

NOTE TO USERS

This reproduction is the best copy available.

UMI[®]



Université d'Ottawa • University of Ottawa



Université d'Ottawa · University of Ottawa

FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET POSTDOCTORALES

FACULTY OF GRADUATE AND
POSTDOCTORAL STUDIES

Étienne BISSON

AUTEUR DE LA THÈSE - AUTHOR OF THESIS

M.A. (Activité physique)

GRADE - DEGREE

École d'activité physique

FACULTÉ, ÉCOLE, DÉPARTEMENT - FACULTY, SCHOOL, DEPARTMENT

TITRE DE LA THÈSE - TITLE OF THE THESIS

L'effet de l'entraînement de l'équilibre par biofeedback visuel et par réalité virtuelle sur la demande attentionnelle et l'équilibre des personnes âgées

Y. Lajoie

DIRECTEUR DE LA THÈSE - THESIS SUPERVISOR

CO-DIRECTEUR DE LA THÈSE - THESIS CO-SUPERVISOR

EXAMINATEURS DE LA THÈSE - THESIS EXAMINERS

D. Ste-Marie

H. Sveistrup

J.-M. De Koninck, Ph.D.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES ÉTUDES
SUPÉRIEURES ET POSTDOCTORALES

DEAN OF THE FACULTY OF GRADUATE
AND POSTDOCTORAL STUDIES

L'EFFET DE L'ENTRAÎNEMENT DE L'ÉQUILIBRE PAR BIOFEEDBACK VISUEL
ET PAR RÉALITÉ VIRTUELLE SUR LA DEMANDE ATTENTIONNELLE ET
L'ÉQUILIBRE DES PERSONNES ÂGÉES.

par

ETIENNE BISSON

B.Sc., Université d'Ottawa

THÈSE

Présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales

comme exigence partielle

de la Maîtrise es Arts en Sciences de l'activité physique

École des sciences de l'activité physique

Université d'Ottawa

Mai 2004

© Etienne Bisson, Ottawa, Canada, 2004



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file *Votre référence*

ISBN: 0-494-01419-9

Our file *Notre référence*

ISBN: 0-494-01419-9

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.


Canada

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier mon directeur de thèse Dr. Yves Lajoie pour son expertise et sa disponibilité quotidienne. Depuis son arrivée à l'Université, nous avons développé une grande complicité. J'aimerais accorder mes remerciements les plus distingués à Dr. Heidi Sveistrup pour son appui professionnel et financier. Je suis très reconnaissant de l'aide favorable de tous ceux qui ont participé à la collecte de données dont Shane Smith et Bruce Contant. J'aimerais remercier plus particulièrement Bruce pour m'avoir libéré du temps précieux en administrant une bonne partie des entraînements et en m'aidant avec l'analyse de données et la rédaction anglo-saxonne. J'exprime mes remerciements spécialement à ma conjointe Geneviève Clément pour son expertise en rédaction et en correction ainsi que pour son appui moral.

Cette thèse est dédiée à toutes les personnes âgées qui ont participé à cette étude en partie ou en totalité. À avoir côtoyer ces gens pendant presque un an, m'a permis de grandir en tant que personne. J'exprime mes remerciements les plus cordiaux à tous les centres pour personnes âgées de la région d'Ottawa pour leur accueil amical, plus spécifiquement au Good Companion Seniors' Centre pour leur hospitalité incomparable.

RÉSUMÉ

Différents types d'entraînement sont disponibles pour améliorer la qualité de vie des personnes âgées. Cependant, l'entraînement le plus efficace pour améliorer l'équilibre et diminuer le risque de chuter demeure une question actuelle. Il a été démontré qu'un entraînement par biofeedback visuel peut améliorer l'équilibre et la demande attentionnelle des personnes âgées. Et d'après les études avec les patients cardiaques et ceux souffrant d'un traumatisme crânien, un entraînement par réalité virtuelle pourrait être bénéfique pour l'entraînement de l'équilibre chez les personnes âgées. Le but de cette étude était de comparer l'efficacité d'un entraînement d'équilibre dynamique par réalité virtuelle et par biofeedback visuel pour améliorer l'équilibre et la demande attentionnelle des personnes âgées. Au total, 24 personnes âgées en bonne santé ont participé à un programme d'entraînement de 10 semaines à une fréquence de 2 fois par semaine. Les participants s'entraînant par réalité virtuelle (n=12) devaient jongler avec un ballon virtuel alternant de gauche à droite de façon imprévisible. Les participants s'entraînant par biofeedback visuel (n=12) devaient diriger leur centre de pression représenté par un point rouge vers quatre coins d'un rectangle, présenté sur un moniteur. Les personnes âgées des deux groupes ont amélioré significativement leur score au test d'équilibre fonctionnel « Community Balance and Mobility » et leur temps de réaction sans toutefois améliorer leurs oscillations posturales. Les deux types d'entraînement ont alors été efficace pour améliorer l'équilibre des personnes âgées en améliorant leurs habiletés fonctionnelles et en diminuant la quantité d'attention nécessaire au maintien de l'équilibre. Conséquemment, les personnes âgées participant à ces types d'entraînement ont plus d'attention disponible pour analyser leur environnement externe.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iii
RÉSUMÉ	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
CHAPITRE I.....	8
Introduction.....	8
Contexte	8
Énoncé du problème	8
Concepts importants	9
Revue de littérature.....	11
Les mécanismes de l'équilibre.....	12
Évaluation de l'équilibre.....	14
Demande attentionnelle	17
Amélioration du contrôle de l'équilibre.....	19
Réalité Virtuelle.....	29
Lacunes dans la littérature	32
Questions spécifiques et hypothèses.....	33
CHAPTER II.....	36
THE EFFECTIVENESS OF VIRTUAL REALITY AND BIOFEEDBACK TRAINING TO IMPROVE BALANCE AND ATTENTION OF OLDER ADULTS.....	37
Abstract.....	38
Introduction.....	39
Methods	43

Participants and recruitment	43
Procedures.....	43
Training protocol	44
Outcome measures	45
Statistical Analysis.....	47
Results.....	47
Discussion.....	49
Conclusions.....	53
Acknowledgements.....	53
References.....	54
CHAPITRE III.....	62
Discussion générale et conclusions.....	62
Efficacité des entraînements	62
Conclusions et recommandations	73
CHAPITRE IV.....	76
Références.....	76
Annexe 1 - Contribution des collaborateurs	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 2 - Attestation d'approbation déontologique.....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 3 - Consent Form.....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 4 - Health Status and Falls Questionnaire	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 5 - Mini Mental State Examination	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 6 - The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 7 - CB&M test.....	Erreur ! Signet non défini.

Annexe 8 - Older Adults Force Platform Balance Data Sheet Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE I

Introduction

Contexte

Le taux de chute augmente à chaque année chez les personnes âgées et comme l'espérance de vie augmente continuellement, le risque de chuter devient de plus en plus important. Un tiers de la population âgée de 65 ans et plus chute chaque année (Shumway-Cook, Baldwin, Polissar & Gruber, 1997). Les personnes âgées ayant chuté peuvent ressentir une plus grande peur de tomber créant ainsi une perte de confiance et/ou une perte d'autonomie dans l'exécution de tâches journalières (Tinetti, Speechley, & Ginter, 1988). Après une chute, il est possible d'observer chez les personnes âgées, une diminution de leur niveau d'activité physique (Cutson, 1994) et ces derniers deviennent davantage dépendants de leur entourage (Rose & Clark, 2000). De même, les personnes âgées n'ayant pas chuté deviennent moins actives avec l'âge (Haywood & Getchell, 2001). Par conséquent, l'autonomie de ces gens diminue créant de plus grands risques de chuter. En plus du manque de confiance et d'autonomie, l'équilibre et la demande attentionnelle sont deux facteurs très importants dans le problème de chute. Malheureusement ces deux facteurs se détériorent en vieillissant (Tinetti et al). Les personnes âgées sont alors plus propices aux pertes d'équilibre et nécessitent plus d'attention pour exécuter des tâches simples. Alors pour remédier au problème de chute, plusieurs recherches se concentrent sur ces facteurs de risques chez les personnes âgées pour ainsi aider les intervenants professionnels à trouver un moyen efficace de minimiser les risques de chuter.

Énoncé du problème

Pour minimiser les risques de chuter, il est important pour les personnes âgées de rester actives physiquement. Il a été démontré que les personnes âgées peuvent améliorer

leur santé sur plusieurs facettes en pratiquant régulièrement de l'activité physique. Evans (1999) évoque « There is no other group in our society that can benefit more from regularly exercise, than the elderly » (p.16). Tout entraînement physique semble apporter des bénéfices aux personnes âgées mais des mesures particulières devraient être faites pour déterminer lesquels optimisent l'amélioration de l'équilibre des personnes âgées. Les chercheurs ont surtout examiné les effets de différents entraînements de force obtenant des résultats favorables au niveau de la force. En ce qui concerne l'équilibre, ce sont plutôt les entraînements des systèmes sensoriels et des oscillations posturales qui démontrent le plus de succès. Il a été démontré que l'entraînement de l'équilibre avec un feedback visuel du centre de gravité améliore les oscillations posturales (Wolf, Barnhart, Ellison, & Coogler, 1997) et réduit la demande attentionnelle (Lajoie, in press) chez les personnes âgées. Récemment, un entraînement avec réalité virtuelle a pu améliorer l'équilibre des personnes ayant subi un traumatisme crânien (McComas & Sveistrup, 2002). Il serait intéressant alors d'évaluer si cet entraînement de réalité virtuelle peut améliorer autant l'équilibre chez les personnes âgées que l'entraînement de biofeedback visuel.

Concepts importants

Avant d'aborder la revue de littérature, certains concepts doivent être décrits afin de mieux comprendre le contenu. Ces concepts sont l'équilibre, la demande attentionnelle, l'entraînement, le biofeedback et la réalité virtuelle. Ceux-ci seront définis selon leur implication dans cette étude.

L'*équilibre* est défini comme étant l'habileté à maintenir son centre de gravité à l'intérieur de sa base de support fonctionnelle (Massion, 1992). L'équilibre comprend deux formes : statique et dynamique. L'équilibre statique est défini comme l'habileté de garder une position debout dans des conditions stables et l'équilibre dynamique est défini comme

l'habileté de garder une position debout dans des conditions instables (Spirduso, 1995). Ainsi, l'équilibre peut être mesuré physiquement en évaluant les oscillations posturales mais il peut aussi être évalué de façon fonctionnelle en évaluant l'habileté d'exécuter des tâches quotidiennes et de façon psychologique en évaluant la perception et la confiance qu'un individu a sur son équilibre.

La demande attentionnelle est un concept complexe qui implique notre capacité cognitive à traiter, programmer et analyser l'information présentée à notre système nerveux central (Kanheman, 1973). D'après Kanheman, certaines tâches demandent plus d'attention que d'autres dépendamment de plusieurs facteurs dont la complexité de la tâche et de l'expérience. Se tenir debout semble une tâche facile demandant très peu d'attention. Cependant, un enfant qui apprend à marcher ne peut pas faire une autre tâche en même temps car il a besoin beaucoup d'attention pour garder son équilibre. La capacité de traiter de l'information est limitée (Norman & Bobrow, 1975). D'après Norman et Bobrow, c'est la quantité d'attention utilisée pour chacune des tâches exécutées simultanément qui détermine la performance de ceux-ci. Cette demande d'attention peut être observée par une simple tâche cognitive (i.e. temps de réaction, compter à reculons) exécutée simultanément avec une tâche posturale.

Un *entraînement* est défini comme étant une exposition chronique à l'exercice créant des adaptations physiologiques qui améliorent ainsi les capacités et les performances (Wilmore & Costill, 1998). L'entraînement peut être de différents types; l'entraînement cardiovasculaire, l'entraînement de résistance et l'entraînement des systèmes sensoriels (yoga, Tai Chi). Dans cette étude, les deux types d'entraînement en question étaient l'entraînement de l'équilibre dynamique par biofeedback visuel et par réalité virtuelle.

Le *biofeedback* est une technique qui vise à obtenir le contrôle d'une fonction physiologique normalement involontaire grâce à un feedback visuel ou sonore des signaux provenant de notre corps (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2004). Contrôler son rythme cardiaque en écoutant son pouls est un très bon exemple de biofeedback. Pour cette étude, un biofeedback visuel du centre de pression a été utilisé à des fins d'entraînement. Un feedback visuel était présenté au participant debout sur une plate-forme de force. Cette plate-forme transmettait les moments de force de la personne à un ordinateur. Ce dernier représentait, à l'aide d'un curseur, les mouvements du centre de pression de la personne dans un moniteur placé devant le participant.

D'après Pimentel et Teixeira (1995) (comme cité dans McComas & Sveistrup, 2002), la *réalité virtuelle* est définie, comme étant une simulation informatique en trois dimensions. D'après McComas & Sveistrup, cette simulation doit être en temps réelle et interactive. C'est-à-dire qu'elle doit simuler le temps et la vitesse réelle et il doit y avoir une interaction entre le participant et l'environnement virtuel. Dans le cadre de la présente étude, la réalité virtuelle était à son plus simple. Le participant s'apercevait en train de jongler avec un ballon virtuel dans un écran de télévision ayant un fond noir.

Revue de littérature

Les recherches sur les personnes âgées et le problème de chutes s'intensifient chaque année car cette population est toujours grandissante ce qui en fait un problème important. La présente revue de littérature discute, avec une approche critique, des différentes recherches qui se sont attardées sur les mécanismes de l'équilibre, les différentes mesures d'équilibre et sur la demande attentionnelle. Ensuite, un résumé critique sera fait sur l'amélioration du contrôle de l'équilibre par l'entraînement de la force, des systèmes sensoriels et des oscillations posturales. Finalement, l'utilisation de méthodes

plus contemporaines comme la réalité virtuelle pour améliorer l'équilibre des personnes âgées sera décrite. De plus, les lacunes générales dans la littérature et celles qui ont suscité l'intérêt de cette présente étude seront identifiées.

Les mécanismes de l'équilibre

L'équilibre, défini précédemment est l'un des facteurs les plus couramment utilisés dans les recherches sur les chutes. Plusieurs systèmes interagissent dans le maintien de l'équilibre. Les systèmes sensoriels nous informent sur la position de notre corps dans l'environnement tandis que le système musculosquelettique (comprenant les segments, les articulations et les muscles du corps) nous donne l'habileté de générer la force nécessaire pour contrôler les mouvements de notre corps (Shumway-Cook & Woollacott, 1995). Parmi les systèmes sensoriels, le système visuel informe le système nerveux central (SNC) de l'emplacement du corps ainsi que la vitesse et la direction du mouvement (exocentrique et égocentrique) dans l'environnement (vision périphérique). Il identifie aussi ce que nous regardons (vision centrale). Pour sa part, le système vestibulaire informe le SNC des mouvements du corps principalement de la tête tandis que le système somatosensoriel informe le SNC de la location du corps et de ses segments par rapport à l'environnement et à eux mêmes (Marieb, 1999). L'interaction de ces systèmes crée des mécanismes d'anticipation permettant au corps de planifier un mouvement et des mécanismes d'adaptation permettant au corps de réagir aux exigences variables d'une tâche particulière (Shumway-Cook & Woollacott). Alors l'interaction de la vision, du sens vestibulaire, de la sensation périphérique, du temps de réaction, de la force musculaire et du contrôle neuro-musculaire est nécessaire au maintien de l'équilibre (Lord, Sherrington & Menz, 2001).

Les recherches nous démontrent clairement les effets du vieillissement sur les systèmes sensoriels. Il a été démontré que les personnes âgées ayant subi plus d'une chute à

l'intérieur d'un an avaient une vision réduite comparativement aux personnes âgées ayant subi moins de deux chutes (Lord, Clark & Webster, 1991). De plus, les personnes âgées ont davantage recours à la vision périphérique comparativement aux jeunes adultes pour maintenir leur équilibre (Woollacott, Inglis, & Manchester, 1988). Whanger & Wang (1974) ont démontré que le vieillissement a aussi des effets néfastes sur le système somatosensoriel en observant une augmentation graduelle des seuils de sensibilité des récepteurs. Malgré une détérioration évidente du système vestibulaire, le lien avec une instabilité ou un déséquilibre semble être indirect (Lord, Sherrington & Menz, 2001). De plus, il est difficile de déterminer lequel des trois systèmes sensoriels affecte le plus la perte d'équilibre car les trois interagissent en tout temps. Il semblerait que les trois systèmes se détériorent cumulativement plutôt qu'un seul des trois systèmes.

Au niveau du système musculosquelettique, il a déjà été démontré qu'il y a une perte évidente de la masse musculaire en vieillissant causant une diminution de la force musculaire (Evans, 1999). Certaines études ont démontré une différence de force remarquable dans les jambes entre des personnes ayant expérimenté une chute et n'ayant jamais chuté (voir Lord Sherrington et Menz, 2001 pour une revue). Frontera, Hughes et Evans (1991) ont évalué la relation entre la force et la masse musculaire chez plus de 200 adultes âgés entre 45-78 et concluent que la réduction de la masse musculaire associée à l'âge est directement reliée à la diminution de la force musculaire.

Pour ce qui a trait du temps de réaction, plusieurs auteurs ont démontré que celui-ci augmente avec l'âge (voir Welford, 1977 et Salthouse, 1985 pour une revue). Cette augmentation est encore plus grande lorsque la complexité de la tâche augmente (Welford 1977) et lorsque la personne a expérimenté une ou plusieurs chutes (Lajoie & Gallagher, 2004). De plus, il a été prouvé que le temps de réaction a un impact sur la posture (Lajoie,

Teasdale, Bard & Fleury, 1996; Stelmach, Teasdale, Di Fabio, & Phillips, 1989; Teasdale, Bard, LaRue, & Fleury, 1993). En effet, Lajoie et al. ont examiné les temps de réaction des personnes âgées et des jeunes adultes lorsque ceux-ci étaient assis, debout avec les pieds à la largeur des épaules, debout avec les pieds collés et en marchant. Ces auteurs ont démontré que le temps de réaction des personnes âgées augmentait significativement en réduisant la base de support comparativement aux jeunes adultes. De plus, les personnes âgées avaient une vitesse de marche plus lente, des plus petits pas et des temps de réaction plus longs en comparant aux jeunes adultes. Ces auteurs concluent que les personnes âgées nécessitent plus de ressources attentionnelles pour le contrôle de leur équilibre que les jeunes adultes.

Crilly, Willems, Trenholm, Hayes, & Delaquerrière-Richardson ont conclu en 1989 que la diminution de l'équilibre des personnes âgées est due en majeure partie à une détérioration du système nerveux et ils suggèrent qu'aucune amélioration de l'équilibre n'était possible. Cette conclusion sera cependant contredite plus loin (voir « Amélioration de l'équilibre »). Sachant que les mécanismes de l'équilibre se détériorent avec l'âge, la prochaine section traitera des différents moyens d'évaluer l'équilibre pour ainsi prédire si une personne est à risque de chuter.

Évaluation de l'équilibre

Afin d'évaluer l'équilibre, une fonction sensorielle très complexe, une multitude de tests ayant des buts différents ont été élaborés au fil des années rendant le choix des chercheurs très difficile. Premièrement, des tests fonctionnels ont été élaborés pour prédire si une personne est à risque de chuter. Parmi ceux-ci, on retrouve le « Tinetti Index » (Tinetti, Williams & Mayewski, 1986) et le « Berg Balance Scale » aussi nommé le test de Berg (Berg, Wood-Dauphinee, Williams & Gayton, 1989) qui évalue les capacités du

participant à exécuter certaines tâches journalières telles que s'asseoir, ramasser un objet au sol, tourner 360 degrés. Il y a aussi le « Get-Up and Go Test » (Mathias, Nayak & Isaac, 1986) et sa version modifiée, plus utilisée, le « Timed Up and Go test » (Podsiadlo & Richardson, 1991) qui évalue l'habileté de démarche. Ce test consiste à se lever debout d'une chaise sans utiliser les bras, marcher 3 mètres, tourner et revenir s'asseoir le plus rapidement possible. Ces tests sont valides et fiables mais sont toutefois trop faciles pour évaluer la bonne santé des gens. Les scores sont trop élevés et plafonnent trop rapidement pour espérer voir une amélioration significative. C'est pourquoi, récemment, un test plus vigoureux, le test « Community Balance and Mobility » (Inness & Howe, 2002) a été élaboré pour évaluer les capacités du participant à exécuter des tâches d'équilibre et de mobilité tels que marcher sur une ligne droite, ramasser un objet au sol en marchant, descendre des escaliers (voir Annexe 7).

