



Université d'Ottawa • University of Ottawa

PERMISSION DE REPRODUIRE ET DE DISTRIBUER LA THÈSE

PERMISSION TO REPRODUCE AND DISTRIBUTE THE THESIS

NOM DE L'AUTEUR / NAME OF AUTHOR:	MIREAULT, Annie-Claude
ADRESSE POSTALE / MAILING ADDRESS:	35 RUE LOUIS-BAZINET ST-CHARLES-BORROMÉE QC J6E2B7
GRADE / DEGREE:	ANNÉE D'OBTENTION / YEAR GRANTED
M.A. (Activité Physique)	2003
TITRE DE LA THÈSE / TITLE OF THESIS: CONTRIBUTION DE L'INFORMATION TACTILE À LA STABILITÉ POSTURALE CHEZ LA POPULATION ÂGÉE.	

L'auteur permet, par la présente, la consultation et le prêt de cette thèse en conformité avec les règlements établis par le bibliothécaire en chef de l'Université d'Ottawa. L'auteur autorise aussi l'Université d'Ottawa, ses successeurs et cessionnaires, à reproduire cet exemplaire par photographie ou photocopie pour fins de prêt ou de vente au prix coûtant aux bibliothèques ou aux chercheurs qui en feront la demande.

Les droits de publication par tout autre moyen et pour vente au public demeureront la propriété de l'auteur de la thèse sous réserve des règlements de l'Université d'Ottawa en matière de publication de thèses.

N.B. LE MASCULIN COMPREND ÉGALEMENT LE FÉMININ

The author hereby permits the consultation and the lending of this thesis pursuant to the regulations established by the Chief Librarian of the University of Ottawa. The author also authorizes the University of Ottawa, its successors and assignees, to make reproductions of this copy by photographic means or by photocopying and to lend or sell such reproductions at cost to libraries and to scholars requesting them.

The right to publish the thesis by other means and to sell it to the public is reserved to the author, subject to the regulations of the University of Ottawa governing the publication of theses.

13 juin 2003

DATE

Annie-Claude Mireault

(AUTEUR)

SIGNATURE

(AUTHOR)



Université d'Ottawa • University of Ottawa



Université d'Ottawa - University of Ottawa

FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES ET
POSTDOCTORALES

FACULTY OF GRADUATE AND
POSTDOCTORAL STUDIES

MIREAULT, Annie-Claude

AUTEUR DE LA THÈSE - AUTHOR OF THESIS

M.A. (Activité physique)

GRADE - DEGREE

École des sciences de l'activité physique

FACULTÉ, ÉCOLE, DÉPARTEMENT - FACULTY, SCHOOL, DEPARTMENT

TITRE DE LA THÈSE - TITLE OF THE THESIS

Contribution de l'information tactile à la stabilité
posturale chez la population âgée

François Tremblay

DIRECTEUR DE LA THÈSE - THESIS SUPERVISOR

EXAMINATEURS DE LA THÈSE - THESIS EXAMINERS

H. Sveistrup

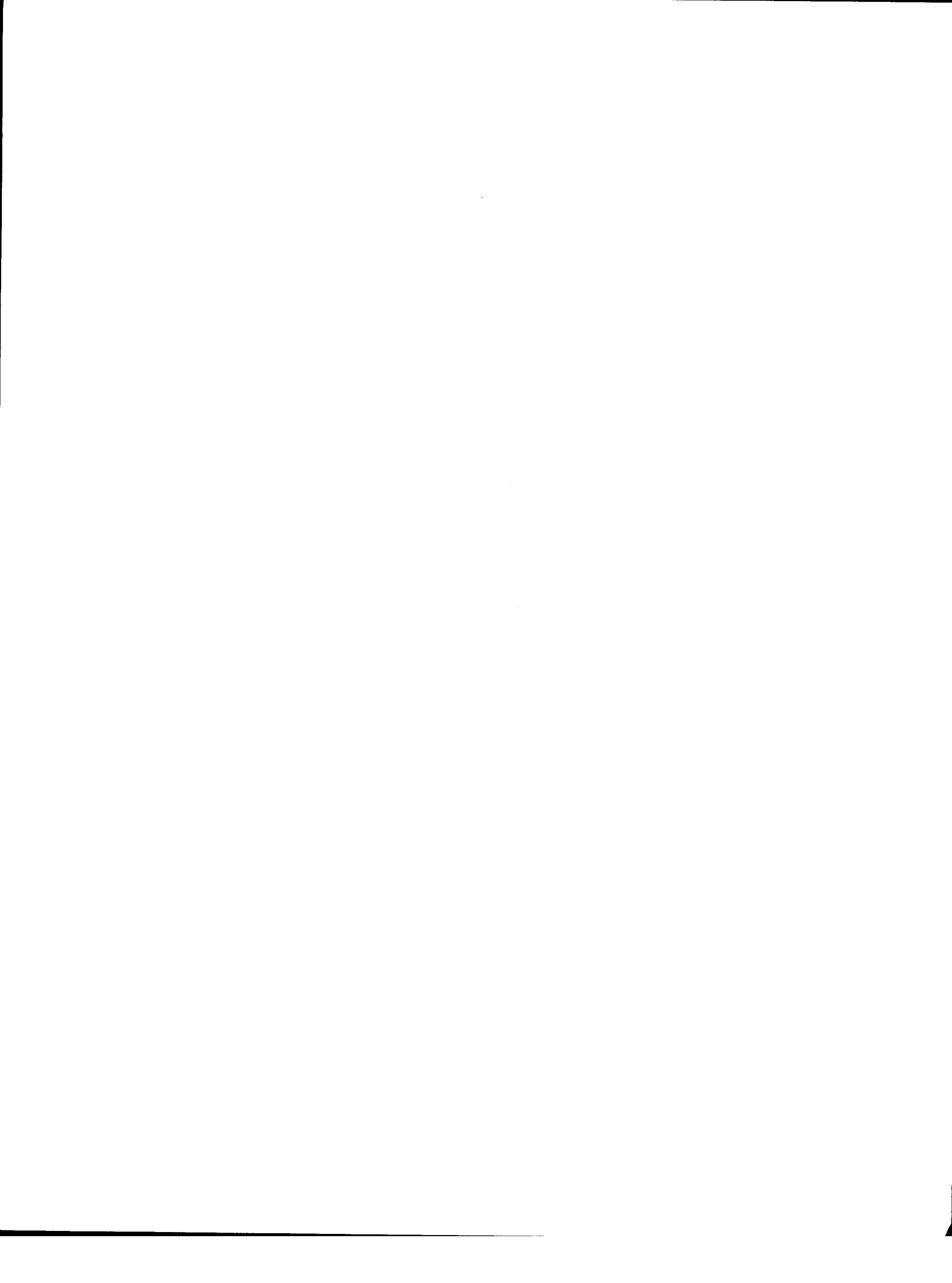
Y. Lajoie

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

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES ÉTUDES
SUPÉRIEURES ET POSTDOCTORALES

SIGNATURE

DEAN OF THE FACULTY OF GRADUATE
AND POSTDOCTORAL STUDIES



*Contribution de l'information tactile
à la stabilité posturale chez la population âgée*

Par
Annie-Claude Mireault B.Sc.P.T.
Université d'Ottawa, 2001

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
Mars 2003

© Annie-Claude Mireault, Ottawa, Canada, 2003



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

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

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

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

0-612-79358-3

Canada

RÉSUMÉ

Cette étude visait à comparer l'habileté de sujets, jeunes ($n=25$) et âgés ($n=35$), à utiliser le toucher léger pour la stabilisation posturale. Les oscillations du centre de pression plantaire (CPP) étaient mesurées sur des plates-formes de force (AMTI) dans diverses conditions sensorielles (vision, toucher et support). L'acuité tactile sur la pulpe de l'index a aussi été estimée. Les résultats ont montré que le toucher léger contribuait significativement à atténuer les fluctuations du CPP dans les deux groupes. Les sujets âgés ont toutefois déployé des forces de contact plus élevées pour se stabiliser. La plupart des personnes âgées présentaient un déclin de l'acuité tactile. L'augmentation des forces de contact serait liée au déclin sensoriel avec le vieillissement de sorte que des forces plus élevées sont nécessaires pour détecter les oscillations corporelles à partir du toucher léger.

Remerciements

J'aimerais remercier le Dr. François Tremblay pour sa supervision, car sans son aide et ses encouragements, cette thèse de maîtrise n'aurait pas été possible. Je remercie le Dr. Tremblay pour la rigueur professionnelle qu'il a manifesté en dirigeant les travaux relatifs à ma thèse de maîtrise. Je tiens aussi à remercier le Dr. Heidi Sveistrup pour sa co-supervision et pour les conseils qu'elle m'a donnés durant mes travaux.

Je remercie également ma famille ainsi que mon copain Yanick pour leur soutien continu au cours des dernières années. Je tiens aussi à remercier les assistants de laboratoire, Liam Dessureault et Hélène Manning pour leur aide. Leur expertise en informatique a été grandement appréciée. Je remercie spécialement tous les sujets qui ont participé à cette étude.

