3.6 INSTRUMENTATIONS ET COLLECTE DES DONNÉES

Mesures et placement des marqueurs

Les mesures anthropométriques suivantes ont été collectées : masse (kg), taille (cm), longueur de la jambe (cm), largeur du genou (cm) et largeur de la cheville (cm) seront quantifiées (feuille des sujets ; annexe 11). Ces mesures furent nécessaires à prendre, car elles doivent être intégrées dans le programme d'analyse de mouvement tridimensionnelles Vicon, afin que celui-ci soit en mesure de modéliser, soit créer chacun

des participants dans le logiciel. Par la suite, des marqueurs réfléchissants ont été apposés sur le survêtement munis de velcro créer par la compagnie Vicon, sur les repères anatomiques spécifiques (UOMAM, Vicon Université d'Ottawa ; annexe 1, figure 1). Avant le début de chaque collecte de données, deux essais statiques ont été complétés comme valeurs de base pour les essais dynamiques, afin que le logiciel de capture de mouvements tridimensionnels (Vicon) soit en mesure de créer et de modéliser le squelette de chacun des participants dans le programme, pour obtenir les valeurs de nos variables dépendantes. Chacune des tâches à exécuter leur ont été expliquée et démontrée avant l'enregistrement des données.

Collecte des données

Les variables dépendantes ont été acquises à l'aide du système de caméras (14) optoélectroniques de capture de mouvement tridimensionnel Vicon (Oxford, Royaume-Uni). L'acquisition des données a été complétée à une fréquence de 200 Hz à l'aide de trente-neuf marqueurs réfléchissants (14mm) pour la collecte de nos données. Ceux-ci ont été placés sur les repères anatomiques spécifiques selon le modèle UOMAM (Vicon, Université d'Ottawa). Un filtre « Woltring » avec une valeur de prédiction de 15 mm a été utilisé pour les trajectoires des marqueurs (Allard, Stokes et Blanchi, 1995 ; Winter, 1990; Doriot, 2001).

Le marqueur virtuel entre les deux épines supérieures postérieures (PSIS) a été calculé à partir de la position des deux marqueurs PSIS. C'est-à-dire le points milieu entre les deux marqueurs.

L'alignement postural/l'alignement et déplacement du tronc à été calculé par la création du segment « tronc » entre le marqueur C7 et le marqueur virtuel du sacrum. Donc l'alignement représente la façon dont le segment du tronc bouge en mouvement. C'est l'amplitude de mouvement en ML et en A-Post.

Les variables dépendantes ont été collectées à l'aide deux plateformes de forces Kistler (Winterthur, Suisse) à une fréquence de 1000 Hz. Ceci a permis de quantifier les forces de réactions au sol. Les données de plateformes de force ont été filtrées à 10 Hz, à l'aide d'un filtre Butterworth de quatrième ordre.

3.7 ANALYSE DES VARIABLES / TRAITEMENT DES DONNÉES

Analyse des mesures cliniques

Pour l'objectif 1, les mesures cliniques du Mini-BESTest correspondent à une échelle de pointage allant de 0 à 2, 2 étant le meilleur pointage que le participant pour avoir lors de l'exécution de la tâche. Lors des sessions en laboratoire, les participants devaient faire chacune des six tâches du Mini-BESTest trois fois et ensuite les trois essais pour chacune des tâches étaient moyennés.

Analyse des variables cinétiques

Pour l'objectif 2, La vitesse de déplacement du centre de pression a été calculée grâce à la somme des vecteurs de force dans les plans ML, AP et verticale à l'aide de MatLab. En calculant l'amplitude/distance entre la position de départ (point minimal) et la position finale (point maximale) divisé par le temps de l'essai (15 secondes), du

marqueur du sternum. L'amplitude de déplacement du Centre de pression ont aussi été calculé à l'aide de la somme des vecteurs de forces dans les plans ML, A-Post et vertical avec le logiciel de programmation MatLab. En calculant l'amplitude/distance entre la position de départ (point minimal) et la position finale (point maximale), du marqueur du sternum. Enfin, le nombre de cycle de piétinement pour les tâches de déplacement sur le côté (ML) (tâche 7) et de piétinement sur place ML et Apost (tâches et 8 et 9) ont été calculés à l'aide du nombre d'apparition de vecteurs de force à la verticale (en Z) de force sur les plateformes de force.

Pour l'objectif 3, le nombre de pas faits pour se stabiliser après la tâche de contrôle posturale réactive du Mini-BESTest se calculait par l'apparition du vecteur de force à la verticale (en Z) lorsque le pied du participant touchait au sol.

Analyse des variable cinématiques

Pour l'objectif 3, les amplitudes de mouvement du tronc (tâche 4, 5 et 6) ont été calculées grâce à la position du marqueur du sternum. La distance entre la position de départ (point minimal) par rapport à la position finale (point maximal) du marqueur du sternum/C7 était par la suite calculée. La longueur de pas réalisé pour se stabiliser suite à la tâche réactive à été calculé grâce à la position du marqueur du talon. À l'aide du logiciel Vicon, le programme MatLab calculait la distance entre la position de départ (point minimal) par rapport à la position finale (point maximal) du marqueur du talon.

3.8 ANALYSE STATISTIQUE

Notre analyse de puissance a suggéré qu'un minimum de 15 participants était nécessaire afin de détecter des changements significatifs de nos variables dépendantes. Donc notre taille d'échantillon ($n=15$) a été choisie sur la base d'une puissance statistique de 0,8 avec une valeur alpha de 0,05, déterminée à l'aide de G* Power 3.1 (Dalton et Nantel, 2016 ; Faul, Erdfelder, Lang et Buchner, 2007). Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique SPSS 23.0. et de MatLab.

Les données résultant de l'analyse ont été exportées dans le logiciel Microsoft Excel afin de calculer le pointage du sous-score du Mini-BESTest pour chaque participant ainsi que les données issues du système Vicon (Oxford UK) et des plateformes de force (Kistler, Winterthur, Switzerland).

Des tests-t à échantillons appariés ont été effectués afin de comparer l'amplitude, la variation et les vitesses de déplacements de centre de pression en APost et ML. Pour les sous-pointages issus des tâches anticipatoires du Mini-BESTest nous avons fait des tests de rang Wilcoxon, afin de vérifier les écarts entre les pointages puisque notre distribution de valeurs était asymétrique dû à notre petit nombre de choix de réponse dans les échelles de mesure du Mini-BESTest et à la petite taille d'échantillon. Des tests-T à échantillons appariés ont été effectués afin de comparer les changements dans l'amplitude de mouvement du tronc en ML et en APost et la variation dans le nombre de pas réalisés. Avant de compléter chacun des tests-t les trois essais dynamiques de chacune des tâches protocolaires ont été moyennées afin de ne pas avoir de données aberrantes dans nos valeurs avant les analyses statistiques. Un test de Shapiro-Wilk a été fait dans le but de déterminer si la distribution des valeurs est normalement distribuée. Si

les valeurs ne furent été distribuées normalement, nous aurions calculé le « score-Z » afin de déterminer à quel point la distribution aurait différée de la normale. De plus, si les valeurs auraient été anormalement distribuées nous aurions utilisé le test non paramétrique « Mann-U Witney ». Afin de faire l'analyse statistique de nos résultats, nous avons effectué des corrections d'analyse multiples de type Bonferoni modifié. Ceci permet à la fois de diminuer le risque d'erreurs de type I, due aux multiples comparaisons sans toutefois augmenter le risque d'erreurs de type II due à la taille de notre échantillon (N = 15). Afin d'éviter les erreurs de type I (rejet erroné de l'hypothèse nulle), nous avons effectué des corrections d'analyse multiples de Holm-Bonferroni. Cette méthode a été choisie plutôt que la méthode Bonferroni, puisque cette dernière est particulièrement restrictive et conservatrice, ce qui augmente le risque d'erreur de type II, c'est-à-dire d'accepter une hypothèse nulle erronée. Notre protocole de recherche considère trois types de variables dépendantes soit : les CdP, le déplacement du tronc et le pointage pour les tâches du Mini-BESTest. Utilisant la méthode Holm-Bonferroni par étape descendante, nos valeurs de puissance statistique sont donc, de 0,017 pour la variable du CdP (0,05 / 3), de 0,025 (0,05 / 2) pour la variable du déplacement du tronc et 0,05 (0,05 / 1) pour le pointage des tâches du Mini-BESTest.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS

4.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES PARTICIPANTS

Les caractéristiques générales sont montrées dans les tableaux 1 et (voir annexe 15 pour tableau complémentaire 10). La taille de notre échantillon était de 15 participants dont neuf étaient des femmes. En moyenne les participants avaient un diagnostic avec la MP 13,4 ans ($\pm 4,7$). L'âge moyen des participants est de 63,3 ans ($\pm 8,5$) et treize des quinze participants étaient sous médication anti-parkinsonienne lors du protocole de boxe alors que deux participants à un stade moins avancé ne prenaient aucune médication. Les résultats du test UPDRS-III (moteur) atteignent un pointage de 8,0 ($\pm 6,7$) (tableau 11, voir annexe 15) et de 27,0 ($\pm 1,8$) pour le test MoCa (tableau 12, voir annexe 15). Six des participants du protocole ont été catégorisés comme ayant des problèmes d'enrayage moteurs à la marche (Freezing of gait : FoG) (tableau 13, voir annexe 15). Pour terminer, le questionnaire autorapporté de chute atteint une valeur moyenne de 11%, ce qui signifie que 11% des participants du protocole ont chuté au moins 1 fois dans la dernière année.

Tableau 1. *Caractéristiques générales des participants et leur moyenne et écart-type respectif.*

	Moy. (N= 15)
Durée de la maladie (an)	13,4 \pm (4,7)
Sexe (F/M)	9/6
L'âge	63,0 \pm (8,5)

UPDRS-III	8,5 ± (5,8)
MoCa	27,0 ± (1,8)
FOG (oui/non)	6/9
Fréquence de chutes (ans)	1,3 ± (0,2)
Pourcentage de chutes (%)	11,1
Médication (oui/non)	13/2
Blessures à l'entraînement	0

UPDRS-III : Unified Parkinson's disease III rating scale ; MoCa : Test de cognition Montréal ; FOG : Freezing of Gait ; Fréquence de chute : signifie par rapport au nombre de chute sur une année

4.2 STABILITÉ POSTURALE ET SOUS-POINTAGE DU MINIBEST-EST

Suite au programme de boxe, certaines tâches de stabilité posturale ainsi que du MiniBEST ont augmentées de façon significative, tableau 2. Ainsi, les résultats démontrent des augmentations des sous-pointages des tâches de contrôles posturales anticipatoires du MiniBEST pour les tâches; s'asseoir-se lever 1 fois, se tenir sur les orteils, d'équilibre sur la jambe droite et sur la jambe gauche. À l'inverse, seulement la tâche compensatoire sur le côté droit des tâches de contrôles posturales réactives a significativement augmentés et les autres tâches de contrôles posturales réactifs compensatoires n'ont pas atteints les valeurs significatives.

Tableau 2. *Pointage du Mini-BESTest (0-16) et leur médiane et écart-type respectif. (Comprend les tâches 1 à 6 du protocole de recherche).*

Tâches		Moy. et É-T	Valeur P
Tâche anticipatoires (0-8)			
1 x s'asseoir – se lever (0-2)	Pré-test	1,5 ± (0,4)	0,16
	Post-test	2 ± (0,3)	
Se tenir sur les orteils (0-2)	Pré-test	1 ± (0,2)	0,00
	Post-test	2 ± (0,2)	
Équilibre sur jambe droite (0-2)	Pré-test	0,5 ± (0,6)	0,00
	Post-test	2 ± (0,5)	
Équilibre sur jambe gauche (0-2)	Pré-test	1 ± (0,6)	0,00
	Post-test	1 ± (0,6)	
Tâche réactives (0-8)			
Compensatoire droite (0-2)	Pré-test	0,5 ± (0,5)	0,01
	Post-test	1,0 ± (0,4)	
Compensatoire gauche (0-2)	Pré-test	0,5 ± (0,6)	0,19
	Post-test	1 ± (0,4)	
Compensatoire avant (0-2)	Pré-test	0 ± (0,8)	0,14

	Post-test	1 ± (0,6)	
Compensatoire arrière (0-2)	Pré-test	1 ± (0,6)	0,79
	Post-test	0,5 ± (0,6)	

Dans le tableau 3, nous pouvons observer l'amplitude (mm) et la vitesse (mm/sec) de déplacement des CdP dans l'axe des ML et dans l'axe APost lors de la tâche d'équilibre sur une jambe. Aucun changement significatif n'a été remarqué à cet effet.

Tableau 3. Amplitude (mm) et vitesse (mm/sec) de déplacement des CdP, lors de la tâche d'équilibre sur une jambe leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend la tâche 3 du protocole de recherche)

Tâche		Moy. et É-T	Valeurs P
Jambe gauche			
Amplitude (ML) (mm)	Pré-test	88,48 ± (22,51)	0,10
	Post-test	101,33±(28,44)	
Amplitude (AP) (mm)	Pré-test	53,58 ± (35,15)	0,07
	Post-test	70,81 ± (39,99)	
Vitesse (ML) (mm/sec)	Pré-test	21,93 ± (8,88)	0,89
	Post-test	22,30 ± (10,16)	
Vitesse (AP) (mm/sec)	Pré-test	12,17 ± (8,65)	0,73
	Post-test	12,70 ± (6,95)	
Jambe droite			
Amplitude (ML) (mm)	Pré-test	82,36 ± (30,92)	0,32

	Post-test	91,09 ± (40,45)	
Amplitude (AP) (mm)	Pré-test	52,30 ± (27,16)	0,37
	Post-test	60,74 ± (35,18)	
Vitesse (ML) (mm/sec)	Pré-test	22,24 ± (11,82)	0,67
	Post-test	20,73 ± (10,54)	
Vitesse (AP) (mm/sec)	Pré-test	10,56 ± (5,00)	0,16
	Post-test	12,52 ± (7,76)	

Dans le tableau 4, nous pouvons observer le temps maintenu en équilibre sur la jambe gauche et la jambe droite de tous les participants indépendamment de la latérisation des symptômes de la MP, ainsi que le temps maintenu sur une jambe respectivement aux participants avec une LSG ou une LSD et leur pourcentage d'amélioration respectif. Les résultats nous montrent qu'indépendamment de la latérisation des symptômes de la MP il y a eu une augmentation significative du temps maintenu sur la jambe la plus affectée par les symptômes de la MP et pour la jambe la moins affectée par les symptômes de la maladie pour tous les participants. De plus, le pourcentage d'amélioration nous montre une augmentation du temps passé sur une jambe bilatérale chez les participants LSG et chez les participants LSD. Cependant, ce n'est que chez les participants LSD que nous remarquons une augmentation significative autant au niveau de leur jambe droite que leur jambe gauche. De plus, il semblerait qu'autant pour les participants LSG que pour les participants LSD, c'est au niveau de la jambe moins affectée par les symptômes de la MP que l'augmentation du temps maintenue en équilibre est la plus marquée.

Tableau 4. Temps (sec) maintenu sur la jambe la plus affectée et la moins affectée par la MP indépendamment de la latérisation des symptômes de la ML et temps relatif à la latérisation des symptômes de la MP lors de tâches d'équilibre, leur pourcentage d'amélioration ainsi que leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend la tâche 3 du protocole de recherche).

			Moy. Et É-T	% d'amélioration	Valeur P
Jambe la plus affecté par la MP		Pré-test	8,83±(5,24)	71,69±(47,93)	0,00*
		Post-test	14,73±(7,47)		
Jambe la moins affectée par la MP		Pré-test	10,00±(7,84)	53,94±(24,09)	0,00*
		Post-test	17,46±(7,09)		
Latérisation des symptômes à gauche (LSG)	JG	Pré-test	9,25±(7,12)	86,62±(51,06)	0,02
		Post-test	12,08±(9,38)		
	JD	Pré-test	12,16±(11,29)	59,10±(31,34)	
		Post-test	17,33±(9,05)		
Latérisation des symptômes à droite (LSD)	JG	Pré-test	8,55± (4,01)	50,54±(19,21)	0,00*
		Post-test	16,50± (5,82)		
	JD	Pré-test	8,55±(4,01)	61,75±(45,96)	
		Post-test	16,50±(5,82)		

*Latérisation des symptômes à gauche (LSG) (n=6) ; Latérisation des symptômes à droite (LSD) (n=9) ; JG : jambe gauche ; JD : jambe droite.