Deuxièmement, les tests psychologiques ont été élaborés pour évaluer l'aspect mental de l'équilibre. Le « Falls Efficacy Scale » (Tinetti, Richman & Powell, 1990) qui évalue la peur de chuter et le « Activities-specific Balance Confidence Scale » (Powell & Myers, 1995) qui évalue la confiance des participants à exécuter certaines tâches journalières sont les mieux conçus et les plus utilisés. Ce dernier (voir Annexe 6a et 6b) est un questionnaire où le participant doit énoncer en pourcentage son degré de confiance à ne pas perdre son équilibre sous 16 différentes conditions (marcher à la maison, monter des escaliers, laver le plancher, etc.). Une personne est dite à risque de chuter si son total sur 100 est inférieur à 66 (Powell & Myers). Malgré leur validité, ces tests semblent très sensibles au facteur saisonnier et aux émotions du participant.

Afin de mesurer l'équilibre plus concrètement, différentes mesures existent évaluant soit l'équilibre statique soit l'équilibre dynamique. Pour l'équilibre statique, la méthode la

plus simple et la plus utilisée est le test d'équilibre statique où l'on évalue les oscillations posturales d'un participant se tenant debout sur une plate-forme de force. Ce test peut être fait sous différentes conditions en changeant la base de support (ie. Pieds collés, pieds la largeur des épaules, debout sur une surface en mousse) et en modifiant l'information sensorielle (ie. yeux ouverts ou fermés). C'est ainsi que le « Sensory Organization Test » aussi connu comme le « Clinical Test of Sensory Interaction in Balance » fut élaboré et validé pour évaluer l'interaction des différents systèmes sensoriels (Shumway-Cook & Horak, 1986). Celui-ci mesure le nombre de secondes (maximum 30 secondes) qu'un participant peut rester debout sous six différentes conditions obstruant tour à tour les trois systèmes sensoriels. D'autres tests furent élaborés pour évaluer l'équilibre statique tel que le test d'équilibre sur une jambe ou en position Romberg qui implique de mesurer le temps maximum passé sur une jambe ou un pied devant l'autre respectivement. Ces deux derniers tests donnent un très bon indice de l'équilibre des gens. Tous deux sont intégrés en parties du test « Community Balance and Mobility ».

Parmi les tests dynamiques, on retrouve le test d'atteinte fonctionnelle (Duncan, Weiner, Chandler & Studenski, 1990) qui mesure la distance maximale qu'un participant peut atteindre vers l'avant, debout, sans bouger les pieds. Ce dernier est très utilisé, valide et fiable mais évalue l'équilibre d'une seule direction (avant). Le « Lateral Reach Test » qui mesure la distance latérale maximale (Brauer, Burns & Galley, 1999) a été alors élaboré et validé. L'équilibre dynamique peut être mesuré aussi par la vitesse de marche et/ou le nombre d'enjambées sur une certaine distance. Cependant, c'est le « Limits of Stability test » qui est le plus utilisé pour évaluer l'équilibre dynamique qui évalue la vitesse de transition et le contrôle du centre de pression (COP) en atteignant alternativement 8 cibles situées circulairement à 75 ou 100% des limites de stabilité. Il est important de noter que ce

test est utilisé aussi pour entraîner l'équilibre dynamique et lors de l'évaluation. Il serait souhaitable d'utiliser un test différent que celui utilisé lors de l'entraînement pour l'évaluation de l'équilibre dynamique.

Malgré un vaste choix de types de mesure d'équilibre, très peu d'information n'est disponible sur la validité d'un grand nombre d'entre eux. Une étude récente a démontré avec plus de 3000 participants que les différents tests évaluent bien l'équilibre. Cependant, chacun des test étudiés évalue seulement un aspect spécifique de l'équilibre et non l'équilibre global des participants (Simonsick et al., 2001). C'est pourquoi qu'il est important de choisir plus d'un test afin d'évaluer tous les aspects de l'équilibre (équilibre statique, dynamique et fonctionnel ainsi que l'aspect psychologique de l'équilibre).

Même si plusieurs tests sont disponibles pour les chercheurs, certains d'entre eux utilisent aussi une approche différente au problème de chute. En vieillissant, la demande attentionnelle devient de plus en plus important dans le maintien de l'équilibre. Ces auteurs (Lajoie, Teasdale, Bard, & Fleury, 1993, 1996; Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Teasdale, Bard, Larue & Fleury, 1993) se sont concentrés à observer si l'allocation d'attention est influencé par les exigences en équilibre chez personnes âgées.

Demande attentionnelle

La demande attentionnelle est un concept très complexe qui est étudié depuis de nombreuses années. Kahneman (1973) a élaboré un modèle toujours utilisé aujourd'hui: le modèle des ressources. D'après Kahneman, la qualité, l'efficacité ou la profondeur du traitement cognitif effectué serait déterminé par les « ressources mentales » que le système cognitif dispose en quantité limitée. Kahneman jugeait que plus nous puissions dans nos ressources pour un stimulus quelconque, plus important sera son traitement mais moins de

ressources seront disponibles pour un deuxième stimulus si celui-ci est présenté en même temps.

La définition de l'attention fut difficile à établir. Plusieurs chercheurs ont défini ce concept mais c'est Shiffrin (1988) qui a développé la définition la plus complète :

« Attention has been used to refer to all those aspects of human cognition that the participant can control ... and to all aspects of cognition having to do with limited resources or capacity, and methods of dealing with such constraints. » (p.739) Alors, l'attention est un processus cognitif contrôlé ayant des ressources limitées. Le processus se divise en quatre étapes : l'identification du stimulus, le traitement de l'information, la sélection de la réponse et la programmation de la réponse. Plusieurs chercheurs ont documenté en long et en large le ralentissement graduel de la performance et Cerella (1985) a démontré que chaque composante du processus est ralentie avec l'âge et que le ralentissement de la performance d'une tâche complexe peut être prédit par le ralentissement d'une tâche simple.

Plusieurs chercheurs ont travaillé sur la demande attentionnelle qui est impliquée lors d'une tâche posturale avec les personnes âgées (Lajoie et al., 1996; Shumway-Cook et al., 1997; Lajoie, in press). Ces chercheurs ont utilisé le paradigme de la double tâche. Cette dernière consiste à demander au participant d'exécuter deux tâches simultanément, dans ce cas-ci une tâche posturale et une tâche cognitive (ex: temps de réaction, compter à rebours). Le but de la double tâche est de stresser les mécanismes d'attention pour connaître si la tâche cognitive a un impact sur la tâche posturale et vice versa. Comme mentionné, il a déjà été prouvé que le temps de réaction augmente avec l'âge (Welford, 1977; Salthouse, 1985) et que le temps de réaction a un impact sur la posture (Lajoie et al., 1996; Stelmach, et al., 1989; Teasdale et al, 1993).

Nouvellement, Lajoie et Gallagher (2004) ont voulu construire un modèle pour déceler une personne à risque de chuter. Ces auteurs ont évalué le temps de réaction simple, les scores du Berg, les scores du « Activities-specific Balance Confidence Scale » et les oscillations posturales de 45 personnes âgées ayant expérimenté au moins une chute et 80 n'ayant jamais chuté. Ils ont identifié que le temps de réaction, se tenir debout sur une jambe (question 14 du test de Berg) et sa confiance à marcher dans la maison (question 1 du « Activities-specific Balance Confidence Scale ») pouvait prédire avec 93 % de sensibilité et 95 % de spécificité qu'une personne est à risque de chuter. De plus, parmi toutes les mesures, le temps de réaction avait la plus forte association avec le risque de chuter. Hors, pour bien évaluer l'équilibre, les études devraient administrés une mesure du temps de réaction, le test de Berg et le questionnaire ABC vu que ce modèle (utilisant seulement une partie de ces éléments) n'a pas été validé à présent.

Encore aujourd'hui, il semble qu'aucun test unanime dans la littérature n'a été élaboré pour évaluer l'équilibre ou pour prédire les risques de chuter. Malgré ceci, plusieurs chercheurs (Hamman, Mekjavic, Mallinson & Longridge, 1992; Hu & Woollacott, 1994a, 1994b, Shumway-Cook, Gruber, Baldwin, & Liao, 1997; Wolf et al. 1997, Wolfson et al. 1996) ont tenté de trouver des moyens d'améliorer le contrôle de l'équilibre chez les personnes âgées.

Amélioration du contrôle de l'équilibre

Afin d'améliorer le contrôle de l'équilibre, il faut s'attarder à améliorer certains systèmes ou caractéristiques physiologiques agissant sur l'équilibre. Parmi ceux-ci, la force musculaire, les systèmes sensoriels et les oscillations posturales sont les plus utilisés dans la littérature. Cependant, le type d'entraînement le plus efficace, permettant aux personnes âgées de réduire les pertes d'équilibre n'a pas encore été identifié. Les résultats des études

traitant différents types d'entraînement démontrent des conclusions contradictoires. La prochaine section se veut une discussion critique des différentes études utilisant ces différents types d'entraînement ainsi que des résultats obtenus ce qui deviendront la base du raisonnement de cette présente étude.

Entraînement de force

Les recherches sur la force ont démontré avec unanimité que la masse musculaire et la densité osseuse des personnes âgées pouvaient être améliorées par l'entraînement de force (Evans, 1999) mais sa contribution au niveau de l'amélioration de l'équilibre est un peu plus vague. La plupart des recherches ont démontré qu'il y avait une petite ou aucune amélioration d'équilibre peu importe la technique d'entraînement de force utilisée. Parmi ceux qui ont obtenu des améliorations au niveau de l'équilibre, seul Baum, Jarjoura, Polen, Faur et Rutecki (2003) ont démontré une amélioration dans plusieurs aspects de l'équilibre. Toutefois, ces auteurs ont démontré une amélioration de seulement 18 secondes au Time up and go et 4.8 points au Berg après un programme d'exercices d'élastique et de poids léger d'une durée de 12 mois (3 fois une heure par semaine). Deux autres études ont démontrés une amélioration du functional reach (Barret & Smerdely, 2002) et du pourcentage du « Limits of Stability test » vers l'arrière seulement (Ryushi et al, 2000) chez les personnes âgées après un entraînement de résistance progressif de 10 semaines (2 fois et une fois par semaine respectivement). Ces résultats semblent suggérer que seul l'équilibre dynamique a été amélioré par ce type d'entraînement.

La plupart des études ont échoué à démontrer que l'équilibre pouvait être amélioré avec un entraînement de force. En 1997, Buchner et al. n'ont pas pu prouver l'efficacité d'un entraînement de force et/ou d'endurance pour améliorer l'équilibre, la mobilité et l'état physique de 105 personnes âgées et ce malgré un entraînement de six mois (3 fois

une heure par semaine). Parmi les plus récentes études, les personnes âgées entraînées en force n'ont pas amélioré leur temps sur une jambe ni leur performance à la tâche assis-debout (5 répétitions) (Schlicht, Camaione et Owen, 2001), ni les oscillations posturales (Bellew, Yates & Gater, 2003). Pire encore, Bellew et al. ont démontré une augmentation des oscillations posturales des hommes. Cette observation confirme les conclusions d'une autre étude de ces mêmes auteurs : un entraînement de force à haute intensité est peut-être efficace pour améliorer la force mais n'améliore pas l'habileté à contrôler les forces isométriques sous-maximales (Bellew, 2002). Ceci expliquerait pourquoi la force n'est pas reliée directement à l'équilibre.

Or, en comparant des personnes âgées ayant expérimenté une chute à celles n'ayant jamais chuté, il a été conclu que la force et l'équilibre semblent être reliés (Gehlsen & Whaley, 1990). Par contre, il semble avoir un seuil de force musculaire minimale pour avoir un bon équilibre (Wolfsfon, Judge, Whipple, & King, 1995). Les études sur l'entraînement de la force ont démontré que les aînés peuvent grandement améliorer leur force physique mais une amélioration de celle-ci n'entraîne pas nécessairement une amélioration de l'équilibre car, pour garder son équilibre, ce n'est pas la quantité de force qui est important mais l'habileté de bien la contrôler.

Entraînement des systèmes sensoriels

Il a été démontré qu'un entraînement de l'équilibre basé sur l'interaction des différents systèmes sensoriels est efficace pour améliorer l'équilibre des personnes âgées (Rogers, Fernandez & Bohlken, 2001; Hu & Woollacott, 1994a). Hu et Woollacott ont démontré qu'après un entraînement d'équilibre statique avec des conditions de perturbations des systèmes sensoriels (yeux fermés, surface en mousse, tête en extension), les participants passaient plus de temps sur une jambe et tombaient moins souvent lorsque

les entrées somatosensorielles au niveau de la cheville étaient perturbées. De plus, lors de cette étude, ces auteurs ont mesuré l'activité électromyographique des muscles posturaux sur ces mêmes participants avant et après le même entraînement. Ils ont démontré que ce type d'entraînement optimise les réponses musculaires nécessaires au maintien de l'équilibre (Hu et Woollacott, 1994b). De leur côté, Rogers et al. ont voulu développer un entraînement simple, facile et accessible stimulant les trois systèmes sensoriels nécessaires à l'équilibre. Leur entraînement était constitué d'exercices de flexibilité, de résistance et d'équilibre avec des ballons suisses. Ils ont trouvé qu'après dix semaines (2 fois une heure par semaine) d'entraînement, les personnes âgées ont amélioré leurs oscillations posturales et leur atteinte fonctionnelle (functional reach). Ces auteurs ont conclu que : « It is possible that multisensory training which manipulates the three sensory systems under stable and nonstable support surfaces may be the most affective means to improve balance in older adults » (p.296).

D'un autre côté, Wolf et al (1997) ont indiqué que d'après leurs études avec le FICSIT (Frailty and Injuries : Cooperative Studies of Intervention Techniques), le Tai Chi, améliorant la représentation du schéma corporel, est le meilleur entraînement d'équilibre à ce jour. Ces auteurs ont observé l'efficacité d'un entraînement de Tai Chi d'une durée de 15 semaines (2 fois une heure par semaine) sur l'équilibre de 24 personnes âgées inactives. Ils ont démontrés que les personnes âgées ont augmenté leur confiance d'équilibre immédiatement après l'entraînement de Tai Chi. Cependant, 4 mois après la fin de l'intervention, la confiance des personnes âgées était revenue au niveau qu'elle était avant l'entraînement. De plus, les personnes âgées n'ont pas amélioré leurs oscillations posturales. Au contraire, celles-ci se sont détériorées dans quelques conditions. Wolf et al.

concluent que les personnes âgées oscillent plus car ils ont plus confiance et ont moins peur de tomber.

Il est très intéressant que le Tai Chi puisse augmenter la confiance des gens du troisième âge. Toutefois, d'autres auteurs (Taggart, 2002; Wu 2002a, Wu 2002b) ont voulu déterminer si cet entraînement améliore les habiletés fonctionnelles et améliore vraiment la qualité de vie des personnes âgées. Taggart (2002) a démontré une amélioration des scores du Berg, du temps du « Timed Up and Go test » ainsi que la peur de tomber des personnes âgées après un entraînement de Tai Chi de 3 mois (2 fois une demi-heure par semaine). Même si cette étude était avec des femmes seulement, il est possible de déduire que l'effet serait sensiblement le même avec des hommes car il a été démontré que les hommes sont plus susceptibles à améliorer leurs habiletés avec l'entraînement (voir Wu 2002a pour une revue). Wu (2002b) a démontré que des personnes âgées pratiquant le Tai Chi depuis au moins 3 ans ont plus de force au niveau des extenseurs des jambes et oscillent moins que des personnes âgées actifs ne pratiquant pas le Tai Chi.

Alors, l'entraînement des systèmes sensoriels semble très efficace pour améliorer l'équilibre. De plus, le Tai Chi semble être l'entraînement de l'heure car il a été prouvé qu'il améliore les habiletés fonctionnelles et la peur de tomber des personnes âgées. À long terme, il semble améliorer la force et les oscillations posturales.

Entraînement des oscillations posturales

Les études sur l'entraînement de l'équilibre démontrent très peu de différence au niveau de l'amélioration des oscillations posturales mais présentent néanmoins plusieurs résultats intéressants. Par exemple, l'entraînement avec biofeedback visuel est un type d'entraînement que l'on retrouve souvent dans la littérature. Parmi les premiers à utiliser cette technique, Shumway-Cook, Anson, et Haller (1988) ont pu démontrer qu'un

entraînement avec biofeedback visuel était plus efficace chez les patients hémipariés que qu'une thérapie conventionnelle. Le groupe expérimental a pu réduire leurs déplacements latéraux et augmenter l'utilisation de leur jambe affectée comparativement au groupe contrôle. Par la suite, plusieurs études ont appuyé l'efficacité d'un entraînement avec biofeedback visuel pour les patients ayant subi un accident vasculaire (voir Nichols, 1997 pour une revue). Mais est-ce que ce type d'entraînement peut améliorer l'équilibre des personnes âgées?

Selon la littérature, il y a principalement deux types d'entraînement avec biofeedback visuel utilisés avec la population du troisième âge. La première, l'entraînement de la posture statique consiste à améliorer la stabilité en voyant les mouvements de son centre de pression dans un moniteur. La deuxième, l'entraînement de la posture dynamique consiste à améliorer le contrôle du mouvement de son centre de pression allant près de ses limites de stabilité.

Entraînement de la posture statique. Les études en entraînement de la posture statique se font rares malgré les résultats positifs. Lajoie (in press) a examiné les effets d'un entraînement de feedback du COP sur les oscillations posturales et sur le temps de réaction. Les résultats de cette étude démontrent aucune différence significative des oscillations posturales entre les participants ayant effectué un entraînement de 8 semaines (deux séances d'une heure par semaine) et les participants d'un groupe contrôle. Cependant, les temps de réaction des participants entraînés ont diminué significativement comparativement à aucun changement chez les participants du groupe contrôle. Cet auteur conclut que l'entraînement avec biofeedback visuel diminue la demande attentionnelle nécessaire à la tâche posturale favorisant la performance à une tâche cognitive.

Rose et Clark (2000), ont voulu démontrer l'efficacité d'un entraînement multifactoriel avec biofeedback visuel sur les personnes âgées ayant chuté. L'entraînement d'une durée de 8 semaines (2 fois 45 minutes par semaine) consistait en une progression de différentes tâches (assis, debout, atteindre un objet) exécutées avec différents types de supports (assis sur ballon, debout sur une surface en mousse, plate-forme incliné) sous différentes conditions sensorielles (sans vision et système vestibulaire perturbé). Un protocole avec feedback atténué (100% - 20%) a été utilisé pour éviter sa dépendance. Comparativement au groupe contrôle, le groupe expérimental a amélioré leur performance au Limits of Stability test, au Sensory Organization Test, au Berg et au « Timed Up and Go test ». Les auteurs concluent qu'un entraînement avec biofeedback visuel manipulant les systèmes sensoriels de l'individu, le type de la tâche à exécuter et les contraintes environnementales améliore significativement l'équilibre statique et dynamique chez les personnes âgées. Par contre, il est important de noter que les résultats ne peuvent pas être généralisés car les personnes âgées utilisées dans cette étude avaient chuté au moins une fois dans la dernière année nécessitant une chirurgie. D'ailleurs, il est même difficile de conclure si c'est le biofeedback ou le protocole d'entraînement, touchant plusieurs aspects de l'équilibre, qui est la cause des améliorations. Il a déjà été démontré que ce type d'entraînement sans biofeedback visuel améliore l'équilibre (Hu & Woollacott, 1994a). Néanmoins, cette étude a démontré que cet entraînement avec biofeedback visuel a un impact favorable sur les habiletés des personnes âgées à exécuter des tâches journalières comme le fait foi les résultats du Berg et du « Timed Up and Go test ».