En terminant, j'aimerais remercier l'Université d'Ottawa, le Fond de la recherche en santé du Québec (FRSQ-FCAR-SANTE) ainsi que l'organisme des 'Bourses d'études supérieures de l'Ontario (OGS)' pour leur aide financière au cours des deux dernières années. Cette étude a été en partie rendue possible grâce à l'appui du Conseil de Recherche en Sciences et Génie du Canada.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Liste des tableaux	6
Liste des figures	7
Liste des abréviations	8
Résumé	10
CHAPITRE I	12
1.1 Sujet général de cette étude.....	12
Objectifs du travail.....	13
1.2 Objectif général.....	13
1.3 Hypothèses de travail.....	13
1.4 Revue de la littérature	15
1.4.1 Les mécanorécepteurs de la peau.....	16
a) Les récepteurs superficiels.....	16
b) Les récepteurs profonds.....	17
1.4.2 Transmission des messages tactiles	18
1.4.3 Vieillesse, somatosensation et équilibre.....	19
1.4.4 Les chutes chez les personnes âgées.....	24
a) Le vieillissement normal et les chutes	24
b) Facteurs de risque associés aux chutes	26
c) Les changements au niveau des stratégies motrices lors d'une perturbation de l'équilibre.....	26
d) Les habiletés posturales anticipatoires	27

1.5 Pertinence de cette recherche.....	30
CHAPITRE II	32
Méthode et appareillage	32
2.1 Sujets	32
2.2 Évaluation de la stabilité posturale en station debout.....	33
2.2.1 Mesure des déplacements du centre de pression plantaire.....	33
2.2.2 Mesure des forces de contact à l'aide de la plaque de force tactile	33
2.2.3 Conditions expérimentales.....	34
2.2.4 Traitement des données du centre de pression plantaire.....	36
2.3 Mesure des seuils pour la perception tactile	37
2.3.1 Le test de détection d'espacements pour l'acuité spatiale	37
2.3.2 Le test de détection de pressions minimales	38
2.4 Analyses statistiques	39
2.4.1 Oscillations posturales	39
CHAPITRE III	41
Résultats	41
3.1 Effets des conditions de vision et de toucher sur les déplacements du centre de pression plantaire (CPP)	41
3.2 Exemple de stabilisation individuel selon l'âge.....	43
3.3 Les résultats obtenus aux tests de la perception tactile de la main	44
3.4 Facteurs prédictifs des forces de contact verticales (Fz)	45

CHAPITRE IV	48
Discussion générale	48
4.1 L'effet stabilisateur du toucher léger pour la stabilisation AP	48
4.2 L'effet du positionnement de la plaque tactile.....	49
4.3 Effet du toucher léger pour la stabilisation en ML	49
4.4 La texture de contact et les déplacements du CPP.....	51
4.5 La modulation des forces de contact pour la stabilisation posturale	52
4.6 Les déficits de la perception tactile chez les personnes âgées	54
4.7 Facteurs prédictifs des forces de contact	55
4.8 La contribution des signaux sensoriels et proprioceptifs en provenance du doigt pour la stabilisation posturale	56
4.9 Limites et suggestions pour études ultérieures	57
Conclusion	60
Références bibliographiques	62
Tableaux	69
Légende des figures	72
Figures	74
Annexes	80
Annexe I : Questionnaire de santé	81
Annexe II : Attestation d'approbation déontologique	82

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Caractéristiques démographiques des sujets.....	69
Tableau 2 : Résultats aux tests mesurant la perception tactile de l'index	70
Tableau 3 : Valeurs des coefficients de corrélations partiels (r) estimés à partir de la régression linéaire multiple entre les seuils tactiles et les forces de contact verticales	71

Liste des figures

	Page
Légende des figures	72
Figure 1 : Arrangement expérimental.....	74
Figure 2 : Exemple d'un bloc tactile et de sa méthode d'application.....	75
Figure 3 : Valeurs moyennes des déplacements (RMS) des centres de pression plantaire obtenus (CPP) dans les directions AP et ML.....	76
Figure 4 : Exemple d'atténuation des oscillations en AP en relation avec les forces de contact verticales chez un sujet jeune et chez un sujet âgé.....	77
Figure 5 : Valeurs moyennes des forces de contact verticales pour toutes les conditions testées.....	78
Figure 6 : Relation entre les seuils d'acuité spatiale mesurés à l'index et les forces de contact verticales générées lors de la stabilisation posturale.....	79

Liste des abréviations

ACV : Accident cérébro-vasculaire

AP: antéro-postérieur

cm : centimètre

CPP : Centre de pression plantaire

CPx : Coordonnées médio-latérales des déplacements du centre de pression plantaire

CPy : Coordonnées antéro-postérieures des déplacements du centre de pression plantaire

D: Droitier

EC: Eyes closed

EO: Eyes opened

E.T.: Écart-type

F : Femme

Fig. : Figure

Fx : Force de contact médio-latérale

Fy : Force de contact antéro-postérieure

Fz : Force de contact verticale

neos : 'normal surface (stable), eyes opened, smooth touch'

neor : 'normal surface (stable), eyes opened, rough touch'

necs : 'normal surface (stable), eyes closed, smooth touch'

necr: 'normal surface (stable), eyes closed, rough touch'

feos: 'foam surface, eyes opened, smooth touch'

feor: 'foam surface, eyes opened, rough touch'

fecs: 'foam surface, eyes closed, smooth touch'

fecr: 'foam surface, eyes closed, rough touch'

G: Gaucher

H: Homme

Hz: Hertz

m : mètre

mg: milligramme

ML: médio-latéral

mm: millimètre

Moy.: Moyenne

N: Newton

NT: No touch

O: Old

RMS : Root Mean Square

RT: Rough touch

ST: Smooth touch

T : Touch

V : Vision

VPL: Noyau ventral postérolatéral

Y: Young

Résumé

Le toucher léger contribue de façon active à diminuer les oscillations corporelles, lorsqu'un sujet touche légèrement une surface stable, même lorsque les forces de contact appliquées par la pulpe du doigt sont inadéquates pour stabiliser mécaniquement le corps (Clapp et Wing, 1999; Jeka et Lackner, 1994). Le but de cette étude était de comparer l'habileté des jeunes adultes et des personnes âgées à faire l'utilisation du toucher léger en station debout normale. Nous avons testé 25 jeunes sujets (âge : 19-32 ans) et 35 personnes âgées (âge : 60-86 ans). Nous avons d'abord évalué la perception tactile au niveau de la pulpe de l'index des sujets à l'aide d'un test de détection de pressions minimales ainsi qu'à l'aide d'un test de détection d'espacements. Nous avons aussi évalué la stabilité posturale des sujets. Ceux-ci devaient se tenir debout sur des plateformes de force de type AMTI dans diverses conditions sensorielles. Les essais expérimentaux (durée 60 sec.) comportaient deux conditions visuelles (yeux ouverts : EO ou yeux fermés : EC), trois conditions de toucher léger avec la pulpe de l'index (pas de toucher : NT, toucher d'une texture lisse : ST, toucher d'une texture rugueuse: RT) et deux conditions de support (surface stable ou surface instable). Les résultats ont démontré que le toucher léger avait contribué à atténuer significativement les oscillations du centre de pression plantaire (CPP-RMS) dans la direction antéro-postérieure (\approx 30-40% de réduction) chez les jeunes sujets et chez les personnes âgées pour toutes les conditions sensorielles testées (vision, surface). Les oscillations du CPP en ML ont été moins affectées par le toucher léger pour les conditions sensorielles testées (vision, surface). Cependant, les personnes âgées ont bénéficié du toucher léger pour la

stabilisation posturale en ML lors de la station debout sur la surface instable (réduction: \approx 20% du CPP). Pour atteindre le niveau de stabilisation observé chez les jeunes, les sujets âgés ont toutefois déployé des forces de contact significativement plus élevées. Les sujets jeunes ont appliqué en moyenne des forces de contact de 0.32 ± 0.15 N sur la plaque tactile, alors que les sujets âgés ont appliqué en moyenne des forces de contact de l'ordre de 1.2 ± 0.68 N. Chez tous les sujets jeunes (100%) et la vaste majorité des sujets âgés (75%), les forces de contact appliquées étaient en deçà des forces requises pour produire une stabilisation physique (4-8 N). Dans les tests psychophysiques, les personnes âgées ont obtenu en moyenne des seuils de détection de pressions minimales 5 fois plus élevés que ceux obtenus chez les sujets jeunes (Agés: 245 ± 233 mg vs Jeunes: 52 ± 41 mg). Les sujets âgés ont aussi obtenu en moyenne des seuils d'acuité spatiale 3 fois plus élevés que ceux enregistrés chez les jeunes sujets (Agés: 2.60 ± 1.44 mm vs Jeunes : 0.88 ± 0.35 mm). Les corrélations entre les seuils d'acuité spatiale et les forces verticales enregistrées (F_z) pendant les essais avec contact se sont révélées très significatives (r de 0.37 à 0.47). Les valeurs des seuils d'acuité spatiale obtenus au test de la détection d'espacements constituaient donc de bons indicateurs des forces verticales (F_z) utilisées pour la stabilisation posturale. L'utilisation de forces de contact plus élevées, mais non excessives chez la majorité des aînés (75%), est interprétée comme une stratégie visant à optimiser les signaux sensoriels provenant du membre supérieur pour ainsi atteindre une stabilisation posturale adéquate. Pour la minorité des aînés (\sim 25%) présentant une détérioration plus importante de l'acuité tactile, il semble que la stratégie de support physique soit l'unique choix possible.

Chapitre I

1.1 Sujet général de cette étude :

Le vieillissement affecte tous les systèmes du corps, tels les systèmes cardiovasculaire, respiratoire, musculo-squelettique et somatosensoriel. Dans le présent travail, nous nous sommes attardés plus particulièrement sur les effets du vieillissement au niveau du système somatosensoriel. En effet, la somatosensation est reconnue pour jouer un rôle dans le contrôle de la stabilité posturale. La sensibilité tactile, notamment, par l'intermédiaire des mécanorécepteurs distribués dans la peau, permettrait d'obtenir des informations critiques pour la détection des forces externes et aussi pour la mise à jour des représentations internes du corps nécessaires à l'orientation posturale.

Plusieurs études récentes ont confirmé le fait que l'information tactile joue un rôle primordial dans le contrôle de l'équilibre et de la posture (Jeka, 1997). Les travaux récents de l'équipe de Jeka et al. ont démontré de manière convaincante que les afférences sensorielles provenant de la main contribuent à la régulation de l'équilibre en station debout (Jeka et Lackner, 1994). Or, avec le vieillissement, la perception tactile se détériore; celle-ci se manifestant plus particulièrement au niveau des extrémités (mains et pieds) (Stevens et Choo, 1996).

Dans ce projet, nous avons donc étudié comment les changements de la perception tactile associés au vieillissement ont pu affecter le contrôle de la stabilité posturale en station debout.

Objectifs du travail

1.2 Objectif général:

Nous avons tenté de comprendre comment le vieillissement affecte la capacité des personnes âgées à utiliser l'information tactile, et notamment le toucher léger, pour la stabilisation posturale. A cette fin, nous avons mesuré le niveau de perception tactile au niveau de la main chez tous les sujets à l'aide de deux tests psychophysiques. Par la suite, nous avons mesuré les oscillations posturales en station debout dans des conditions avec ou sans contact léger, en utilisant des plates-formes de force conventionnelles. Finalement, nous avons fait des comparaisons entre deux populations, soit des sujets jeunes et des aînés en santé.