4.3 STABILITÉ POSTURALE ET TÂCHES DYNAMIQUES

Lors des tâches dynamiques, le nombre de cycles de piétinement diminue significativement pour les tâches de piétinement sur place en AP et en ML, ainsi que pour la tâche de déplacements sur le côté (ML) (tableau 5).

Tableau 5. *Nombre de cycle de piétinement pour 15 secondes et leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend les tâches 7 à 9 du protocole de recherche).*

Tâches		Moy. (É-T)	Valeurs P
Piétinement sur place en AP	Pré-test	5,3 ± (1,8)	0,02
	Post-test	4,3 ± (0,9)	
Piétinement sur place en ML	Pré-test	5,1 ± (1,6)	0,04
	Post-test	4,2 ± (1,6)	
Déplacement sur le côté (ML)	Pré-test	4,7 ± (0,6)	0,02
	Post-test	4,3 ± (0,7)	

Ensuite, dans le tableau 6, nous observons qu'après les 6 semaines d'entraînement, l'amplitude de déplacement des CdP augmente de façon significative pour la tâche de contrôle postural dynamique de piétinement sur place en ML, alors que les tâches de contrôle postural dynamique de piétinement sur place en AP et de déplacement sur le côté (ML) n'atteignent pas le seuil de signification. Pour ce qui est de

la vitesse de déplacement des CdP, celle-ci a diminué significativement pour les tâches de contrôle postural dynamique de piétinement sur place en ML et en AP, alors que la tâche de déplacement sur le côté (ML) n'atteint pas le seuil de signification.

Tableau 6. *Amplitude de déplacement (mm) et vitesse de déplacement (mm/sec) des centres de pression lors de tâches dynamiques et leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend les tâches 7 à 9 du protocole de recherche)*

Tâche		Amplitude de déplacement de CdP (mm)		Vitesse de déplacement des CdP (mm/s)	
		Moy. (É-T)	Valeur P	Moy.(É-T)	Valeur P
Piétinement sur place en ML	Pré-test	281,72(150,53)	0,00*	1,98 (0,52)	0,00*
	Post-test	406,84 (54,07)		1,30 (0,26)	
Piétinement sur place en AP	Pré-test	338,23(179,09)	0,24	1,70 (0,41)	0,00*
	Post-test	392,86 (56,07)		1,24 (0,25)	
Déplacement sur le côté (ML)	Pré-test	497,57(106,64)	0,86	1,64 (0,21)	0,36
	Post-test	493,48 (53,58)		1,55 (0,31)	

4.4 STABILITÉ POSTURALE DU TRONC ET TÂCHES DE CONTRÔLE POSTURAL RÉACTIVES

Dans le tableau 7, nous remarquons qu'en général suite à l'intervention de boxe le nombre de pas complétés pour reprendre son équilibre suite à une perturbation externe augmente de façon significative pour le côté gauche, tandis que les autres côtés n'atteignent pas le seuil de signification. De plus, le tableau ne nous montre aucune

différence significative dans le nombre de pas pris pour reprendre son équilibre pour les participants dont c'est le côté gauche ou le côté droite qui est le plus affecté par les symptômes de la MP.

Tableau 7. *Nombre de pas complétés pour reprendre son équilibre suite à une perturbation auto-initiée selon le côté qui est le plus affecté par la MP (moyenne et écart-type respectif). (Comprend les tâche 4 à 6 du protocole de recherche).*

Tâche		Moy. (É-T)	Valeur P
Participants côté gauche le plus affecté (n = 6)			
Compensatoire droit	Pré-test	1,58 ±(0,66)	0,57
	Post-test	1,75 ± (0,75)	
Compensatoire gauche	Pré-test	1,83 ± (0,81)	0,74
	Post-test	1,91 ± (0,66)	
Compensatoire avant	Pré-test	1,16 ± (0,40)	0,36
	Post-test	1,50 ± (0,54)	
Compensatoire arrière	Pré-test	1,50 ± (0,83)	0,17
	Post-test	1,83 ± (0,93)	
Participants côté droit le plus affecté (n = 9)			
Compensatoire droit	Pré-test	1,77 ± (0,79)	0,47
	Post-test	1,4 ± (0,30)	

Compensatoire gauche	Pré-test	1,44 ± (0,58)	0,20
	Post-test	2,11 ± (0,48)	
Compensatoire avant	Pré-test	1,55 ± (0,72)	0,46
	Post-test	1,77 ± (0,61)	
Compensatoire arrière	Pré-test	2,27 ± (0,83)	0,90
		2,33 ± (1,03)	

Dans le tableau 8, nous remarquons qu'il n'y a pas de changement dans la longueur des pas complétés pour reprendre leur équilibre. La longueur du premier ne change pas de façon significative.

Tableau 8. *Longueur du premier pas (mm) suite à une perturbation externe compensatoire et leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend les tâches 4 à 6 du protocole de recherche).*

Tâche		Moy. (É-T)	Valeurs P
Compensatoire droite			
Jambe utilisée pour le premier pas : Gauche	Pré-test	571,27 ± (279,57)	0,68
	Post-test	599,60 ± (162,39)	

**Compensatoire
gauche**

Jambe utilisée pour le premier pas : Droite	Pré-test	600,70 ± (223,06)	0,59
	Post-test	629,28 ± (202,27)	

Compensatoire avant

Jambe utilisée pour le premier pas : Gauche et Droite	Pré-test	560,71 ± (174,76)	0,59
	Post-test	558,25 ± (173,08)	

Compensatoire avant

Jambe utilisée pour le premier pas : Gauche et Droite	Pré-test	567,21 ± (249,53)	0,25
	Post-test	634,75 ± (224,51)	

Enfin, dans le tableau 9, nous observons l'amplitude du mouvement du tronc (mm) dans les axes ML et AP lors des tâches de contrôle postural réactif compensatoire. Aucun changement significatif n'a été observé lors de ces tâches, suite au programme d'entraînement de boxe.

Tableau 9. *Amplitude du mouvement du tronc (mm) dans les axes ML(x) et AP(y) lors de tâche de contrôle postural réactif compensatoire et leur moyenne et écart-type respectif. (Comprend les tâches 4 à 6 du protocole de recherche).*

Tâche		Moy. (É-T)	Valeurs P
Côté droit			
Compensatoire ML (mm)	Pré-test	599,01±(164,19)	0,79
	Post-test	589,26±(150,58)	
Compensatoire AP (mm)	Pré-test	159,55 ± (62,85)	0,31
	Post-test	183,48 ± (59,54)	
Côté gauche			
Compensatoire ML (mm)	Pré-test	536,80±(137,27)	0,03
	Post-test	630,38±(190,84)	
Compensatoire AP (mm)	Pré-test	171,81±(112,88)	0,54
	Post-test	194,87±(119,11)	
Direction avant			
Compensatoire ML (mm)	Pré-test	170,94±(142,43)	0,44
	Post-test	141,58 ± (54,76)	
Compensatoire direction avant AP (mm)	Pré-test	484,45±(148,30)	0,17
	Post-test	558,96±(125,86)	
Direction arrière			
Compensatoire ML (mm)	Pré-test	183,09±(125,04)	0,96
	Post-test	181,87±(139,7)	
Compensatoire AP (mm)	Pré-test	501,17±(213,5)	0,03
	Post-test	619,29±(193,07)	

Un suivi 3 mois suivant le protocole de recherche a été réalisé dans l'objectif de savoir si les participants de l'étude suivaient toujours le programme de boxe deux fois par semaine. Le suivi confirme que 100% des participants de notre échantillon prennent toujours part au programme de boxe.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION

5.1 DISCUSSION GÉNÉRALE

L'objectif général de cette étude était de déterminer l'efficacité d'un entraînement de boxe sur la stabilité posturale chez des personnes atteintes de la MP. Spécifiquement, les objectifs de cette étude étaient d'évaluer la stabilité posturale à l'aide (1) des sous-scores obtenus par les tâches anticipatoires et réactives du Mini-BESTest, (2) de tâches de déplacement sur le côté (ML) et de déplacement AP auto-initiées et (3) de tâches de contrôle postural réactif.

Nos résultats suggèrent une amélioration de la stabilité posturale suite aux six semaines d'entraînement de boxe. En effet, le pointage du Mini-BESTest pour les tâches de contrôle postural anticipatoire a en moyenne augmenté de 47%. De plus, nous avons remarqué une augmentation significative de l'amplitude de déplacement des CdP pour les tâches de piétinement sur place ML et une diminution significative de la vitesse de déplacement des CdP les tâches de piétinement sur place ML et AP. Enfin, une analyse secondaire démontre que les participants avec une LSD ont eu une augmentation significative du temps maintenu en équilibre de 61,7% sur la jambe droite et de 50,5% sur la jambe gauche. Les participants avec une LSG démontrent aussi une augmentation significative du temps maintenu en équilibre de 59,1% sur la jambe droite, mais aucun changement significatif pour la jambe gauche.

Dans les prochains paragraphes, nous discuterons des améliorations au niveau de la stabilité posturale dynamique suite à l'entraînement de boxe et de l'importance de la stabilité posturale en direction ML lors d'ajustement à un environnement changeant.

Enfin, une analyse secondaire de nos résultats nous permet de discuter des différences observées au niveau de la latérisation des symptômes du côté droit et du côté gauche des participants atteints de la MP et de son effet sur la stabilité posturale suite à l'entraînement de boxe.

5.2 CHANGEMENTS DANS LA STABILITÉ POSTURALE LORS DE TÂCHES DYNAMIQUES ET DE TÂCHES STATIQUES

L'instabilité posturale est un problème prédominant dans la MP et il est difficilement traitable par la prise de médicament et par la chirurgie (Bloem, Grimbergen and al., 2001 ; Melton, Leibson, Achenbach et al., 2006). Plusieurs études ont démontré que les personnes atteintes de la MP éprouvent une augmentation marquée de cette variabilité de l'amplitude et de la vitesse de déplacement des CdP surtout en direction ML (Nantel, McDonald et Bronte-Stewart 2012 ; Porter et Nantel 2015 ; Hilliard, Martinez et al., 2008 ; Maki et McIlroy 2006). Ceci a également été associé à un plus grand risque de chutes chez cette population (Nantel, McDonald et Bronte-Stewart 2012 ; Porter et Nantel 2015 ; Hilliard, Martinez et al., 2008 ; Maki et McIlroy 2006 ; Mansfield et Maki (2009). L'analyse du déplacement des CdP en position statique debout a également permis de démontrer que la variabilité et la vitesse de l'oscillation posturale augmentent avec la sévérité de la MP (Marchese, Bove et Abbruzzese, 2003 ; Nantel, McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; Pellecchia, 2003 ; Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett and Myklebust, 1996). Cependant, bien que les tâches statiques soient fréquemment utilisées pour évaluer la stabilité posturale, il a été démontré que l'utilisation de tâches posturales dynamiques telles que des déplacements sur le côté

(ML) exacerberait davantage les déficits posturaux et pourrait donc être plus sensible pour déterminer de petits changements de la stabilité posturale suite à une intervention (Horak, Nutt et Nashner, 1992). Notre protocole de recherche a permis de démontrer une amélioration tant dans les tâches d'équilibre posturale sur une jambe, soit les tâches statiques, que les tâches dynamiques de déplacements ML et de piétinement sur place.

Lors de perturbations externes, l'instabilité posturale éprouvée par les personnes atteintes de la MP entrainerait le développement de stratégies posturales restrictives. Ceci aurait pour conséquence d'interférer avec les stratégies posturales nécessaires pour répondre aux perturbations de l'environnement (Morris, Iansek, Smithson et Huxham, 2000 ; Crenna et Frigo, 1991 ; Horak, Dimitrova et Nutt, 2005 ; Marchese, Bove et Abbruzzese, 2003 ; Nantel, McDonald et Bronte-Stewart, 2012 ; Pellecchia, 2003 ; Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett and Myklebust, 1996 ; Beaulne-Séguin et Nantel, 2016). Bien que les tâches utilisées dans notre protocole aient été auto-initiées plutôt que réactives, nous remarquons que suite à l'entraînement, les stratégies posturales semblent devenir moins restrictives. Ainsi suite à l'entraînement, lors de la tâche de déplacement sur le côté (ML, les amplitudes de déplacement des CdP en direction ML et APost augmentent et on observe une diminution significative de la vitesse de déplacement de CdP). Ainsi, la diminution significative du nombre du cycle de pas lors des tâches de déplacement sur le côté (ML) et lors des tâches de piétinement sur place en ML et en APost suggèrent qu'à la suite du protocole d'entraînement, l'amélioration de la stabilité posturale pourrait avoir été un facteur ayant permis un plus grand contrôle de la fréquence de pas. Ceci pourrait être particulièrement important pour les personnes ayant des problèmes de festination (réduction de la longueur de pas et augmentation de la

fréquence de pas). La festination à la marche qui est associée à un risque élevé de chutes, ce qui est un déficit important dans la MP. En fait, un contrôle plus lent de la cadence pourrait signifier que les participants suite au programme de boxe étaient en mesure d'avoir un meilleur déplacement de leur centre de masse durant la tâche.

L'entraînement de 6 semaines a également permis des améliorations de la stabilité posturale dans les tâches statiques sur une jambe. Lorsque comparées aux tâches posturales dynamiques, les tâches statiques ont souvent été considérées comme comportant moins de défis au niveau du contrôle postural (Horak, Nutt et Nashner, 1992). Cependant, bien que la tâche de posture sur une jambe soit de nature statique, le niveau de difficulté de cette tâche est beaucoup plus important que lors de tâches debout sur deux jambes. Bien que nous ayons fait l'hypothèse d'une amélioration de cette tâche suite à l'entraînement de 6 semaines, les améliorations de 86,62% (\pm 51,06%) sur la jambe gauche et 59,10% (\pm 31,34%) sur la jambe droite chez les participants avec une LSG, et de 50,54% (\pm 19,21%) sur la jambe gauche et de 61,75% (45,96%) sur la jambe droite chez les participants avec une LSD sur la jambe la plus et la moins affectée sont considérables. Cette amélioration du contrôle postural sur une jambe est importante puisqu'il pourrait se traduire par une amélioration du contrôle postural lors de tâches dynamiques, comme la phase de simple support à la marche. Celle-ci étant souvent associée à une augmentation de l'instabilité posturale (Xu et al., 2018), une amélioration du contrôle postural lors de cette phase, pourrait améliorer le patron moteur des personnes atteintes de MP. Nous pensons que les exercices du programme d'entraînement de boxe qui auraient pu avoir une influence sur l'amélioration de la tâche unipodale sont des exercices mettant l'accent sur l'équilibre et les exercices dynamiques comme : donner

des coups de pieds sur le ballon à une seule jambe ; marcher sur la poutre avec des changements de direction et marcher sur des demi-ballons. Ces exercices semblent avoir amélioré le contrôle postural de nos participants, car tous nos participants se sont améliorés dans la tâche d'équilibre unipodale.

La tâche de déplacement sur le côté (ML) a permis de valider qu'en partie nos hypothèses. En effet, cette tâche n'a démontré aucun changement significatif au niveau de l'amplitude et de la vitesse de déplacement des CdP. Cependant, le nombre de cycles complétés a diminué de façon significative en post-entraînement, démontrant une amélioration des participants à modifier leur base de support et déplacer le centre de masse en ML avec un plus grand contrôle. Sachant que l'habileté à effectuer des pas latéraux est un facteur déterminant dans le regain de la stabilité posturale suite à une perturbation (Horak, Dimitrova et Nutt, 2005 ; Porter et Nantel, 2015 ; Maki et McIlroy, 1996), ceci pourrait avoir des conséquences importantes sur la prévention des chutes dans cette direction. Par contre, avant la première séance en laboratoire, nous aurions pensé qu'au contraire une augmentation du nombre de cycles de piétinement lors de la tâche de déplacement sur le côté en ML aurait signifié une amélioration du contrôle posturale. Cependant, suite à l'observation de la tâche et suite à l'obtention des résultats cinématiques ce ne fut pas le cas. Une diminution du nombre de piétinements pour cette tâche semble bel et bien démontrer une amélioration du contrôle postural chez nos participants.