Entraînement de la posture dynamique. Contrairement au type d'entraînement précédant, beaucoup d'études ont porté sur l'entraînement de la posture dynamique. Ces études utilisent le système du test « Limits of Stability » ou une modification de celui-ci

pour entraîner les personnes âgées. Hamman, et al. (1992) n'ont démontré aucune différence chez les jeunes adultes au niveau de l'équilibre statique (yeux ouverts, yeux fermés, avec biofeedback visuel) avant/après un entraînement d'équilibre dynamique avec biofeedback visuel (le Limits of Stability test modifié) soit 1h par jour pendant 5 jours ou 1h par semaine pendant 5 semaines. Toutefois, l'équilibre dynamique (Limits of Stability test) fut amélioré sur deux des trois mesures. Lors d'une étude semblable, Hamman, Longridge, Mekjavic, et Dickinson (1995) ont pu démontrer que les personnes âgées réagissaient différemment à ce type d'entraînement. Dans cette étude, les personnes âgées ont amélioré leurs temps de transition tandis que les jeunes adultes ont plutôt amélioré le contrôle de leurs COP lors du Limits of Stability test. L'amélioration au niveau de l'équilibre dynamique était prévue car l'entraînement et la mesure de celui-ci étaient réalisés par la même tâche (soit le Limits of Stability test). L'importance de ce type d'entraînement ne peut pas être reconnu par cette étude car aucune autre amélioration n'a été notée. Cependant, la courte durée de l'entraînement (5 semaines) est peut-être la cause des résultats non significatifs obtenus au niveau des oscillations posturales statiques. Ceux-ci auraient peut-être été améliorés si l'entraînement avait duré plus longtemps.

D'autres auteurs, Wolf et al. (1997) ont démontré qu'un entraînement de la posture dynamique améliore les oscillations posturales statiques. Les participants de la FICSIT ayant pratiqué une heure d'équilibre dynamique avec le système « Limits of Stability » par semaine pendant 15 semaines ont amélioré leurs oscillations latérales et leurs oscillations antéropostérieures lorsqu'ils avaient les yeux ouverts (avec et sans perturbations). De plus, ils ont amélioré leurs oscillations latérales les yeux fermés avec perturbations. D'après les résultats du test de rétention, les améliorations obtenues après l'entraînement se sont maintenues jusqu'à 4 mois.

Il est clair qu'un entraînement de la posture dynamique améliore les oscillations posturales des personnes âgées tant dynamiques que statiques mais ces dernières semblent avoir besoin plus de 5 semaines d'entraînement pour observer une amélioration. Wolf et al. (1997), ont démontré cependant que ce type d'entraînement augmente la peur de tomber. Alors, ces auteurs concluent que malgré des améliorations des oscillations posturales, il faut se questionner sur la nécessité de ces améliorations sur les risques de chuter. Cependant, aucune étude n'a observé si les habiletés fonctionnelles et le temps de réaction peuvent être améliorés avec ce type d'entraînement. De plus, très peu d'études ont fait un test de rétention pour déterminer si les améliorations ne seraient pas un simple effet de pratique.

Il est alors important d'observer si un entraînement d'équilibre dynamique avec biofeedback visuel améliore les habiletés fonctionnelles et les temps de réaction des personnes âgées avant de rejeter ce type d'entraînement comme moyen de réadaptation et de prévention des chutes.

Entraînement combiné

En sachant que chaque entraînement améliore les habiletés spécifiques à la tâche, certains chercheurs (Binder et al., 2002; Hauer et al., 2001; Shumway-Cook et al., 1997) ont voulu déterminer si une combinaison d'entraînement pouvait engendrer une meilleure amélioration de l'équilibre. Récemment, Binder et al. (2002) ont démontré qu'un entraînement multidimensionnel était plus efficace qu'un entraînement à la maison pour réduire les détériorations physiques et pour améliorer les limitations fonctionnelles. Ces auteurs ont entraîné des personnes âgées trois fois par semaine pendant neuf mois. Un groupe suivait un programme progressif qui débutait avec des exercices de flexibilité, d'équilibre et de coordination. Des exercices de résistance (poids et altères) et des exercices

cardiovasculaires furent ajoutés après 3 et 6 mois respectivement. Le groupe contrôle s'entraînait à la maison avec 9 exercices de flexibilité simples à exécuter. Le groupe supervisé a amélioré plusieurs aspects de son équilibre (Berg, Functional reach, équilibre sur une jambe et équilibre sur une poutre), augmenté sa force (extension des jambes) et son VO_2 max comparativement au groupe contrôle.

Même chez la population de personnes âgées ayant chutées, les résultats sont favorables. Shumway-Cook et al. (1997), ont trouvé qu'un entraînement multidimensionnel (exercices avec résistance, cardiovasculaire, de flexibilité, d'équilibre statique et/ou d'équilibre dynamique), spécifique aux besoins des participants améliore l'équilibre et la mobilité des personnes âgées ayant chuté au moins une fois. De plus, ils ont démontré que les risques de tomber diminuent avec ce type d'entraînement. Également, Hauer et al. (2001) ont évalué des personnes âgées ayant chutées avant et après un entraînement de résistance combiné à un entraînement fonctionnel de 3 mois (3 fois par semaine). Comparativement au groupe placebo (exercices légers conventionnels), le groupe expérimental a amélioré son équilibre sur tous les aspects mesurés (mobilité, « Timed Up and Go test », oscillations statiques et autres), sa force (augmentation du 1RM des extensions des jambes) et son état physique et émotionnel. Les incidents de chutes ont aussi diminué mais pas significativement (25%). Ces auteurs ont conclu que ce type d'entraînement est sécuritaire et efficace pour réduire les limitations liées aux chutes chez cette population.

Cependant, même si ces études démontrent plusieurs améliorations au niveau de la force et de l'équilibre, aucune d'entre elles n'a comparé ses résultats avec un groupe s'entraînant en équilibre seulement. Alors est-ce vraiment la combinaison de différents types d'entraînement qui ont apporté une amélioration de l'équilibre ou est-ce

l'entraînement de l'équilibre lui-même? Seul, Wolfson et al. (1996) ont observé si un entraînement combinant force et équilibre était plus profitable qu'un entraînement de force ou d'équilibre. L'entraînement d'équilibre consistait d'un entraînement de la posture dynamique avec le système « Limits of Stability ». Les résultats ont démontré que chaque type d'entraînement (équilibre et force) améliore l'équilibre ou la force respectivement mais les deux entraînements ensemble n'offrent pas d'effet additif. De plus, d'après Wolfson et al., le Tai Chi Quan est une bonne alternative pour maintenir les acquis de force mais une meilleure alternative devrait être utilisée pour maintenir des améliorations au niveau de l'équilibre. Toutefois, encore aucune observation sur les habiletés fonctionnelles ni les temps de réaction n'a été fait.

Les entraînements combinés sont alors efficaces mais d'après les études mentionnées plus haut, les améliorations sont spécifiques à la tâche entraînée. Ils améliorent simplement les aspects physiques qui sont entraînés. L'équilibre est donc amélioré par un entraînement d'équilibre et la force est améliorée par un entraînement de force. Récemment, grâce à l'avancement dans la technologie une nouvelle technique fut élaborée pour améliorer l'équilibre : la Réalité Virtuelle. Cette technique est une intervention sécuritaire qui apporte beaucoup de possibilités aux intervenants pour le contrôle de l'équilibre.

Réalité Virtuelle

Le domaine d'étude en réalité virtuelle, en début de développement, est quand même très vaste. La médecine est en constante recherche de technique efficace pour simuler des chirurgies pour ainsi faciliter l'apprentissage des étudiants. Différentes professions telles que pilote ou pompier utilisent déjà la réalité virtuelle à l'intérieur de leur formation. L'entraînement d'habileté sportive bénéficie aussi de la réalité virtuelle avec la

création d'entraîneurs virtuels qui démontrent le patron moteur parfait. Holden et Dyar (2002) ont développé ce type d'entraîneur où l'athlète pouvait comparer son mouvement et celui de l'entraîneur. L'athlète pouvait voir s'il avait une mauvaise technique ou s'il manquait de force, de timing ou de précision. L'entraîneur virtuel, présenté en superposition comme une ombre, exécute le patron moteur dans la même direction que l'athlète (on peut nommer cette technique du guidage virtuel) favorisant ainsi l'apprentissage (Holden & Dyar).

De récentes études en réadaptation ont tenté d'évaluer les effets d'un entraînement en réalité virtuelle avec différentes populations. Malgré que les recherches dans la littérature soient des études pilotes, les conclusions sont très prometteuses. Les patients « post-stroke » ont amélioré leur force et leur habileté fonctionnelle après un entraînement d'atteinte virtuelle (Holden & Dyar, 2002) et leur vitesse de démarche après un entraînement de courses à obstacles virtuels (Brown, Jaffe & Buckley, 2002). Brown et al. concluent que la réalité virtuelle procure un environnement sécuritaire avec de meilleurs stimuli visuels que la réalité, ce qui expliquerait les meilleurs résultats des patients entraînés en réalité virtuelle que les patients entraînés en réalité. Certains auteurs (Brown et al.; Christiansen et al., 1998, Zhang et al., 2001) ont examiné la possibilité d'utiliser la réalité virtuelle pour rééduquer les patients ayant subi un traumatisme crânien. En analysant les habiletés à préparer un repas virtuel (préparer une soupe), on a pu différencier un groupe de personne en santé d'un groupe souffrant d'un traumatisme crânien (Zhang et al.). De plus, cette simulation a pu démontré les différents problèmes engendrés par ces patients à exécuter une tâche quotidienne (Christiansen et al.) et serait un outil efficace pour les rééduquer (Zhang et al.).

Au niveau de la posture, lors d'une récente étude pilote (McComas & Sveistrup, 2002) un patient ayant subi un traumatisme crânien a amélioré sa symétrie et son contrôle postural après seulement six minutes d'entraînement d'équilibre en réalité virtuelle (atteinte d'objet, transfert de poids). Une étude plus approfondie a démontré qu'un entraînement en réalité virtuelle est aussi efficace qu'un entraînement conventionnel pour améliorer l'équilibre des patients (Thornton et al., in press). De plus, ces auteurs ont démontré que les patients du groupe réalité virtuelle étaient davantage optimistes et motivés suite à l'entraînement que les patients du groupe conventionnel. Lors d'une autre étude pilote, avec des personnes en santé, un entraînement en réalité virtuelle en cyclisme a amélioré l'équilibre sur le vélo (Kim, Yoo & Im, 1999). La réalité virtuelle a aussi réussi à créer un environnement défiant progressivement les habiletés posturales des patients ayant un désordre vestibulaire, d'une façon contrôlée, sécuritaire et difficile à réaliser sans la réalité virtuelle (Whitney et al., 2002).

La littérature présente de bons arguments de l'utilité de la réalité virtuelle dans plusieurs domaines. La réalité virtuelle offre plusieurs avantages comparativement à la réalité. Premièrement, l'environnement virtuel ainsi que les conditions de la tâche et même la nature de la tâche peuvent varier d'un essai ou d'un groupe d'essai à l'autre ce qui facilite la progression d'apprentissage et assure une spécificité pour chaque participant (Christiansen et al., 1998; Holden & Dyar, 2002; Whitney et al., 2002; Zhang et al., 2001). Deuxièmement, la réalité virtuelle donne la possibilité aux participants de simuler des situations qui seraient impossibles ou trop dangereuses d'exécuter en temps réel (Christiansen et al.; Holden & Dyar; McComas & Sveistrup, 2002; Withney et al.). Troisièmement, les feedbacks sont optimisés et plus faciles à transmettre permettant de rétroagir après chaque essai (connaissance du succès), après un groupe d'essais (feedback

en résumé) et/ou pendant l'essai (Holden & Dyar). Quatrièmement, il a été démontré dans certains cas que l'apprentissage avec la réalité virtuelle est supérieur à l'apprentissage en réalité (Todorov, Shadmer & Bizzi, 1977). Le transfert de l'apprentissage en réalité virtuelle à la réalité a porté beaucoup d'incertitude dans la littérature mais il semble que plus la réalité virtuelle ressemble à la réalité, plus le transfert se fait favorable (Rose, Attree, Brooks & Johnson, 1998). Finalement, en plus d'être un environnement sécuritaire nécessitant peu d'espace (Holden & Dyar), la réalité virtuelle rend la thérapie ou l'entraînement plus plaisant favorisant ainsi l'apprentissage (Holden & Dyar). Le seul désavantage apparent est le « cybersickness » caractérisé par des symptômes secondaires tels que nausée et étourdissement causés par un excès d'exposition à la réalité virtuelle. Ces symptômes peuvent être minimisés par le temps des essais, le nombre d'essais et le type de réalité virtuelle. Il semble que plus la réalité virtuelle est immersive, plus les chances de « cybersickness » sont présentes (Holden & Dyar).

Les personnes âgées pourraient grandement bénéficier d'un entraînement de réalité virtuelle sollicitant leur équilibre. Cependant, aucune étude n'a expérimenté la possibilité des bienfaits de la réalité virtuelle sur l'équilibre de cette population. La réalité virtuelle peut avoir tous les avantages d'un entraînement avec biofeedback visuel et encore plus du fait que l'entraînement en réalité virtuelle peut être conçu comme un jeu donc plus intéressant.

Lacunes dans la littérature

Malgré les nombreuses études sur l'équilibre et l'entraînement des personnes âgées, certaines lacunes sont présentes dans la littérature. Parmi celles-ci, deux sont très importantes : la nature de l'entraînement et le choix des mesures d'évaluation de l'équilibre. Il est nécessaire de trouver un consensus sur la nature de l'entraînement pour

améliorer l'équilibre chez les personnes âgées. Les chercheurs ne s'entendent pas sur la durée ni sur la fréquence optimale afin d'obtenir des résultats. Toutefois, d'après les études décrites, on s'attend à ce qu'un entraînement soit d'une durée minimale de 8 semaines et qu'il y ait, peu importe la fréquence, une heure de pratique par semaine.

Au niveau de l'évaluation de l'équilibre, la quantité, les différents types et le manque de validité rendent le choix des tests très difficile. Parmi les études décrites, ceux ayant les résultats les plus concluants ont évalué plusieurs aspects de l'équilibre. Il semble important d'évaluer le temps de réaction et les habiletés fonctionnelles dont le test de Berg et le questionnaire ABC.

Plusieurs lacunes dans la littérature ont suscité l'intérêt d'entreprendre cette étude. Premièrement, malgré les améliorations évidentes, aucune étude n'a essayé d'examiner l'effet de l'entraînement de la posture dynamique avec feedback visuel sur la capacité d'attention et l'équilibre fonctionnel des personnes âgées. Deuxièmement, malgré la pleine croissance de la réalité virtuelle, aucune étude en réalité virtuelle ne s'est attardée au problème d'équilibre des personnes âgées. Pourtant grâce aux avantages mentionnés (sécurité, erreurs sans conséquences négatives, plaisant), les personnes âgées pourraient bénéficier d'un entraînement en réalité virtuelle.

Questions spécifiques et hypothèses

Le but spécifique de cette étude est d'évaluer l'effet de deux types d'entraînement de la posture dynamique sur le temps de réaction, les oscillations posturales et les scores au test « Community Balance and Mobility », du « Lateral Reach Test » et du questionnaire « Activities-specific Balance Confidence Scale » des personnes âgées. Le test « Community Balance and Mobility » a été préféré au test de Berg pour évaluer l'équilibre fonctionnel car il évalue un niveau d'équilibre plus élevé que ce dernier. Hors, les

participants étant des personnes âgées n'ayant pas chutées ont une plus grande marge de manœuvre pour s'améliorer. Le « Lateral Reach Test » a été choisi pour évaluer l'équilibre dynamique grâce à la ressemblance de la tâche aux deux entraînements.

Les personnes âgées du premier groupe s'entraîneront avec un système de biofeedback visuel qui consiste à déplacer son centre de gravité vers quatre coins d'un rectangle. Les personnes âgées du deuxième groupe s'entraîneront avec un système de réalité virtuelle qui consiste à jongler avec un ballon virtuel tombant de chaque côté du participant. Ces deux entraînements ont comme but commun de connaître, de contrôler et de pousser les limites de stabilité.

Cette étude a comme objectif d'observer si ces entraînements amélioreront l'équilibre statique, l'équilibre dynamique, la confiance d'équilibre et/ou les habiletés fonctionnelles des personnes âgées, en plus de déterminer si ces entraînements diminueront la demande attentionnelle portée à l'équilibre. Finalement, cette étude permettra d'examiner les différences possibles entre les effets de l'entraînement avec biofeedback visuel et de l'entraînement par réalité virtuelle.

D'après la littérature, tous les entraînements de l'équilibre créant un déplacement dynamique ont réussi à améliorer les scores des habiletés fonctionnelles mais d'après Wolf et al. (1997), un entraînement de posture dynamique augmente la peur de tomber. Il est alors proposé comme première hypothèse que les deux types d'entraînement n'amélioreront pas la confiance (les scores du « Activities-specific Balance Confidence Scale ») mais amélioreront les habiletés fonctionnelles (les scores du test « Community Balance and Mobility ») des personnes âgées. Comme deuxième hypothèse, il est attendu, d'après Lajoie (in press), que le groupe s'entraînant en biofeedback visuel ne présentera aucune amélioration d'équilibre statique significative mais aura un meilleur temps de réaction. De

plus, le groupe s'entraînant en réalité virtuelle aura sensiblement les mêmes résultats car cet entraînement est comparable à l'entraînement avec biofeedback visuel. Finalement, d'après le principe de spécificité, un entraînement améliore les qualités physiques qui sont spécifiques à la tâche entraînée. Vu que l'entraînement en réalité virtuelle est pratiquement identique au « Lateral Reach Test », la troisième hypothèse est que cet entraînement améliorera les scores au « Lateral Reach Test » alors que le groupe s'entraînant en biofeedback visuel ne présentera aucune différence.

CHAPTER II

Article to be submitted

Gait and Posture

The Effectiveness of Virtual Reality and Biofeedback Training to Improve Balance and
Attention of Older Adults.

E. Bisson¹, B. Contant¹, H.Sveistrup^{1,2}, Y. Lajoie¹.

¹School of Human Kinetics, University of Ottawa, Ottawa

²School of Rehabilitation Sciences, University of Ottawa, Ottawa

Correspondence to:

Yves Lajoie, PhD
School of Human Kinetics
Faculty of Health Sciences
University of Ottawa
125 University St.
Ottawa, Ontario
K1N 6N5
Canada
Phone: (613) 562-5800 ext. 4273
Fax: (613) 562-5149
E-mail: ylajoie@uottawa.ca

THE EFFECTIVENESS OF VIRTUAL REALITY AND BIOFEEDBACK TRAINING
TO IMPROVE BALANCE AND ATTENTION OF OLDER ADULTS.

Abstract

For balance impairment, virtual reality (VR) training has been used with success on stroke and TBI patients to rehabilitate balance. For the elderly population, computer based biofeedback (BF) training has been shown to improve balance and reaction time but VR training has never been tested. The objective of this study was to compare the effectiveness of VR training with BF training to improve balance and attentional demands of older adults. Twenty-four healthy older adults, 12 in the BF group (age= 73,1±4,92), 12 in the VR group (age=74,4±3,65) underwent a 10-week training program consisting of two sessions per week for 30 minutes each session. VR training consisted of participants juggling with a virtual ball without moving their feet, whereas BF training consisted of moving their center of gravity, that was represented in a monitor by a red dot, to four corners shown in the monitor. Measures of postural sway and reaction time were taken and a functional test (CB&M) was monitored before the training, as well as one week and one month after the end of the program. After completing the program, older adults in both groups had significantly improved their score in the CB&M test, decreased their reaction time with training but postural sway did not change significantly. Thus, both training programs were effective for improving balance by improving functional abilities and by minimizing the quantity of attention needed for good balance. Consequently, older adults undergoing these training programs would have more attention to analyse their external environment.

Keywords: Attention, Balance Training, Virtual Reality, Biofeedback, Elderly.

Introduction

Physical activity has an important influence on one's health status, especially for seniors¹. Most seniors experience a loss of strength, bone density, aerobic capacity and balance that can lead to a multitude of severe consequences. Physical training can be used to stop or counterbalance these deteriorations. Numerous studies have demonstrated with unanimity that older adults can easily increase their strength, muscle mass and bone density with a strength training program¹. Unfortunately, this type of training contributes minimally to improving balance. Most studies have shown little^{2,3} or no improvement^{4,5} in participant's balance after completing different types of strength training programs. Among the studies that showed an improvement in balance, only the dynamic balance was significantly improved. Furthermore, Bellew et al. (2003) found an increase in postural sway after completing a strength training program suggesting that increased muscular strength is not related to the ability to control sub-maximal isometric forces. Strength could be related to balance but a threshold seems to exist under which balance can be improved by a strength training program⁶. Given the lack of improvements to balance seen with strength training programs, other effect intervention must be found.