1.3 Hypothèses de travail:

Compte tenu des changements attendus au niveau de la perception tactile chez les sujets âgés, nous avons fait l'hypothèse que la capacité de stabiliser la posture par le toucher léger serait affectée chez cette population. Cette capacité pourrait être affectée à différents degrés cependant. Les individus ayant conservé une bonne acuité tactile seraient ainsi en mesure d'utiliser, comme les sujets jeunes, une stratégie proactive dans laquelle le contact léger servirait à réguler à l'avance les oscillations posturales avec des forces inférieures à 2 N. Par contre, les individus accusant une perte significative d'acuité tactile seraient moins en mesure d'utiliser le toucher léger pour la stabilisation et devraient plutôt recourir à une stratégie de support avec des forces de contact supérieures à 3 N. De telles forces leur permettraient en effet d'obtenir une stabilisation mécanique par l'intermédiaire du contact du doigt avec un objet (Holden et al. 1994). La stratégie de

support serait particulièrement mise en évidence dans les conditions où la vision ne serait pas permise et/ou lorsque la surface de support serait instable.

Dans l'étude des oscillations posturales avec un contact léger, nous avons utilisé deux textures différentes pour tenter de déterminer si le niveau de rugosité pouvait influencer les stratégies de contact. Le sujet devait toucher soit une surface lisse (grillage fin) soit une surface rugueuse (grillage rude), dépendamment de l'essai. Le fait de changer la texture de la surface de contact, de lisse à rugueuse, devait potentiellement entraîner une réduction des oscillations posturales pour les individus démontrant une pauvre perception tactile. En théorie, la texture plus rugueuse devrait contribuer à optimiser la stratégie de support physique (Jeka et Lackner, 1995). Par contre, pour les individus ayant conservé une bonne perception tactile, le fait de changer la texture de la surface de contact ne devait avoir que très peu d'effet au niveau de la réduction des oscillations posturales.

1.4 Revue de la littérature

La perception tactile a fait l'objet de plusieurs études au cours des années. En 1925, David Katz commença à étudier ce phénomène de façon plus systématique et fut un pionnier dans ce domaine. Ce dernier s'est intéressé plus particulièrement au rôle de la vision pour l'orientation du toucher et à l'interprétation de l'expérience tactile (Lederman, 1982). Depuis ce temps, de nombreuses études ont été effectuées dans le but de mieux comprendre le domaine de la perception tactile et les bases physiologiques sous-jacentes à un tel phénomène.

La perception tactile recouvre une gamme assez large de sensations, notamment, les sensations reliées au contact léger, à la vibration et à la texture. Plus spécifiquement, les habiletés tactiles font appel à la discrimination spatiale, à la détection de pressions, à la discrimination de formes, de textures et finalement à la manipulation d'objets.

Les sensations somatiques sont liées à plusieurs types d'informations provenant des récepteurs distribués dans le corps. Les récepteurs sensoriels de la peau captent la majeure partie de ces informations. La nature des différents stimuli est généralement très variable. La majorité des récepteurs sensoriels du système somatique sont des mécanorécepteurs. Ces derniers sont spécialisés pour répondre à des stimuli mécaniques (étirements, pressions, déformations). Les mécanorécepteurs de la peau sont présents sur l'ensemble du corps et contribuent à informer le système nerveux sur la présence de stimuli externes ou sur la présence de stimuli issus du corps lui-même (Bear et al., 2001).

1.4.1 Les mécanorécepteurs de la peau :

La peau glabre des primates comporte différentes classes fonctionnelles de mécanorécepteurs. Ceux-ci peuvent fournir de l'information essentielle au système nerveux central concernant l'origine spatiale, l'amplitude et le rythme des changements d'amplitude des stimuli tactiles exercés au niveau de la peau.

La peau glabre du corps comprend quatre types de fibres afférentes nerveuses associées aux mécanorécepteurs (Vallbo et Johansson, 1984). Les afférences à adaptation lente de type 1 (SA1) sont associées aux corpuscules de Merkel, les afférences à adaptation rapide (RA) sont associées aux corpuscules de Meissner, les afférences de Pacini (PC) sont évidemment associées aux corpuscules de Pacini et finalement les afférences à adaptation lente de type 2 (SA2) sont associées aux corpuscules de Ruffini. Ces fibres répondent différemment aux mouvements et déformations se produisant au niveau de la peau (Vallbo et Johansson, 1984).

a) Les récepteurs superficiels :

Les fibres SA1 et les fibres à adaptation rapide (RA) sont localisées plus superficiellement au niveau de la peau glabre de la main. Les afférences SA1 innervent très densément la peau de la pulpe des doigts et répondent à des pressions soutenues à l'aide de décharges adaptatives soutenues et lentes. Ces décharges sont linéairement liées à l'intensité de la pression ou de la force d'indentation. Les afférences SA1 sont très sensibles aux objets pointus, aux rebords et aux courbures de certains objets, en raison de leur grande sélectivité de réponse aux forces de déformation. Ces fibres ont aussi une très bonne capacité de résolution spatiale. En effet, les afférences individuelles SA1 peuvent encoder de très petits détails spatiaux allant jusqu'à 0.5mm, bien que leurs champs

récepteurs aient un diamètre de 2 à 3 mm (Johnson, 2001). Quant à elles, les afférences de Meissner (RA) innervent la peau de façon encore plus dense que les afférences de type SA1. Les fibres RA, plutôt insensibles aux déformations statiques de la peau, sont quatre fois plus sensibles aux déformations dynamiques de la peau que les afférences SA1. Contrairement aux afférences SA1, ces fibres réagissent aux différents stimuli de façon relativement uniforme dans tous leurs champs récepteurs (diamètre de 3 à 5 mm). A cause de cette propriété, les fibres RA possèdent un faible pouvoir de résolution spatiale (Johnson, 2001).

Les fibres RA possèdent des propriétés plus sélectives pour encoder des déplacements au niveau de la peau. Ces fibres seraient aussi responsables de la détection de glissements entre la peau et un objet pendant la manipulation (Johnson et al., 2000; Srinivasan et al., 1990). De plus, les afférences à adaptation rapide (RA) seraient plus susceptibles de signaler des variations de force pouvant survenir lors de la manipulation (Macefield et al., 1996).

b) Les récepteurs profonds :

Les récepteurs de Pacini (PC) et de Ruffini (SA2) sont localisés plus profondément au niveau de la peau glabre de la main. Chaque fibre afférente PC origine d'un seul corpuscule de Pacini. Ces corpuscules sont distribués d'un bout à l'autre de la paume de la main et partout au niveau des doigts (environ 350 corpuscules par doigt et 800 au niveau de la main) (Johnson et al., 2000). Ces fibres sont extrêmement sensibles aux vibrations. En effet, les afférences PC les plus sensibles peuvent répondre à des déplacements très faibles de la peau, soit aussi peu que 10 nm ou moins à des fréquences de 200 Hz (Brisben et al., 1999). En raison de leur extrême sensibilité et de

leur localisation profonde, les afférences PC démontrent une très pauvre capacité de résolution spatiale. En effet, le champ récepteur d'un récepteur de type PC peut recouvrir toute la surface de la main. Ces fibres ont aussi une immense capacité à filtrer les stimuli de très basse fréquence. Les propriétés décrites précédemment confèrent donc aux fibres afférentes de type PC la capacité de produire des images neurales très précises et fidèles de stimuli transitoires et vibratoires transmis au niveau de la main y étant maintenus. Depuis plusieurs années, les afférences de type PC sont reconnues comme étant responsable de la perception de stimuli de hautes fréquences (Johnson et al., 2000).

Les afférences SA2, quant à elles, innervent la peau moins densément que les afférences SA1 ou RA. Les champs récepteurs des afférences SA2 sont cinq fois plus larges et environ six fois moins sensibles aux déformations de la peau que les afférences SA1. Par contre, les fibres SA2 seraient deux à quatre fois plus sensibles aux étirements de la peau que les fibres afférentes SA1 (Edin, 1992; Johnson et al., 2000). Les afférences SA2 perçoivent donc les étirements de la peau de façon plus efficace que les afférences SA1, car moins d'interférences sont perçues au niveau de leurs champs récepteurs. Les afférences SA2 coderaient la direction de certains objets et de certaines forces lorsque le mouvement ou la direction des forces perçus produisent des étirements au niveau de la peau (Olausson et al., 2000). De plus, ces afférences, avec la participation des fuseaux neuromusculaires et possiblement des afférences articulaires, auraient un rôle au niveau proprioceptif.

1.4.2 Transmission des messages tactiles :

Le système nerveux central reçoit de l'information à partir des récepteurs sensoriels par l'intermédiaire des afférences sensorielles primaires. Les corps cellulaires

de ces neurones sont localisés dans les ganglions des racines dorsales. Ainsi, les axones se dirigent vers la moelle épinière par les racines dorsales. Pour atteindre le cerveau, les informations recueillies à partir des récepteurs sensoriels cutanés utilisent la voie des colonnes dorsales ou voie lemniscale. Cette voie transmet les informations d'origine cutanée en ce qui concerne le toucher, les différentes vibrations ressenties et les informations proprioceptives provenant des membres. Les axones de neurones sensitifs de premier ordre pénètrent au niveau de la racine dorsale de la moelle épinière et se ramifient. Ces ramifications pénètrent dans le cordon postérieur du côté ipsilatéral, sans faire synapse. Par la suite, des synapses se forment avec des neurones de deuxième ordre dans le noyau cunéiforme et le noyau gracile du bulbe rachidien. Les projections des neurones du bulbe rachidien croisent la ligne médiane et se dirigent vers les lemnisques médiaux jusqu'au thalamus. Ces dernières font synapse avec les neurones thalamiques (3^{ème} ordre) et se terminent finalement au niveau du noyau ventral postérolatéral (VPL) se situant dans le thalamus (Bear et al., 2001). Ensuite, les influx nerveux sont transmis à l'aire somesthésique primaire et l'aire secondaire du gyrus postcentral. Le faisceau cunéiforme transmet ainsi les influx afférents en provenance des membres supérieurs, de la partie supérieure du tronc et du cou. Le faisceau gracile transmet les influx en provenance des membres inférieurs et de la partie inférieure du tronc (Marieb et Laurendeau, 1993).