5.3 LA STABILITÉ POSTURALE EN ML ET L'AJUSTEMENT À UN ENVIRONNEMENT CHANGEANT

L'instabilité posturale suite à une perturbation externe chez les personnes atteintes de la MP a été à maintes reprises démontrée dans la littérature (Smithson, Morris et Iansek, 1998 ; Horak, Dimitrova et Nutt, 2005). Suite à l'entraînement de 6 semaines, nos résultats pour les tâches posturales réactives ne démontrent aucune différence pour ce qui est du nombre et de la longueur de pas faits suite à la perturbation externe. Aucune différence n'a été démontrée également pour l'amplitude de mouvement du tronc. Nous croyons que cette absence d'amélioration pourrait être due à une exécution inadéquate de la tâche elle-même plutôt qu'une réelle absence d'amélioration chez les participants. D'une part, la peur de chuter pourrait avoir été exacerbée lors de l'exécution de cette tâche, ce qui aurait nui à l'exécution de la tâche. D'autre part, une perturbation automatisée et/ou mécanique aurait permis une plus grande uniformité lors de l'exécution de cette tâche.

5.4 ANALYSE SECONDAIRE : LATÉRALISATION DES SYMPTÔMES CHEZ LES PERSONNES ATTEINTES DE LA MALADIE DE PARKINSON

Nos résultats nous permettent d'affirmer que nos participants se sont améliorés de façon significative dans la tâche d'équilibre sur une jambe et ceci est aussi vrai pour la jambe la plus affectée par la maladie que la moins affectée par la maladie. La MP apparaît d'abord comme un trouble unilatéral, de sorte que les symptômes commencent sur un côté du corps et se propagent de l'autre côté par la suite. De plus, tout au long de la progression de la MP, les symptômes continueront à s'aggraver davantage ou du moins,

d'être plus apparents sur le côté initialement affecté (Djaldetti et al., 2006, Haaxma et al., 2010 ; Hoehn et Yahr, 2001 ; Lee et al., 1995 ; Riederer et Sian-Hulsmann, 2012 ; Uitti et al., 2005). Le côté de la latérisation des symptômes de la maladie engendre des conséquences différentes chez les personnes atteintes de la MP. Selon la littérature, les personnes avec une LSD ont une tendance à régresser tant au niveau moteur, à cause de la diminution rapide de leur masse musculaire, qu'au niveau cognitif comparativement au LSG. Nos résultats nous démontrent que les LSD étaient moins bons par rapport aux LSG au début du protocole de recherche. C'est pour cette raison que lors de notre analyse secondaire, nous avons subdivisé nos participants selon le côté de la latéralisation des symptômes de la maladie (LSG ou LSD). Ceci nous a permis d'approfondir notre analyse sur le sous-pointage du contrôle postural anticipatoire du Mini-BESTest pour la tâche d'équilibre sur une jambe.

Nos résultats démontrent que pour tous les participants, il y a eu un pourcentage d'amélioration significative du temps maintenu sur la jambe la plus affectée de 71,69 % et de 53,94 % sur la jambe la moins affectée par les symptômes de la MP, indépendamment de la latérisation des symptômes de la MP. Enfin, notre analyse secondaire divisant les participants avec une LSG et avec une LSD nous a permis d'approfondir la compréhension de ces résultats. De ce fait, nous observons une augmentation significative du temps maintenu en équilibre de 61,7% sur la jambe droite et de 50,5% sur la jambe gauche chez les participants avec une latérisation des symptômes de la MP à droite (n = 9), alors que les participants avec une latérisation des symptômes de la MP à gauche (n = 6) ont eu une augmentation significative (59,1%) seulement sur la jambe droite. Chez ces derniers, une valeur d'amélioration de 86% a été

observée sur la jambe gauche, cependant une large variabilité intersujet pourrait être le facteur principal affectant le résultat non significatif. Il est possible qu'un nombre plus grand de participants puisse diminuer cette variabilité. Une deuxième possibilité pour ce résultat pourrait être la durée du programme d'entraînement. En effet, plusieurs programmes d'exercices ont démontré une amélioration clinique de la stabilité posturale chez les personnes atteintes de la MP (Smania, Corato, Tinazzi, et al., 2010 ; Hirsch, Toole, Maitland et Rider, 2003 ; Li, Harmer, Fitzgerald, et al., 2012), le temps d'une intervention d'un programme d'activité physique est déterminant afin d'induire des effets à long terme sur la stabilité posturale dans cette population. La majorité des études utilisant un protocole d'entraînement chez les personnes atteintes de la MP sont d'une durée de 12 semaines, soit le double de temps d'intervention comparativement à notre protocole. Une durée d'intervention plus longue aurait donc pu permettre des améliorations plus importantes dans notre groupe. Nos résultats semblent donc démontrer qu'il est possible d'améliorer certains aspects du contrôle postural chez les personnes atteintes de la MP après seulement 6 semaines d'intervention.

En somme, nos résultats sur la latéralisation, nous permettent d'émettre l'hypothèse que les participants avec une LSD et une LSG n'ont pas répondu de la même manière au programme d'entraînement de boxe. Ceci pourrait être une indication de l'importance de cette distinction lors d'intervention par l'activité physique chez cette population ou lors de l'évaluation de l'efficacité probable d'un programme d'entraînement. Ainsi, il pourrait être recommandé d'ajuster les interventions selon la latérisation des symptômes.

L'amélioration remarquée du temps maintenu en équilibre sur une jambe se traduisant par une amélioration de la stabilité posturale pourrait être attribuée à des exercices du programme de boxe faits pendant six semaines, comme celui de donner des coups de pieds sur le ballon à frapper avec une seule jambe.

5.5 BÉNÉFICES D'UN PROGRAMME D'ENTRAINEMENT DE BOXE

Tout comme pour les programmes d'exercices utilisés dans les études faites par Combs et al. (2011), Gammon et Earhart (2008) et Shigematsu et al., (2008), notre programme d'entraînement de boxe montre que nos participants se sont améliorés au niveau de leur stabilité posturale suite aux six semaines d'intervention. Pour les études de Combs et al. 2011) et Gammon et Earhart (2008) les tests du « Time Up and Go (TUG) » et du six minutes de marche ont été utilisés pour évaluer la mobilité et la stabilité posturale. Ces études ont développé un programme d'entraînement dans le but d'améliorer la stabilité posturale de personnes atteintes de la MP et ceci en utilisant un seul type d'exercice tout au long de leur intervention. Si nous regardons les exercices spécifiques de programme de boxe, la force de notre étude est d'intégrer plusieurs composantes de l'activité physique comme : la vitesse ; la force musculaire ; l'équilibre/stabilité posturale ; l'endurance cardio-vasculaire ; l'amplitude de mouvement et les déplacements ML. Tout comme les études de Gammon et Earhart (2008) (Thai Chi), nous avons intégré dans notre programme des exercices d'équilibre par exemple : marcher sur une poutre avec des changements de direction ; donner des coups de pied en équilibre sur une jambe et des exercices demandant de marcher sur des demi-ballons. En effet, un entraînement de Thai Chi semble très bon pour travailler l'équilibre chez les

personnes atteintes de la MP. Cependant, ce type d'entraînement permet de travailler l'équilibre dans des positions statiques, avec des mouvements lents tandis que notre programme permet de reproduire davantage la réalité de tous les jours de ces personnes en intégrant en plus des mouvements d'équilibre dynamique. De plus, tout comme l'étude de Shigematsu et al., (2008), notre programme de boxe comporte des exercices de déplacements ML par exemple ; les déplacements sur le côté autour des cônes et l'exercice de coups de poings sur le ballon en pivotant autour de celui-ci.

En effet, aux fins de notre étude nous nous sommes assurés de suivre les prescriptions de Lord et Rochester (2015) qui proposent des programmes d'entraînement qui combinent les différentes composantes de l'activité physique et qui intègrent de la haute intensité avec une courte durée, afin d'induire des changements dans la stabilité posturale à long terme.

Pour terminer, tout comme pour l'étude de Combs et al. (2011), il nous aurait été bénéfique d'avoir un plus grand échantillon de participants, afin de pouvoir généraliser nos résultats. Cependant, contrairement à leur étude, notre échantillon était presque trois fois plus grand, puisque le taux d'abandon dans cette étude a été très grand alors que tous les participants inclus dans notre étude ont terminé le programme. Nous croyons que les séances de 90 minutes à raison de trois fois par semaine utilisées dans le protocole de Combs et al., (2011) pourrait avoir été un des facteurs principaux de la faible rétention au programme.

5.6 LIMITES DE LA PRÉSENTE ÉTUDE

Une limite importante de ce protocole de recherche est la disparité dans le degré de sévérité de la maladie dans notre groupe de participants. En effet, puisque notre échantillon comporte 15 participants, il aurait été certainement préférable que tous nos participants soient au même stade de la maladie afin de diminuer la variabilité de certains de nos résultats.

Bien que notre intervention de boxe ait mené à des améliorations de la stabilité posturale chez nos participants, sous sa forme actuelle, notre protocole ne permet pas de déterminer si les effets persistent dans le temps. Il y a présentement un consensus sur les bienfaits de la pratique de l'activité physique chez les personnes atteintes de MP (Morris, Ianseck et Kirkwood, 2009 ; Nocera, Horvat et Ray, 2009). Cependant, l'activité physique doit être pratiquée quotidiennement et sur une longue période de temps afin que les bienfaits persistent (Gobbi et al. 2009). Les personnes atteintes de la MP inscrites à des programmes d'exercices d'une durée de plus de six mois, quelle que soit l'intensité de l'exercice, ont montré des gains significatifs au niveau de l'équilibre fonctionnel et de la mobilité (par l'augmentation significative des résultats pour le test Modified Timed "Up and Go" test (TUG) (Miyamoto et al., 2004) et le test Berg's Functional Balance Scale (FBS) (Podsiadlo et al., 1991), par rapport aux programmes de deux semaines (Morris, Ianseck et Kirkwood, 2009) ou de dix semaines (Nocera, Horvat et Ray, 2009). Par contre, selon Lord et Rochester (2015) l'intensité de l'activité physique serait également cruciale afin de voir des effets à long terme.

De plus, la variation dans l'intensité d'intervention pourrait également être une limite de l'étude. Il est très possible que les participants n'aient pas été en mesure de faire tous

les entraînements avec la même intensité élevée tout au long du programme. Même si le programme de boxe a été conçu de façon à être intensif, plusieurs facteurs tels que le niveau de fatigue, l'effet de la médication, l'état émotionnel et le fait de s'entraîner en groupe plutôt que de façon individuelle avec un entraîneur, ont pu influencer le niveau d'intensité (Morberg, Jensen, Bode and Wermuth, 2014). Ceci pourrait montrer l'importance d'une supervision très rapprochée tout au long des entraînements durant l'intervention, car cela pourrait aider à augmenter le niveau de concentration et d'intensité lors de chaque entraînement (Morberg, Jensen, Bode and Wermuth, 2014). Par contre, un entraînement de groupe peut également avoir des bénéfices sur la motivation et la poursuite de l'entraînement (Burton and al., 2017).

CHAPITRE 6 : CONCLUSION

En conclusion, bien que la contribution exacte à long terme de notre programme d'exercices auprès des personnes atteintes de la MP soit incertaine, il est évident que l'exercice peut contribuer au maintien ou à l'amélioration de la stabilité posturale chez les personnes atteintes de cette maladie et ainsi possiblement diminuer les risques de chutes. L'entraînement intensif de boxe de six semaines a permis de diminuer la vitesse et d'augmenter l'amplitude de déplacement des CdP ainsi que d'augmenter la durée de temps en équilibre sur une jambe. De plus, notre étude suggère que l'utilisation d'un programme d'exercices de boxe supervisé n'est pas dangereuse pour cette population, car aucun de nos participants ne s'est blessé durant les six semaines d'entraînement et aucun de nos résultats ne suggère que la stabilité posturale de nos participants de notre protocole ait diminué. Nous croyons que la force de notre programme est la combinaison d'exercices et la diversité au niveau du programme d'entraînement. Contrairement à plusieurs études faites auprès des personnes atteintes de la MP, notre programme met l'emphase sur plusieurs composantes de l'activité physique, telles que la vitesse, l'amplitude de mouvement, l'équilibre, les déplacements ML et l'endurance cardio-respiratoire) en plus d'avoir une intensité d'entraînement élevée et des entraînements de courtes durées (Lord et Rochester, 2015).

Pour terminer, quoique notre protocole de recherche n'ait pas mené à des changements pour toutes nos variables dépendantes et que nous ne pouvons pas déterminer les effets du programme à long terme sur la stabilité posturale, nous croyons qu'il est important de continuer à faire la promotion de la pratique de l'activité physique

chez cette population ainsi que de continuer à faire de la recherche sur les effets de l'activité physique. Car ceci pourrait permettre à cette population de maintenir une mobilité et une autonomie à plus long terme, afin qu'ils puissent maintenir plus longtemps une meilleure qualité de vie.

RÉFÉRENCES

- Anderson, G.F. and Hussey, P.S., (2000). Population aging: A comparison among industrialized countries. *Health Affairs*, 19(3), pp. 191–203. doi: 10.1377/hlthaff.19.3.191.
- Adkin AL, Frank JS, Jog MS (2003) Fear of falling and postural control in Parkinson's disease. *Mov Disord* 18: 496-502.
- Agid Y, Ruberg M, Raisman-Vozari R, Hirsch EC, Javoy-Agid F. The biochemistry of Parkinson's disease. In: Stern GM, ed. *Parkinson's disease*. London : Chapman and Hall, 1990: 99–125. (In the text)
- Ahlskog, J. E. (2011). Does vigorous exercise have a neuroprotective effect in Parkinson's disease? *Neurology*, 77, 288-294. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3136051/>
- Allard, P., Stokes, IAF et Blanche, JP., (1995). Three-dimensional analysis of human movement. Human Kinetics Publishers
- Allum, J. H. J., Carpenter, M. G., Honegger, F., Adkin, A. L., and Bloem, B. R., (2002). Age-dependent variations in the directional sensitivity of balance corrections and compensatory arm movements in man. *The Journal of Physiology*, 542(Pt 2), 643–663.
- Baulne-Séguin, Z. and Nantel, J., (2016). Conflicting and non-conflicting visual cues lead to error in gait initiation and gait inhibition in individuals with freezing of gait. School of Human Kinetics, Faculty of Health Sciences, Ottawa University, Canada. *Gait & Posture* 49 (2016) 443–447
- Baumann C.R., Held U., Valko P.O., Wienecke M., Waldvogel D., (2014). Body side and predominant motor features at the onset of Parkinson's disease are linked to motor and nonmotor progression. *Mov. Disord.* 2014;29:207–213.
- Berheimer, H., Birkwayer, W., Hornykiewicz, O. and al., (1973). Brain Dopamine and the syndrome of Parkinson.
- Berardelli, A., Rothwell, JC., Thompson, PD. and Hallett, M., (2001). Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. *Brain* 2001;124: 2131–2146.
- Blin, O., Ferrandez, AM., Pailhou, J. and Serratrice, G., (1991). Dopa-sensitive and dopa-resistant gait parameters in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 103:51–54.
- Bloem, BR., Grimbergen, YA., Cramer, M., Willemsen, M. and Zwinderman, AH., (2001). Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. *J Neurol* 248 : 950-958.