It is known that falling can result in loss of independence and even death. Therefore, improving or simply maintaining functional abilities and balance is essential for seniors. Research has shown that elderly can improve their balance with Tai Chi^{7,8} and with visual biofeedback training^{7,9-11}. Hamman, Longridge, Mekjavic and Dickinson (1995) used biofeedback training in their study and showed that such training improved dynamic balance, but not in static balance. Static balance, however, might have been improved if a longer training period implemented, since the study was only five weeks long. In fact, Wolf et al. (1997) implemented a 15 week training program and compared the

effect of Tai Chi and dynamic visual biofeedback training on the balance and the fear of falling of 48 older adults. Their results showed an improvement in postural sway for the biofeedback group but not in the Tai Chi group. Despite the improvements from the biofeedback, fear of falling in the biofeedback group increased, whereas the Tai Chi group had less fear of falling. Wolf et al suggested that the Tai Chi group did not improve their postural sway because it did not concern them. Wolf et al (1997) stated that according to the findings of the FICSIT studies, (Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques) Tai Chi is currently the best balance training.

Wolfson et al. (1996) have demonstrated the importance of specificity of training. After 15 weeks of balance training with biofeedback alone, strength training alone or a combination of both, participants who received strength training improved their strength and participants who received balance training with biofeedback improved their balance. However, after the 6 month-maintenance phase the balance training group's scores for two of the three balance measures drew nearly back to baseline values. These results are consistent with the findings of Wolf et al. (1997). The negative effect of Tai Chi training on postural sway as found in Wolf et al. study counteracted the gains incurred after the balance training with biofeedback. Since Wolf et al. found that fear of falling was increasing with biofeedback training; the authors suggested that future research reconsider the use of trying to improve postural sway with this type of training.

Similarly, Lajoie (in press) has shown that biofeedback training does not seem to improve fear of falling. However, like other studies, Lajoie's results showed no difference in postural sway but reaction time decreased significantly after eight weeks of training, as compared to a control group. The author concluded that trained participants reduced their attention needed for posture, thereby allowing them to allocate more attention on the

reaction time task. Thus, Lajoie stated that biofeedback training can improve balance by decreasing the attention allocated to posture in favour of another task. Reaction time has already been suggested as an important variable of balance^{12,13}. In fact, an effective model to differentiate fallers from non-fallers was created with simple reaction time as the primary factor¹⁴. Recently, new technology is available for balance training with a lot of advantages.

Virtual reality is a technology that seniors could benefit from but has yet to be explored by this field of research. Virtual reality is defined as a computerized simulation in three dimensions¹⁵ that has to be in real time and interactive¹⁶. The advantages of virtual reality are well known. Primarily, virtual reality facilitates the trainer's ability to vary the environmental conditions and to give feedback¹⁷. Secondly, virtual reality allows the trainee to simulate situations that would otherwise be too harmful^{16,17}. Lastly, virtual reality is unique, interesting and more enjoyable than traditional training¹⁷. Sometimes learning is even better with virtual reality training as compared to real time training¹⁸. Actually, strength, functional abilities¹⁶ and gait speed¹⁹ of post-stroke patients have been improved with virtual reality training. Recently, a pilot study by McComas & Sveistrup (2002) indicated that a TBI patient improved his symmetry and postural control after only six minutes of virtual balance training. Thornton et al. (in press) followed to this pilot study by examining the effectiveness of this type of training compared to a conventional training with TBI patients. They found an increase in balance in both groups. However, participants from the virtual reality group were more enthusiastic, had more positive comments and a higher level of motivation than the conventional group²⁰.

Seniors could probably benefit from all the advantages of a virtual balance training but its effectiveness compared with biofeedback training to improve balance is unknown.

Even if dynamic balance training with visual biofeedback proved to improve postural sway, its effectiveness to improve attentional demands was shown only with a static balance training with visual biofeedback. Thus, the goal of this study was to examine the effect of dynamic balance training using visual biofeedback (BF) and virtual reality (VR) on the balance and attentional demand of seniors. Attentional demands can be evaluated with a dual task paradigm where a cognitive task and a postural task are performed simultaneously. By comparing the participants' performance of the cognitive task (secondary task) through the evaluations, it is possible to compare the amount of attention allocated to the postural task.

The first objective of this study was to see if BF training and VR training could improve static (quiet standing) and dynamic (Lateral Reach Test) postural sway, reaction time and functional abilities (Community Balance & Mobility test). The CB&M was preferred to the Berg Balance Scale because it evaluates a higher level of balance giving more possibility of improvement with a healthy senior population. The second objective was to observe any differences between the two types of training. No control group was used in this study since no improvement is expected for the control group.

Accordingly to the literature on dynamic balance training, it is suggested that functional abilities of both groups would be improved with training. Secondly, it has been assumed that the BF group would increase their reaction time without improving their postural sway reflecting Lajoie's (in press) results. Moreover, it has been believed that VR group would have the same training effect since the training was similar. Finally, it was hypothesized that the VR group's dynamic balance would increase with training since the task of the training was specific to the Lateral Reach Test.

Methods

Participants and recruitment

Thirty-five older adults from the community of the National Capital of Canada participated in this study. Participants had to be independent and in good physical and mental health. Participants were excluded from the study if they had: experienced one or more falls in the last year, peripheral neuropathy, an uncontrolled heart problem, severe arthritis, severe back pain, a recent leg injury (last six months), tunnel vision or any vestibular problem. Participants had to be able to walk without human or material aid.

Members from different senior centers in the Ottawa region were invited during their registration period to volunteer to participate in a balance training study. Those that were interested, and who filled the criteria mentioned above, gave their name and phone number to be contacted for further information regarding the nature of the study. Baseline evaluations were scheduled for the potential participants who were still interested.

Participants recruited were elderly from different day centre, thus, were functionally able to travel by car, bus or walking from their home to the training site. For equipment convenience, all members from the same senior day centre (the Good Companions Seniors' Centre) were assigned to the BF group and the training took place at their centre. All other participants were assigned to the RV group and had to come at the University of Ottawa for training. All seniors were English or bilingual, therefore all participants were satisfied with an English setting.

Procedures

During baseline evaluation, participants completed and signed a consent form and a questionnaire on their health status. Then, their reaction time was measured and their balance was evaluated by different means. Participants from the Good Companions

Seniors' Centre received dynamic balance training with visual biofeedback (BF), whereas the other participants received dynamic balance training with virtual reality (VR). Security was assured by having the force plate at ground level and by asking participants to wear a therapeutic walking belt at all times. The attendance was monitored and participants were considered drop-outs if they missed four training sessions in sequence. Only the results of participants with at least 85 % attendance were analyzed. From the 11 participants who dropped out, 6 dropped out because of illness, 3 had a change in their schedule and were no longer able to participate and 2 participants' data were not analyzed because of technical problem during one evaluation. In total, 24 participants (mean age = 73.8 ± 4.29) completed the training; 12 from the BF group (age = 73.1 ± 4.92) and 12 from the RV group (age = 74.4 ± 3.65).

Training protocol

During each training program, participants attended two 30 minute sessions per week for a period of 10 weeks. One training session consisted of 15 trials of 90 seconds. During the first session, participants were asked to place their feet on a sheet of paper in a comfortable, near shoulder width position. Their feet were then traced to assure consistency of their limits of stability throughout the training program.

Dynamic balance training with visual biofeedback

Participants (n=12) stood on a force platform with feet at shoulder width apart. They had a visual feedback (red cursor) representing their centre of pressure (COP) on a monitor at eye level. Starting with the COP in the middle, participants were instructed to move the screen cursor (centre of pressure) to the four corners of a black rectangle. Participants had to bring the cursor back into the centre of the screen after reaching each corner. This cycle had to be done clockwise and counter clockwise once during each trial. If any remaining

time after one cycle, participants had to stay steady in the center of the screen until the end of the trial. Participants were told to go as far as possible near each corner in a controlled matter.

Dynamic balance training in virtual reality

Participants (n=12) were able to see themselves in a 32 inch colour monitor that was placed 10 feet in front of them (non-immersive environment¹⁷). Standing with feet shoulder width apart, participants had to “juggle” with a virtual ball falling in different distance on both side of the participant. Every time the participant touched the virtual ball, he was able to react to the trajectory of the ball heading on the opposite side or on the same side randomly. Every time the participant missed the ball, a new virtual ball was dropped randomly on either side of him. The background of the virtual environment was black to maximize the perception of the bright-colored ball. Participants wore red gloves to be able to interact with the virtual juggling software program. If any portion of the participant’s red gloves touched the ball, it would bounce but every time they missed the ball, a new ball appeared. Participants had to reach laterally in a continuous movement without lifting their heels or bringing their hands over their shoulders. Participants were told to bring their trunk back to the center after each reach attempt if they had time.

Outcome measures

Balance and attentional demands were evaluated at baseline, one and four weeks after completion of the training program. During each evaluation, simple reaction time, static and dynamic balance and functional abilities were examined for each participant.

Static balance

Static balance was monitored by measuring the participants’ anterior-posterior and medial-lateral postural sway. Postural sway measures the displacement of one’s centre of

pressure inside the base of support when standing on a force platform. Postural sway was collected in three different conditions: a) feet shoulder width apart, b) feet together and c) feet together while performing a simple reaction time task. For each condition, three trials of one minute were completed. Participants were asked to remain motionless with the head straight and the arms on the side of the body. The conditions were randomly assigned to avoid practice effect. The root mean square (RMS) was calculated in both axes from the postural sway data. The RMS represents the excursion of the path produced by the oscillations of the COP and has been used by several researchers²⁰ as a measure of postural steadiness.

Attentional demands

To evaluate attentional demands, dual task paradigm was used where the primary task was quiet standing and the secondary task was a simple reaction time. Participants were instructed to stand motionless with feet together on the force plate with the head straight and the hands at the side of the body. This stance (feet together) was chosen to stress the attentional mechanisms. Meanwhile, participants had to say 'top' when hearing a sound signal. Three trials of one minute were completed in which six signals could be heard. Participants were instructed to concentrate on their posture and to respond as fast as possible without affecting their balance. Reaction time is defined as the time to respond without anticipation of a stimulus²². Thus, to avoid any anticipation, the sound signals were initiated manually by the researcher at five to 15 seconds intervals.

Dynamic Balance

The Lateral Reach Test (LRT) was used to evaluate dynamic balance. This valid test measures the ability to control medial-lateral balance inside the limits of stability²³. Participants, with feet shoulder width apart, had to reach laterally as far as possible without

lifting their heels, bending their knees or turning their trunk. The best distance in centimeter of two trials for both sides was kept on file.

Functional abilities

The functional abilities were tested with the Community Balance and Mobility test (CB&M). The CB&M, first created to evaluate the balance of patient with traumatic brain injuries, has been proven to be reliable with an intraclass correlation coefficient of 0.98 indicating high agreement between tests²⁴. It has been proven to be effective with any population that might have imbalance²⁴. This functional test evaluates a high level of balance with 13 functional challenging tasks that emphasize mobility (walking sideways, walk and bend, walk on a line). The scoring is based on a 6-point scale (0 to 5) for a maximum score of 96 points. Internal consistency amongst the items has been shown to be very high (Cronbach alpha = 0.96). The test was administered using standardized instructions, filmed and coded by a blinded research assistant.

Statistical Analysis

A multivariate analysis of variances (MANOVA) was done with both groups' scores on the CB&M, LRT, reaction time and RMS at baseline, post-training and retention (transfer test). Differences between groups (BF and VR) and testing period (baseline, post-training and retention) with each variable were analyzed.

Results

As shown in Table 1, age and mental state of the two groups were similar. However, gender was different between groups. This difference was not considered in the results since no significant gender difference was found in reaction time ($F(1,20) 1.13, p=0.3$) and in LRT scores ($F(1,20) 0.637 p=0.434$). Moreover, even with a significant gender difference in CB&M scores ($F(1,20) 9.84, p < 0.01$), no interaction effect was significant

between gender and time of evaluation ($F(2,40) = 0.211, p=0.811$) suggesting that the improvement due to training was not different between genders.

INSERT TABLE 1 HERE

Functional Abilities

The mean CB&M score of both groups, as shown in Figure 1, increased significantly from baseline to post-training and retention ($F(2,46) = 14.5, p < 0.01$) demonstrating a clinically (> 5 points) significant improvement. However, no difference between groups ($F(1,23) = 0.163, p = 0.719$) or interaction ($F(2,46) = 0.263, p = 0.77$) was found indicating that both types of training improved functional abilities the same way.

INSERT FIGURE 1 HERE

Static Balance

The postural sway of both groups did not change after completing the training program and the difference between the two groups was not significant. However, a significant task effect ($F(2,44) = 101.91, p < 0.01$) and interaction between directions of sway and tasks ($F(2,44) = 73.52, p < 0.01$) were found (see Figure 2). A Scheffé test revealed that for both groups, the RMS in anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) axes was significantly lower when the participants had their feet apart compared to any RMS measures of both tasks with feet together ($p < 0.01$). The RMS was significantly greater in the AP axis compared with the RMS in the ML axis when participants had their feet shoulder width apart ($p < 0.01$) but when the participants had their feet together, the opposite was observed. The RMS in the ML axis was significantly greater than the RMS in the AP axis. Furthermore, no differences in the RMS were found between tasks with feet together in either axis when comparing posture alone or in dual-task. This suggests that the

participants were really concentrating their attention on posture during both tasks as instructed.

INSERT FIGURE 2 HERE

Dynamic Balance

The distance reached during the LRT did not change on either side and no difference between groups was found. Also, there was no significant difference between left and right lateral reach for both groups (See Table 2).

INSERT TABLE 2 HERE

Attentional Demands

Results of a two way Anova (group X time of evaluation) with repeated measures on the second factor revealed no group effect ($F(1,22) = 2.01, p > 0.05$) but a significant main effect on time of evaluation ($F(2,44) = 10.30, p < 0.01$) (see Figure 3) was found. A Scheffé test showed that the reaction time at baseline was significantly higher ($p < 0.01$) compared to post-training and retention reaction time, however, no difference was found between post-training and retention. No significant interaction between factors ($F(2,44) = 2.03, p > 0.05$) suggests that both groups improved their reaction time equally after the training program and maintained the improvement after one month of completing their respective training program.

INSERT FIGURE 3 HERE

Discussion

After undergoing a 10 week training program either with visual biofeedback or virtual reality, older adults improved their functional abilities and their reaction time whereas their postural sway and lateral reach did not change. The following section will discuss these findings.

Functional abilities

The CB&M evaluates postural stability in a higher functioning population where participants need to perform more challenging activities while maintaining postural control in multitask situations and in sequence. Only participants with a high level of postural control obtain high CB&M scores²⁴. An improvement in the CB&M scores indicates a higher level of postural control and consequently improved functional abilities.

Both groups increased their score on the CB&M test by 5 points indicating a statistically significant change due to training and, according to Inness & Howe (2002), a clinically significant improvement. More importantly, the noted improvements persisted over a period of 4 weeks showing the importance of the effects produced by the two training protocols. Participants improvements cannot be explained simply by traveling to the site of training because all participants were from day centers, therefore, use to travel.

The two training program had quite different task demands. The biofeedback group needed to control their centre of pressure while reaching as far as possible four different corners in a non-random manner. In contrast, the virtual reality group needed to hit a ball falling laterally by shifting their body without losing balance. The distance the virtual reality group reached was dependant on the random distance of the falling ball. Despite the different task demands of biofeedback and virtual reality, no difference was found in the CB&M score between groups since the essence of both programs was similar. The biofeedback group had feedback concerning their centre of pressure and the virtual reality group had feedback relating to their body movement. Moreover, both trainings had two common goals: to increase limits of stability and improve balance control. Scores from the lateral reach tests did not improve for either group indicating seniors did not enlarge their limits of stability. This might be due to the fact that the test used depended mostly on

physiological limitation instead of functional limitation, leaving no room for improvement. Since postural muscles lies mostly in the antero-posterior plan, distance reached laterally by participants depended strongly on their flexibility. On the other hand, authors strongly believe the older adults improved the ability to control their balance ant their muscular responses since both training was effective to improve functional abilities.

Postural Sway

Postural sway represented by RMS scores was found to be different only between tasks. Theses differences, however, were expected and follow a basic theoretical principle in balance: the amount of sway depends of the base of support. In this study, both groups swayed less when the participants had their feet apart because the base of stability in that position was greater than the feet were placed together. During the same task, participants swayed more in the anterior-posterior axis compared to the medial lateral axis whereas during both tasks with feet together, participants swayed more in medial lateral axis compared to the anterior posterior axis. Again, this can be explained by the base of support. The base of support was smaller in the anterior posterior axis when the feet were placed shoulder width apart, whereas the opposite was true when the feet were placed together. Furthermore, there was no difference in RMS between the two tasks with feet together indicating that participants' concentration was on posture during both tasks. Thus, the results indicate that participants followed the instructions that were given to them.

There was no change in RMS between or within either training group. Once again, this indicates training similarities but shows group similarities as well. This result suggests that the balance ability was similar within the two groups prior to the start of the training program and stayed similar throughout the study.

Participants in both training groups did not improve their postural sway with training, which contradicts Wolf and colleague's (1996) findings. These authors found an increase in postural sway with a biofeedback training, but, participants' balance was trained with perturbations and having the eyes closed. However, these results supports Lajoie's (in press) findings. In that study, Lajoie found no improvement in postural sway after 8 weeks of static biofeedback training (one hour twice per week). The RMS did not change after completion of the training programs, suggesting that the participants did not have any balance problems prior to the start of the training; therefore, leaving little room for improvement.

Attentional demands

The participant's standing reaction times improved at post-training from baseline values. Since postural sway did not change, attentional demands for the standing task must have decreased. This finding is in line with Lajoie's work (in press), and supports his conclusions that completing a training program allows participants to improve their performance on the cognitive task because less attention was needed for the postural task. Even after four weeks without training, participants had a faster reaction time compared to their baseline values. This demonstrates permanent gains in postural control. To support that this finding is unlikely attributed to a practice effect, Lajoie (in press) showed no improvement or retention with a control group in a similar study.

Thus, seniors were able to automate a postural task as a result of biofeedback training and virtual reality training. This is critical in an older adult's life because seniors need more attention for any postural task as they get older. In fact, it has been proven that reaction time is one of the most important factors to predict fall¹²⁻¹⁴. Since attention has a limited capacity, automation helps free the individual's processing capacity to focus on

other tasks. Therefore, it is possible to suggest that risk of falling might be after undergoing the training programs because seniors have more attention available to process external information and react faster.

Conclusions

Older adults can benefit from dynamic training with biofeedback and with virtual reality. It has been shown in this study that seniors trained were able to improve their functional abilities and their reaction time while allocating less attention to standing. This shows that a training program doesn't need to improve postural sway to be an effective method for improving balance. The worth of these two types of training is possibly due to the concordance of visual and proprioceptive information during training, updating the way seniors feel in their environment. Additionally, a fun, balance-challenging virtual reality game has the same positive effect on balance as a visual biofeedback training program which has been proven to be helpful.

Acknowledgements

The authors express gratitude particularly to IREX for the virtual reality program and to the Good Companion Seniors' Centre for the warm hospitality.