1.4.3 Vieillessement, somatosensation et équilibre:

Le vieillissement se caractérise par plusieurs changements au niveau des systèmes contribuant au contrôle postural. Ces changements peuvent être notés au niveau du système vestibulaire, du système somatosensoriel et aussi au niveau du système visuel.

Tous ces systèmes jouent un rôle important au niveau du contrôle postural chez l'humain. Au niveau du système somatosensoriel, la majorité des études ont tenté d'évaluer les changements au niveau de l'acuité proprioceptive des membres inférieurs associés au vieillissement. Ces études ont aussi cherché à comprendre l'impact de ces mêmes changements au niveau de la stabilité posturale (Dickstein et al., 2001; Hay et al., 1996; Thelen et al., 1998). Par contre, les effets des changements affectant la perception tactile lors du vieillissement n'ont pas reçu autant d'attention. La perception tactile a été étudiée surtout en ce qui concerne la fonction des membres supérieurs. C'est pourquoi peu d'études ont été menées sur les impacts au niveau du contrôle postural. Par contre, il semble établi que l'information tactile provenant de la plante du pied contribue à la stabilité posturale (Kavounoudias et al., 1998; Kennedy et Inglis, 2002). Depuis quelques années, quelques études ont porté sur cette question et suggèrent ainsi que l'information tactile en provenance de la main joue aussi un rôle primordial au niveau de la stabilité posturale chez l'humain. Ainsi, l'influence du toucher a été beaucoup mieux comprise dans des études menées par Jeka et ses collaborateurs (Jeka et Lackner, 1994, 1995; Jeka et al., 1997). Ces auteurs ont bien démontré que, lorsqu'un sujet se tient en position debout et touche une surface stable à l'aide du bout du doigt, les oscillations posturales sont réduites. Ces mêmes oscillations sont réduites même lorsque les forces appliquées sont inadéquates pour stabiliser physiquement le corps. Trois expériences menées par Lackner et son équipe (2001) ont démontré que les forces de contact générées à partir de la pulpe du doigt étaient peu élevées. Ces forces n'ont pas excédé 0.65N et étaient même souvent inférieures à 0.1N. De telles forces n'ont donc pas pu permettre une stabilisation mécanique effective. Ces auteurs ont aussi étudié l'efficacité du toucher léger à l'aide de

différentes surfaces de contact (filament flexible, filament rigide, surface plane et toucher imaginé) sur la stabilisation posturale (Lackner et al., 2001). Le filament rigide et la surface plane ont permis une diminution des oscillations posturales de façon équivalente. Ces deux conditions étaient supérieures à la condition de toucher léger avec le filament flexible. Ce dernier était par contre supérieur à l'absence de contact pour la diminution des oscillations. Les résultats de cette étude ont démontré que la stimulation d'un petit nombre de récepteurs au niveau de la pulpe du doigt était suffisante pour permettre une stabilisation efficace des oscillations posturales (Lackner et al., 2001).

Ainsi, des changements très légers de la force de contact au niveau du bout du doigt contribuent à donner de l'information suffisante pour déterminer la direction des oscillations du corps, ce qui contribue à les diminuer. Ainsi, le toucher léger ne serait pas seulement impliqué au niveau des fonctions sensorielles, mais participerait aussi de façon active au processus d'intégration sensorimotrice (Lackner et al., 2001). Les forces appliquées au bout du doigt anticiperaient en effet les déplacements du centre de pression et agiraient de façon proactive pour déclencher des corrections musculaires et atténuer ainsi les oscillations posturales (Lackner et al., 2001).

Toutefois, la majorité de ces observations ont été menées dans une position instable, celle de tandem (talon-orteils). Les oscillations ML sont accentuées dans une telle position. Récemment, une étude effectuée par Clapp & Wing (1999) a démontré que le contact du bout du doigt en position debout normale réduisait aussi les oscillations posturales dans la direction AP.

Une autre étude menée par Lackner et ses collaborateurs (1999) a aussi démontré que le toucher léger à l'aide de la pulpe du doigt réduirait plus efficacement les

oscillations posturales que la vision chez des sujets jeunes en bonne santé ainsi que chez des sujets ayant des dysfonctions vestibulaires bilatérales (Lackner et al., 1999). Une étude récente menée par Rogers et ses collaborateurs (Rogers et al., 2001) a tenté de déterminer l'effet d'un stimulus tactile passif sur certaines régions du corps au niveau la stabilité posturale dans différentes conditions de support (eg. stable vs instable). Le stimulus tactile était appliqué au niveau de la peau du membre inférieur ou au niveau de l'épaule. Les résultats obtenus ont démontré que le stimulus passif contribuait aussi à diminuer les oscillations posturales. Le stimulus passif aurait eu un effet aussi important que la vision ou que l'information sensorielle provenant du pied quant à la stabilisation posturale. Ainsi, le processus du contrôle postural s'adapterait lorsqu'un stimulus tactile passif serait présent et certaines réactions posturales de stabilisation seraient modulées par la suite (Rogers et al., 2001). Dans une étude récente, Krishnamoorthy et ses collaborateurs (2002) ont démontré que le contact léger effectué au niveau de la tête et du cou pouvait avoir des effets comparables au contact avec la pulpe du doigt quant à la réduction des oscillations posturales (Krishnamoorthy, 2002).

Selon Krishnamoorthy et al., il y aurait possiblement une interaction entre deux sources de signaux sensoriels associés au toucher léger. La première source sensorielle fournirait un point de référence fixe dans l'environnement et la deuxième serait plutôt associée à des changements de force transitoires au niveau du point de contact induits par les oscillations corporelles présentes (Krishnamoorthy, 2002).

Pour pouvoir bien encoder les différentes caractéristiques spatiales et temporelles des stimuli tactiles, il faut bénéficier d'une innervation cutanée minimale. Jusqu'à présent, certaines études étudiant les phénomènes liés au vieillissement du derme humain

ont pu démontrer que l'innervation cutanée au niveau de la main (Bruce, 1980) et du pied diminue de façon marquée avec l'âge. D'autres études menées par Tremblay et ses collaborateurs (2000) et par Stevens & Choo (1996) ont permis d'établir les conséquences perceptuelles de la réduction importante de l'innervation tactile chez la population âgée. Selon l'étude de Stevens & Choo (1996), le vieillissement affecterait davantage certaines régions du corps comparativement à d'autres. En effet, le déclin serait particulièrement notable au niveau des mains et des pieds comparativement aux régions plus proximales. En vieillissant, les régions distales seraient donc plus vulnérables.

On peut ainsi se demander comment cette réduction de la perception tactile peut contribuer à l'instabilité posturale notée chez la population âgée. Quelques études ont tenté de répondre à cette question. Mais en examinant de plus près la méthodologie utilisée dans ces études, quelques limites peuvent être notées. Par exemple, des chercheurs ont utilisé des stimuli vibratoires pour évaluer la contribution de déficits somatosensoriels pouvant affecter la stabilité posturale chez la population âgée (Dickstein et al., 2001; Duncan et al., 1993). Or, certaines études ont démontré que les seuils vibratoires constituent de pauvres indicateurs de la fonction sensorielle. Les seuils vibratoires détectés requièrent une densité d'innervation très minime. Une étude menée par Van Boven & Johnson a démontré très clairement que des sujets ayant des déficits majeurs au niveau sensoriel peuvent quand même détecter des vibrations (Van Boven et Johnson, 1994b). D'autres méthodes doivent donc être utilisées pour évaluer plus précisément la perception tactile chez l'humain.

1.4.4 Les chutes chez les personnes âgées :

a) Le vieillissement normal et les chutes :

Nous avons vu dans les sections précédentes que le vieillissement normal affectait les différents systèmes contribuant à la stabilité posturale. Le système somatosensoriel serait également affecté. L'habileté à sélectionner les références sensorielles appropriées peut souvent déterminer si la personne âgée peut réussir ou non à compenser certains déficits associés au vieillissement. Cette habileté à sélectionner les références sensorielles permettra à l'aîné de maintenir un contrôle postural approprié malgré son âge avancé (Horak et al., 1989).

Dans la littérature, il est maintenant bien établi que les personnes âgées chutent et que les femmes ont tendance à chuter plus fréquemment (Campbell et al., 1981; Nevitt et al., 1989). La stabilité posturale est souvent détériorée chez la population âgée. En fait, des déficits sensoriels et moteurs expliqueraient cette instabilité posturale chez cette population (Lord et al., 1991). Des facteurs d'intégration provenant du système nerveux central pourraient influencer le contrôle postural chez les aînés (Alexander, 1994). Quelques études proposent ainsi que le contrôle postural ne dépend pas seulement de l'intégrité du système sensoriel périphérique, mais aussi de la façon selon laquelle cette information sensorielle peut être intégrée à des niveaux supérieurs (Maylor et Wing, 1996; Stelmach et al., 1990).

Plusieurs changements physiologiques affectent le contrôle postural, ce qui peut contribuer aux nombreuses chutes rencontrées chez cette population (Speers et al., 2002). Les personnes âgées éprouvent même de la difficulté à corriger les différentes perturbations rencontrées dans leur vie quotidienne. Ainsi, il leur est plus difficile de

rétablir leur stabilité après avoir glissé, trébuché ou même après avoir été poussé. De plus, les déplacements induits lors d'un pivot sur soi-même ou même le simple fait de tenter d'atteindre un objet peuvent causer des déséquilibres chez cette population (Maki et al., 1994).

Les chutes et le risque de chuter constituent donc un problème majeur chez cette population. Chaque année, environ 30% des personnes âgées vivant en milieu communautaire sont victimes d'une chute. La moitié de ces mêmes personnes ont plus de 80 ans. Ainsi, une de ces personnes sur quatre sera victime de blessures importantes (Thierney Jr. et al., 2000). Les conséquences d'une chute sont souvent désastreuses chez la population âgée. Les chutes représentent la première cause de décès accidentel chez les personnes âgées et comptent pour plus de la moitié des décès par accident (Arcand et Hébert, 1997).