- Blum D, Torch S, Lambeng N, *et al.* Molecular pathways involved in the neurotoxicity of 6-OHDA, dopamine and MPTP : contribution to the apoptotic theory in Parkinson's disease. *Prog Neurobiol* 2001; 65 : 135–72. (In the text)
- Bradley S. (2011). Falls in Older Adults. *Mount Sinai Journal of Medicine*, 78:590–595, 2011 590
- Bronte-Stewart, HM., Minn, AY., Rodrigues, K., Buckley, EL. and Nashner, LM., (2002). Postural instability in idiopathic Parkinson's disease : the role of medication and unilateral pallidotomy. *Brain* 2002 ;125(Pt 9):2100e14.
- Bruce Do Van., (2016). Mise en évidence de l'implication d'une mort cellulaire dépendante du fer, la ferroptose, dans des modèles de la maladie de Parkinson. *Médecine humaine et pathologie. Université du Droit et de la Santé - Lille II*, 2016. Français. | NNT : 2016LIL2S007 |.
- Burns, E.R., Stevens, J.A. and Lee, R., (2016). The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults. United States', *Journal of Safety Research*, 58, pp. 99–103. Doi : 10.1016/j.jsr.2016.05.001.
- Eloy MJ, *et al.*, (2004). A functional magnetic resonance imaging study of cortical asymmetry in bipolar disorder. *Bipolar Disord* 2004;6:183–196
- Canning, C.G., Sherrington, C., Lord, S.R., Fung, V.S., Close, J.C., Latt, M.D., Howard, K., Allen, N.E., O'Rourke, S.D. and Murray, S.M., (2009b). Exercise therapy for prevention of falls in people with Parkinson's disease: A protocol for a randomised controlled trial and economic evaluation, *BMC Neurology*, 9(1). doi: 10.1186/1471-2377-9-4.
- Canning, C.G., Sherrington, C., Lord, S.R., Close, J.C.T., Heritier, S., Heller, G.Z., Howard, K., Allen, N.E., Latt, M.D., Murray, S.M., O'Rourke, S.D., Paul, S.S., Song, J. and Fung, V.S.C. (2014b) 'Exercise for falls prevention in Parkinson disease: A randomized controlled trial', *Neurology*, 84(3), pp. 304–312. doi: 10.1212/wnl.0000000000001155.
- Carroll, N.V., Slattum, P.W. and Cox, F.M., (2005). The cost of falls among the community-dwelling elderly. *Journal of Managed Care Pharmacy*, 11(4), pp. 307–316. doi: 10.18553/jmcp.2005.11.4.307.
- Carter, N.D., Kannus, P. and Khan, K.M., (2001). Exercise in the prevention of falls in older people. *Sports Medicine*, 31(6), pp. 427–438. doi: 10.2165/00007256-200131060-00003.
- Carpenter, M. G., Allum, J. H. J., Honegger, F., Adkin, A. L. and Bloem, B. R. (2004). Postural abnormalities to multidirectional stance perturbations in Parkinson's disease.

Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 75(9), 1245–1254.
<http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2003.021147>.

Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System (WISQARS).

Cianci H., (2006). Parkinson Disease: Fitness Counts. 3rd ed National Parkinson Foundation; Miami, FL.

Combs, S.A., Diehl, M.D., Staples, W.H., Conn, L., Davis, K., Lewis, N. and Schaneman, K., (2010). Boxing training for patients with Parkinson disease: A case series. *Physical Therapy*, 91(1), pp. 132–142. doi: 10.2522/ptj.20100142.

Comelia, C.L., Stebbins, G.T., Brown-Toms, N. and Goetz, C.G., (1994). Physical therapy and Parkinson's disease: A controlled clinical trial' *Neurology*, 44(3, Part 1), pp. 376–376. Doi : 10.1212/wnl.44.3_part_1.376.

Corcos, D.M., Robichaud, J.A., David, F.J., Leurgans, S.E., Vaillancourt, D.E., Poon, C., Rafferty, M.R., Kohrt, W.M. and Comella, C.L., (2013). A two-year randomized controlled trial of progressive resistance exercise for Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 28(9), pp. 1230–1240. doi: 10.1002/mds.25380.

Crenna, P. and Frigo, C., (1991). A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. *The Journal of Physiology*, 437(1), pp. 635–653. doi: 10.1113/jphysiol.1991.sp018616.

Cubo, E., Martinez, P., Mart-Jesus A., Gonzalez, M., Rodriguez-Blazquez, C., et Kulisevsky, J., (2009). Motor Laterality Asymmetry and Nonmotor Symptoms in Parkinson's Disease Movement Disorders. Vol. 25, No. 1, 2010, pp. 70–75, 2009 Movement Disorder Society.

Dalton, C. and Nantel, J., (2016). Effort to reduce postural sway affects both cognitive and motor performances in individuals with Parkinson's disease. *Human Movement Science* 47 (2016) 135–140.

Dalton, C., and Nantel, J., (2016). Nordic Walking Improves Postural Alignment and Leads to a More Normal Gait Pattern Following Weeks of Training : A Pilot Study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2016, 24, 575 -58

David, F.J., Rafferty, M.R., Robichaud, J.A., Prodoehl, J., Kohrt, W.M., Vaillancourt, D.E. and Corcos, D.M. (2012b) 'Progressive resistance exercise and Parkinson's disease: A review of potential mechanisms', *Parkinson's Disease*, 2012, pp. 1–10. doi: 10.1155/2012/124527.

Devos, D., Defebvre, L. and Bordet, R., (2009). Dopaminergic and non-dopaminergic pharmacological hypotheses for gait disorders in Parkinson's disease doi : 10.1111/j.1472-8206.2009.00798.x

- Deuschl, G., Schade-Brittinger, C., Krack, P., Volkmann, J., Schafer, H., Botzel, K. and al., (2006). A randomized trial of deep-brain stimulation for Parkinson's disease. *N Engl J Med* 2006 Aug 31; 355(9):896e908.
- Djaldetti R., Ziv I., Melamed E., (2006). The mystery of motor asymmetry in Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 2006;5:796–802.
- Dietz, V., (1997). Neurophysiology of gait disorders: present and future applications. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*, doi : 103 333355.
- Dishman RK, et O'Connor PJ (2009). Lessons in exercise neurobiology: the case of endorphins. *Ment Health Phys Act* (2009) 2(1):4–9. doi:10.1016/j. mhpa.2009.01.002
14. Caspersen CJ, Powell
- Doriot N. (2001) « Modélisation dynamique du membre inférieur pour l'estimation des forces articulaires mises en jeu pendant la phase d'appui de la marche », *Thèse de doctorat Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon*
- Dorsey, E.R., Constantinescu, R., Thompson, J.P., Biglan, K.M., Holloway, R.G., Kieburtz, K., Marshall, F.J., Ravina, B.M., Schifitto, G., Siderowf, A. and Tanner, C.M. (2006) 'Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030', *Neurology*, 68(5), pp. 384–386. doi: 10.1212/01.wnl.0000247740.47667.03.
- Fabbrini, G., Brotchie, JM., Grandas, F., Nomoto, M. and Goetz, CG., (2007). Levodopa induced dyskinesias. *Mov Disord* 2007 ; 22:1379–1389.
- Factor, S.A., Steenland, N.K., Higgins, D.S., Molho, E.S., Kay, D.M., Montimurro, J., Rosen, A.R., Zabetian, C.P. and Payami, H. (2010). Postural instability/gait disturbance in Parkinson's disease has distinct subtypes: An exploratory analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 82(5), pp. 564–568. doi: 10.1136/jnnp.2010.222042.
- Falvo, MJ., Schilling, BK. and Earhart, GM., (2008). Parkinson's disease and resistive exercise: rationale, review and recommendations. *Mov Disord* 2008;23:1–11.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, AG., et Buchner, A., (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 2007, 39 (2), 175-191.
- Federation of Canadian Municipalities, (2015). Canada's again popula- tion: the municipal role in Canada's demographic shift. https://www.fcm.ca/Documents/reports/Canadas_Aging_Population_The_Municipal_Role_in_Canadas_Demographic_Shift_EN.pdf

- Fernandez, K.M., Roemmich, R.T., Stegemöller, E.L., Amano, S., Thompson, A. and al., (2013). Gait initiation impairments in both essential tremor and Parkinson's disease. *Gait & Posture* 38: 956-961.
- Fichna J, Janecka A, Costentin J, Do Rego JC. (2007) The endomorphin system and its evolving neurophysiological role. *Pharmacol Rev* (2007) 59(1):88–123. doi:10.1124/pr.59.1.3 13.
- Forczek, W. and Staszkiwicz, R., (2012). An evaluation of symmetry in the lower limb joints during the able bodied gait of women and men. *J Hum Kinet* 35:47–57
- Franchignoni, F., Martignoni, E., Ferriero, G. and Pasetti, C., (2005). Balance and fear of falling in Parkinson's disease. *Parkinsonism RelateDisorder* 2005 ; 11:427–433.
- Frazzitta G., Ferrazzoli D., Maestri R., Rovescala R., Guaglio G., Bera R., Volpe D., Pezzoli G., (2015). Differences in muscle strength in parkinsonian patients affected on the right and left side. *PLoS One*. 2015;10
- Fritzsche M., (2003). The origin of brain asymmetry and its psychotic reversal. *Med Hypotheses* 2003;60:468–480.
- Gammon M. et Earhart, G. M., (2008). Tai Chi improves balance and mobility in people with Parkinson disease. *Gait & Posture* 28 (2008) 456–460.
- Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G. and Rowe, B. H., (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*, 4. [http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9406\(05\)60487-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9406(05)60487-7)
- Gillespie, LD., Robertson, MC., Gillespie, WJ., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, LM. and Lamb, SE., (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community (Review). *Cochrane Data base of Systematic Reviews* 2012, Issue 9. Art. No. : CD007146.
- Glendinning, DS. and Enoka, RM., (1994). Motor unit behavior in Parkinson's disease. *Phys Ther* ;74:61–70.
- Gobbia, Lilian T.B., Maria D.T. Oliveira-Ferreira, M. Joana D. Caetano, b, Ellen Lirani-Silva, Fabio A. Barbieria, Florindo Stellac, d, Sebastião Gobbic (2009). Exercise programs improve mobility and balance in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders* 15S3 (2009) S49–S52. journal homepage: www.elsevier.com/locate/parkreldis.
- Goodwin, V.A., Richards, S.H., Taylor, R.S., Taylor, A.H. and Campbell, J.L., (2008). The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*, 23(5), pp. 631–640. doi: 10.1002/mds.21922.
- Haaxma C.A., Helmich R.C., Borm G.F., Kappelle A.C., Horstink M.W., Bloem B.R.,

- (2010). Side of symptom onset affects motor dysfunction in Parkinson's disease. *Neuroscience*. 2010;170:1282–1285.
- Halliday, SE., Winter, DA., Frank, JS., Patla, AE. and Prince, F., (1998). The initiation of gait in young, elderly and Parkinson's disease subjects. *Gait Posture* 8 : 8-14.
- Hass, C.J., Buckley, T.A., Pitsikoulis, C. and Barthelemy, E.J. (2012). Progressive resistance training improves gait initiation in individuals with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 35(4), pp. 669–673. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.022.
- Hausdorff, JM., Schaafsma, JD., Balash, Y., Bartels, AL., Gurevich, T. and Giladi, N., (2003). Impaired regulation of stride variability in Parkinson's disease subjects with freezing of gait. *Exp Brain Res* 2003;149(2):187e94.
- Hausdorff, JM., Schweiger, A., Herman, T. and al., (2008). Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 63:1335–1343
- Heinrichs-Graham, E., Santamaria, P. M., et Wilson, T. W., (2017). The cortical signature of symptom laterality in Parkinson's disease. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5322212/>
- Herman, T., Mirelman, A., Giladi, N. and al., (2010). Executive control deficits as a prodrome to falls in healthy older adults : a prospective study linking thinking, walking and falling. *J Gerontol A BioSci Med Sci* 65:1086–1092
- Hilliard, M.J., Martinez, K.M., Janssen, I., Edwards, B., Mille, M.-L., Zhang, Y. and Rogers, M.W., (2008). Lateral balance factors predict future falls in community-living older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(9), pp. 1708–1713. doi: 10.1016/j.apmr.2008.01.023
- Halliday SE, Winter DA, Frank JS, Patla AE, Prince F (1998) The initiation of gait in young, elderly and Parkinson's disease subjects. *Gait Posture* 8: 8-14.
- Hirsch, M.A., Toole, T., Maitland, C.G. and Rider, R.A. (2003). The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(8), pp. 1109–1117. doi: 10.1016/s0003-9993(03)00046-7.
- Hoehn M.M., Yahr M.D., (2001). Parkinsonism: onset, progression, and mortality. 1967. *Neurology*.2001; 57 : S11–S26.
- Holmes, J. D., Jenkins, M. E., Johnson, A. M., Adams, S. G., and Spaulding, S. J., (2010). Dual-task interference : The effects of verbal cognitive tasks on upright postural stability in Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*, 2010. <http://dx.doi.org/10.4061/2010/696492>

- Horak, FB., Dimitrova, D., Nutt, JG., (2005). Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. *Exp Neurol* 193: 504-521.
- Horak, FB, (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, Volume 35, Issue suppl_2, 1 September 2006, Pages ii7–ii11, <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>.
- Horak, FB., Dimitrova, D. and Nutt, JG., (2005). Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. *Exp Neurol* 193: 504-521.
- Horak FB, Macpherson JM., (1996). Postural orientation and equilibrium. In : Rowell LB, Shepard JT, eds. *Handbook of Physiology : Section 12, Exercise Regulation and Integration of Multiple Systems*. New York : Oxford University Press, 1996; 255–92.
- Horak, FB., Nutt, JG. et Nashner, LM., (1992). Postural inflexibility in parkinsonian subjects *Journal of the neurological sciences*.
- Hughes, V.A., Frontera, W.R., Wood, M., Evans, W.J., Dallal, G.E., Roubenoff, R. and Singh, M.A.F., (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(5), pp. B209–B217. doi: 10.1093/gerona/56.5.b209.
- Jankovic, J., Pahwa, R., Lyons, K. and Koller, WC., (2007). Pathophysiology and assessment of parkinsonian symptoms and signs. In: *Handbook of Parkinson's disease*. New York: Taylor and Francis Group, LLC, 2007:79–104.
- Jankovic, J., (2008). Parkinson's disease : Clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), pp. 368–376. doi: 10.1136/jnnp.2007.131045.
- Kannus, P., Sievänen, H., Palvanen, M., Järvinen, T., and Parkkari, J. (2005). Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *The Lancet*, 366(9500), 1885–1893. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)67604-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67604-0)
- Karádi, K., Lucza, T., Aschermann, Z., Komoly, S., Deli, G., Bosnyák, E., Ács, P., Horváth, R., Janszky, J. & Kovács, N., (2015). Visuospatial impairment in Parkinson's disease: The role of laterality, *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 20:1, 112-127, DOI: 10.1080/1357650X.2014.936444
- Kemoun, G. and Defebvre, L., (2001). Gait disorders in Parkinson disease. Gait freezing and falls: therapeutic management. *Presse Med.* 30 460–468.
- Keen, J. (2001) 'Book review: Falls in older people-risk factors and strategies for prevention', *Palliative Medicine*, 15(4), pp. 353–353. doi: 10.1177/026921630101500415.

- Kerr, G.K., Worringham, C.J., Cole, M.H., Lacherez, P.F., Wood, J.M. and Silburn, P.A., (2010b). Predictors of future falls in Parkinson disease. *Neurology*, 75(2), pp. 116–124. doi: 10.1212/wnl.0b013e3181e7b688.
- Kline, J.E., Poggensee, K. and Ferris, D.P., (2014). Your brain on speed: cognitive performance of a spatial working memory task is not affected by walking speed. *Front Hum Neurosci* 8:288. doi:10.3389/fnhum.2014.00288
- Krishnan, V., Rosenblatt, N.J., Latash, M.L. and al., (2013). The effects of age on stabilization of the mediolateral trajectory of the swing foot. *Gait Posture* 38 :923–928
- Lambert, L., D’Cruz, A., Schlatter, M., and Barron, F., (2016). Using physical activity to tackle depression : The neglected positive psychology intervention. *Middle East Journal of Positive Psychology*, 2(1), 42-60.
- Lange, K.W., Robbins, T.W., Marsden, C.D., James, M., Owen, A.M. and Paul, G.M., (1992). L-Dopa withdrawal in Parkinson’s disease selectively impairs cognitive performance in tests sensitive to frontal lobe dysfunction. *Psychopharmacology* ; 107: 394–404.
- Lee C.S., Schulzer M., Mak E., Hammerstad J.P., Calne S., Calne D.B., (1995). Patterns of asymmetry do not change over the course of idiopathic Parkinsonism: implications for pathogenesis. *Neurology*. 1995;45:435–439.
- Li F, Harmer P, Fitzgerald K, et al. (2012). Tai chi and postural stability in patients with Parkinson’s disease. *N Engl J Med*. 2012 Feb 9;366(6):511–519.
- Limousin, P., Krack, P., Pollak, P., Benazzouz, A., Ardouin, C., Hoffmann, D., and al., (1998). Electrical stimulation of the subthalamic nucleus in advanced Parkinson’s disease. *N Engl J Med* Oct 15; 339(16):1105e11.
- Lord, S., Galna, B., Yarnall, A.J., Coleman, S., Burn, D. and Rochester, L., (2016). Predicting first fall in newly diagnosed Parkinson’s disease: Insights from a fall-naïve cohort. *Movement Disorders*, . doi: 10.1002/mds.26742.
- Lord, S., Baker, K., Nieuwboer, A., Burn, David. and Rochester, L., (2011). Gait variability in Parkinson’s disease: an indicator of non-dopaminergic contributors to gait dysfunction? *J Neurol* (2011) 258:566–572 DOI 10.1007/s00415-010-5789-8
- Lun, V., Pullan, N., Labelle, N., Adams, C. and Suchowersky, O., (2005). Comparison of the effects of a self-supervised home exercise program with a physiotherapist-supervised exercise program on the motor symptoms of Parkinson’s disease. *Mov Disord* 2005;20:971–5.
- Mansfield, A. et Maki, B.E., (2009). Are age-related impairments in change-in-support balance reactions dependent on the method of balance perturbation? *J Biomech* 2009;42(8):1023–31.