References

1. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sport Exer* 1999;31,12-17.
2. Barrett CJ, Smerdely P. A comparison of community-based resistance exercise and flexibility exercise for seniors. *Aust J Physiother* 2002;48(3):215-219.
3. Ryushi T, Kumagai K, Hayase H, Abe T, Shibuya K, Ono A. Effect of resistive knee extension training on postural control measures in middle aged and elderly persons. *J Physiological Anthropology & Applied Human Science* 2000;19(3):143-149.
4. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, Esselman PC, Margherita, AJ, Price R, Wagner EH. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fallrisk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A-Biol* 1997;52(4):M218-224.
5. Bellew JW, Yates JW, Gater GR. The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *J Strength Cond Res* 2003;17(1):121-128.
6. Wolfson L, Judge J, Whipple R, King M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A-Biol* 1995;50a:64-67.
7. Wolf SL, Barnhart HX, Ellison GL, Coogler CE. The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older participants. *Phys Ther* 1997;77(4):371-381.
8. Taggart HM. Effects of Tai Chi exercises on balance, functional mobility, and fear of falling among older women. *Appl Nurs Res* 2002;15(4):235-242.
9. Lajoie, Y. Effect of postural training on posture and attentional demands. *Aging and Clinical Experimental Research*. In press.
10. Hamman RG, Longridge S, Mekjavic I, Dickinson J. Effect of age and training schedules on balance improvement exercises using visual biofeedback. *J Otolaryngol* 1995;24:221-229.
11. Wolfson L, Whipple R, Derby C, Judge J, King M, Amerman P, et al. Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance. *J Am Geriat Soc* 1996;44:498-506.
12. Woollacott M, Schumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002;16:1-14.
13. Lord, S. R., Sherrington, C. & Menz, H.B. (2001). *Falls in older people : risk factors and strategies for prevention*. Cambridge ; New York : Cambridge University Press.
14. Gallagher SP, Lajoie Y. Predicting falls within elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Arch Gerontol Geriat* 2004;38:11-26.
15. Pimentel K, Teixeira K. *Virtual Reality: Through the New Looking Glass*. New York: McGraw Hill, 1995.
16. McComas J, Sveistrup H. Virtual reality applications for prevention, disability awareness, and physical therapy rehabilitation in neurology: Our recent work. *Neurology Report* 2002;26:55-61.
17. Holden M, Dyar T. Virtual environment training: A new tool for neurorehabilitation. *Neurology Report* 2002;26(2):62-71.
18. Todorov E, Shadmer R, Bizzi E. Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task. *J Motor Behav*, 1977;29:147-158.

19. Brown DA, Jaffe DL, Buckley EL. CSM 2002 proceedings: Use of virtual objects to improve gait velocity in individuals with post-stroke hemiplegia. *Neurology Report* 2002;26(2):105.
20. Thornton M, Marshall S, McComas J, Finestone H, McComrnick A & Sveistrup H. A virtual reality exercise program improves functional balance and mobility in community-living adults with traumatic brain injury. *J Am Phys Ther Ass*. In press.
21. Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehab* 1992; 73(11):1073-80.
22. Schmidt RA. *Motor control and learning: A behavioral emphasis*, Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1982.
23. Brauer S, Burns Y, Galley P. Lateral reach: a clinical measure of medio-lateral postural stability. *Physiother Res Int* 1999;4(2): 81-88.
24. Inness L, Howe J. (2002). The community balance and mobility scale (CB&M) - an overview of its development and measurement properties. *Synapse* 2002;22(1):2-6.

TABLE 1

Table 1 - Groups characteristics		
	BF (n = 12)	VR (n = 12)
Age (mean \pm SD)	73,1 \pm 4,92	74,4 \pm 3,65
MMSE (mean \pm SD)	29,2 \pm 1,63	29,8 \pm 0,389
Gender (M:F)	3:9	7:5

BF= Biofeedback training group, VR= Virtual Reality training group, MMSE= Mini Mental State Examination

TABLE 2

Table 2 - Dynamic Balance Measures of both groups at Baseline, Post-training and Retention.

groups	Baseline	Post-training	Retention
	Mean \pm SD	Mean \pm SD	Mean \pm SD
LRT right			
BF	24,8 \pm 4,88	26 \pm 5,81	21,3 \pm 3,97
VR	21,8 \pm 5,5	22,4 \pm 3,73	22,1 \pm 3,9
LRT left			
BF	22,04 \pm 2,46	22,5 \pm 4,52	21,9 \pm 3,03
VR	22,04 \pm 5,71	22,3 \pm 4,27	22,2 \pm 5,27

BF: biofeedback group, VR: virtual reality group, LRT: Lateral Reach Test.

CAPTIONS TO ILLUSTRATIONS

Fig. 1. Group differences in CB&M means between baseline, post-training and retention.

Fig. 2. Group differences in RMS means between axes for each postural sway conditions.

Fig. 3. Group differences in RT means between baseline, post-training and retention during a dual task

FIGURE 1

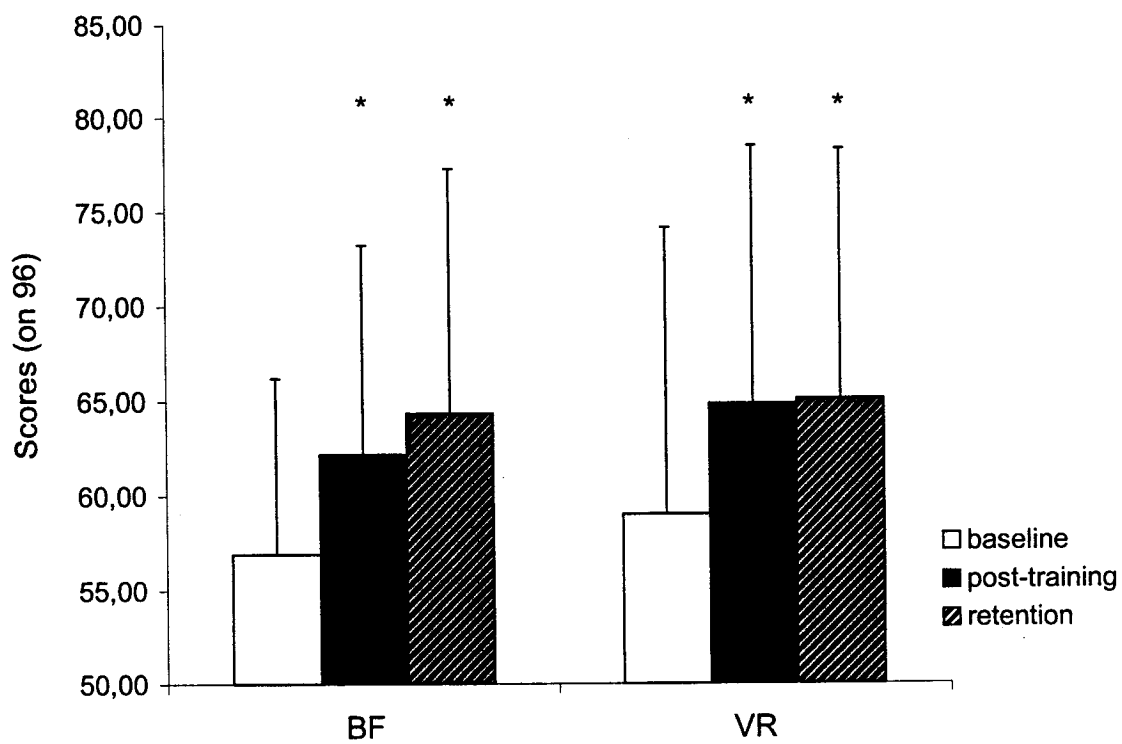


FIGURE 2

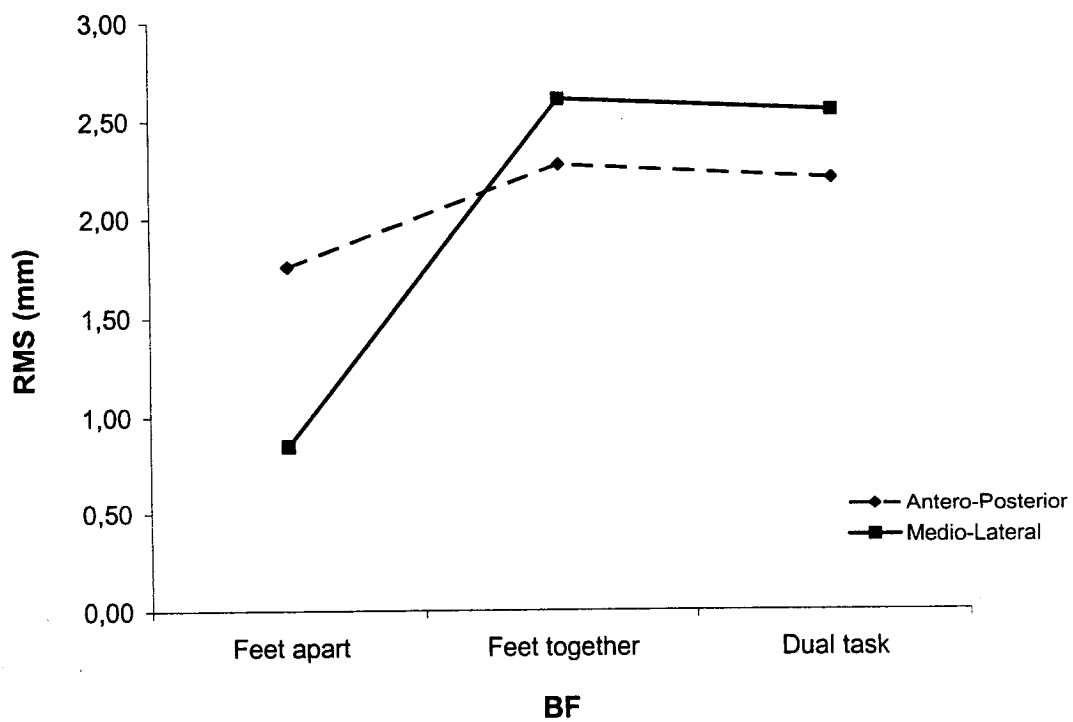
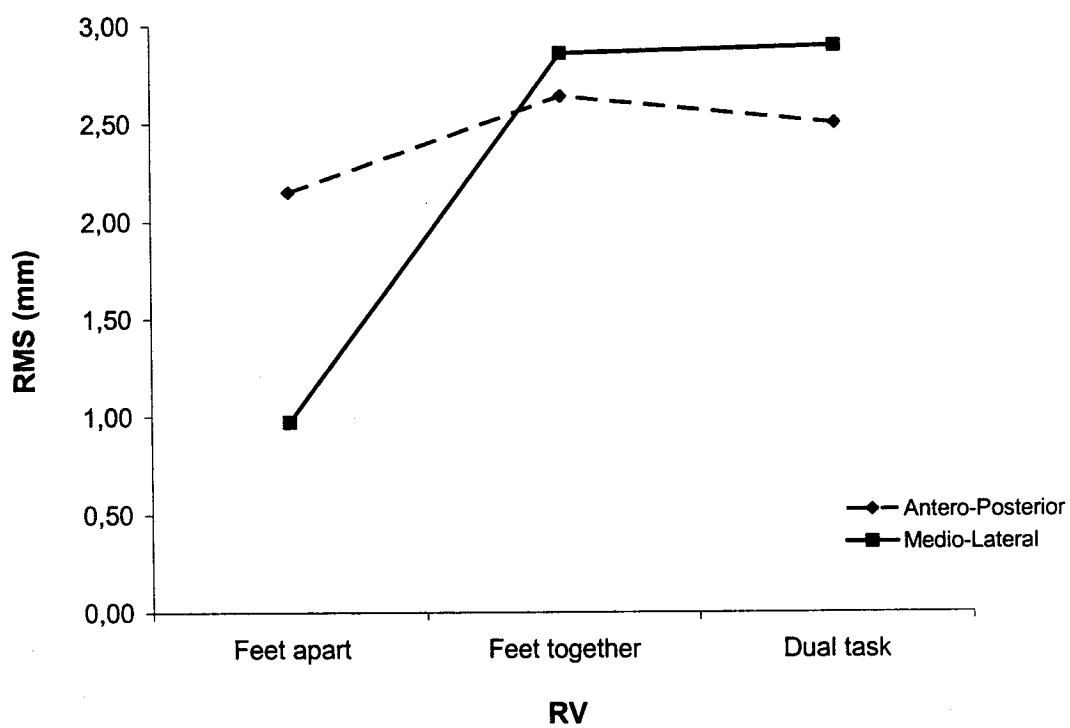
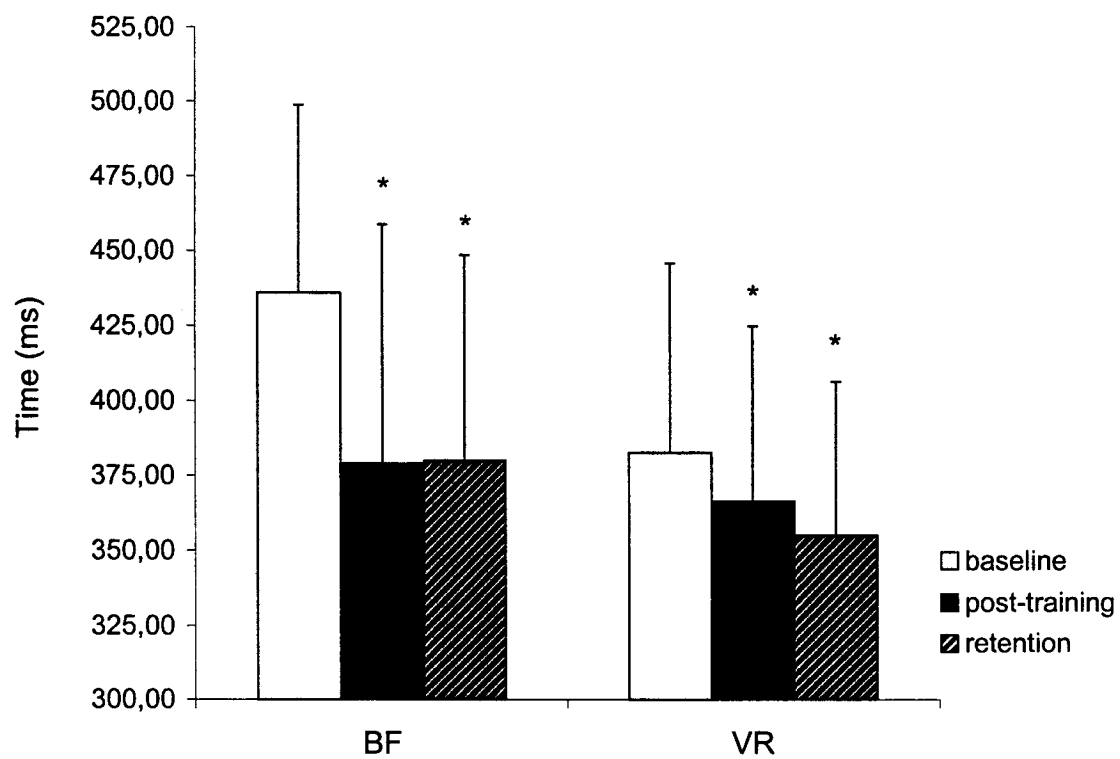


FIGURE 3



CHAPITRE III

Discussion générale et conclusions

Le besoin de connaître les fondements d'un entraînement efficace pour améliorer l'équilibre des personnes âgées est éminent. La population du troisième âge augmente et elle consacre de plus en plus d'importance à sa santé et sa forme physique (Haywood & Getchell, 2001). Les centres et les résidences pour personnes âgées se sont ajustés en offrant plusieurs types d'entraînement tels que l'entraînement de résistance, l'aérobic, l'aqua-forme, la danse en ligne, le Tai Chi, le Yoga. Malgré l'augmentation des personnes âgées actives, encore plusieurs d'entre eux sont victimes d'une ou de plusieurs chutes. Il est donc important de savoir si les activités qu'ils entreprennent sont efficaces pour améliorer l'équilibre. Il a été démontré que le Tai Chi, le yoga et l'entraînement avec feedback visuel améliorent l'équilibre tandis que l'entraînement en force, l'aérobic et l'aqua-forme n'ont aucun effet direct sur l'équilibre.

Cette discussion traitera de l'efficacité des différents types d'entraînement les plus couramment utilisés pour améliorer l'équilibre des personnes âgées. L'inefficacité de l'entraînement de force sera abordée en premier lieu. Ensuite, l'efficacité des entraînements des systèmes sensoriels dont le Tai Chi et des entraînements informatisés tels que les deux programmes étudiés sera discutée en détail. De plus, des recommandations pour des études futures seront émises.

Efficacité des entraînements

Entraînement de force

La force musculaire est une capacité qui s'affaiblit avec l'âge. Une personne inactive perd environ 10 % de sa masse musculaire entre 20 et 50 ans. Cette perte augmente rapidement après la cinquantaine perdant ainsi jusqu'à 30 % avant d'atteindre 80 ans

(Haywood et Getchell, 2001). À 65 ans et plus, l'autonomie d'une personne va grandement dépendre de sa force musculaire. En effet, la force est une capacité essentielle dans le maintien de l'équilibre (Lord et al., 1991). Certaines personnes âgées n'ayant pas assez de force pour supporter leur propre poids, auront nécessairement beaucoup de difficulté à se tenir debout. D'autres personnes âgées peuvent se tenir debout sans difficulté, mais n'ont pas suffisamment de force pour un bon transfert de poids alors elles sont incapables de marcher sans assistance ou sans l'aide d'une marchette. L'autonomie de ces aînés peut être améliorée par un simple entraînement de force. L'entraînement de force augmente la masse musculaire et la densité osseuse (voir Evans, 1999 pour une revue) permettant aux personnes âgées à mieux supporter et transférer leur poids. Par conséquent, ils peuvent se tenir debout plus facilement et peut-être même marcher sans assistance.

Cependant, l'amélioration de l'équilibre par un entraînement de force semble être limitée. Wolson et ses collègues (1995) ont démontré qu'il y avait une forte relation entre la force, l'équilibre et la mobilité en comparant des personnes âgées ayant chuté plus qu'une fois et ceux n'ayant jamais chuté. Bien que la quantité exacte de force nécessaire ne soit pas déterminée, il semblerait avoir un seuil de force que l'on doit atteindre afin de ne pas compromettre notre équilibre et notre mobilité. Un entraînement de force pourrait alors être bénéfique dans l'amélioration de l'équilibre des aînés ayant un manque de force, mais jusqu'à l'obtention de ce seuil de force. Dès qu'ils ont assez de force pour se mouvoir aisément, l'entraînement ne sera plus profitable à lui seul pour améliorer leur équilibre. Ces gens auront besoin d'un autre type d'entraînement, sans nécessairement arrêter l'entraînement de force car celui-ci a plusieurs autres bénéfices (augmentation de la densité osseuse par exemple).

Afin d'expliquer ce seuil musculaire, il est important de préciser qu'une augmentation de force ne résulte pas nécessairement en une amélioration de l'équilibre car plusieurs autres facteurs sont en jeu (systèmes sensoriels, contrôle musculaire, temps de réaction). Après un entraînement de force, les personnes âgées peuvent générer plus de force, mais l'habileté à choisir la bonne quantité de force pour une tâche posturale ne s'améliore pas (Bellew et al., 2003). Alors les personnes âgées ayant une bonne force musculaire, ont besoin plutôt d'entraîner leur contrôle musculaire ou les autres systèmes agissant sur l'équilibre pour espérer voir leur équilibre s'améliorer.

Entraînement des systèmes sensoriels

Les systèmes sensoriels sont d'une grande importance dans le maintien de l'équilibre. Malheureusement, ces systèmes (visuel, vestibulaire et somatosensoriel) se détériorent avec l'âge. Ces détériorations causent nécessairement une diminution de la proprioception. Les personnes âgées qui n'interprètent pas bien l'information visuelle ou somatosensoriel provenant de l'environnement peuvent avoir de plus grands risques de chuter. Alors, il serait avantageux d'entraîner ces systèmes afin d'améliorer leur équilibre. Plusieurs entraînements déjà accessibles sont efficaces dont principalement le Tai Chi (Wolf et al., 1997, Taggart, 2002) et les entraînements multi-sensoriels (Hu & Woollacott, 1994a, Rogers, 2001).

Le Tai Chi est un art martial chinois impliquant des mouvements non vigoureux et continus du corps entier exécutés lentement et délicatement (Wu, 2002). La séquence complète de mouvements en comporte 108, mais cette séquence peut être modifiée à 10 mouvements pour les débutants (Wolf et al., 1997). Le Tai Chi est de plus en plus pratiqué dans les centres et les résidences pour aînés car c'est un exercice très accessible et abordable.