Les patients plus âgés ont souvent recours à une canne afin de tenter d'améliorer leur stabilité posturale dans leurs déplacements. De nouvelles études suggèrent, par contre, qu'une canne améliorerait la stabilité posturale chez les patients plus âgés, en fournissant une référence sensorielle supplémentaire. Cette nouvelle référence sensorielle fournirait encore plus d'information, ce qui permettrait une meilleure adaptation aux différentes perturbations lors des déplacements. En somme, la canne ne constituerait pas uniquement un moyen d'augmenter la base de support, mais aussi une source d'information supplémentaire (Jeka, 1997; Jeka et Lackner, 1994).

b) Facteurs de risque associés aux chutes :

Plusieurs facteurs de risque peuvent contribuer aux chutes rencontrées chez les personnes âgées. Ceux-ci sont souvent rapportés dans la littérature. Des facteurs métaboliques et cardiovasculaires, la prise de médicaments, l'état psychologique et mental de la personne peuvent amener des pertes de stabilité posturale chez les aînés. De plus, une détérioration du patron de marche, une altération de l'équilibre, une perte de la mobilité contribuant à diminuer la force musculaire, une diminution de la sensation (tel que décrit), l'hypotension posturale (chute de la pression artérielle) et des facteurs environnementaux peuvent aussi contribuer aux chutes rencontrées chez cette population. Il faut aussi noter qu'il peut y avoir une combinaison de plusieurs de ces facteurs. (Campbell et al., 1981; Lipsitz et al., 1991) (Tinetti et al., 1988).

c) Les changements au niveau des stratégies motrices lors d'une perturbation de l'équilibre :

Dans leur ouvrage 'Motor Control : Theory and Practical applications', Shumway-Cook et Woollacott (2001) présentent un sommaire des travaux récents relatifs aux changements des stratégies posturales en réponse à des perturbations. De nombreuses études ont tenté d'explorer comment les personnes âgées étaient capables d'activer certaines synergies musculaires lorsque l'équilibre debout était perturbé. La synchronisation des réponses, la force musculaire et la coordination musculaire ont été étudiées lors de perturbations de l'équilibre. La plupart des études effectuées dans ce domaine ont fait l'utilisation de plates-formes de force mobiles pour produire des perturbations de l'équilibre. Chez certaines personnes âgées, l'organisation des réponses musculaires serait altérée. Les muscles proximaux des membres inférieurs seraient

souvent activés avant les muscles distaux. Ce type de réaction fut aussi retrouvé chez des patients présentant des lésions au niveau du système nerveux central (Nashner et al., 1983). D'autres études effectuées dans le même domaine ont indiqué que les personnes âgées utiliseraient davantage des stratégies de mouvement impliquant la hanche.

L'utilisation de stratégies de la hanche serait en effet plus commune chez les personnes âgées, comparativement aux jeunes adultes (Horak et al., 1989; Manchester et al., 1989). Ainsi, selon plusieurs de ces chercheurs, l'utilisation de stratégies au niveau de la hanche pour le contrôle postural chez les personnes âgées pourrait être reliée à certaines conditions pathologiques, comme de la faiblesse musculaire au niveau des chevilles ou une perte de sensation périphérique.

Une étude menée par Thelen et ses collègues (1996) a montré que des personnes âgées en bonne santé générale et même très actives auraient de la difficulté à produire des forces de réaction rapides au niveau de la cheville, comparativement aux jeunes adultes. De plus, les femmes âgées développeraient ces réactions beaucoup moins rapidement que chez les hommes (Thelen et al., 1996).

d) Les habiletés posturales anticipatoires :

Des ajustements posturaux doivent souvent être faits pour la stabilisation du corps préalablement au mouvement. Il est ainsi connu que la stabilité posturale est une composante nécessaire de la majorité des tâches motrices. Deux mécanismes de base seraient impliqués pour les ajustements de la posture, soit : les mécanismes anticipatoires (feedforward) et les mécanismes réactionnels (feedback) (Shumway-Cook et Woollacott, 2001). Les personnes âgées de 70 ans et plus éprouveraient plus de difficulté à se stabiliser avant d'effectuer un mouvement volontaire. Ces dernières auraient

probablement plus de difficulté à intégrer l'information concernant les ajustements posturaux lors d'un mouvement volontaire comparativement aux jeunes adultes. Ainsi, pour les gens âgés, il serait plus difficile de soulever ou de transporter un objet. La majorité des chutes chez les personnes âgées se produiraient justement soit en marchant, soit en transportant un objet (Shumway-Cook et Woollacott, 2001).

Plusieurs études ont été menées afin de mieux comprendre le phénomène des ajustements posturaux anticipatoires. Une des premières recherches dans ce domaine a été menée par Man'kovskii (1980). Ce dernier a tenté de comparer les ajustements posturaux anticipatoires et les réponses volontaires de jeunes adultes (19 à 29 ans) avec celles de personnes âgées (60 à 69 ans) et de personnes très âgées (90 à 99 ans). Lorsque les mouvements étaient effectués à des vitesses plus rapides, les muscles posturaux et les muscles agonistes du mouvement étaient activés presque simultanément chez les personnes « très » âgées. Ainsi, le retard d'anticipation des muscles posturaux a probablement contribué aux pertes d'équilibre notées lors de plusieurs essais chez les personnes très âgées (Man'kovskii et al., 1980).

Il pourrait ainsi exister certaines perturbations ou ralentissements au niveau de la séquence d'activation des synergies posturales chez les personnes âgées. Justement, certaines recherches ont été menées pour tenter de mieux comprendre les changements possibles au niveau des synergies musculaires posturales anticipatoires chez les personnes âgées (Inglin et Woollacott, 1988). Il faut retenir de ces études que le vieillissement causerait probablement un ralentissement généralisé du temps de réaction des muscles volontaires. Ce ralentissement pourrait provenir d'une altération du système de contrôle du mouvement volontaire. Il y aurait aussi un retard au niveau des

contractions des muscles servant à la posture chez les personnes âgées. Selon Inglin et Wollacott (1988), il y aurait possiblement un ralentissement au niveau du système de contrôle des muscles volontaires et du système de contrôle des muscles posturaux.

Les résultats présentés dans ces études indiquent donc que les personnes âgées peuvent éprouver de la difficulté à effectuer rapidement et efficacement des ajustements posturaux anticipatoires. En somme, la difficulté à se stabiliser lors de mouvements volontaires pourrait être un des facteurs contribuant aux chutes rencontrées chez les personnes âgées.

1.5 Pertinence de cette recherche

Dans le cadre de ce travail, certaines méthodes psychophysiques quantitatives nous ont permis d'évaluer précisément la perception tactile au niveau de la main chez l'humain. Les résultats des tests ont été corrélés avec la performance lors de tests sur plates-formes de force évaluant les oscillations posturales. Ainsi, cette combinaison d'approches nous a permis de mieux caractériser comment les déficits somatosensoriels au niveau de la perception tactile influencent la stabilité posturale.

Nous voulions connaître si la stabilisation de la posture à l'aide du toucher léger pouvait s'effectuer de façon similaire chez la population âgée. Les études récentes sur le sujet avaient surtout mis l'accent sur l'effet de la stabilisation posturale à l'aide du toucher léger chez une population jeune et en bonne santé générale. Nous ignorions donc à quel point la population âgée pouvait se servir du toucher léger pour atteindre une certaine stabilisation posturale. Nous avons donc tenté de répondre à cette question dans cette étude en comparant l'habileté de jeunes adultes et de personnes âgées à utiliser le toucher léger comme aide de stabilisation durant la station debout en position normale. Dans les études précédentes sur cette question, les forces de contact étaient contrôlées expérimentalement à l'aide de systèmes de rétroaction limitant la quantité de force générée. Les forces de contact générées par les sujets n'ont pas été contrôlées dans la présente étude. Nous avons plutôt informé les sujets qu'ils ne devaient que maintenir une très légère pression sur la plaque tactile avec la pulpe du doigt, étant donné la fragilité de l'appareillage utilisé. Les sujets ne devaient donc pas se servir de la plaque tactile à des fins de support mécanique. Nous voulions aussi étudier et comparer les forces de contact

générees pendant l'appui tactile entre les jeunes adultes et les personnes âgées selon les différentes conditions étudiées lors de la station bipédale normale.

Ce travail nous a permis de mieux comprendre comment les changements reliés à l'âge influencent la capacité à utiliser l'information tactile dans le contexte de la stabilité posturale.

Chapitre II

Méthode et appareillage

2.1 Sujets :

Afin de déterminer l'influence du vieillissement sur la capacité des personnes âgées à utiliser l'information tactile pour la stabilité posturale, nous avons recruté deux groupes de sujets. Le premier groupe était constitué d'aînés (n=35, âge : 60-86 ans) en bonne santé générale. Le deuxième groupe de sujets était constitué de jeunes adultes en bonne santé (n=25, âge : 19-32). Le tableau 1 illustre ainsi les caractéristiques démographiques des sujets ayant participé à cette étude. Tous les sujets ont dû répondre à un questionnaire de santé complet avant de participer au projet (Annexe I). Pour participer à cette étude, les sujets devaient être en bonne santé physique générale et ne devaient pas avoir fait de chute spontanée sans causes précises dans les six mois précédant l'étude. Les sujets potentiels ont rempli un bref questionnaire de santé de façon à éliminer ceux présentant des signes et symptômes de maladie pouvant affecter leur performance dans les différents tests. Par exemple, des neuropathies périphériques (diabète type 2, syndrome du tunnel carpien) ou des problèmes vestibulaires auraient pu influencer la perception tactile ou la stabilité posturale en position debout. De plus, pour participer, les sujets ne devaient pas présenter d'antécédents neurologiques tels un ACV, le Parkinson, la sclérose en plaques ou l'arthrite rhumatoïde. Les sujets ne devaient pas avoir non plus de problèmes musculo-squelettiques pouvant affecter leur habilité à maintenir une posture appropriée en position debout (e.g. orthèse, remplacement de genou). Finalement, les sujets devaient aussi rapporter la présence de symptômes au niveau de la main ou du pied dans le questionnaire de santé. Ils devaient aussi spécifier si

leurs loisirs impliquaient des tâches manuelles répétitives. Tous les sujets âgés étaient droitiers et la plupart des jeunes sujets l'étaient aussi (droitiers : 21, gauchers : 4).