- Maki, B.E., (1997). Gait changes in older adults : Predictors of falls or indicators of fear?. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(3), pp. 313–320. doi: 10.1111/j.1532-5415.1997.tb00946.x.
- Maki, B. E and Mcllroy, W., (2006). Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention. *Age and Ageing* 2006; 35-S2: ii12–ii18.
- Mancini, M., Carlson-Kuhta, P., Zampieri, C., Nutt, JG., Chiari, L., and al., (2012). Postural sway as a marker of progression in Parkinson’s disease : A pilot longitudinal study. *Gait Posture* 36: 471-476.
- Mancini, M. and Horak, B., 2010. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010 Jun; 46(2): 239–248. ----- Balance control consists of controlling the body center of mass over its limits of stability.
- Mancini, M., Rocchi, L., Horak, F. B. and Chiaria. L., (2008). Effects of Parkinson’s disease and levodopa on functional limits of stability. Published online 2007 Dec 21. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.11.007
- Mark, W., Rogers Lois, D., Hedman Marjorie, E., Johnson Thomas D., Cain Timothy A., Hanke, (2001). Lateral Stability During Forward-Induced Stepping for Dynamic Balance Recovery in Young and Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, Volume 56, Issue 9, 1 September 2001, Pages M589–M594, <https://doi.org/10.1093/gerona/56.9.M589>
- Martin, W.R.W. and Wieler, M., (2003). Treatment of Parkinson’s disease. *Canadian Journal of Neurological Sciences / Journal Canadien des Sciences Neurologiques*, 30(S1), pp. S27–S33. doi: 10.1017/s0317167100003218.
- Melton, L.J., Leibson, C.L., Achenbach, S.J. et al., (2006). Fracture risk after the diagnosis of Parkinson’s disease: Influence of concomitant dementia. *Mov Disord*. 2006 Sep;21(9):1361–1367. [PubMed]
- Menza, M., (2002). Psychiatric aspects of Parkinsons disease. *PsychiatAnn* ;32:99–104.
- Michael J. Falvo MS Brian K. Schilling PhD Gammon M. Earhart PT, (2008). Parkinson's disease and resistive exercise: Rationale, review, and recommendations. *Movement disorders*. <https://doi.org/10.1002/mds.21690>
- Mille, M-L., Johnson, M. E., Martinez, K. M and Rogers, M.W., (2005). Age-dependent differences in lateral balance recovery through protective stepping. *Clinical Biomechanics* 20 (2005) 607–616.
- Mini Balance Evaluation Systems Test, (2013.) <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/mini-balance-evaluation-systems-test>.

- Mirelman, A., Herman, T., Brozgol, M. and al., (2012). Executive function and falls in older adults : new findings from a five-year prospective study link fall risk to cognition. *PLoS One* 7:e40297. doi:10.1371/journal.pone.0040297
- Miyamoto ST, Lombardi JI, Berg KO, Ramos LR, Natour J. Brazilian, (2004). Version of the Berg Balance Scale. *Braz J Med Biol Res* 2004;37:1411–21.
- Morberg, Bo. M., Jensen, J., Bode, M., and Wermuth, L., (2014). The impact of high intensity physical training on motor and non-motor symptoms in patients with Parkinson’s disease (PIP): A preliminary study *NeuroRehabilitation* 35 (2014) 291–298.
- Morris, M.E., Iansek, R., Matyas, T.A. and Summers, J.J., (1994). The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson’s disease. *Brain*, 117(5), pp. 1169–1181. doi: 10.1093/brain/117.5.1169.
- Morris ME, Iansek R, Kirkwood B., (2009). A randomized control trial of movement strategies compared with exercise for people with Parkinson’s disease. *Mov Disord* 2009;24:64–71.
- Morris, M., Iansek, R., Smithson, F. and Huxham, F., (2000). Postural instability in Parkinson’s disease: A comparison with and without a concurrent task. *Gait & Posture*, 12(3), pp. 205–216. doi: 10.1016/s0966-6362(00)00076-x.
- Munhoz R.P., Espay A.J., Morgante F., Li J.Y., Teive H.A., Dunn E., Gallin E., Litvan I., (2013). Long-duration Parkinson's disease: role of lateralization of motor features. *Parkinsonism Relat. Disord.* 2013;19:77–80.
- Nallegowda, M., Singh, U., Handa, G., and al., (2004). Role of sensory input and muscle strength in maintenance of balance, gait, and posture in Parkinson’s disease. *Am J Phys Med Rehabil* ;83:898– 908.
- Nantel, J., de Solages, C. and Bronte-Stewart H., (2011). Repetitive stepping in place identifies and measures freezing episodes in subjects with Parkinson’s disease. *Gait Posture* 2011;34(3):329e33.
- Nantel, J., McDonald, J. C., and Bronte-Stewart, H., (2012). Effect of medication and STN-DBS on postural control in subjects with Parkinson’s disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 18(3), 285–289. <http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreldis.2011.11.005>.
- Nantel, J., McDonal, J.C. and Bronte-Stewart, H., (2014). The effect of medication and the role of postural instability in different components of freezing of gait (FOG). *Parkinsonism Relat Disord* 20:447–451

- Nantel, J., McDonald, J.C., Tan, S. and al., (2012). Deficits in visuospatial processing contribute to quantitative measures of freezing of gait in Parkinson's disease. *Neuroscience* 221:151–156
- Nantel, J., McDonald, J.C. and Bronte-Stewart, H., (2012). Effect of medication and STN-DBS on postural control in subjects with Parkinson's disease.
- Nieuwboer, A., Kwakkel, G., Rochester, L., Jones, D., van Wegen, E., Willems, A.M., Chavret, F., Hetherington, V., Baker, K. and Lim, I., (2007). Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: The RESCUE trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 78(2), pp. 134–140. doi: 10.1136/jnnp.2006.097923.
- Nocera J, Horvat M, Ray CT. Effects of home-based exercise on postural control and sensory organization in individuals with Parkinson disease. *Parkinsonism Relat Disord* 2009; doi:10.1016/j.parkreldis.2009.07.002.
- Obeso, J.A., Rodriguez-Oroz, M.C., Goetz, C.G., Marin, C., Kordower, J.H., Rodriguez, M., Hirsch, E.C., Farrer, M., Schapira, A.H.V. and Halliday, G. (2010). Missing pieces in the Parkinson's disease puzzle. *Nature Medicine*, 16(6), pp. 653–661. doi: 10.1038/nm.2165.
- Olanow, C. W., Stern, M. B., and Sethi, K., (2009). The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease (2009). *Neurology*, 72(Issue 21, Supplement 4). doi:10.1212/wnl.0b013e3181a1d44c
- O'Sullivan, J., Said, C., Dillon, L., Hoffman, M. and Hughes, A.,(1998). Gait analysis in patients with Parkinson's disease and motor fluctuations : influence of levodopa and comparison with other measures of motor function. *Mov Disord* 13:900–906
- Pellecchia, G. L., (2003). Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait & Posture*, 18(1), 29–34. [http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362\(02\)00138-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362(02)00138-8).
- Plotnik, M., Giladi, N., Balash, Y., Peretz, C. and Hausdorff, J.M., (2005). Is freezing of gait in Parkinson's disease related to asymmetric motor function? *Ann Neurol* 2005;57(5):656e63 [Epub 2005/04/27].
- Plotnik, M., Giladi, N. and Hausdorff, J.M., (2007), A new measure for quantifying the bilateral coordination of human gait: effects of aging and Parkinson's disease. *Exp Brain Res* 181:561–570
- Plotnik, M., Giladi, N. and Hausdorff J.M. (2012). Is freezing of gait in Parkinson's disease a result of multiple gait impairments? Implications for treatment. *Parkinson's*

Dis 2012;2012:459321.

- Podsiadlo D, Richardson S. The Timed “Up & Go” (1991). A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142–8.
- Ponce, FA. and Lozano, AM., (2010). Deep brain stimulation state of the art and novel stimulation targets. *Prog Brain Res* 2010;184:311e24.
- Porter, S. and Nantel, J. (2015). Older adults prioritize postural stability in the anterior–posterior direction to regain balance following volitional lateral step. *Gait & Posture*, 41(2), pp. 666–669. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.01.021.
- Porter, S., Dalton, C. and Nantel, J., (2016). Postural Instability in the ML Direction in Individuals with Parkinson’s Disease Before, During and when Recovering from a Forward Reach. *J Alzheimers Dis Parkinsonism* 6: 267. doi: 10.4172/2161-0460.1000267
- Potter, K., et Brandfass, K., (2015). The Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) *Journal of Physiotherapy* 61 (2015) 225. Journal homepage : www.elsevier.com/locate/jphys
- Pressley, JC., Louis, ED., Tang, M-X., and al., (2003). The impact of comorbid disease and injuries on resource use and expenditures in parkinsonism. *Neurology* ;60:87–93.
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., and Myklebust, B. M. (1996). Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Bio-Medical*
- Ridgel, A. L., Vitek, J. L., & Alberts, J. L. (2009). Forced, not voluntary, exercise improves motor function in Parkinson’s disease patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(6), 600-608. Retrieved from <http://nnr.sagepub.com/content/23/6/600.short>.
- Riederer P., Sian-Hulsmann J., (2012). The significance of neuronal lateralisation in Parkinson's disease. *J. Neural Transm.* 2012;119:953–962.
- Rogers, M.W et Mille, M.L., (2003) Lateral stability and falls in older people. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003 Oct;31(4):182-7.
- Rubenstein, L.Z., (2006b). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 35(Supplement 2), pp. ii37–ii41. doi: 10.1093/ageing/af1084.
- Sarrazin, G., American Psychological, A., and National Council on Measurement in, E. (2003). Normes de pratique du testing en psychologie et en education. Montréal : Montréal : institute de recherches psychologiques.
- Shaafsma, J. D., Balash, Y., Gurevich, T., Bartels, A. L., Hausdorff, J. M. and Giladi, N.,

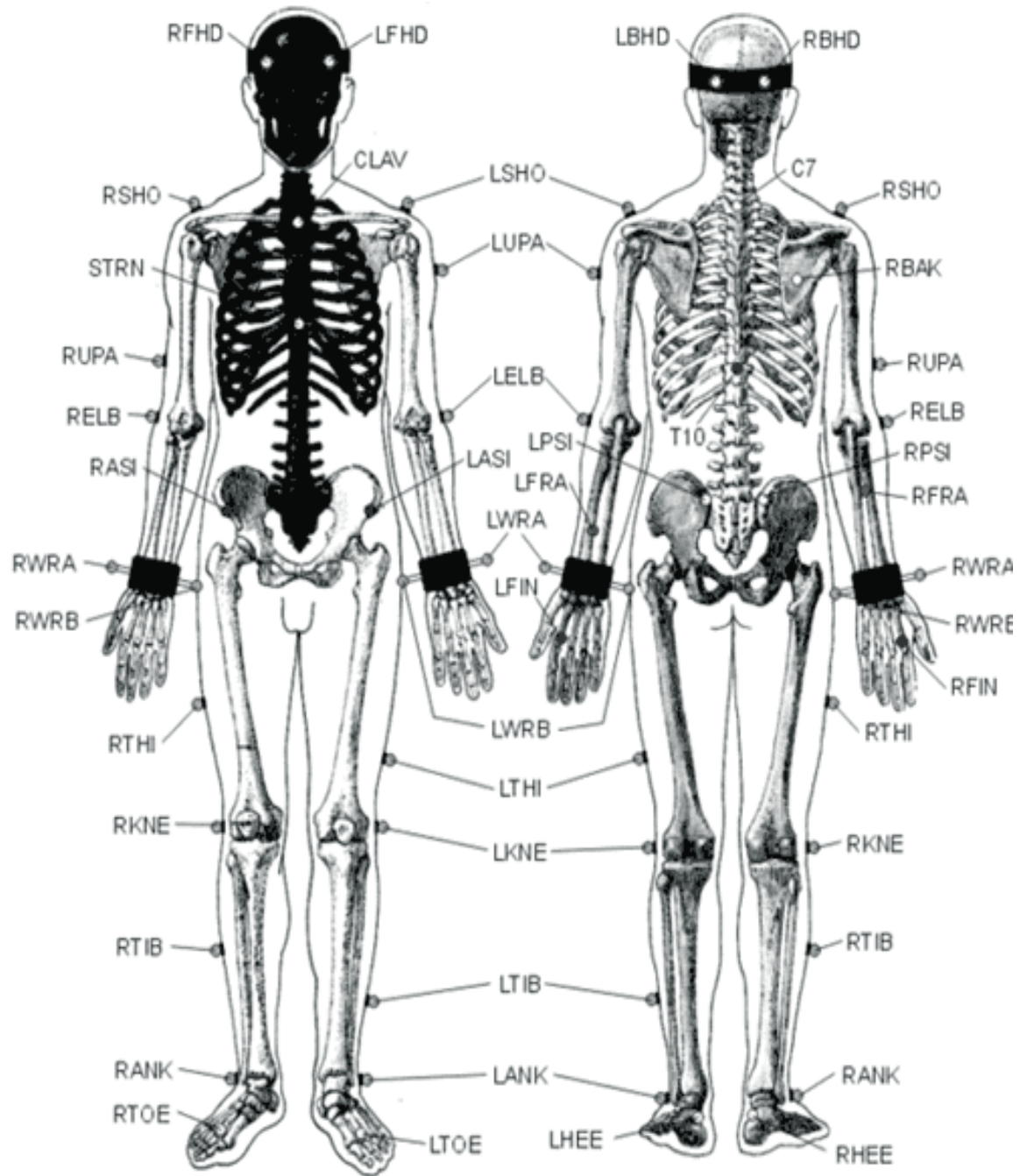
- (2003). Characterization of freezing of gait subtypes and the response of each to levodopa in Parkinson's disease. *European Journal of Neurology* 2003, 10: 391–398.
- Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F. and al., (2000). Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait Posture* 12:34–45
- Sciadas, R., Dalton, C. and Nantel, J., (2016). Effort to reduce postural sway affects both cognitive and motor performances in individuals with Parkinson's disease. *Human movement science* Elsevier.
- Sciadas, R., David, F.J., Rafferty, M.R., Robichaud, J.A., Prodoehl, J., Kohrt, W.M., Vaillancourt, D.E. and Corcos, D.M., (2012b). Progressive resistance exercise and Parkinson's disease: A review of potential mechanisms. *Parkinson's Disease*, 2012, pp. 1–10. doi: 10.1155/2012/124527.
- Sherrington, C., Whitney, J.C., Lord, S.R., Herbert, R.D., Cumming, R.G. and Close, J.C.T., (2008). Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), pp. 2234–2243. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x.
- Shigematsu, R., Okura, T., Nakagaichi, M., Tanaka, K., Sakai, T., Kitazumi, S. and Rantanen, T., (2008). Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: A single-blind, Randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(1), pp. 76–82. doi: 10.1093/gerona/63.1.76.
- Shaw, J. A., Stefanyk, L. E., Frank, J. S., Jog, M. S., and Adkin, A. L. (2012). Effects of age and pathology on stance modifications in response to increased postural threat. *Gait and Posture*, 35(4), 658–661. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.020>.
- Shivitz, N., Koop MM, Fahimi., J., Heit, G. and Bronte-Stewart, HM., (2006). Bilateral subthalamic nucleus deep brain stimulation improves certain aspects of postural control in Parkinson's disease, whereas medication does not. *Mov Disord* ;21(8):1088e97.
- Shulman, L.M., Katzel, L.I., Ivey, F.M., Sorkin, J.D., Favors, K., Anderson, K.E., Smith, B.A., Reich, S.G., Weiner, W.J. and Macko, R.F. (2013). Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA Neurology*, 70(2), p. 183. doi: 10.1001/jamaneurol.2013.646.
- Smania, N., Corato, E., Tinazzi, M., et al., (2010). Effect of balance training on postural instability in patients with idiopathic Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010 Nov-Dec;24(9):826–834.
- Smithson, F., Morris, ME. and Ianssek, R., (1998). Performance on clinical tests of balance in Parkinson's disease. *Physical Therapy* 78: 577-592.