La pratique de cet exercice est très bénéfique pour les personnes âgées. Bien que leurs oscillations posturales ne changent pas (Wolf et al., 1997), ils peuvent améliorer leurs habiletés fonctionnelles (Taggart, 2001) et leur peur de tomber (Taggart; Wolf et al.) grâce à un seul entraînement par semaine. Les mouvements lents et continus du Tai Chi élèvent la confiance des personnes âgées expliquant ainsi l'augmentation de leurs oscillations posturales. Alors, une tâche posturale simple (comme se tenir debout droit) ne représente aucun « danger » pour les personnes âgées entraînées car ils ont appris le potentiel de leur stabilité. De plus, ce type d'exercice améliore le schéma corporel. En se concentrant à faire des mouvements lents et précis tout en regardant son corps bouger, ils prennent davantage conscience de leurs mouvements dans l'environnement. Cependant, une méthode pour évaluer le schéma corporel devra être élaborée afin de supporter cette spéculation. En plus du Tai Chi, les personnes âgées ont la possibilité d'améliorer leur équilibre avec un entraînement très répandu dans les centres pour personnes âgées, soit l'entraînement multi-sensoriel.

Un entraînement multi-sensoriel est un entraînement axé sur l'amélioration des différents systèmes sensoriels impliqués dans le maintien de l'équilibre. Ce type d'entraînement est composé d'exercices d'équilibre perturbant le système visuel, vestibulaire ou somatosensoriel sous différentes conditions. Certains entraînements comprennent des tâches d'équilibre les yeux fermés, sur une surface en mousse, etc. tandis que d'autres comprennent des exercices avec des ballons suisses.

Ce type d'entraînement améliore les oscillations posturales et les atteintes posturales (Rogers, 2001), en plus du temps passé sur une jambe et les contractions musculaires nécessaires au maintien de l'équilibre (Hu & Woollacott, 1994a, 1994b). Il est suggéré que ces améliorations sont dues à une amélioration de l'interaction des systèmes sensoriels et de

la convergence entre ces systèmes et le système moteur. En pratiquant des exercices spécifiques à l'équilibre dans différentes situations sensorielles, les personnes âgées ont pu renouveler leurs « inputs » sensoriels et choisir plus efficacement l'information sensorielle nécessaire au contrôle posturale (Hu & Woollacott).

Certains chercheurs (Wolfson et al., 1996, Rose, 2001) ont jumelé l'entraînement multi-sensoriel avec un entraînement dynamique avec biofeedback visuel. Ce jumelage est grandement favorable dans l'amélioration de l'équilibre. Toutefois, il est difficile de déterminer si les améliorations sont le résultat du biofeedback et/ou de l'entraînement multi-sensoriel. Ces études avaient soit un groupe contrôle non entraîné soit un groupe s'entraînant autrement. Il serait avantageux de déterminer s'il y a une différence entre un entraînement multi-sensoriel avec et sans biofeedback car les entraînements avec feedback visuel ont aussi démontré des améliorations au niveau de l'équilibre.

Entraînement avec feedback visuel

L'entraînement avec feedback visuel est un des types d'entraînements d'équilibre les plus spécifiques. Il permet, peu importe l'exercice, de voir et de corriger ses mouvements spontanément donnant une information supplémentaire aux systèmes responsables du contrôle de l'équilibre. Parmi ce type d'entraînement, l'entraînement dynamique avec biofeedback visuel est le plus commun. Lors de la pratique de ce dernier, les participants perçoivent leur centre de pression dans un écran d'ordinateur. L'objectif est de contrôler et déplacer son centre de pression à différents endroits à l'intérieur des limites de stabilité du participant tout en gardant les pieds fixes.

L'entraînement dynamique par biofeedback visuel améliore l'équilibre dynamique (Hamman et al., 1995) et les oscillations posturales (Wolf et al, 1997). Au niveau de l'équilibre dynamique, Hamman et al. ont démontré que les personnes âgées ont amélioré

leur temps de transition entre les cibles démontrant un meilleur contrôle postural.

Cependant, il est difficile de conclure si ces améliorations sont dues à un effet d'entraînement. Il est possible que les résultats du test d'équilibre dynamique se soient améliorés car les participants ont été entraînés avec le même instrument causant un effet de pratique.

Au niveau des oscillations posturales, ces mêmes auteurs n'ont pas pu démontrer une amélioration. Ceci s'explique probablement en raison de la courte période d'entraînement (5 semaines) car Wolf et al.(1997) ont pu y démontrer une amélioration grâce à un entraînement identique mais d'une durée de 15 semaines. Toutefois, ces auteurs ont remis en cause la nécessité de ce type d'entraînement car ils ont démontré qu'il augmente la peur de tomber des personnes âgées.

Toutefois, les entraînements avec biofeedback visuel ont d'autres avantages que des améliorations au niveau des oscillations posturales. Premièrement, la demande attentionnelle à une tâche posturale peut-être améliorée par un simple entraînement statique avec biofeedback visuel (Lajoie, in press). Il serait étonnant de ne pas observer d'effets semblables avec un entraînement dynamique. L'automatisation de la tâche posturale (obtenue grâce à une diminution de la demande attentionnelle) peut s'avérer critique dans le maintien de l'équilibre lors d'une situation de déséquilibre. Deuxièmement, cet entraînement aurait de grandes possibilités d'améliorer les habiletés fonctionnelles des personnes âgées sauf qu'aucune étude n'a évalué cet aspect important de l'équilibre. Finalement, un autre type d'entraînement avec feedback visuel a fait ses preuves dans l'amélioration de l'équilibre. L'entraînement avec réalité virtuelle a été efficace pour améliorer la symétrie posturale des gens souffrant d'un traumatisme crânien (McComas &

Sveistrup, 2002). Cependant, l'efficacité de ce type d'entraînement n'a pas été expérimentée avec la population vieillissante.

Cette présente étude avait comme objectif de remédier à ces lacunes et de déterminer si l'entraînement dynamique avec biofeedback visuel pouvait aussi améliorer la demande attentionnelle. De même, l'étude visait à évaluer si l'entraînement par réalité virtuelle était aussi efficace que l'entraînement dynamique avec biofeedback visuel. Le dernier but visé par cette étude était de déterminer si ces deux entraînements avaient un impact sur les habiletés fonctionnelles et la confiance d'équilibre des personnes âgées. Avant de discuter et comparer les résultats des deux entraînements et d'accepter ou rejeter les hypothèses posées, il est important de démontrer les différences et les similitudes des deux entraînements étudiés.

L'entraînement dynamique avec biofeedback visuel (BF) et l'entraînement par réalité virtuelle (RV) sont différents sur plusieurs aspects. Premièrement, la tâche effectuée n'était pas la même. D'une part, les participants du groupe BF devaient diriger leur centre de pression présenté sur un écran d'ordinateur vers quatre coins d'un rectangle tandis que les participants du groupe RV devaient frapper un ballon virtuel en transférant leur poids de gauche à droite. D'une autre part, le premier groupe devait à tout moment se rapprocher de leur limite de stabilité d'une façon contrôlée et ordonnée alors que le deuxième groupe n'atteignait pas nécessairement leur limite de stabilité lors de chaque atteinte latérale car le côté et la distance que tombait le ballon virtuel étaient totalement aléatoires. Toutefois, ce dernier devait réagir rapidement aux différents déplacements du ballon virtuel.

Deuxièmement, même si ce n'était pas un des objectifs de cette étude, il a été observé que l'aspect motivationnel était différent entre les groupes. L'entraînement par réalité virtuelle était perçu par les participants comme un jeu où les performances étaient

notables tandis que l'entraînement par biofeedback était plutôt perçu comme une tâche répétitive où l'amélioration était difficile à déceler.

Troisièmement, l'efficacité de l'entraînement RV dépendait de la grandeur des participants. La grandeur des participants du groupe BF avait un impact sur le déplacement de leur centre de pression. Plus le participant était grand, plus loin il pouvait aller. Cependant, chacun d'eux atteignaient leur limite de stabilité en tout temps car personne ne pouvait atteindre les coins du rectangle.

Contrairement au groupe BF, la grandeur des participants dans le groupe RV avait un impact non seulement sur la performance de ceux-ci mais sur l'intensité de l'entraînement. Vu que les différentes distances du ballon restaient constantes pour tous les participants, les plus petits d'entre eux frappaient moins souvent le ballon que les plus grands à cause de leurs plus petites portées. Conséquemment, ils atteignaient plus souvent leur limite de stabilité que les plus grands. Alors il est suggéré que, malgré leurs moins bonnes performances, les petits participants avaient un entraînement plus intense et possiblement plus favorable pour améliorer leur équilibre.

Afin de confirmer cette hypothèse, une analyse de variance (ANOVA) a été administrée pour déceler si la grandeur du participant avait un effet sur leur performance (nombre de frappe). Le meilleur nombre de frappe des 3 sets de 5 essais d'une minute et demie a été collecté lors de chaque entraînement. Le score du premier entraînement et du dernier entraînement des cinq plus grands participants (176.5-184.5 cm) ont été comparé à ceux des cinq plus petits (153-169 cm). Les grandes personnes âgées ont eu significativement plus de facilité à frapper les ballons que les plus petites ($F(1,9) = 28.1, p > 0.01$). Cependant, tous les participants ont amélioré significativement leur performance après la période d'entraînement ($F(2,18) = 27.7, p > 0.01$) et aucune interaction significative

n'a été observé ($F(2,18) = 0.133$) démontrant une amélioration semblable entre les deux groupes. Alors, l'apprentissage n'est pas significativement différent malgré les performances supérieures des grands participants.

De plus, les grandes personnes âgées avaient significativement de meilleurs scores au test CB&M ($F(1,9) = 28.22, p > 0.01$) et au questionnaire ABC ($F(1,9) = 27.42, p > 0.01$) démontrant une meilleure maîtrise de ces moyens. Cet avantage se reflète sur leur temps de réaction étant significativement supérieur que les petites personnes âgées ($F(1,9) = 6.06, p > 0.05$). En ayant une meilleure confiance et un meilleur équilibre fonctionnel, les grands participants ont plus d'attention disponible pour répondre au stimulus sonore lors de la double-tâche. Cependant, même si l'équilibre fonctionnel, la confiance d'équilibre et la demande attentionnelle des grands participants étaient supérieurs aux petits participants, aucune interaction n'a été observé démontrant ainsi que l'amélioration de chacune des variables était semblable pour les deux groupes. Hors, l'apprentissage ne dépendait pas de la grandeur du participant mais plutôt de participer à l'entraînement afin de se percevoir bouger et de prendre conscience de ses mouvements dans l'espace.

— Finalement, les performances du groupe BF et RV étaient influencées par la vitesse d'adaptation des participants au biofeedback visuel et au jeu virtuel respectivement. Les participants s'entraînant en BF s'adaptaient tous, dès la deuxième séance tandis que certains s'entraînant en RV prenaient plusieurs semaines d'entraînement pour s'y adapter. L'adaptation du groupe RV dépendait grandement de leur habileté motrice et de leur coordination occulo-manuelle. En ayant peu de ballons touchés, la motivation personnelle des participants moins habiles a peut-être été affectée légèrement. Cependant, cette adaptation tardive a eu très peu d'impact sur l'apprentissage du participant au niveau de l'équilibre car l'effort des atteintes latérales était présent.

Dans cette étude, comme l'indique la première hypothèse, les deux entraînements ont été aussi efficaces à améliorer significativement les habiletés fonctionnelles des participants sans toutefois améliorer la confiance de ceux-ci envers leur équilibre. En plus d'améliorer leur habileté fonctionnelle, les participants des deux groupes ont amélioré significativement leur temps de réaction lors d'une double tâche sans toutefois améliorer leurs oscillations posturales confirmant ainsi la deuxième hypothèse. Ceci démontre que les participants de cette étude ont moins besoin d'attention pour se tenir debout, augmentant ainsi la quantité d'attention disponible pour une autre tâche.

L'automatisation de la tâche posturale et de meilleures habiletés fonctionnelles des participants peut avoir un impact très important au niveau de leur qualité de vie. Le test utilisé (CB&M) n'évaluait pas seulement l'équilibre du participant mais aussi l'habileté à se mouvoir dans des conditions difficiles (ex : marcher de côté en croisant les pieds). Alors les participants ont possiblement eu plus de facilité à réaliser leur tâche journalière après leur entraînement.

De plus, comme le démontre la Figure 1, la confiance des participants des deux groupes ne s'est pas détériorée comme le prétendait Wolf et ses collègues (1997). Dans leur étude, les participants furent entraînés avec un entraînement par biofeedback incluant des perturbations, ce qui pourrait expliquer l'augmentation observée dans la peur de tomber des participants. À première vue, la confiance des participants du groupe BF et du groupe RV aurait pu être augmenté à la suite de l'entraînement. Cependant, le manque de volonté des participants envers le questionnaire et la sensibilité saisonnière du questionnaire a possiblement biaisés les données. Néanmoins, une augmentation de leurs moyens et une confiance identique entraînent une possibilité d'éprouver des tâches qu'ils s'empêchaient de faire auparavant.

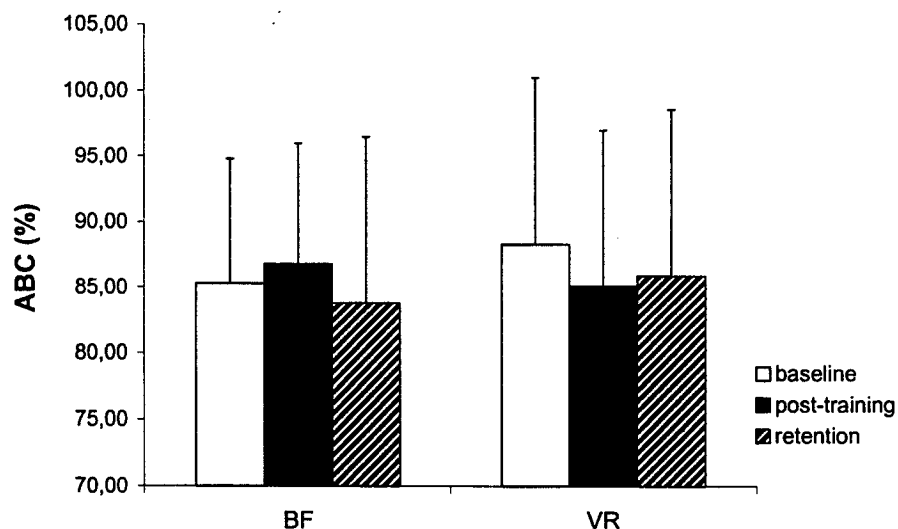


Figure 1 - Differences in the ABC scores between baseline, pos-training and retention for both groups.

Les deux groupes ont autant amélioré leur habileté fonctionnelle et leur demande attentionnelle car les objectifs des deux entraînements étaient sensiblement les mêmes. Chaque entraînement tentait d'améliorer le contrôle postural et d'augmenter les limites de stabilité des personnes âgées à l'aide d'un feedback visuel. Malgré aucune amélioration de leur limite de stabilité (d'après les résultats au « Lateral Reach Test ») rejetant ainsi la troisième hypothèse, les participants ont amélioré leur contrôle postural grâce au feedback visuel présenté lors des entraînements. Le groupe BF voyait son centre de pression tandis que le groupe RV voyait ces mouvements par rapport à un objet (le ballon) dans un environnement virtuel. Hors, puisque la vision est l'information sensorielle la plus utilisée chez la population âgée, la présence d'un feedback visuel est l'essence même des deux entraînements utilisés. L'interaction de la perception sensorielle (ce qu'on ressent) et la perception du mouvement réalisé (performance) permettent aux personnes âgées de prendre conscience de leur schéma corporel améliorant ainsi leur équilibre.

Les entraînements avec feedback visuel discutés sont tous des entraînements générés par des ordinateurs rendant leur accessibilité très restreinte pour la population âgée comparativement aux entraînements des systèmes sensoriels. Cependant, il n'est probablement pas nécessaire d'avoir cet équipement hautement technologique pour bénéficier de ce type d'entraînement. Il suffirait de présenter un feedback visuel des mouvements du participant. La façon la plus simple serait de faire des mouvements devant un miroir imitant très bien l'entraînement par réalité virtuelle utilisé. D'après la littérature, le Tai Chi est l'entraînement le plus efficace dans l'amélioration de l'équilibre et la qualité de vie des personnes âgées. Il serait alors intéressant de savoir si ce type d'entraînement devant un miroir est aussi efficace que l'entraînement avec réalité virtuelle.

Il ne faut pas toutefois ignorer les avantages que procure la réalité virtuelle. Premièrement, la possibilité de changer l'environnement spontanément d'après le niveau et les goûts des personnes âgées, facilite l'apprentissage et la progression. Deuxièmement, contrairement aux entraînements des systèmes sensoriels qui se pratiquent principalement en groupe, la réalité virtuelle pourrait être instauré dans les maisons et ainsi profiter à une plus grande population. Finalement, le plaisir du jeu virtuel comparativement à la tâche très monotone de l'entraînement avec biofeedback visuel, favorise la motivation et l'adhésion à un entraînement. Lors de cette présente étude, il a été démontré que la réalité virtuelle est aussi efficace qu'un entraînement dynamique avec biofeedback visuel, alors sur le plan motivationnel, il serait peut-être plus avantageux d'utiliser l'entraînement par réalité virtuelle.

Conclusions et recommandations

Il est clair qu'une personne âgée peut améliorer son équilibre, mais la technique la plus efficace à utiliser est encore incertaine. Il est suggéré que l'entraînement de force est

efficace pour aider les personnes âgées en perte d'autonomie. Cette technique renforce les muscles et les os afin que ces personnes puissent supporter et transférer leur propre poids. Cependant, il semble avoir un seuil où une augmentation de la force seule ne serait plus bénéfique dans l'amélioration de l'équilibre. Il est aussi important de reconnaître qu'une meilleure force musculaire ne résulte pas en une amélioration du contrôle musculaire. Alors, les personnes âgées autonomes ont plutôt intérêt à s'exercer avec un type d'entraînement ayant comme objectif l'amélioration des systèmes agissant sur l'équilibre autres que la force. L'entraînement des systèmes sensoriels, un type d'entraînement déjà instauré dans les centres pour personnes âgées, semble améliorer l'équilibre en augmentant le contrôle postural. Ce meilleur contrôle semble être dû à une amélioration du schéma corporel et de la proprioception.

Les bienfaits d'un entraînement dynamique avec feedback visuel n'avaient pas été démontrés clairement avant cette étude. Même si l'entraînement par réalité virtuelle est plus enviable que l'entraînement avec biofeedback visuel, ils ont été tous deux aussi efficaces. Les personnes âgées entraînées ont pu améliorer significativement leurs habiletés fonctionnelles grâce à une amélioration du schéma corporel. Le feedback visuel leur ont permis de prendre conscience de leur mouvement et de rétablir leur schéma corporel produisant ainsi un meilleur contrôle postural. En ayant un meilleur contrôle postural et une meilleure connaissance de leur mouvement corporel, les personnes âgées entraînées peuvent réaliser leur tâche quotidienne plus facilement, augmentant ainsi leur qualité de vie.

En plus d'améliorer leur contrôle postural, les personnes âgées entraînées ont aussi amélioré significativement leur demande attentionnelle à une tâche posturale rendant cette tâche plus automatique. Cette automatisation libère ainsi de l'attention au profit d'une autre

tâche. Alors, en ayant plus d'attention disponible pour analyser l'information provenant de leur environnement et pour réagir plus rapidement en cas de déséquilibre, les personnes âgées entraînées diminuent leurs risques de chuter.

CHAPITRE IV

Références

Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback (2004). What is biofeedback?

Tiré le 12 février 2004 du site <http://www.aapb.org/public/articles/details.cfm?id=4>

Baron, A., Myerson, J., Hale, S. (1988). An integrated analysis of the structure and function of behavior. Aging and the cost of dividing attention. In: G. Davey, & C. Cullen

(Eds.), *Human operant conditioning and behavior modification*. (pp.139-166).

New-York: John Wiley & Sons.

Barret, C. J., & Smerdely, P. (2002). A comparison of community-based resistance exercise and flexibility exercise for seniors. *Australian Journal of Physiotherapy*, 48(3), 215-219.

Baum, E. E., Jarjoura, D., Polen, A. E., Faur, D., & Rutecki, G. (2003). Effectiveness of a group exercise program in a long-term care facility : a randomized pilot trial.

Journal of the American Medical Directors Association, 4(2), 74-80.

Bellew J. W. (2002). The effect of strength training on control of force in older men and women. *Aging-Clinical & Experimental Research*, 14(1), 35-41.