Tous les sujets ont participé sur une base volontaire aux deux sessions expérimentales. La plupart des jeunes sujets consistaient en des étudiants de premier cycle de l'Université d'Ottawa. La majorité des sujets âgés ont été recrutés parmi un groupe de personnes retraitées actives (Club 60, Vanier). Le protocole de recherche a reçu l'approbation du comité d'éthique en recherche de l'Université d'Ottawa. Nous avons aussi obtenu le consentement éclairé des sujets avant la session expérimentale. Toutes les expériences ont été menées dans un environnement de laboratoire contrôlé. Chaque sujet a aussi reçu une indemnité pour sa participation à cette étude.

2.2 Evaluation de la stabilité posturale en station debout :

2.2.1 Mesure des déplacements du centre de pression plantaire :

La figure 1 démontre la position des sujets ainsi que l'arrangement expérimental utilisé lors de l'évaluation de la stabilité posturale. Les sujets devaient se tenir, pieds nus, en position debout normale sur chacune des plates-forme de force de type AMTI (ORG-7-1000). Les plates-formes mesuraient les coordonnées médio-latérales (CPx) et antéro-postérieures (CPy) des déplacements du centre de pression plantaire (CPP).

2.2.2 Mesure des forces de contact à l'aide de la plaque de force tactile :

L'appareil servant au toucher léger consistait en une plaque de métal (12 cm x 12 cm) en aluminium attachée à un trépied en métal (1m) ajustable en hauteur. La plaque d'aluminium était munie de 3 éléments binoculaires. Chaque élément était constitué de 4 capteurs de force résistants à la température (Micro-Measurements Division, CEA-13-

125UW-350) et pouvant ainsi transmettre les forces horizontales (F_x , F_y) ainsi que les forces verticales (F_z) appliquées au niveau de la pulpe du doigt. Le signal provenant des capteurs de force calibré en Newtons était amplifié par un amplificateur différentiel (Burr Brown, INA101M).

Nous avons utilisé deux surfaces ayant des textures différentes durant les essais avec contact tactile. Les textures consistaient en des grillages constitués de séries de sillons et de crêtes rectangulaires. Le choix de ces textures était basé sur la relation existant entre la rugosité perçue et la période spatiale (distance crête-à-crête) des grillages : une période spatiale plus élevée était associée à une élévation de la rugosité perçue (Lederman, 1982). La première texture (surface lisse) était composée d'un grillage fin ayant une période spatiale de 0.7 mm (largeur de crêtes : 0.2mm, sillons : 0.5 mm). La deuxième texture était constituée d'un grillage rugueux (surface rugueuse) avec une période spatiale de 2.7 mm (crêtes : 0.2 mm, sillons : 2.5 mm). Chacune des surfaces (2.5 cm x 10 cm) était fixée sur la plaque tactile. Ces surfaces étaient faites de plastique flexible et ont été fabriquées à partir d'un procédé de plaques d'impression comme celui utilisé dans les imprimeries.

2.2.3 Conditions expérimentales :

Les essais expérimentaux incluaient deux conditions visuelles : 1) yeux ouverts (EO), 2) yeux fermés (EC); trois conditions de contact tactile : 1) sans toucher (NT), 2) toucher d'une surface lisse (ST), 3) toucher d'une surface rugueuse (RT) et deux conditions de support : 1) surface stable ou 2) surface instable. Pour les essais avec la surface instable, un coussin de styromousse de densité moyenne ayant une épaisseur de 4'' était placé sur chacune des plates-formes de force. Lors de cette session

expérimentale, il y avait deux blocs de 12 essais, pour un total de 24 essais. Il y avait donc 12 essais exécutés sur chacune des surfaces de support, avec six conditions testées et ces conditions étaient répétées deux fois sur chacune des surfaces de support ((2V X 3T) X 2). L'ordre de présentation des essais dans chacun des deux blocs de 12 essais était quasi-aléatoire afin d'éviter l'anticipation et l'apprentissage. La durée de chaque essai était fixée à une minute afin d'obtenir des mesures plus fiables des déplacements du CPP (Carpenter, 2001).

Les sujets devaient se tenir en position debout normale sur chacune des plateformes de force. L'arrangement expérimental lors de l'évaluation de la stabilité posturale est illustré à la figure 1. Les pieds du sujet devaient être séparés et le poids corporel distribué également. Les sujets étaient informés sur la façon adéquate de placer la pulpe de l'index sur la plaque tactile pour les essais impliquant le toucher léger. Nous demandions aux sujets de faire l'application d'une pression très légère sur la surface de contact. Nous informions ces derniers du fait que la surface de contact ne devait pas être utilisée en tant que support mécanique. Nous ajustions l'appareil au niveau de la hanche du sujet, de façon à ce que le membre supérieur soit positionné confortablement à 45 degrés, tout en le maintenant en extension. Les sujets devaient maintenir la pulpe de l'index droit au même endroit tout au long de la période d'essai (1 minute). De plus, un chercheur était positionné près du sujet testé afin d'assurer sa sécurité lors des essais.

Deux essais préalables étaient exécutés avant l'enregistrement des données. Le premier essai impliquait une condition nécessitant le toucher léger sur la surface stable. Le deuxième essai impliquait encore une condition avec toucher léger, mais cette fois sur la surface instable (foam). Pour les essais avec le toucher léger, les sujets devaient

maintenir un léger contact avec la plaque tactile en évitant de s'appuyer ou d'exercer de trop grandes pressions. Il leur était rappelé que la surface de contact ne pouvait en aucun cas servir de support mécanique. Lors des essais avec les yeux fermés (EC), nous demandions aux sujets de fermer les yeux avant l'enregistrement des données. Dans les conditions n'impliquant pas le toucher léger (NT), nous demandions aux sujets de garder les bras le long du corps, afin de maintenir une position confortable. Une pause de 5 à 10 minutes était donnée entre les deux blocs d'essais.

2.2.4 Traitement des données du centre de pression plantaire:

La fréquence d'échantillonnage était fixée à 20 Hz et l'acquisition des données était contrôlée par un système ARIEL™. Nous avons recueilli des données en ce qui concerne les déplacements du CPP en cm à partir des plates-formes de force. Les données issues des plates-formes ont été traitées afin d'obtenir une mesure globale reflétant la variabilité des déplacements du CPP dans les deux directions (CPx, Cpy) pendant les essais, soit le calcul de la racine quadratique moyenne (i.e., «root mean square»: RMS). Cette mesure reflète l'excursion moyenne du CPP en terme absolu pendant l'essai. Les RMS du CPP dans les deux directions ont servi de variables dépendantes pour les analyses statistiques. Les valeurs de RMS du centre de pression plantaire dans les deux directions ont été moyennées pour tous les sujets dans toutes les conditions. Les valeurs moyennes des forces de contact (F_z , F_x , F_y) ont aussi été dérivées de la plaque de force tactile pour tous les sujets dans toutes les conditions testées. Les données recueillies à partir des plates-formes de force ont été analysées à l'aide du logiciel Bioproc © (version 2.02).

2.3 Mesure des seuils pour la perception tactile :

Nous avons utilisé deux tests psychophysiques pour évaluer la perception tactile au niveau de la main chez chacun des sujets : 1) la détection d'espacements 2) la détection de pressions minimales. Ces tests sensoriels ont été effectués au niveau du côté dominant des sujets pour diminuer la durée des tests (à moins que la présence de contre-indication n'eut pas permis l'évaluation du membre dominant p.ex.: cicatrice, plaie). Nous avons effectué les tests au niveau de la pulpe de l'index dominant. Le test de la détection d'espacements visait à déterminer le seuil d'acuité spatiale en mesurant l'aptitude des sujets à détecter la présence de discontinuités dans une surface uniforme. Le test de détection de pressions minimales permettait de déterminer l'ampleur de la force de pression minimale détectable sur la pulpe du doigt.

2.3.1 Le test de détection d'espacements pour l'acuité spatiale :

Pour l'évaluation des seuils d'acuité spatiale, nous avons utilisé 14 blocs rectangulaires comportant différentes largeurs d'espacements sur l'une de leurs surfaces (Stevens et Choo, 1996). Ces blocs étaient faits à partir de feuilles de 5 mm de Styromousse de haute densité. Les largeurs des espacements pour les 24 blocs utilisés variaient entre 0.35 mm et 10 mm. La figure 2 illustre un des blocs utilisés, démontre les différentes largeurs d'espacements pour chacun des blocs et montre aussi la méthode d'application du bloc lors de ce test.

Lors de ce test, le sujet était en position assise avec l'avant-bras dominant en position de supination sur une table, l'index maintenu en place à l'aide de pâte à modeler. Par la suite, nous appliquions le bloc verticalement au niveau de la pulpe de l'index dominant du sujet en présentant soit la surface continue ou la surface discontinue. La

force appliquée était d'environ 50-100 g pour une durée d'une seconde pour chaque essai. Le sujet devait indiquer à l'examineur s'il avait détecté la présence ou non d'une rainure au niveau du doigt, en répondant si la surface appliquée était : « continue ou discontinue ». Il s'agissait d'un paradigme de choix forcé à deux options. Nous avons effectué 28 essais pour chaque bloc testé. Les blocs d'essais successifs ont été effectués suivant une séquence allant du plus facile (espace large) au plus difficile (petit espace) jusqu'à ce que la performance de détection tombe à un niveau de 50% de bonnes réponses (chance). Nous donnions de la rétroaction verbale à chaque essai (correct ou incorrect). Nous avons établi par la suite le seuil d'acuité spatiale (largeur minimale de rainure) pour chaque sujet par intrapolation linéaire à partir des données de performance. Dans un paradigme à choix forcé à deux options, le seuil correspond à un niveau de 75% de bonnes réponses. Ce seuil est fixé par intrapolation à partir des données de performance juste en deça et au-dessus de 75% de réponses correctes (Bonnet, 1986).