- Sparto, P.J., Fuhrman, S.I., Redfern, M.S., Perera, S., Richard, Jennings, J., Alghwiri, A.A. and Furman, J.M., (2014). Postural adjustment errors during lateral step initiation in older and younger adults.
- Springer, S., Giladi, N., Peretz, C. and al., (2006). Dual-tasking effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. *Mov Disord* 21:950–957
- Statistics Canada., (2012). Annual demographic estimates: Canada, Provinces and Territories (Catalogue Number 91-215-X). Retrieved August 14, 2015, from <http://www5.statcan.gc.ca/olc-cel/olc.action?- ObjId=91-215-X&ObjType=2&lang=en&limit=0>
- Statistique Canada, CANSIM Tableau 105-1305 Problèmes neurologiques dans les établissements, par âge, sexe et nombre d'usagers, Canada, provinces et territoires, 2011-2012, disponible à l'adresse <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1051305&pattern=&p2=49&p1=1& tabMode=dataTable&stByVal=1&paSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra> 3. J.N.K. Rao, C.F.J. Wu et K. Yue,
- Suchowersky O., Reich S., Perlmutter J., Zesiewicz T., Gronseth G., Weiner W.J., (2006). Quality Standards Subcommittee of the American Academy of N Practice parameter: diagnosis and prognosis of new onset Parkinson disease (an evidence-based review): report of the quality standards subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2006;66:968–975.
- Sutou, D. and Akiyama, K., (2003). Regulation of brain function by exercise. *Neurobiol Dis* 2003;13:1–14.
- Temlett, J.A. and Thompson, P.D., (2006). Reasons for admission to hospital for Parkinson's disease. *Intern Med J* ;36:524–526.
- Thenganatt M.A., Louis E.D., (2012). Distinguishing essential tremor from Parkinson's disease: Bedside tests and laboratory evaluations. *Expert Rev. Neurother*. 2012;12(6):687–696.
- Thomas AA, Rogers JM, Amick MM, Friedman JH (2010) Falls and the falls efficacy scale in Parkinson's disease. *Journal of neurology* 257: 1124-1128.
- Toebe, M.J., Hoozemans, M.J., Furrer, R. and al., (2012). Local dynamic stability and variability of gait are associated with fall history in elderly subjects. *Gait Posture* 36: 527–531
- Uitti R.J., Baba Y., Wszolek Z.K., Putzke D.J., (2005). Defining the Parkinson's disease phenotype: initial symptoms and baseline characteristics in a clinical cohort. *Parkinsonism Relat. Disord*. 2005;11:139–145.
- Van der Hoorn, A., Burger, H., Leenders, K. L., & de Jong, B. M. (2012). Handedness

- correlates with the dominant Parkinson side: A systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*, 27, 206–210. doi:10.1002/mds.24007.
- Williams, D.R., (2006). Predictors of falls and fractures in bradykinetic rigid syndromes: A retrospective study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(4), pp. 468–473. doi: 10.1136/jnnp.2005.074070.
- Winter D.A. (1990) « The biomechanics and motor control of human gait », *University of Waterloo, Press 1^{er} Ed.*
- Wu, G., (1998). Age-related differences in body segmental movement during perturbed stance in humans. *Clinical Biomechanics*, 13(4–5), 300–307. [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033\(98\)00068-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033(98)00068-0).
- Wu, P-L., Lee, M., Huang, T-T., (2017). Effectiveness of physical activity on patients with depression and Parkinson's disease: A systematic review. [tps://doi.org/10.1371/journal.pone.0181515](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181515) July 27, 2017
- Yogev, G., Giladi, N., Peretz, C. and al., (2005). Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci* 22:1248–1256
- Yogev, G., Plotnik, M., Peretz, C., and al., (2007). Gait asymmetry in patients with Parkinson's disease and elderly fallers: when does the bilateral coordination of gait require attention? *Exp Brain Res* 177:336–346
- Yoshida, S., (2007). A Global Report on Falls Prevention Epidemiology of Falls. *World Health Organization*.
- Xu H, Hunt M, Bo Foreman K, Zhao J, Merryweather A., (2018). Gait alterations on irregular surface in people with Parkinson's disease. journal homepage: www.elsevier.com

ANNEXE 1 :

FIGURE 1 « UOMAM, UNIVERSITÉ D'OTTAWA / POSITION DES MARQUEURS »



ANNEXE 2 : MINIBEST-EST MODIFIÉ

Mini-BESTest: Balance Evaluation Systems Test

© 2005-2013 Oregon Health & Science University. All rights reserved.

ANTICIPATORY

SUB SCORE: /6

1. SIT TO STAND

Instruction: "Cross your arms across your chest. Try not to use your hands unless you must. Do not let your legs lean against the back of the chair when you stand. Please stand up now."

- (2) Normal: Comes to stand without use of hands and stabilizes independently.
- (1) Moderate: Comes to stand WITH use of hands on first attempt.
- (0) Severe: Unable to stand up from chair without assistance, OR needs several attempts with use of hands.

2. RISE TO TOES

Instruction: "Place your feet shoulder width apart. Place your hands on your hips. Try to rise as high as you can onto your toes. I will count out loud to 3 seconds. Try to hold this pose for at least 3 seconds. Look straight ahead. Rise now."

- (2) Normal: Stable for 3 s with maximum height.
- (1) Moderate: Heels up, but not full range (smaller than when holding hands), OR noticeable instability for 3 s.
- (0) Severe: ≤ 3 s.

3. STAND ON ONE LEG

Instruction: "Look straight ahead. Keep your hands on your hips. Lift your leg off of the ground behind you without touching or resting your raised leg upon your other standing leg. Stay standing on one leg as long as you can. Look straight ahead. Lift now."

Left: Time in Seconds Trial 1: _____ Trial 2: _____

Right: Time in Seconds Trial 1: _____ Trial 2: _____

- (2) Normal: 20 s.
 - (1) Moderate: < 20 s.
 - (0) Severe: Unable.
- (2) Normal: 20 s.
 - (1) Moderate: < 20 s.
 - (0) Severe: Unable.

To score each side separately use the trial with the longest time.

To calculate the sub-score and total score use the side [left or right] with the lowest numerical score [i.e. the worse side].

REACTIVE POSTURAL CONTROL

SUB SCORE: /6

4. COMPENSATORY STEPPING CORRECTION- FORWARD

Instruction: "Stand with your feet shoulder width apart, arms at your sides. Lean forward against my hands beyond your forward limits. When I let go, do whatever is necessary, including taking a step, to avoid a fall."

- (2) Normal: Recovers independently with a single, large step (second realignment step is allowed).
- (1) Moderate: More than one step used to recover equilibrium.
- (0) Severe: No step, OR would fall if not caught, OR falls spontaneously.

5. COMPENSATORY STEPPING CORRECTION- BACKWARD

Instruction: "Stand with your feet shoulder width apart, arms at your sides. Lean backward against my hands beyond your backward limits. When I let go, do whatever is necessary, including taking a step, to avoid a fall."

- (2) Normal: Recovers independently with a single, large step.
- (1) Moderate: More than one step used to recover equilibrium.
- (0) Severe: No step, OR would fall if not caught, OR falls spontaneously.

6. COMPENSATORY STEPPING CORRECTION- LATERAL

Instruction: "Stand with your feet together, arms down at your sides. Lean into my hand beyond your sideways limit. When I let go, do whatever is necessary, including taking a step, to avoid a fall."

Left

Right

- (2) Normal: Recovers independently with 1 step (crossover or lateral OK).
 - (1) Moderate: Several steps to recover equilibrium.
 - (0) Severe: Falls, or cannot step.
- (2) Normal: Recovers independently with 1 step (crossover or lateral OK).
 - (1) Moderate: Several steps to recover equilibrium.
 - (0) Severe: Falls, or cannot step.

Use the side with the lowest score to calculate sub-score and total score.

SENSORY ORIENTATION

SUB SCORE: /6

7. STANCE (FEET TOGETHER); EYES OPEN, FIRM SURFACE

Instruction: "Place your hands on your hips. Place your feet together until almost touching. Look straight ahead. Be as stable and still as possible, until I say stop."

Time in seconds: _____

- (2) Normal: 30 s.
- (1) Moderate: < 30 s.
- (0) Severe: Unable.

8. STANCE (FEET TOGETHER); EYES CLOSED, FOAM SURFACE

Instruction: "Step onto the foam. Place your hands on your hips. Place your feet together until almost touching. Be as stable and still as possible, until I say stop. I will start timing when you close your eyes."

Time in seconds: _____

- (2) Normal: 30 s.
- (1) Moderate: < 30 s.
- (0) Severe: Unable.

9. INCLINE- EYES CLOSED

Instruction: "Step onto the incline ramp. Please stand on the incline ramp with your toes toward the top. Place your feet shoulder width apart and have your arms down at your sides. I will start timing when you close your eyes."

Time in seconds: _____

- (2) Normal: Stands independently 30 s and aligns with gravity.
- (1) Moderate: Stands independently <30 s OR aligns with surface.
- (0) Severe: Unable.

DYNAMIC GAIT

SUB SCORE: _____ /10

10. CHANGE IN GAIT SPEED

Instruction: "Begin walking at your normal speed, when I tell you 'fast', walk as fast as you can. When I say 'slow', walk very slowly."

- (2) Normal: Significantly changes walking speed without imbalance.
- (1) Moderate: Unable to change walking speed or signs of imbalance.
- (0) Severe: Unable to achieve significant change in walking speed AND signs of imbalance.

11. WALK WITH HEAD TURNS – HORIZONTAL

Instruction: "Begin walking at your normal speed, when I say 'right', turn your head and look to the right. When I say 'left' turn your head and look to the left. Try to keep yourself walking in a straight line."

- (2) Normal: performs head turns with no change in gait speed and good balance.
- (1) Moderate: performs head turns with reduction in gait speed.
- (0) Severe: performs head turns with imbalance.

12. WALK WITH PIVOT TURNS

Instruction: "Begin walking at your normal speed. When I tell you to 'turn and stop', turn as quickly as you can, face the opposite direction, and stop. After the turn, your feet should be close together."

- (2) Normal: Turns with feet close FAST (≤ 3 steps) with good balance.
- (1) Moderate: Turns with feet close SLOW (≥ 4 steps) with good balance.
- (0) Severe: Cannot turn with feet close at any speed without imbalance.

13. STEP OVER OBSTACLES

Instruction: "Begin walking at your normal speed. When you get to the box, step over it, not around it and keep walking."

- (2) Normal: Able to step over box with minimal change of gait speed and with good balance.
- (1) Moderate: Steps over box but touches box OR displays cautious behavior by slowing gait.
- (0) Severe: Unable to step over box OR steps around box.

14. TIMED UP & GO WITH DUAL TASK [3 METER WALK]

Instruction TUG: "When I say 'Go', stand up from chair, walk at your normal speed across the tape on the floor, turn around, and come back to sit in the chair."

Instruction TUG with Dual Task: "Count backwards by threes starting at _____. When I say 'Go', stand up from chair, walk at your normal speed across the tape on the floor, turn around, and come back to sit in the chair. Continue counting backwards the entire time."

TUG: _____ seconds; Dual Task TUG: _____ seconds

- (2) Normal: No noticeable change in sitting, standing or walking while backward counting when compared to TUG without Dual Task.
- (1) Moderate: Dual Task affects either counting OR walking (>10%) when compared to the TUG without Dual Task.
- (0) Severe: Stops counting while walking OR stops walking while counting.

When scoring item 14, if subject's gait speed slows more than 10% between the TUG without and with a Dual Task the score should be decreased by a point.

TOTAL SCORE: _____ /28

ANNEXES 3 : TÂCHES PROTOCOLAIRES

Tâches

Participant : _____

1. Test 1 : *1 x S'asseoir et se lever*

- Expliquer le 1^{er} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! À partir d'une position assise, les mains placées sur les épaules en croix sur la poitrine, dites au participant de se lever de la chaise sans utiliser ses bras et ensuite dites-lui de se rasseoir dans la même position de départ.
- Faire les 3 essais dynamiques 1^{er} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

2. Test 2 : *Se lever sur le bout des pieds*

- Expliquer le 2^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se lever sur le bout des orteils pour une durée de trois secondes minimales, pour ensuite retourner sur les talons.
- Faire les 3 essais dynamiques 2^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

3. Test 3 : *Se tenir en équilibre sur une jambe*

- Expliquer le 3^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se maintenir en équilibre sur une jambe le plus longtemps que possible, sans l'aide de ses bras, pour ensuite dites-lui retourner dans la position debout à deux jambes.
- Faire les 3 essais dynamiques 3^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

4. Test 4 : *Pas sur place, direction côté.*

- Expliquer le 4^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (mains de l'évaluateur placées au niveau des épaules du participants) de se laisser tomber vers l'avant et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.
- Faire les 3 essais dynamiques 4^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

5. Test 5 : *Pas sur place, direction avant-arrière.*
- Expliquer le 5^{ème} pre-test
 - **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (mains de l'évaluateur placées au niveau des épaules du participants) de se laisser tomber vers l'arrière et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.
 - Faire les 3 essais dynamiques 5^{ème} pre-test
 - *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

6. Test 6 : *Déplacements sur le côté (ML).*
- Expliquer le 6^{ème} pre-test

- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, dites au participant de s'appuyer dans les mains de l'évaluateur (une main de l'évaluateur placée au niveau de l'épaule du participants et l'autre main au niveau du coude) de se laisser tomber vers le côté droit et de reprendre son équilibre avec des pas lorsque l'évaluateur retire ses mains du participant.
 - **Refaire la même chose par la suite, mais sur le côté gauche.*
- Faire les 3 essais dynamiques 6^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

7. Test 7 : *Exercice de pas compensatoire sur le côté*

- Expliquer le 7^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout sur une plateforme de force, les bras allongés le long du corps, dites au participant de se déplacer vers la droite, pour se rendre sur l'autre plateforme de force, commençant par le pied droit pour ensuite rejoindre celui-ci avec le pied gauche sur l'autre plateforme de force. S'assurez d'avoir les deux pieds sur la seconde plateforme de force avant de retourner sur la première plateforme de force. Exécuter des aller-retours pour une durée de 15 secondes.
- Faire les 3 essais vers la droite dynamiques 7^{ème} pre-test
- Faire les 3 essais vers la gauche dynamiques 7^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

8. Test 8 : *Exercice de pas compensatoire vers l'avant*

- Expliquer le 8^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, les pieds alignés à la largeur des épaules, dites au participant de mettre le pied droit sur la plateforme de force droite et de mettre le pied gauche sur la plateforme de force gauche. Ensuite demander à celui-ci de se faire balancer le poids de son corps sur sa jambe droite et ensuite sur sa jambe gauche. S'assurer que seulement le pied droite touche à la plateforme de force droite et que seulement le pied gauche touche à la plateforme de force gauche. Répéter la bascule sur le côté pour une durée de 15 secondes.
- Faire les 3 essais dynamiques 8^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

9. Test 9 *Exercice de pas compensatoire vers l'arrière*

- Expliquer le 9^{ème} pre-test
- **Description du test** : Au signal de départ : Go ! Dans une position statique debout, les bras allongés le long du corps, les pieds alignés à la largeur des épaules, le pied droit avancé vers l'avant sur la

plateforme de force droite et le pied gauche reculé vers l'arrière sur la plateforme de force gauche, dites au participant de faire balancer le poids de son corps sur sa jambe droite et ensuite sur sa jambe gauche. S'assurer que seulement le pied droite touche à la plateforme de force droite et que seulement le pied gauche touche à la plateforme de force gauche. Répéter la bascule sur le côté pour une durée de 15 secondes.

- Faire les 3 essais dynamiques 9^{ème} pre-test
- *S'assurer que les données on enregistrées*

Commentaires Pre-Test :

Commentaire Post-Test :

ANNEXE 4: UNIFIED PARKINSON'S DISEASE RATING SCALE (UPDRS) III

L'échelle moteur UPDRS (III) est l'échelle la plus souvent utilisée pour les recherche sur la maladie de Pakinson.