Bellew J. W., Yates, J. W., & Gater, D. R. (2003). The initial effects of low-volume strength training on balance in untrained older men and women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 121-128.

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

Binder, E. F., Schechtman, K. B., Ehsani, A.A., Steger-May K., Brown, M., et al. (2002).

Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of

- a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 1921-1928.
- Brauer, S., Burns, Y., & Galley, P. (1999). Lateral reach: a clinical measure of medio-lateral postural stability. *Physiotherapy Research International*, 4(2), 81-88.
- Brown, D. A., Jaffe, D. L., & Buckley, E. L. (2002). CSM 2002 proceedings: Use of virtual objects to improve gait velocity in individuals with post-stroke hemiplegia. *Neurology Report*, 26(2). 105.
- Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J. et al. (1997). The effects of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences*, 52, M218-M224.
- Cerella, J. (1985). Information processing rates in the elderly. *Psychological Bulletin*, 98, 67-83
- Christiansen, C., Abreu, B., Ottenbacher, K., Huffman, K., Masel, B., & Culpepper, R. (1998). Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 79, 888-892.
- Crilly, R. G., Willems, D. A., Trenholm, K. J., Hayes, K. C., & Delaquerrière-Richardson, L. F. O. (1989). Effect of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontology*, 35, 137-14.
- Cutson, T. M. (1994). Falls in elderly. *American Family Physician*, 49, 149-157.
- Duncan, P., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45, M197-M197.

- Evans, W. J., (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine & science in sports exercise*, 31, 12-17.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., & Evans, W. J. (1991) A cross-sectional study of upper and lower extremity muscle strength in 45-78 year old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 71, 644-650.
- Gehlsen, G., & Whaley, M. H. (1990). Falls in the elderly: Part II, balance, strength, and flexibility. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 71, 739-741.
- Hamman, R. G., Longridge S., Mekjavic, I., & Dickinson, J. (1995). Effect of age and training schedules on balance improvement exercises using visual biofeedback. *The Journal of Otolaryngology*, 24, 221-229.
- Hamman, R. G., Mekjavic, I., Mallinson, A. I., & Longridge S. (1992). Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 73, 738-744.
- Hauer, K., Rost, B., Ruschle, K., Opitz H., Specht, N., et al. (2001). Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatrics patients with a history of injurious falls. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49, 10-20.
- Haywood, M. & Getchell, N. (2001). *Life Span Motor Development* (3rd ed.). Champaign, IL : Human Kinetics.
- Holden, M., & Dyar, T. (2002). Virtual environment training: A new tool for neurorehabilitation. *Neurology Report*, 26(2), 62-71.
- Hu, M.-H., & Woollacott, M. H. (1994a). Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 49(2), M52-M61

- Hu, M.-H., & Woollacott, M. H. (1994b). Multisensory training of standing balance in older adults: Kinematic and electromyographic postural responses. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 49(2), M62-M71
- Inness, L. & Howe, J. (2002). The community balance and mobility scale (CB&M) – an overview of its development and measurement properties. *Synapse*, 22(1), 2-6.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*, Engle Wood, Cliffs N.J : Prentice Hall.
- Kim, N. G., Yoo, C. K. & Im, J. J. (1999). A new rehabilitation training system for postural balance control using virtual reality technology. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 7, 482-485.
- Lajoie, Y., & Gallagher, S. P. (2004). Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 38, 11-26.
- Lajoie, Y. Effect of postural training on posture and attentional demands. *Aging and Clinical Experimental Research*. In press.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard. C., & Fleury, M. (1996). Upright Standing and gait: Are there changes in attentional requirements related to normal aging? *Experimental Aging Research*, 22, 185-198.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97, 139-144.
- Lord, S. R., Sherrington, C. & Menz, H.B. (2001). *Falls in older people : risk factors and strategies for prevention*. Cambridge ; New York : Cambridge University Press.

- Lord, S. R., Rogers, M. W., Howland, A., Fitzpatrick, R. (1999). Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47(9), 1077-1081.
- Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Anstey, K. J. (1994). Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(10), 1110-1117.
- Lord, S. R., Clark, R. D. & Webster, W. W. (1991). Physiological factors associated with falls in an elderly population. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 1194-1200.
- Marieb, E. N. (1999). *Anatomie et physiologie humaines* (2^e ed.). Québec, Canada: Éditions du Renouveau Pédagogie Inc.
- Massion J. (1992). Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in Neurobiology*, 38: 35-56.
- Mathias, S., Nayak, U., & Isaac, B. (1986). Balance in elderly patients : The “Get-up and Go” test. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 67, 387-389.
- McComas, J., & Sveistrup, H. (2002). Virtual reality applications for prevention, disability awareness, and physical therapy rehabilitation in neurology: Our recent work. *Neurology Report*, 26, 55-61.
- Nichols, D. S. (1997). Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical Therapy*, 77, 553-558.
- Norman, D. A., & Bobrow, D. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up and Go" test: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of American Geriatric Society*, 39, 142-148.
- Powell, L. E., & Myers, A. M. (1995). The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *Journal of Gerontology*, 50(1), 28-34.
- Rogers, M. E., Fernandez, J. E., & Bohlken, R. M. (2001). Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 11 (4), 291-298
- Rose, D. J., & Clark, S. (2000). Can the control of bodily orientation be significantly improved in a group of older adults with a history of falls? *Journal of American Geriatrics Society*, 48, 275-282.
- Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., & Johnson, D.A. (1998). Virtual environments in brain damage rehabilitation: A rationale from basic neuroscience. In: G. Riva, B. K. Wiederhold, & E. Molinary (Eds.), *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience: Methods and Techniques in Advanced Patient-Therapist Interaction*, (pp. 233-242). Amsterdam: IOS Press.
- Ryushi, T., Jumagai, K., Hayase, H., Abe, T., Shibuya, K., Ono, A. (2000). Effect of resistive knee extension training on postural control measures in middle aged and elderly persons. *Journal of Physiological Anthropology & Applied Human Science*, 19, 143-149.
- Salthouse, T.A. (1985). Speed of behavior and its implications for cognition. In J. E. Birren, & K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the Psychology of Aging, 2nd ed.*, (pp. 400-426). New York: Van Nostrand Reinhold.

- Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V. (2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed and sit-to-stand performance in older adults. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences*, 56, M281-M286.
- Schmidt, R. A. (1982). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*, Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Shiffrin, R.M. (1988). Attention. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, & R. D. Luce (Eds.), *Steven's handbook of experimental psychology (2nd ed., Vol.2)*. New York: Wiley.
- Shumway-Cook, A., Anson, D., & Haller, S. (1988). Postural sway biofeedback: It's effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 69, 395-400.
- Shumway-Cook, A., Baldwin, M. Polissar, N. L, & Gruber, W. (1997). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, 77: 812-819.
- Shumway-Cook, A., & Horak, F. (1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Physical Therapy*, 66, 1548-1550.
- Shumway-Cook, A, Gruber, W., Baldwin, M., & Liao, S. (1997). The effect of multidimensional exercise on balance, mobility and fall risks in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, 77, 46-57.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences*, 55(1), M10-M16.

- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. (1995) *Motor control: theory and practical applications*. Baltimore : Williams & Wilkins.
- Simonsick, E. M., Newman, A. B., Nevitt, M. C., Kritchevsky, S. B., Ferrucci, L., Guralnik, J. M., et al. (2001). Measuring higher level physical function in well-functioning older adults. *The Journals of Gerontology*, 56,: M644-M649.
- Spirduso, W. W. (1995). Physical dimensions of aging. In W. W. Spirduso (Ed.), *Balance, Posture and Locomotion*, (pp.155-183). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Stelmach, G. E., Teasdale, N., DiFabio, R. P., & Phillips J. (1989). Age related decline in postural control mechanisms. *International Journal of Aging & Human Development*, 29(3):205-23.
- Taggart H.M. (2002). Effects of tai chi exercise on balance, functional mobility, and fear of falling among older women. *Applied Nursing Research*, 15(4), 235-242.
- Teasdale, N., Bard, C., LaRue, J., & Fleury, M. (1993). On the cognitive penetrability of posture control. *Experimental Aging Research*, 19(1):1-13.
- Teasdale, N., Stelmach, G.E., Breunig, A., & Meeuwssen, H.J. (1991). Age differences in visual sensory integration. *Experimental Brain Research*, 85, 691-696.
- Thornton, M., Marshall, S., McComas, J., Finestone, H., McCormick, A., & Sveistrup, H. A virtual reality exercise program improves functional balance and mobility in community-living adults with traumatic brain injury. *Journal of the American Physical Therapy Association*. In press.
- Tinetti, M. E., Richman, D., & Powell, L. (1990). Falls efficacy as a measure of fear of falling. *Journal of Gerontology*, 45, P239-P243.

- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988) Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England Journal of Medicine*, 319: 1701-1707.
- Tinetti, M. E., Williams, T. F., & Mayewski R. (1986). Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *American Journal of Medicine*, 80, 429-34.
- Todorov, E., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1977). Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task. *Journal of Motor Behavior*, 29, 147-158.
- Welford, A. T. (1977). Motor performance. In J. E. Birren, & K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the Psychology of Aging*, (pp. 400-426). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Whanger, A. & Wang, H. S. (1974). Clinical correlates of the vibratory sense in elderly psychiatric patients. *Journal of Gerontology*, 29, 39-45.
- Whitney, S. L., Sparto, P. J., Brown, K. E., Furman, J. M., Jacobson, J. L., & Redfern, M.S. (2002). The potential use of virtual reality in vestibular rehabilitation: Preliminary findings with the BNAVE. *Neurology Report*, 26, 72-78.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1998). *Physiologie de sport et de l'exercice physique*. Paris : De Boeck Université.
- Woollacott M. H., Inglis, B., & Manchester, D. (1988). Response preparation and postural control in the older adult. In J. Joseph (Ed). *Central determinants of age-related declines in motor function*. New York. New York Academy of Sciences, 42-51.
- Wolf, S. L., Barnhart, H. X., Ellison, G. L., & C. E. Coogler. (1997). The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older participants. *Physical therapy*, Vol. 77. No 4 pp. 371-381)

- Wolfson L., Whipple, R., Derby, C, Judge, J., King, M., Amerman, P., et al. (1996). Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance. *Journal of American geriatrics Society*, 44, 498-506.
- Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., & King, M. (1995). Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *The Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50a, 64-67.
- Wu, G. (2002a). Evaluation of the effectiveness of tai chi for improving balance and preventing falls in the older population – A review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 746-754.
- Wu, G. (2002b). Improvement of isokinetic knee extensor strength and reduction of postural sway in the elderly from long-term tai chi exercise. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(10), 1364-1369.
- Zhang, L., Abreu, B. C., Masel, B., Scheibel, R. S., Christiansen, C. H., Huddleston, N., et al. (2001). Virtual reality in the assessment of selected cognitive function after brain injury. *American Journal of Physical Medicine Rehabilitation*, 80, 597-604.

Annexe 1

Contribution des collaborateurs

Ce projet est un ouvrage rédigé et conçu par Étienne Bisson, en étroite collaboration avec Yves Lajoie à la direction. Heidi Sveistrup et Yves Lajoie ont participé à la conception et ont assurées la supervision. La collecte de données s'est concrétisée grâce à la participation de Shane Smith, Bruce Contant et Étienne Bisson. Ces deux derniers ont mené l'analyse de données et l'administration des entraînements.



Université d'Ottawa · University of Ottawa

Cabinet du vice-recteur
à la recherche

Office of the Vice-Rector,
Research

COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE EN SCIENCES DE LA SANTÉ ET SCIENCE

ATTESTATION D'APPROBATION DÉONTOLOGIQUE

La présente attestation certifie que le Comité d'éthique de la recherche en Sciences de la Santé et Science de l'Université d'Ottawa a examiné la demande d'approbation éthique présentée par Étienne Bisson, supervisé par Yves Lajoie, pour son projet de recherche intitulé **L'utilité de la réalité virtuelle pour améliorer l'équilibre et le temps de réaction (Dossier H 05-03-07)**. Le Comité d'éthique a déterminé que la demande respectait les principes éthiques établis par l'Énoncé de politique des trois conseils et par les règles de procédure des Comités d'éthique de l'Université d'Ottawa. Le Comité d'éthique a donc accordé une catégorie 1a (approbation) à ce projet. La présente attestation est valide pour un an à partir de la date indiquée ci-dessous.

Andrée Bertrand

Responsable de la déontologie en recherche
Pour le Président du CÉR en Sciences de
la santé et Science, Daniel Lagarec

28 mai 2003

Date



Université d'Ottawa · University of Ottawa

Faculté des sciences de la santé
École des sciences de l'activité physique

Faculty of Health Sciences
School of Human Kinetics

Consent Form

Virtual reality and biofeedback training in elderly

Primary Researcher:

Etienne Bisson
School of Human Kinetics
University of Ottawa
ebiss042@uottawa.ca

Supervisor

Yves Lajoie Ph.D.
(613) 562-5800 ext 4273
School of Human Kinetics
University of Ottawa
Ylajoie@uottawa.ca

I, _____, agree to participate in this research project led by Dr Yves Lajoie and Etienne Bisson of the School of Human Kinetics of the University of Ottawa. The objective of this research project is to study the efficiency of training techniques that are likely to improve balance and to decrease falls in the elderly.

I understand that I will be invited to participate in three one-hour evaluation sessions. During the first session, I will have to answer a questionnaire dealing with my medical and falls history. Furthermore, my cognition will be screened (MMSE). During the three sessions I will have to answer a questionnaire dealing with my level of confidence in relation to the risks of falling (ABC), a test that will reveal my physical condition in performing daily life activities such as descending stairs and completing step ups (CB&M), and a lateral reach test. In addition, I will have to execute four tasks. The first two positioning tasks will consist of standing with my feet together (3 trials of one minute each) and my feet apart (3 trials of one minute each) on a force platform while trying not to move. The third task, a reaction-time task, will consist of me giving a verbal answer of " Top " when I will hear a sound signal while standing with my feet together (3 trials of one minute each). The fourth task, a sitting reaction time task, will consist of me giving a verbal answer of "Top" when I will hear a sound signal while sitting (3 trials of one minute each).

After the first session, I will be assigned to one of three groups (control, biofeedback, and virtual reality). If I am assigned to the control group, I will only participate in the three evaluation sessions. If I am assigned to the biofeedback or the virtual reality groups, I will participate in the three sessions of evaluation and a program of two training sessions (approximately 30 minutes each) a week for 10 weeks. I understand that during the biofeedback training program, I will stand on the force platform and a screen will be placed before me, on which the platform and a green dot will be represented. I will try to position the green dot in the centre of the four corners of the platform by moving my body slightly. If I am assigned to the virtual reality group, I will have to execute a juggling task in a virtual environment (15 trials of 90 seconds each) with pauses in between (total of 30 minutes). I understand that I will juggle virtual objects that appear on a TV screen in front of me. These objects are not real but are rather computer generated

images.

I understand that, since my involvement in this research project implies that I must give out personal information, it is possible that it creates a risk of possible emotional discomfort that, at times, could prove to be difficult. I have received the personal assurance from the researcher that everything possible will be done in order to minimise these risks. In addition, considering the tasks to be achieved, this experiment may include some risks of falling. A belt worn at the waist will be used to minimise these risks.

I understand that I am free to withdraw from the study at any time, even before or during an interview. I may, at all times, refuse to participate in an interview or refuse to answer some questions without incurring prejudice of any form.

I have the personal assurance of the researcher that the information that I will share with them will remain strictly confidential. Anonymity will be guaranteed whereas my name will never appear on a questionnaire or a data file. The data collected will be stored in a secure fashion, inside the supervisor office.

For any information or complaints concerning the ethical conduct of this research project, I may contact the Protocol Officer for Ethics in Research, 550 Cumberland Street, Room 160, (613) 562-5387 or ethics@uottawa.ca.

There are two copies of the consent form, one of which I may keep.

For all additional information, I may communicate with the researcher at the telephone number cited above.

Researcher's Signature: (Signature) Date : (Date)

Participant's Signature: (Signature) Date : (Date)

Annexe 4

Health Status and Falls Questionnaire

Participant Name: _____

Height: _____ cm Weight: _____ Kg

Foot length: _____ cm

Birth date: ___/___/____ Sex: M / F
 mm dd yyyy

Have you had any falls in the last six months? Yes _____ No _____

If yes, please describe the circumstances of the fall (if more than one, use back of form)

Do you have any of the following medical conditions?


	NO	YES
A nervous system disease (Parkinson's or Huntington's)		
A previous stroke		
Diabetes		
Upper extremity injury in last 6 months		
Lower extremity injury in last 6 months		
Peripheral Neuropathy (loss of sensation)		
Arthritis of the lower extremity		
Severe back pain		
Tunnel vision		
Unable to interact with a monitor		

Eligible to Participate?

- Yes
 No

Annexe 5

Mini mental state examination

	Score
Orientation	
1. Ask the patient: "What is the year, season, date, day, month?"	/5
2. Ask: "Where are you?" -- State, country, town, place, floor (or ward)	/5
Memory registration	
3. Tell the patient that you want him/her to remember something for you, then name three unrelated objects (speak clearly and slowly). Ask the patient to repeat the three objects (score 3 points if correct first time, 2 if correct second time, 1 if correct third time). Ask patient to keep the three things in mind.	/3
Attention and concentration	
4. Ask the patient to take seven from 100, then seven from the result, and so on for five subtractions. Score 1 point for each correct answer.	
OR	
Ask the patient to spell "world" backwards, and score 1 point for each correct letter.	/5
Memory recall	
5. Ask the patient to recall the three objects from test 3.	/3
Language	
6. Show the patient two familiar objects (e.g., a pen, a watch) and ask him/her to name them.	/2
7. Ask the patient to repeat a sentence after you: "No ifs, ands or buts".	/1
8. Ask the patient to follow a three-stage command: "Please take this paper in your left hand, fold it in half and put the paper on the floor".	/3
9. Ask the patient to read and follow a written instruction, e.g., "Close your eyes".	/1
10. Ask the patient to write a simple sentence. The sentence should contain a subject and a verb and should make sense.	/1
11. Ask the patient to copy a picture of intersecting pentagons.	
	/1
Total score	/30
A score below 24 indicates probable cognitive impairment.	
A score below 17 indicates definite cognitive impairment.	

Annexe 6

The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale

For each of the following activities, please indicate your level of self-confidence by choosing a corresponding number from the following rating scale:

0%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%
No										Completely
Confidence										Confident

"How confident are you that you will not lose your balance or become unsteady when you

1. ...walk around the house? _____%
2. ...walk up or down stairs? _____%
3. ...bend over and pick up a slipper from the front of a closet floor? _____%
4. ...reach for a small can off a shelf at eye level? _____%
5. ...stand on your tip toes and reach for something above your head? _____%
6. ...stand on a chair and reach for something? _____%
7. ...sweep the floor? _____%
8. ...walk outside the house to a car parked in the driveway? _____%
9. ...get into or out of a car? _____%
10. ...walk across a parking lot to the mall? _____%
11. ...walk up or down a ramp? _____%
12. ...walk in a crowded mall where people rapidly walk past you? _____%
13. ...are bumped into by people as you walk through the mall? _____%
14. ...step onto or off of an escalator while holding onto a railing? _____%
15. ...step onto or off an escalator while holding onto parcels such that you cannot hold onto the railing? _____%
16. ...walk outside on icy sidewalks? _____%

*Powell LE & Myers AM. The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *Journal of Gerontology Med Sci* 1995; 50(1):M28-34.

1) Unilateral Stance

- i) Test to be performed on right leg
- ii) Test to be performed on left leg

Starting position: Standardized starting position.

Instructions to Patient:

Stand on your right/left leg and hold for as long as you can up to 45 seconds. Look straight ahead.

Instructions to Therapist:

Begin timing as soon as the patient's foot leaves the ground. Do not allow the patient to brace the elevated leg against the supporting leg.