2.3.2 Le test de la détection de pressions minimales :

Lors de ce test, nous avons utilisé des monofilaments de nylon nécessitant des forces de 0.09 à 47.5 mN pour se courber (Semmes-Weinsteins Esthesiometer, Stoelting Co., USA). Nous avons évalué les seuils de détection de pressions minimales pour chacun des sujets à l'aide de ce test. Le sujet était en position assise avec l'avant-bras dominant positionné en supination, l'index maintenu en place à l'aide de pâte à modeler. Nous avons employé une procédure à choix forcé avec deux options temporelles de réponse. Le stimulus n'était appliqué qu'à un seul des deux intervalles (intervalle 1 ou intervalle 2). Le monofilament était ou n'était donc pas appliqué au niveau du doigt, selon l'essai demandé. Nous faisons l'application du monofilament soit à l'intervalle #1

ou à l'intervalle #2 pour chaque essai. Le sujet devait indiquer verbalement à quel intervalle il avait ressenti l'application du monofilament. Nous donnions de la rétroaction verbale au sujet concernant la réponse donnée (correct ou incorrect). Nous avons effectué 28 essais aléatoires pour chacun des blocs d'essai. Le diamètre des monofilaments diminuait au fur et à mesure au cours des différents blocs d'essais, car il s'agissait d'une procédure à série descendante. Par la suite, nous avons établi la mesure du seuil de détection de pressions minimales. Cette mesure de seuil correspondait au dernier monofilament dont la présence était détectée correctement dans au moins 70% des essais effectués (Van Boven et Johnson, 1994a).

2. 4 Analyses statistiques:

2.4.1 Oscillations posturales :

Pour chacune des conditions de support (stable et instable), des analyses de variance univariées à mesures répétées ont été effectuées afin de déterminer l'effet des conditions visuelles et de toucher sur les mesures des centres de pressions plantaires obtenues dans les deux directions (AP et ML). L'influence des variables inter-sujets groupe (jeunes, âgées) et genre ont été aussi incorporées dans l'ANOVA. Des analyses similaires ont aussi été faites dans le but de connaître les effets des conditions (vision et texture) sur les forces de contact (F_z , F_x , F_y) appliquées et pour examiner s'il existait des différences entre le groupe d'âge et le genre. Les valeurs des seuils tactiles pour l'acuité spatiale et la pression minimale ont été soumises à une analyse de variance univariée afin de déterminer les effets du groupe et du genre. Finalement, des analyses par régression linéaire multiple ont été faites afin de déterminer la contribution des seuils tactiles (acuité spatiale et pression minimale) au niveau des forces de contact enregistrées (F_z , F_x , F_y).

Seules les forces de contact verticales ont été traitées dans le cadre de ce projet de maîtrise. De plus, toutes les analyses statistiques ont été effectuées à partir du logiciel SPSS © (version 11.0).

Chapitre III

Résultats

3.1 Effets des conditions de vision et de toucher sur les déplacements du centre de pression plantaire (CPP) :

La figure 3 illustre les valeurs moyennes des déplacements du CPP (RMS) obtenus dans la direction AP et dans la direction ML chez les sujets jeunes ainsi que chez les sujets âgés dans les différentes conditions visuelles et de toucher pour les deux surfaces de support testées. On peut voir sur la surface stable, indépendamment des conditions visuelles, que l'ampleur des oscillations posturales est diminuée notablement dans la direction AP dans les conditions où le toucher léger a été autorisé. Le toucher léger a aussi permis une diminution importante des oscillations sur la surface instable dans la même direction (AP). L'effet stabilisateur du toucher léger sur les deux surfaces de support dans la direction AP a été confirmé par les analyses statistiques (Surface stable : $F(2,55)=18.5$; $p<0.0001$ et surface instable : $F(2,55)=37.1$; $p<0.0001$). Sur la surface stable, les conditions sensorielles impliquant le toucher léger, comparativement aux conditions n'impliquant pas le toucher léger, ont permis une diminution moyenne des oscillations posturales de l'ordre de 33% chez les personnes âgées et de 30% chez les jeunes adultes. Sur la surface instable, le toucher léger a contribué à diminuer les oscillations posturales de 38 % chez les personnes âgées et de 30% chez les jeunes sujets. Les analyses statistiques ont d'ailleurs confirmé qu'il n'y existait pas de différence significative entre les deux groupes de sujets testés (Y vs O) en ce qui concerne les valeurs de CPP en AP pour les deux surfaces de support testées (stable vs instable). La figure 3 démontre qu'avec l'aide du toucher léger, les jeunes adultes et les personnes

âgées ont réussi à atteindre un niveau de stabilisation posturale semblable dans la direction AP avec ou sans vision et sans égard à la surface de support. Donc, tant les sujets jeunes ou âgés ont bénéficié de l'apport du toucher léger pour la stabilisation posturale dans la direction AP. Par ailleurs, les analyses statistiques ont révélé un effet du genre pour les essais sur la surface stable, les hommes ont démontré de plus grandes oscillations ($F(1,56)=5.5$; $p=0.023$). De tels effets n'étaient pas présents sur la surface instable.

Quant aux effets de la vision, ils se sont révélés significatifs uniquement pour les essais sur la surface instable. Ainsi, les déplacements de CPP étaient atténués significativement dans la direction AP lorsque les sujets avaient les yeux ouverts ($F(1,56)=6.4$; $p=0.014$). Toutefois, ces effets étaient relativement mineurs, soit environ 10% de réduction des déplacements du CPP par rapport aux effets du toucher léger. Ainsi, la vision a contribué à réduire de 14% les déplacements du CPP chez les jeunes adultes dans la direction AP sur la surface instable. Chez les personnes âgées, une diminution de l'ordre de 12% des déplacements de CPP a été notée.

Enfin, la texture de contact (lisse vs rugueuse) testée n'a pas eu d'influence sur les valeurs de CPP obtenues en AP, peu importe la surface de support testée (Fig. 3).

La figure 3 montre aussi que les valeurs de CPP n'ont pas été grandement affectées dans la direction ML sur la surface stable dans les conditions où le toucher léger a été permis et ce, chez les deux groupes de sujets (Y vs O) et pour toutes les conditions sensorielles testées (vision, texture). Selon les résultats des analyses statistiques, la vision, le genre et le groupe de sujets n'ont pas eu d'influence significative sur les valeurs de déplacement de CPP enregistrées dans la direction ML sur la surface stable. De plus,

la texture de contact n'a pas eu d'influence sur ces mêmes valeurs dans la direction ML sur la surface stable.

Sur la surface instable, le toucher léger n'a pas eu d'effet global sur la diminution des oscillations en ML. Par contre, l'ANOVA a révélé une interaction significative groupe* toucher ($F(2,55)=4.2$; $p=0.021$). De fait, les personnes âgées, sans égard au genre, auraient bénéficié du toucher léger pour la réduction des oscillations (24% en moyenne) en ML sur la surface instable (Fig.3). Dans la figure 3, les personnes âgées démontrent des oscillations posturales ML plus élevées sur la surface instable comparativement à celles enregistrées chez les jeunes adultes. Les analyses statistiques ont donc confirmé la différence significative entre les deux groupes de sujets testés (Y vs O) en ce qui concerne les oscillations ML enregistrées sur la surface instable ($F(1,56)=7.7$, $p=0.007$). Comme pour la surface stable, ni la vision ni la texture de contact ont influencé les oscillations ML sur la surface instable.

3.2 Exemple de stabilisation individuel selon l'âge :

La figure 4 compare les fluctuations du CPP en AP et les forces de contact verticales produites lors d'essais chez un sujet de 83 ans et chez un sujet de 20 ans. Deux essais par sujet y sont illustrés. Le premier essai, chez chacun des sujets, montre une condition de toucher léger avec texture lisse, sans la vision, sur la surface de support stable. Le deuxième essai, illustre les mêmes conditions en ce qui concerne la vision et la texture, mais cette fois-ci sur la surface instable. On peut voir dans ces exemples, sur les deux surfaces de support, que les forces de contact verticales (F_z) appliquées par le sujet de 83 ans sont beaucoup plus importantes que celles enregistrées chez le sujet de 20 ans, et ce, dans le but de maintenir un niveau de stabilisation posturale adéquat. On peut aussi

constater que les forces de contact verticales appliquées par la personne âgée deviennent même plus élevées à la fin des essais. Par contre, chez le sujet jeune, les forces de contacts enregistrées ont demeuré peu élevées et plus constantes tout au long des deux essais illustrés. Les forces de contact enregistrées chez le sujet âgé allaient jusqu'à 1.46 N, tandis que les forces de contact enregistrées chez le jeune sujet n'ont pas dépassé 0.22 N. Parallèlement à ces observations, il convient de noter que le sujet de 83 ans a présenté des valeurs de seuils élevées (pauvre perception tactile) aux deux tests mesurant la perception tactile, soit un seuil de 3.60 mm au test de la détection d'espacements ainsi qu'un seuil de 400 mg au test de la détection de pressions minimales. Par contre, le sujet de 20 ans a démontré une excellente perception tactile, soit des seuils beaucoup plus bas aux deux tests (0.75 mm et 20 mg respectivement). Il semblerait, d'après cet exemple, qu'une diminution de la perception tactile serait associée à l'application plus élevée de forces de contact lors de la stabilité posturale.

La figure 4 montre aussi que les amplitudes oscillatoires posturales AP enregistrées chez la personne de 83 ans sont plus élevées que celles enregistrées chez le sujet de 20 ans, peu importe la surface de support. Par contre, les oscillations AP enregistrées chez le sujet de 20 ans ont demeuré peu élevées et constantes pour les deux essais illustrés, peu importe la surface de support testée.

3.3 Les résultats obtenus aux tests de la perception tactile de la main:

Le tableau 2 illustre les résultats obtenus chez les deux groupes de sujets lors des tests mesurant la perception tactile de l'index. Lors du test de la détection de pressions minimales, les personnes âgées ont démontré une capacité moindre à détecter la présence de monofilaments sur la pulpe du doigt que les jeunes adultes. Ainsi, les personnes âgées

ont obtenu des seuils de détection de pressions minimales plus élevés comparativement à ceux obtenus chez les jeunes adultes. L'analyse de variance a aussi confirmé que les seuils de détection de pressions minimales étaient influencés par l'âge des sujets ($F(1,56)=18.5$; $p<0.0001$). Ainsi, le seuil moyen de détection de pressions minimales était fixé à 52 ± 41 mg chez les jeunes sujets. Tandis que chez les personnes âgées, le seuil moyen de détection de pressions minimales était estimé à 245 ± 233 mg.