III. Motor Examination

18. Speech

- 0 = Normal.
- 1 = Slight loss of expression, diction and/or volume.
- 2 = Monotone, slurred but understandable; moderately impaired.
- 3 = Marked impairment, difficult to understand.
- 4 = Unintelligible.

19. Facial Expression

- 0 = Normal.
- 1 = Minimal hypomimia, could be normal "Poker Face."
- 2 = Slight but definitely abnormal diminution of facial expression
- 3 = Moderate hypomimia; lips parted some of the time.
- 4 = Masked or fixed facies with severe or complete loss of facial expression; lips parted $\frac{1}{4}$ inch or more.

20. Tremor at Rest (head, upper and lower extremities)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight and infrequently present.
- 2 = Mild in amplitude and persistent. Or moderate in amplitude, but only intermittently present.
- 3 = Moderate in amplitude and present most of the time.
- 4 = Marked in amplitude and present most of the time.

21. Action or Postural Tremor of Hands

- 0 = Absent.
- 1 = Slight; present with action.
- 2 = Moderate in amplitude, present with action.
- 3 = Moderate in amplitude with posture holding as well as action.
- 4 = Marked in amplitude; interferes with feeding.

22. Rigidity (Judged on passive movement of major joints with patient relaxed in sitting position. Cogwheeling to be ignored.)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight or detectable only when activated by mirror or other movements.
- 2 = Mild to moderate.
- 3 = Marked, but full range of motion easily achieved.
- 4 = Severe, range of motion achieved with difficulty.

23. Finger Taps (Patient taps thumb with index finger in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

24. Hand Movements (Patient opens and closes hands in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

25. Rapid Alternating Movements of Hands

(Pronation-supination movements of hands, vertically and horizontally, with as large an amplitude as possible, both hands simultaneously.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

ANNEXE 5 : TEST DE COGNITION MONTRÉAL (MOCA)

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)
Version 7.1 Original Version

NAME :
Education :
Sex :

Date of birth :
DATE :

VISUOSPATIAL / EXECUTIVE							POINTS		
<p style="text-align: center;">[]</p>	<p style="text-align: center;">[]</p>	<p>Copy cube</p>	<p>Draw CLOCK (Ten past eleven) (3 points)</p>			<p>[] /5</p>			
NAMING									
<p style="text-align: center;">[]</p>	<p style="text-align: center;">[]</p>	<p style="text-align: center;">[]</p>	<p>[] /3</p>						
MEMORY		Read list of words, subject must repeat them. Do 2 trials, even if 1st trial is successful. Do a recall after 5 minutes.					No points		
		FACE	VELVET	CHURCH	DAISY	RED			
		1st trial							
		2nd trial							
ATTENTION		Read list of digits (1 digit/ sec.). Subject has to repeat them in the forward order [] 2 1 8 5 4 Subject has to repeat them in the backward order [] 7 4 2					[] /2		
ATTENTION		Read list of letters. The subject must tap with his hand at each letter A. No points if ≥ 2 errors [] FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOFAAB					[] /1		
ATTENTION		Serial 7 subtraction starting at 100 [] 93 [] 86 [] 79 [] 72 [] 65 4 or 5 correct subtractions: 3 pts , 2 or 3 correct: 2 pts , 1 correct: 1 pt , 0 correct: 0 pt					[] /3		
LANGUAGE		Repeat : I only know that John is the one to help today. [] The cat always hid under the couch when dogs were in the room. []					[] /2		
LANGUAGE		Fluency / Name maximum number of words in one minute that begin with the letter F [] _____ (N ≥ 11 words)					[] /1		
ABSTRACTION		Similarity between e.g. banana - orange = fruit [] train - bicycle [] watch - ruler					[] /2		
DELAYED RECALL		Has to recall words WITH NO CUE	FACE []	VELVET []	CHURCH []	DAISY []	RED []	Points for UNCUED recall only	[] /5
Optional		Category cue							
Optional		Multiple choice cue							
ORIENTATION		[] Date [] Month [] Year [] Day [] Place [] City					[] /6		
TOTAL		© Z.Nasreddine MD www.mocatest.org Normal ≥ 26 / 30					[] /30		
Administered by: _____		Add 1 point if ≤ 12 yr edu							

Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

Administration and Scoring

Instructions

Time to administer the MoCA is approximately 10 minutes. The total possible score is 30 points; a score of 26 or above is considered normal.

1. Alternating Trail Making:

Administration: The examiner instructs the subject: *"Please draw a line, going from a number to a letter in ascending order. Begin here [point to (1)] and draw a line from 1 then to A then to 2 and so on. End here [point to (E)]."*

Scoring: Allocate one point if the subject successfully draws the following pattern: 1 –A- 2- B- 3- C- 4- D- 5- E, without drawing any lines that cross. Any error that is not immediately self-corrected earns a score of 0.

2. Visuoconstructional Skills (Cube):

Administration: The examiner gives the following instructions, pointing to the **cube**: *"Copy this drawing as accurately as you can, in the space below".*

Scoring: One point is allocated for a correctly executed drawing.

- Drawing must be three-dimensional
- All lines are drawn
- No line is added
- Lines are relatively parallel and their length is similar (rectangular prisms are accepted)

A point is not assigned if any of the above-criteria are not met.

3. Visuoconstructional Skills (Clock):

Administration: Indicate the right third of the space and give the following instructions: *"Draw a **clock**. Put in all the numbers and set the time to 10 after 11".*

Scoring: One point is allocated for each of the following three criteria:

- Contour (1 pt.): the clock face must be a circle with only minor distortion acceptable (e.g., slight imperfection on closing the circle);
- Numbers (1 pt.): all clock numbers must be present with no additional numbers; numbers must be in the correct order and placed in the approximate quadrants on the clock face; Roman numerals are acceptable; numbers can be placed outside the circle contour;
- Hands (1 pt.): there must be two hands jointly indicating the correct time; the hour hand must be clearly shorter than the minute hand; hands must be centred within the clock face with their junction close to the clock centre.

A point is not assigned for a given element if any of the above-criteria are not met.

4. Naming:

Administration: Beginning on the left, point to each figure and say: *“Tell me the name of this animal”*.

Scoring: One point each is given for the following responses: (1) camel or dromedary, (2) lion, (3) rhinoceros or rhino.

5. Memory:

Administration: The examiner reads a list of 5 words at a rate of one per second, giving the following instructions: *“This is a memory test. I am going to read a list of words that you will have to remember now and later on. Listen carefully. When I am through, tell me as many words as you can remember. It doesn’t matter in what order you say them”*.

Mark a check in the allocated space for each word the subject produces on this first trial. When the subject indicates that (s)he has finished (has recalled all words), or can recall no more words, read the list a second time with the following instructions: *“I am going to read the same list for a second time. Try to remember and tell me as many words as you can, including words you said the first time.”* Put a check in the allocated space for each word the subject recalls after the second trial.

At the end of the second trial, inform the subject that (s)he will be asked to recall these words again by saying, *“I will ask you to recall those words again at the end of the test.”*

Scoring: No points are given for Trials One and Two.

6. Attention:

Forward Digit Span: Administration: Give the following instruction: “*I am going to say some numbers and when I am through, repeat them to me exactly as I said them*”. Read the five number sequence at a rate of one digit per second.

Backward Digit Span: Administration: Give the following instruction: “*Now I am going to say some more numbers, but when I am through you must repeat them to me in the backwards order.*” Read the three number sequence at a rate of one digit per second.

Scoring: Allocate one point for each sequence correctly repeated, (N.B.: the correct response for the backwards trial is 2-4-7).

Vigilance: Administration: The examiner reads the list of letters at a rate of one per second, after giving the following instruction: “*I am going to read a sequence of letters. Every time I say the letter A, tap your hand once. If I say a different letter, do not tap your hand*”.

Scoring: Give one point if there is zero to one errors (an error is a tap on a wrong letter or a failure to tap on letter A).

Serial 7s: Administration: The examiner gives the following instruction: “*Now, I will ask you to count by subtracting seven from 100, and then, keep subtracting seven from your answer until I tell you to stop.*” Give this instruction twice if necessary.

Scoring: This item is scored out of 3 points. Give no (0) points for no correct subtractions, 1 point for one correction subtraction, 2 points for two-to-three correct subtractions, and 3 points if the participant successfully makes four or five correct subtractions. Count each correct subtraction of 7 beginning at 100. Each subtraction is evaluated independently; that is, if the participant responds with an incorrect number but continues to correctly subtract 7 from it, give a point for each correct subtraction. For example, a participant may respond “92 – 85 – 78 – 71 – 64” where the “92” is incorrect, but all subsequent numbers are subtracted correctly. This is one error and the item would be given a score of 3.

7. Sentence repetition:

Administration: The examiner gives the following instructions: “*I am going to read you a sentence. Repeat it after me, exactly as I say it [pause]: **I only know that John is the one to help today.***” Following the response, say: “*Now I am going to read you another sentence. Repeat it after me, exactly as I say it [pause]: **The cat always hid under the couch when dogs were in the room.***”

Scoring: Allocate 1 point for each sentence correctly repeated. Repetition must be exact. Be alert for errors that are omissions (e.g., omitting "only", "always") and substitutions/additions (e.g., "John is the one who helped today;" substituting "hides" for "hid", altering plurals, etc.).

8. Verbal fluency:

Administration: The examiner gives the following instruction: *“Tell me as many words as you can think of that begin with a certain letter of the alphabet that I will tell you in a moment. You can say any kind of word you want, except for proper nouns (like Bob or Boston), numbers, or words that begin with the same sound but have a different suffix, for example, love, lover, loving. I will tell you to stop after one minute. Are you ready? [Pause] Now, tell me as many words as you can think of that begin with the letter F. [time for 60 sec]. Stop.”*

Scoring: Allocate one point if the subject generates 11 words or more in 60 sec. Record the subject’s response in the bottom or side margins.

9. Abstraction:

Administration: The examiner asks the subject to explain what each pair of words has in common, starting with the example: *“Tell me how an orange and a banana are alike”*. If the subject answers in a concrete manner, then say only one additional time: *“Tell me another way in which those items are alike”*. If the subject does not give the appropriate response (fruit), say, *“Yes, and they are also both fruit.”* Do not give any additional instructions or clarification.

After the practice trial, say: *“Now, tell me how a train and a bicycle are alike”*. Following the response, administer the second trial, saying: *“Now tell me how a ruler and a watch are alike”*. Do not give any additional instructions or prompts.

Scoring: Only the last two item pairs are scored. Give 1 point to each item pair correctly answered. The following responses are acceptable:

Train-bicycle = means of transportation, means of travelling, you take trips in both;

Ruler-watch = measuring instruments, used to measure.

The following responses are **not** acceptable: Train-bicycle = they have wheels; Ruler-watch = they have numbers.

10. Delayed recall:

Administration: The examiner gives the following instruction: *“I read some words to you earlier, which I asked you to remember. Tell me as many of those words as you can remember.”* Make a check mark for each of the words correctly recalled spontaneously without any cues, in the allocated space.

Scoring: Allocate 1 point for each word recalled freely without any cues.

Optional: Following the delayed free recall trial, prompt the subject with the semantic category cue provided below for any word not recalled. Make a check mark (3) in the allocated space if the subject remembered the word with the help of a category or multiple-choice cue. Prompt all non-recalled words in this manner. If the subject does not recall the word after the category cue, give him/her a multiple choice trial, using the following example instruction, *“Which of the following words do you think it was, NOSE, FACE, or HAND?”*

Use the following category and/or multiple-choice cues for each word, when appropriate:

FACE: category cue: part of the body multiple choice: nose, face, hand

VELVET: category cue: type of fabric multiple choice: denim, cotton, velvet

CHURCH: category cue: type of building multiple choice: church, school, hospital

DAISY: category cue: type of flower multiple choice: rose, daisy, tulip

RED: category cue: a colour multiple choice: red, blue, green

Scoring: No points are allocated for words recalled with a cue. A cue is used for clinical information purposes only and can give the test interpreter additional information about the type of memory disorder. For memory deficits due to retrieval failures, performance can be improved with a cue. For memory deficits due to encoding failures, performance does not improve with a cue.

11. Orientation:

Administration: The examiner gives the following instructions: *“Tell me the date today”*. If the subject does not give a complete answer, then prompt accordingly by saying: *“Tell me the [year, month, exact date, and day of the week].”* Then say: *“Now, tell me the name of this place, and which city it is in.”*

Scoring: Give one point for each item correctly answered. The subject must tell the exact date and the exact place (name of hospital, clinic, office). No points are allocated if subject makes an error of one day for the day and date.

TOTAL SCORE: Sum all subscores listed on the right-hand side. Add one point for an individual who has 12 years or fewer of formal education, for a possible maximum of 30 points. A final total score of 26 and above is considered normal.

**ANNEXE 6: POSTURAL STABILITY AND FALLS QUESTIONNAIRE
(ADAPTED FROM ASHBURN ET AL. 2008)**

Definition of a fall: ‘An event that results in a person coming to rest unintentionally on the ground or other lower level, not as the result of a major intrinsic event (individual) or overwhelming hazard’.

1. Please indicate how many times you fell in the last 3 months.

In the last year.

2. How often do you fall:

0 Never

1 Very rarely - about once a month

2 Rarely - about once a week

3 Often - about once a day

4 Always - whenever walking

3. Please answer the following questions :

Where were you when you fell?

What were you trying to do at the time?

What do you think caused you to fall?

How did you land?

What injuries did you sustain? How did you get up again?

What health care did you receive?

Are you worried or concerned that in the future you might fall?

As a result of this concern, have you stopped doing some things you used to do or liked to do?

ANNEXE 7 : JOURNAL DE CHUTES

Journal de chute

Écrivez dans ce journal à toutes les fois qu'une chute survient (date de la chute).

Expliquer la cause de votre chute et à quel endroit celui-ci s'est-elle produite.

Chute :

Cause et emplacement :

Chute :

Cause et emplacement :

Chute :

Cause et emplacement :

Falls journal

Write in this journal whenever a fall occurs (date of fall).

Explain the cause of your fall and where it occurred.

Fall :

Cause and where you fell:

Fall :

Cause and where you fell:

Fall :

Cause and where you fell:

ANNEXE 8 : JOURNAL D'ENTRAINEMENT

Journal d'entraînement

Dans ce journal, écrivez les jours où vous allez vous entraîner et la durée de l'entraînement.

Jour de l'entraînement :	Jour de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Durée de l'entraînement :	Durée de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Jour de l'entraînement :	Jour de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Durée de l'entraînement :	Durée de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Jour de l'entraînement :	Jour de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Durée de l'entraînement :	Durée de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____
Jour de l'entraînement :	Jour de l'entraînement :
_____	_____
_____	_____

Durée de l'entraînement :

Jour de l'entraînement :

Durée de l'entraînement :

Jour de l'entraînement :

Durée de l'entraînement :

Jour de l'entraînement :

Durée de l'entraînement :

Training Journal

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

Day of the training :

How long was the training session :

ANNEXE 9: ÉVALUATION DU NIVEAU SOCIO-CULTUREL

Evaluation of socio-cultural level

Standardized Interview:

Right: Left:

Side affected:

Date of birth:

Height:

Dx:

Mother tongue / Languages / Language favorite conversation:

What is your marital status?

- 1) Married?
- 2) In a common?
- 3) Widow?
- 4) Separated?
- 5) Divorced?
- 6) Single (never married)?

• What is (was) your occupation? retired / technologist

• Have you held other professional activities during your career

(Record verbatim answers the subject)? _____

• How old do you have continued the studies? (Or) until what age did you go (s) at school? _____

• What is the highest diploma you have obtained or what is your highest qualification?

• Do you take an anti-parkinsonian medication? Dose (mg / day)

• Have you had injuries / surgeries in the lower limbs?

• Do you have problems / neurological conditions?

Medical follow:

ANNEXE 10 : QUESTIONNAIRE FOG

FOG Questionnaire : adapté par Giladi et al., 2001

All answers, except item 3, should be based on your experience over the last week.