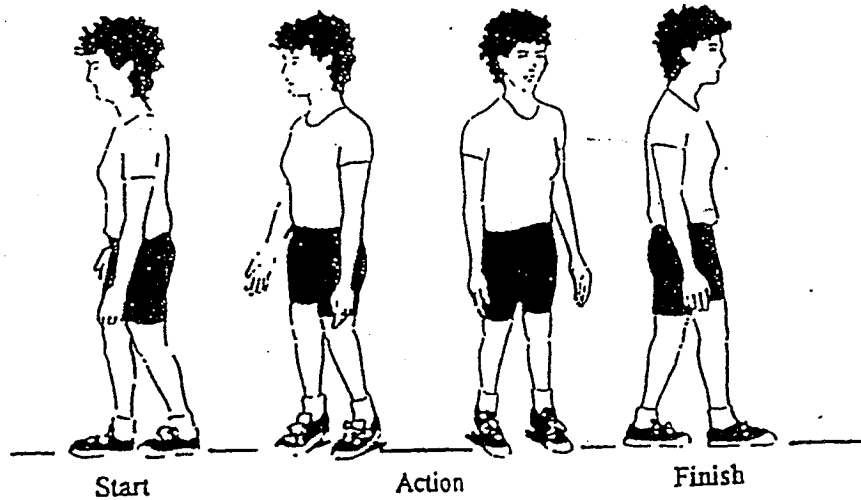
Test is over: Stop timing if stance foot moves from starting position or opposite foot touches ground.

Grading:

- | | |
|---|--|
| 0 | unable to sustain unilateral stance independently, i.e. able to unweight leg for brief moments only |
| 1 | able to sustain unilateral stance for 2 - 4 sec |
| 2 | able to sustain unilateral stance for 5 - 9 sec |
| 3 | able to sustain unilateral stance for 10 - 19 sec |
| 4 | able to sustain unilateral stance for ≥ 20 sec |
| 5 | able to sustain unilateral stance for 45 sec, in a steady & coordinated manner
NOT acceptable: excessive use of equilibrium reactions |

3) 180° Tandem Pivot

Starting position: Tandem Stance on bare spot in track (see set up diagram) - aligned heel to toe, no toeing out, arms at sides, head in neutral position and eyes forward. Patient allowed to choose either foot in front and may use assist or upper extremity support to achieve, but not sustain, tandem stance.



Instructions to Patient:

Lifting your heels just a little, pivot all the way around to face the opposite direction without stopping. Put your heels down and maintain your balance in this position.

Instructions to Therapist:

When right foot is in front in tandem position, patient to turn towards left. When left foot is in front in tandem position, patient to turn towards right. Therapist may assist patient to assume starting position.

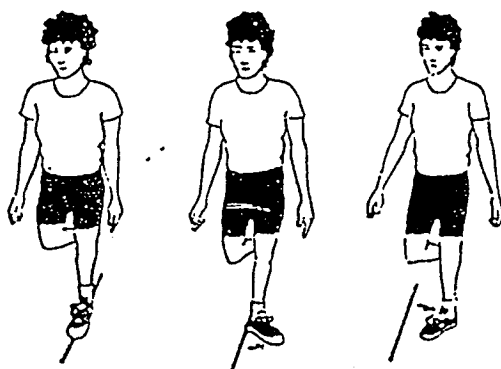
Test is over: When patient puts heels down or steps out of position.

Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to sustain tandem stance independently, i.e. requires assistance or upper extremity support |
| 1 | able to sustain tandem stance independently, but unable to unweight heels and/or initiate pivot |
| 2 | able to initiate pivot, but unable to complete 180° turn |
| 3 | able to complete 180° turn but discontinuous i.e. pauses on toes during pivot |
| 4 | able to complete 180° turn in a continuous motion but unable to sustain reversed position
NOT acceptable: heel-toe distance > 8 cm (3 inches) |
| 5 | able to turn 180° in a continuous and coordinated motion and sustain reversed position Acceptable to have feet slightly angled out in reversed position |
- NOT acceptable: heel-toe distance > 8 cm (3 inches)
excessive use of equilibrium reactions

4) Lateral Foot Scooting

96



Lateral foot scooting is defined as alternately pivoting on the heel and toe of one foot while moving sideways.

- i) move to the right when performing on right leg
- ii) move to the left when performing on left leg

Starting position: Standing on the line beside the bare spot in unilateral stance on right/left foot, arms at sides. Foot is perpendicular to the track.

Instructions to Patient:

Stand on your right/left leg and move sideways by alternately pivoting on your heel and toe. Keep pivoting until you reach the line and maintain your balance in this position.

Instructions to Therapist:

The patient moves laterally along the length of the bare spot and stops on the line. For the grading, *lateral pivot* is defined as either pivoting on heel, moving toes laterally OR pivoting on toes, moving heel laterally.

Test is over: When patient steps, hops, or touches opposite foot to floor.

Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to sustain unilateral stance independently, e.g. requires assistance or upper extremity support |
| 1 | able to perform 1 lateral pivot in any fashion |
| 2 | able to perform 2 lateral pivots in any fashion |
| 3 | able to perform ≥ 3 lateral foot pivots, but unable to complete 40 cm |
| 4 | able to complete 40 cm in any fashion, <u>and/or</u> unable to control final position |
| 5 | able to complete 40 cm in a continuous & rhythmical motion, demonstrating a controlled stop briefly maintaining unilateral stance |
- NOT acceptable:
- pausing while pivoting to regain balance
 - veering from a straight line course
 - excessive use of equilibrium reactions
 - excessive trunk rotation while pivoting

5) Hopping Forward

97

i) to be performed on right leg

ii) to be performed on left leg

Starting position: Unilateral stance on right/left with entire foot on the track. Heel placed on inner edge of starting line.

Instructions to Patient:

Stand on your right/ left foot. Hop twice straight along this line to pass the 1 metre mark with heel. Maintain your balance on your right/ left leg at the finish.

Instructions to Therapist:

It is recommended that the therapist assess safety prior to commencing task by having the patient in one spot. Patient is successful in completing 1 metre when the heel of the foot is touching or beyond the 1 metre line.

Test is over: if patient touches down with suspended foot between hops.

Grading:

0	unable to sustain unilateral stance independently or hop, i.e. requires assistance or upper extremity support
1	able to perform 1 or 2 hops with poor control, i.e. unable to sustain 1 foot landing for brief moments, unable to complete 1 metre
2	able to perform 2 hops sequentially in a controlled manner, unable to complete 1 metre
3	able to complete 1 metre in 2 hops, but unable to sustain 1 foot landing i.e. touches down or steps with opposite limb upon landing. Acceptable to deviate from the line
4	able to complete 1 metre in 2 hops, but difficulty controlling landing i.e. hops or pivots on stance foot to maintain landing. Acceptable to deviate from the line NOT acceptable: touching down or stepping with opposite limb to achieve stability landing
5	able to complete 1 metre in 2 hops in a coordinated manner and sustain a stable landing NOT acceptable: deviate from line excessive use of equilibrium reactions

Starting Position: Standardized starting position. Bean bag is placed to right or left side of the metre mark considering which hand the patient will use to pick it up.

Instructions to Patient:

Walk forwards and, without stopping, bend to pick up the bean bag and then continue walking the line.

Instructions to Therapist:

This task is performed using only half of the track. Start timing when the patient's foot leaves the ground. Stop timing when the both feet cross the 4 metre line.

Patient should use the less affected upper extremity for the task. This will avoid downgrading the due to limitations of upper extremity function as opposed to balance function.

Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to crouch (descend) to pick up bean bag independently ie. requires assistance or upper extremity support |
| 1 | able to crouch (descend), but unable to maintain crouch to pick up bean bag or rise to stand independently ie. requires assistance or touches hands down to floor |
| 2 | able to crouch to pick up bean bag and rise to stand independently but must hesitate at any time during activity ie. unable to maintain forward momentum |
| 3 | able to crouch and walk in a continuous motion (ie. maintaining forward momentum) with time < 8 seconds and demonstrates protective step at any time during the task |
| 4 | able to crouch and walk in a continuous motion with time < 8 seconds and/or uses excessive equilibrium reactions to maintain balance at any time during the task
NOT Acceptable: veering off course |
| 5 | able to crouch and walk in a continuous and rhythmical motion with time \leq 4 seconds
NOT acceptable : veering off course
excessive use of equilibrium reactions |

7) Lateral Dodging



Starting Position: Standing at the 2 metre mark with feet perpendicular to the track. The toes of both feet should cover the track

Instructions to Patient:

Move sideways along the line by repeatedly crossing one foot in front of and over the other. Place part of your foot on the line with every step. Reverse direction whenever I call "Change!" Do this as fast as you can, yet at a speed that you feel safe.

Instructions to Therapist:

Patient moves laterally back and forth along the line, between the 2 metre and 4 metre marks by repetitively crossing one foot over and in front of the other.

One cross-over includes crossing one leg over to land beside the other and returning the back leg to a uncrossed position.

One cycle requires the patient to cross-over for a 2 metre distance and return. The test requires that the patient perform two of these cycles (a total of 8 metres).

To cue the patient to change direction, call out "Change!" when one foot passes the 2 and 4 metre marks. The patient should believe direction changes are random. Begin timing as soon as the patient's foot leaves the ground. Stop timing when both feet cross over the final mark.

Grading:

- 0 Unable to perform one cross-over in both directions without loss of balance or use of support.
- 1 Able to perform one cross-over in both directions without use of support, but unable to contact the line with part of the foot.
- 2 Able to cross-over for 1 or more cycles to and from the 2 metre mark but unable to contact the line with every step.
- 3 Able to perform 2 cycles in any fashion (to the 2-meter line and back twice) and one part of each foot must contact the line during each step.
- 4 Performs 2 cycles as described in level 3 in from 12 to 15 seconds.
- 5 Performs 2 cycles in less than 12 seconds in a continuous, rhythmical fashion with coordinated direction changes immediately after verbal cue.

8) Walking & Looking

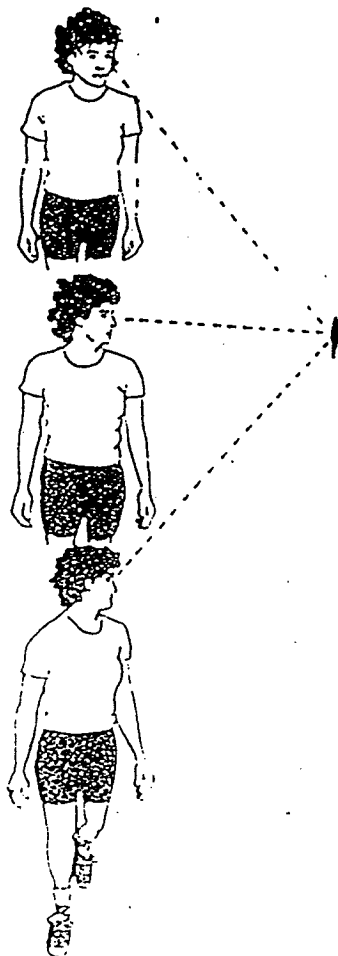


- i) to be performed looking right
- ii) to be performed looking left

Starting position: Standardized starting position. (See set-up diagram for placement of visual target.)

Instructions to Patient:

Walk at your usual pace to the end of the line. I will tell you when to look at the circle. Keep looking at it while you walk past it. I will then tell you when to look straight ahead again. Try not to veer off course while you walk.



Instructions to Therapist: Score client as defined in the guidelines, irrespective of the underlying limiting impairments eg. decreased neck or trunk rotation.

1. At the 2 m mark, ask the patient to "Look at the circle."
2. Cue the patient to "Keep looking at the circle" as they look back over their shoulder until they reach the 6 m mark.
3. At the 6 m mark, ask the patient to "Look straight ahead and continue walking until the end of the line."

Stand in a location where the patient's ability to maintain fixation can be assessed, that is, beside the target. Thus, a second person may be needed to walk with the patient to ensure safety.

It is acceptable to continue to remind patient of where they should be looking at each segment.

To score in the opposite direction, repeat task starting from opposite end of the line.

Grading:

- 0 unable to walk & look i.e. has to stop to look, or requires assistance or upper extremity support at any point during the test
- 1 able to continuously walk and initiate looking but loses visual fixation on circle at or before 4 metre mark
- 2 able to continuously walk & look, but loses visual fixation on circle after 4 m mark i.e. while looking back over the shoulder
- 3 able to continuously walk & fixate upon the circle between the 2 and 6 m mark, but demonstrates a protective step.
- 4 able to continuously walk & fixate upon the circle between the 2 and 6 m mark but veer off course at any time during task.
- 5 able to continuously walk & fixate upon circle between the 2 and 6 m mark, maintains a straight path, in a steady & coordinated manner, time ≤ 7 seconds
NOT Acceptable: inconsistent or reduced speed
looking down at feet

9) Running with Controlled Stop



Starting position: Standardized starting position.

Instructions to Patient:

Run as fast as you can to the end of the track. Stop abruptly with both feet on the finish line and in this position.

Instructions to Therapist:

Begin timing when initial foot leaves ground. Stop timing when both feet reach the finish line. It does not matter whether the feet land consecutively or simultaneously on the finish line.

Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to jog (with both feet off ground for brief instant), rather demonstrates fast walking leaping from foot to foot |
| 1 | able to jog in any fashion, time >5.0 sec. |
| 2 | able to jog in any fashion, time >3.0 sec but ≤ 5.0 sec, but is unable to perform a controlled stop with both feet on the line i.e. uses protective step or excessive equilibrium reactions |
| 3 | able to jog in any fashion, time >3.0 sec but ≤ 5 sec, and perform a controlled stop with both feet on the line
NOT acceptable: excessive equilibrium reactions |
| 4 | able to jog in any fashion, time ≤ 3.0 sec, but is unable to perform a controlled stop with both feet on the line i.e. uses protective step(s) or excessive equilibrium reactions |
| 5 | able to jog in a coordinated and rhythmical manner and perform a controlled stop with both feet on the line, time ≤ 3.0 sec
NOT acceptable: excessive equilibrium reactions |



Starting position: Standardized starting position.

Instructions to Patient:

Walk forwards to the half way mark, turn around and continue to walk backwards until I say "Stop." Try not to veer off course. Walk as quickly as you can, yet at a speed that you feel safe.

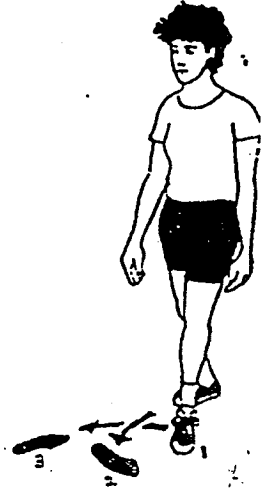
Instructions to Therapist:

Start timing when the patient's foot leaves the ground.

Stop timing when both feet cross the 8 metre finish line.

The patient is to turn at the 4 metre mark. It is acceptable for the subject to turn in any direction s/he chooses. When counting the steps required to turn 180°: i) the first step in the turn is angled away from the forward trajectory, ii) the last step in the turn completes the 180° turn and is oriented towards the starting line, initiating backwards walking.

It is also acceptable to pivot on one foot rather than stepping around.



Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to complete task i.e. requires assistance or upper extremity support |
| 1 | able to complete task independently, but must stop to maintain/regain balance at any time during this task |
| 2 | able to complete the task without stopping but must significantly reduce speed i.e. total time is > 11 sec, AND/ OR requires 4 or more steps to complete the turn |
| 3 | able to complete task with time ≤ 11 sec and/or veers from straight path during backwards walking |
| 4 | able to complete task in a continuous motion, time ≤ 9 sec, and/or uses protective step(s) during or just after turn |
| 5 | able to complete the task in a continuous motion with brisk speed, time ≤ 7 sec and maintaining a straight path throughout |

11) Walk, Look & Carry

- i) to be performed looking right
- ii) to be performed looking left

Starting position: Standardized starting position, but carrying a plastic grocery bag in each hand by the handle, with a 7 ½ lb. =3.4 kg weight inside the bag. (See set-up diagram for placement of visual target.)

Instructions to Patient: *Walk at your usual pace to the end of the line carrying the grocery bags. I will tell you when to look at the circle. Keep looking at it while you walk past it. I will then tell you when to look straight ahead again. Try not to veer off course while you walk.*

Instructions to Therapist:

Same instructions as in Item 8 Walking & Looking. Patient to carry only one grocery bag if unable to perform bilaterally due to motor control problems of the upper extremity. Indicate on the score sheet if patient carried only one bag.

Grading:

- | | |
|---|---|
| 0 | unable to walk & look i.e. has to stop to look, or requires assistance or upper extremity support at any point during the test |
| 1 | able to continuously walk and initiate looking but loses visual fixation on circle at or before 4 metre mark |
| 2 | able to continuously walk & look, but loses visual fixation on circle after 4 m mark i.e. while looking back over the shoulder |
| 3 | able to continuously walk & fixate upon the circle between the 2 and 6 m mark, but demonstrates a protective step. Acceptable for patient to demonstrate inconsistent or reduced speed. |
| 4 | able to continuously walk & fixate upon the circle between the 2 and 6 m mark but veers off course. Acceptable for patient to demonstrate inconsistent or reduced speed. |
| 5 | able to continuously walk & fixate upon circle between the 2 and 6 m mark, maintains a straight path, in a steady & coordinated manner, time ≤ 7 seconds
NOT Acceptable: inconsistent or reduced speed
looking down at feet |

12) Descending Stairs

Starting position: Quiet standing at top of staircase (minimum 8 steps.) Depending on patient's skill on the stairs, may begin by descending from the first or third step at the bottom of the flight.

Instructions to Patient:

Walk down the stairs. Try not to use the railing.

Therapist Instructions:

Depending on patient's skill on stairs, may use a cane as in level 1 and 2.

Grading:

- | | |
|---|--|
| 0 | unable to step down 1 step OR requires the railing or assistance |
| 1 | able to step down 1 step with/without use of cane
NOT acceptable: use of railing (from this level onwards) |
| 2 | able to step down 3 steps in any pattern with/without the use of cane i.e. step-to pattern with/without cane or reciprocal pattern with cane |
| 3 | able to step down 3 steps in a <u>reciprocal</u> pattern, <u>without</u> cane
OR
able to step down a full flight in a step-to pattern, without cane
NOT acceptable: use of cane (from this level onwards) |
| 4 | able to step down a flight in a reciprocal pattern but awkward, incoordinated |
| 5 | able to step down a flight in a reciprocal pattern in a rhythmical and coordinated manner |

BONUS

Using therapist's discretion and for those patients who have achieved level 4 or 5, add 1 bonus point if the patient can descend the stairs while carrying a weighted basket (laundry basket with 2 lb. weight in it). The basket should be held at waist level to obstruct vision. Acceptable to look down the flight once at the top of the stairs. Instruct the patient, "Try not to look at your feet."
If the patient is unable to hold the basket with one or both arms, their maximal score is a "5".
NOT acceptable: to look at feet during descent

13) Step Ups x 1 Step

- i) to be performed leading with right leg
- ii) to be performed leading with left leg

Starting position: Standardized starting position in front of step at bottom of stairs.

Instructions to Patient:

- i) *Step up and down on this step as quickly as you can until I say "Stop."* The pattern is *Right-Left Up and Right-Left Down. Try not to look at your feet.*
- ii) *Step up and down on this step as quickly as you can until I say "Stop."* The pattern is *Left-Right Up and Left-Right Down. Try not to look at your feet.*

Instructions of Therapist:

Start timing when the patient's foot leaves the ground. Stop timing after the completion of 5 cycles. A cycle is one complete step up and down.

Grading:

0	unable to step up independently, requires assistance and/or railing to ascend
1	able to step up independently, but unable to step down independently i.e. requires railing and/ or assistance to descend
2	able to step up & down (1 cycle) independently without railing or assistance. Acceptable to look at feet
3	able to complete 5 cycles. Acceptable to demonstrate incoordination or inconsistent speed/rhythm. NOT acceptable: to look at feet
4	able to complete 5 cycles in 7 to 10 seconds. Acceptable as in Level 3. NOT acceptable: as in level 3
5	able to complete 5 cycles in ≤ 6 sec, in a rhythmical & coordinated manner NOT acceptable: to look at feet inconsistent speed/rhythm

Annexe 8

Older Adults Force Platform Balance Data Sheet

Participant # _____

Height: _____

Weight: _____

Date: _____

Foot Length: _____

Trial	Condition	filename	Comments
1	"Top" Standing - Feet Tog		
2			
3			
4	Standing		
5			
6			
7	Standing - Feet Tog		
8			
9			
10	"Top" Sitting		
11			
12			

Lateral Reach			
	1st trial	2nd trial	Best
Right Arm			
Left Arm			