1. During your worst state - do you walk:

- 0 Normally
- 1 Almost normally - somewhat slow
- 2 Slow but fully independent (saccadé)
- 3 Need assistance or walking aid
- 4 Unable to walk

2. Are your gait difficulties affecting your daily activities and independence?

- 0 Not at all
- 1 Mildly
- 2 Moderately
- 3 Severely
- 4 Unable to walk

3. Do you feel that your feet get glued to the floor while walking, making a turn or when trying to initiate walking (freezing)?

- 0 Never
- 1 Very rarely - about once a month (2x mois)
- 2 Rarely - about once a week
- 3 Often - about once a day
- 4 Always - whenever walking

4. How long is your longest freezing episode?

- 0 Never happened
- 1 1-2 s
- 2 3-10 s (5sec)
- 3 11-30 s

4 Unable to walk for more than 30 s

5. How long is your typical start hesitation episode (initiating the first step)?

0 None

1 Takes longer than 1 s to start walking

2 Takes longer than 3 s to start walking

3 Takes longer than 10 s to start walking

4 Takes longer than 30 s to start walking

6. How long is your typical turning hesitation (freezing when turning)?

0 None

1 Resume turning in 1-2 s

2 Resume turning in 3-10 s

3 Resume turning in 11-30 s

3 Unable to resume turning for more than 30 s

ANNEXE 11 : Feuille de sujet

Date du testing : ____/____/____

Sexe : M ou F

Médication : On ou Off

Durée de la maladie : ____

No. Sujet : ____

Nom : _____

Numéro téléphone : _____

Adresse courriel : _____

Côté dominant : _____

Côté le plus affecté par la maladie : _____

Faite-vous du Freezing gait : _____

Âge : _____

Taille (cm) : _____

Masse (kg) : _____

Longueur entre les deux assis (cm) : _____

Mesures côté Gauche :

- Longueur de la jambe G (cm) : _____
- Largeur genou G (cm) : _____
- Largeur cheville G (cm) : _____
- Longueur épine iliaque à grand trochantaire G (cm) : _____

Mesures côté Droit :

- Longueur de la jambe D (cm) : _____
- Largeur genou D (cm) : _____
- Largeur cheville D (cm) : _____
- Longueur épine iliaque à grand trochanter D (cm) : _____

Durée du Testing : _____

ANNEXE 12 : CHECK LIST PROTOCOLE DE LAB AVANT L'ARRIVÉE DES PARTICIPANTS

Check list protocole de lab avant l'arrivée des participants

- Ouvrir l'ordi :
 1. Password : uottawa
 2. Brancher les fils internet gris
- Partir les FP
- Placer les FP pour la 1^{er} configuration (FP côte-à-côte)

- Partir les boites noires Vicon (3 boites) :
 1. S'assurer que tous les fils de caméra sont branchés
 2. S'assurer que tous les fils dans les murs sont bien branchés

- Partir le système APDM :
 1. Brancher le Lap top
 2. Se connecter au lap (my user name)
 3. Ouvrir le programme (find in all program (Mobility lab)
 4. Brancher les boites à l'ordi
 5. Faire charger les moniteurs (lumières vers le haut/doivent clignoter vert à l'unisson)
 6. Créer sujet + rentrer les données anthropométriques.
 7. Rentrer les informations anthropométriques du sujet :
 - ✓ Année de naissance
 - ✓ Taille (cm)

- Préparer les marqueurs réflecteurs
- Préparer les outils pour mesurer les segments de sujets
- Apporter la filière pour chaque sujet
- Placer les caméras autour des FP
- S'assurer que la chaise de testing verte soit dans le lab

- Partir le programme Nexus :
 - ✓ Créer un sujet (Date Management)
 - ✓ Ouvrir les deux sets up (force plate côte-à-côte et force plate décallées)

- Faire la calibration du fichier FP alternés (0.5)
- Faire la calibration du fichier FP côte-à-côte (0.5)

Check list protocole de lab après l'arrivée des participants :

- Feuille de consentement
- Questionnaire FOG
- Questionnaire MOCA
- Questionnaire socio-culturel
- Questionnaire chute (partie 1)
- Expliquer journal de chute (partie 2)
- Expliquer journal d'entraînement
- S'assurer qu'ils ont des espadrilles et les bons vêtements pour le protocole
- Remplir feuille de sujet
 1. Prendre les mesures anthropométriques nécessaires des sujets (les noter)
 2. Répondre aux questions des feuilles de sujet
- Placer les marqueurs réflecteurs
- Placer les moniteurs APDM
- Faire essais statiques FP côte-à-côte

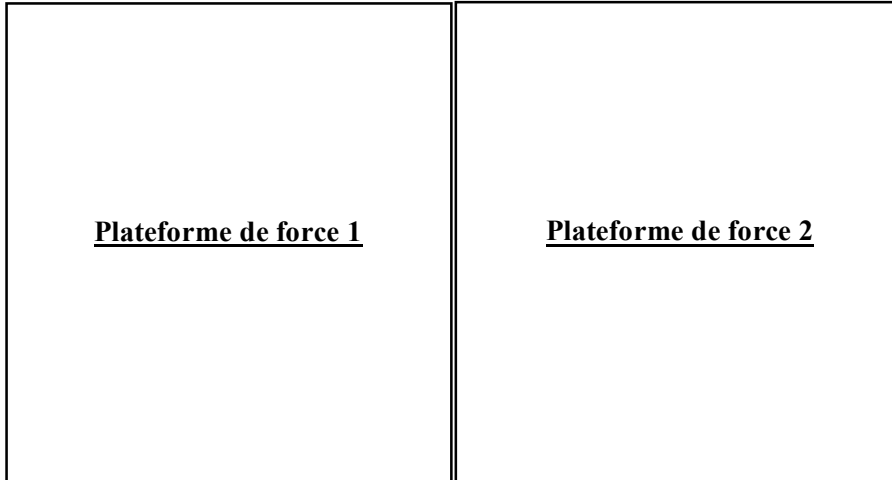
Faire les tâches

À la fin du Testing :

1. Enlever les marqueurs
2. Serrer le matériel
3. Remercîments
4. Entrer dans le système Nexus les mesures anthropométriques du sujet.
Fermer toutes les machines et laisser le lab dans un bon état

ANNEXE 13 : RÉFÉRENTIEL

- Placement des plateformes de force pour l'exécution des tâches protocolaires



ANNEXE 14. MODÈLE TYPIQUE D'UN ENTRAÎNEMENT FAIT LORS DU PROGRAMME DE BOXE.

Échauffement [10 min] – 3 minutes par exercices.

Station 1 : Circuit avec cônes. [3 min]

Description : Le participant doit se déplacer sur le côté entre un circuit de cônes, et ce en maintenant les yeux rivés sur l'horloge en ne regardant jamais au sol. (Passer à droite du cône, ensuite à gauche en terminant en marchant vers l'arrière)

- Mettre l'accent sur les grands pas.
- Emphase sur la double tâche soit, marcher dans différentes directions en maintenant le regard sur un endroit fixe.
- Ne pas utiliser de soulier dans le but de travailler la proprioception.

Station 2 : Accroupissements (squats) face à face avec cônes. [3 min]

Description : Lorsque l'entraîneur dit : Go ! Les participants placés face à face doivent essayer de prendre le cône en premier avant l'autre.

- Se concentrer sur la vitesse d'exécution

Station 3 : Déplacements médio-latéraux rapide, autour d'une demie balle, les yeux rivés vers l'horloge. [3 min]

Description : Le participant, doit marcher autour d'une demie balle au sol, rapidement tour en maintenant les yeux rivés sur une horloge suspendue au mûre.

- Le tronc du participant ne doit pas faire de rotation et doit resté parallèle au mûre face à l'horloge.

Série principale [2 minutes pour chaque station - 30 secondes repos - 25 minutes]

Station 1 : kick-boxing (coup de pied de style kick-boxing). [2 min]

Description : Le participant doit donner des coups de pieds.

- Le participant doit donner 3 coups de pieds avec la jambe droite de suite en reposant les 2 pieds par terre et ensuite changer de pied.
- Mettre l'emphase sur le maintien de l'équilibre sur une jambe, lorsque l'autre jambe donne un coup dans les airs

Station 2 : Frapper le 'pushing bag' (petit ballon suspendu dans les airs) avec les poings. [2 min]

Description : Le participant, avec les poings, doit frapper le 'pushing bag' sans arrêt.

- Maintenir les pieds au sol, les pieds maintenus à la largeur des épaules, afin d'avoir une bonne base de support.

Station 3 : Squats sur un demi-ballon swiss. [2 min]

Description : Le participant, sur un demi-ballon swiss, doit se maintenir debout, les pieds placés à la largeur des épaules, et il doit exécuter des squats sur celle-ci.

- Se concentrer sur une bonne contraction des muscles du tronc
- Ne pas trop pencher le tronc vers l'avant.
- Se concentrer sur l'équilibre, les mains placer en l'avant du corps.

Station 4 : [2 min]

- Faire la planche et compter à voix haute pendant 20 secondes.
- Faire 3 Dips.

Description : Le participant, doit placer son corps horizontalement au sol, face regardant le sol, en se maintenant sur le coudes et sur le bout des pieds. C'est en contractant ses abdominaux que le participant sera en mesure de ne pas faire toucher son ventre au sol. Pendant l'exécution de la planche sur les coudes, le participant doit compter à voix haute pour une durée de 20 secondes et ensuite il doit faire 3 sauts de type « Dips ».

- Description du saut de type Dips : Le participant doit partir dans sur position de pompe au sol, se propulser sur ses pieds, faire un saut vertical, pour ensuite retourner dans la position de pompe de départ.
- Le participant doit se concentrer à compter à voix haute de façon continue.
- Maintenir une position statique pour 20 secondes, pour ensuite faire 3 mouvements dynamiques rapidement.

Station 5 : Marcher sur les petits demi-ballons. [2 min]

Description : Une série de petits ballons seront apposés en ligne au sol et le participant doit marcher sur ceux-ci tout en maintenant son équilibre.

- Le participant doit tenter de marcher seulement sur les petits ballons sans qu'un de leur pied touche le sol.

Station 6 : Équilibre en marchant sur la poutre. [2 min]

Description : Le participant doit marcher une poutre, apposée au sol et doit exécuter un changement de direction au bout de la poutre et doit à chaque pas toucher en avant et en arrière la poutre avec le pied qui n'est pas posé sur la poutre.

- Mettre l'emphase sur la capacité à maintenir son équilibre en

marchant sur une poutre et à faire un changement de direction sans qu'un de leur pied ne touche au sol.

Station 7 : Rotation du tronc avec un poids (10 livres) sur ballon swiss. [2 min]

Description : Le participant s'assoira sur un ballon swiss, le dos droit, les bras tendus vers l'avant, les mains maintenant un poids et devra exécuter des rotations du tronc tout en maintenant ses bras tendus vers l'avant.

- Mettre l'emphase sur une bonne exécution d'une rotation du tronc (180 degrés de rotation vers la gauche et la droite).

Station 8 : [2 min]

- 5 sauts verticaux (retomber sur les pieds sans faire de bruit).
- 5 Dips.
- 20 secs de jogging sur place les genoux hauts.

Description : Le participant doit exécuter 5 sauts et retomber les 2 pieds au sol en même temps sans faire de bruit, suivit de l'exécution de 5 dips en comptant à voix haute, pour finir le circuit avec 20 secondes de jogging sur place.

- Mettre l'emphase sur l'atterrissage sans bruit (contrôle des mouvements).
- Mettre l'emphase sur la capacité à compter à voix haute pendant un effort soutenu.
- Lors du jogging sur place, mettre l'emphase sur la hauteur des genoux dans les airs.

Station 9 : Boxe sur le sac de frappé (style libre) en pivotant sur le côté. [2 min]

Description : Le participant, avec les poings, doit frapper le sac à frapper sans arrêt dans la direction qu'il le désire en pivotant autour du ballon.

- Maintenir les deux pieds au sol, les pieds maintenus à la largeur des épaules, afin d'avoir une bonne base de support.

Station 10 : Coups de poing avec un partenaire. [2 min]

Description : Le participant, avec les poings, doit frapper dans les mains de son partenaire sans arrêt.

- Mettre l'emphase sur le maintien d'une bonne base de support et sur la capacité de frapper sur une cible en mouvement.

Relaxation : Étirement au sol [10 minutes]

Étirement au sol

Description : Le participant fera des exercices statiques au sol des jambes, des bras, du tronc et du cou, au choix de l'entraîneure.

Exercices de respiration

Description : Le participant sera guidé à faire des exercices de respiration couchée au sol, au choix de l'entraînement.

ANNEXE 15 : TABLEAUX COMPLÉMENTAIRES POUR LA SECTION RÉSULTATS.

Tableau 10. *Informations générales et relatives à la maladie pour chacun des sujets et leur moyenne et écart-type respectif.*

Sujet	Âge	Sexe	Grandeur e (cm)	Poids (kg)	Âge du diagnostique	Médication	Main dominante	Côté le plus affecté par la MP	Blocage à la marche
1	64	H	176.80	59.0	14	Oui	Droit	Droit	Oui
2	55	H	182.00	81.9	5	Oui	Droit	Droit	Non
3	63	F	155.45	65.9	10	Oui	Droit	N/A	Non
4	60	H	187.00	75.0	8	Oui	Droit	Les deux	Oui
5	65	F	170.69	47.3	9	Oui	Les deux	Gauche	Oui
6	59	H	188.98	86.4	2	Oui	Droit	Droit	Non
7	64	F	158.50	43.6	3	Oui	Droit	Gauche	Non
8	67	H	183.00	82.3	12	Oui	Droit	Gauche	Oui
9	48	H	165.00	68.2	13	Oui	Droit	Droit	Oui
10	73	F	168.00	63.6	0.833	Non	Gauche	Gauche	Non
11	70	F	195.07	84.1	1	Oui	Gauche	N/A	Non
12	81	F	152.00	61.4	9	Oui	Droit	Droit	Oui
13	67	F	152.00	66.0	3	Oui	Gauche	Droit	Non

14	49	F	165.10	42.2	2	Oui	Droit	Droit	Non
15	61	F	165.10	55.3	1	Non	Gauche	Gauche	Non
Moy.	63.1		171.0	65.48	6.19				
É-T	8.56		13.87	14.52	4.74				

Tableau 11. *Le pointage pour la section III du test UPDRS (examen locomoteur) pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.*

Sujet	Q18	Q19	Q20	Q21	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29	Q30	Q31	Total
1	1	1	2	0	1	1	1	1	0	2	0	1	0	11
2*														
3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
4*	2	3		0						0		1		6
5	1	1	3	2	0	0	0	2	0	1	1	1	1	13
6	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	6
7	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	5
8	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	11
9	3	3	0	0	3	2	2	2	2	1	1	1	2	22
10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
11	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
12	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
13	2	2	0	0	2	1	0	2	0	3	1	1	2	16
14	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4
15	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5

Moy.	1.07	1.21	0.61	0.35	0.76	0.30	0.30	0.76	0.38	0.64	0.38	0.78	0.69	8
É-T	1.07	1.12	0.96	0.63	0.92	0.63	0.63	0.83	0.65	0.92	0.50	0.42	0.75	5.85

*Les sujets 2 et 4 ne furent pas en mesure de compléter le tests UPDRS-III.

Tableau 12. *Pointage du questionnaire MoCa pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.*

Sujet	Pointage du MoCA /30
1	24
2	26
3	28
4	28
5	27
6	29
7	30
8	25
9*	25
10	28
11	30
12	26
13	27
14	29
15	30
Moy.	27.5
É-T	1.95

*Le sujet 9 était affecté par de la dystonia. De plus, ce participant fut incapable de compléter la partie Spatiovisuel/Exécutive pour le test MoCA.

Tableau 13. *Pointage du questionnaire FOG pour tous les sujets et leur moyenne et écart-type respectif.*

Sujet	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Pointage totale
1	2	0	1	1	2	1	7
2*							
3	2	1	0	0	0	0	3
4	0	0	3	1	1	0	5
5	2	1	2	2	2	0	9
6	1	0	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	0	0	1
8	1	1	3	2	2	2	11
9	2	2	3	2	2	2	13
10	1	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	0	0	0	0	2
14	1	0	0	0	0	0	1

15	0	1	0	0	0	0	1
Moy.	1,06	0,66	1,06	0,73	0,80	0,53	4,86
É-T	0,79	0,89	1,48	1,03	1,08	0,99	5,55

*Le sujet 2 ne fût pas en mesure de compléter le questionnaire «freezing of gait»