Les personnes âgées ont aussi obtenu des seuils d'acuité spatiale plus élevés que ceux obtenus chez les jeunes adultes lors du test de la détection d'espacements. L'analyse de variance a ainsi confirmé que le groupe de sujets testés (Y vs O) a aussi influencé de façon très significative les valeurs des seuils d'acuité spatiale obtenus ($F(1,56)=29.2$; $p<0.0001$). Chez les jeunes sujets, nous avons établi la valeur moyenne du seuil d'acuité spatiale à 0.88 ± 0.35 mm. Par contre, chez les personnes âgées, la valeur moyenne du seuil d'acuité spatiale était nettement supérieure (2.60 ± 1.44 mm).

3.4 Facteurs prédictifs des forces de contact verticales (Fz) :

La figure 5 montre les forces de contact verticales (Fz) moyennes mesurées lors du maintien de la stabilisation posturale en station debout pour les deux groupes de sujets. La figure montre que, indépendamment de la vision, les personnes âgées appliquaient davantage de forces de contact verticales que celles enregistrées chez les jeunes adultes lors de la position debout sur la surface stable. L'analyse de variance a confirmé l'influence significative du groupe de sujets testés sur les valeurs de force de contact verticales enregistrées ($F(1,56)=33.5$; $p<0.0001$). Par contre, la texture de contact ainsi que le genre n'ont pas eu d'influence sur les valeurs de force de contact verticales

obtenues. Les personnes âgées ont aussi appliqué plus de force lors de la position debout sur la surface instable comparativement aux forces de contact enregistrées chez les jeunes adultes sur la même surface. De plus, les forces de contact enregistrées étaient plus élevées chez les sujets âgés dans les conditions n'impliquant pas la vision. Ainsi, l'analyse de variance a confirmé l'influence de groupe ($F(1,56)=37.1$; $p<0.0001$) et de la vision ($F(1,56)=4.8$; $p=0.032$) sur les valeurs de forces enregistrées lorsque les sujets ont dû se maintenir debout sur la surface instable. Cependant, la texture de la surface ainsi que le genre des sujets n'ont pas contribué à influencer les valeurs de forces de contact obtenues sur la surface instable.

En somme, pour atteindre un même niveau de stabilisation, les personnes âgées ont eu recours à des forces de contact significativement plus élevées que celles notées chez les sujets jeunes, indépendamment de la vision et de la texture. Chez les jeunes adultes, les forces de contact appliquées allaient de 0.07 N à 0.82 N. Par contre, chez les personnes âgées, les forces de contact verticales allaient de 0.18 à 4,02 N.

La figure 6 illustre la relation entre les valeurs de seuils d'acuité spatiale tactile obtenus et les forces de contact verticales enregistrées. Les sujets ayant une bonne acuité tactile au niveau de l'index (seuil d'acuité spatiale peu élevé) ont fait une application moins élevée de forces de contact verticales pour le maintien de la stabilisation posturale. Au contraire, les sujets ayant une pauvre acuité tactile au niveau de l'index ont dû appliquer de plus importantes forces de contact verticales pour atteindre le même niveau de stabilisation posturale. En conséquence, les deux facteurs étaient fortement corrélés.

Le tableau 3 décrit les résultats d'une analyse de régression linéaire multiple. Cette analyse a révélé l'existence de corrélations significatives entre les valeurs des seuils

d'acuité spatiale et les forces de contact verticales et ce, pour toutes les conditions testées sur les différentes surfaces de support. Les coefficients de corrélations partiels obtenus entre les seuils d'acuité spatiale et les forces verticales variaient entre 0.37 et 0.47. Les mêmes analyses n'ont cependant pas montré de corrélation significative avec les valeurs des seuils de pressions minimales. Les valeurs des seuils d'acuité spatiale obtenues à partir du test de détection d'espacements constituaient donc d'excellents indicateurs des forces verticales enregistrées en station debout. Toutefois, les valeurs du seuil de détection de pressions minimales obtenues à partir du test de détection de pressions minimales constituaient de pauvres indicateurs des forces de contact verticales enregistrées.

Chapitre IV

Discussion générale

4.1 L'effet stabilisateur du toucher léger pour la stabilisation AP :

Les résultats de cette étude confirment l'effet stabilisateur du toucher léger sur la stabilisation posturale en station debout. Ainsi, comme dans les études précédentes, le contact léger à partir de l'index, a permis d'atténuer significativement les oscillations posturales lors de la station debout (Clapp et Wing, 1999; Jeka, 1997; Jeka et Lackner, 1994). Dans notre étude, tant les sujets jeunes que âgés ont bénéficié du toucher en ce qui a trait à la stabilisation posturale dans la direction AP. L'ampleur des oscillations posturales a été diminuée de façon importante ($\approx 30-40\%$) dans la direction AP dans les conditions où le toucher léger a été autorisé, peu importe la surface de support testée. A cet égard, nos résultats avec les personnes âgées sont très comparables à ceux notés récemment par Dickstein et ses collaborateurs (2001) chez des sujets diabétiques.

Les résultats ont montré aussi que les effets stabilisateurs du toucher léger étaient plus efficaces que ceux de la vision. Les effets de la vision se sont avérés significatifs dans la direction AP seulement pour les essais sur la surface instable. Ces effets étaient cependant mineurs comparativement à ceux du toucher léger ($\approx 10\%$ vs 30% de réduction des RMS-CPP). Ces résultats correspondent à ceux obtenus dans les études antérieures. Ainsi, la contribution du système somatosensoriel permettrait de faire en sorte que le toucher léger, fait à partir de la pulpe de l'index, pourrait même être plus efficace que la vision pour la diminution des oscillations posturales (Holden et al., 1987; Holden et al., 1994). Le toucher léger fournirait donc une source d'information plus fiable pour l'orientation posturale.

4.2 L'effet du positionnement de la plaque tactile :

L'atténuation considérable des oscillations posturales en AP découle probablement de la détection des oscillations lentes dans le plan AP. A cet égard, l'emplacement de la plaque tactile par rapport au corps semble critique. En effet, Rabin et ses collaborateurs (1999) ont montré que la stabilisation avec contact léger était toujours plus efficace lorsque le contact se faisait dans le plan de la plus grande instabilité. Ainsi, la majorité des études ont démontré que le toucher léger en latéral contribuerait à réduire les fluctuations du CPP dans la direction ML en position tandem Romberg (Jeka, 1997; Jeka et Lackner, 1994). Par contre, les valeurs de CPP sont diminuées principalement dans la direction AP lorsque le toucher léger est effectué vers l'avant (direction + instable) en station debout normale (Clapp et Wing, 1999). L'emplacement de la plaque tactile semblerait donc influencer l'intégration de l'information somatosensorielle provenant de la pulpe du doigt pour l'orientation posturale (Rabin et al., 1999). Ce fait a été confirmé récemment par le groupe de Krishnamoorthy et al. (2002).

4.3 Effet du toucher léger pour la stabilisation en ML :

Les résultats de notre étude ont démontré que valeurs RMS de CPP en ML étaient peu influencées par le toucher léger lorsque les sujets se tenaient debout sur la surface stable. Par contre, sur la surface instable, les personnes âgées ont bénéficié du toucher léger à en juger par la réduction des valeurs de CPP en ML ($\approx 20\%$ de réduction). De plus, les personnes âgées ont démontré des oscillations ML plus élevées que celles enregistrées chez les jeunes adultes sur la surface instable. Nos résultats sont donc en accord avec les observations voulant que les oscillations ML soient plus exagérées chez les personnes

âgées. En effet, Maki et ses collaborateurs (1996, 1997) ont décrit une augmentation des oscillations posturales latérales chez les personnes âgées, comparativement aux jeunes adultes, et ce, surtout chez les personnes âgées ayant des antécédents de chutes (Maki et McIlroy, 1996, 1997). Chez les personnes âgées, lors de la station debout normale et lors de réactions d'enjambements, le contrôle de la stabilité posturale latérale semble être un problème majeur étant même souvent associé à un risque plus élevé de chuter (Maki et McIlroy, 1996). Ainsi, une des causes possibles de l'instabilité latérale serait les déficits somatosensoriels rencontrés chez les personnes âgées. De plus, il semble que la stabilité ML ait tendance à se détériorer plus rapidement que celle en AP chez les personnes âgées (Dickstein et al., 2001).

Les résultats de notre étude, en ce qui concerne les oscillations ML augmentées sur la surface instable, concordent avec ceux obtenus dans l'étude menée par Dickstein et ses collaborateurs (2001) chez des patients diabétiques avec neuropathies périphériques sévères aux membres inférieurs. Dans l'étude de Dickstein (2001), les sujets testés devaient maintenir une distance de 5 cm entre les deux malléoles médiales. Selon ces auteurs, les oscillations ML des données du CPP pourraient en partie être augmentées chez les patients avec neuropathies périphériques à cause de l'altération de l'information sensorielle en provenance du pied.

Une étude récente, menée auprès d'une large cohorte de femmes âgées, a mis en évidence que les dysfonctions nerveuses périphériques suivaient un patron allant de distal à proximal (Resnick et al., 2000). Les résultats démontraient que même les personnes âgées en santé présentaient des dysfonctions nerveuses périphériques. Les personnes atteintes de diabète développeraient des neuropathies périphériques sévères plus

rapidement en raison de la pathologie. Le vieillissement normal amènerait ainsi des changements au niveau de la fonction nerveuse. Les résultats de cette étude ont démontré aussi que le niveau de dysfonction nerveuse périphérique était fortement associé à des problèmes au niveau de l'équilibre. Ainsi, les sujets ayant des dysfonctions nerveuses périphériques plus sévères rapportaient des difficultés plus importantes lors des tests servant à mesurer l'équilibre comparativement aux sujets ayant une fonction nerveuse périphérique moins affectée (Resnick et al., 2000).

Dans notre étude, l'augmentation des oscillations ML chez les personnes âgées pourrait provenir du fait que ces dernières pourraient avoir, tout comme les personnes diabétiques dans l'étude de Dickstein (2001), très probablement des dysfonctions nerveuses périphériques altérant ainsi l'information sensorielle. Les personnes âgées, suite à ces pertes sensorielles, auraient donc plus de difficulté à maintenir la stabilité posturale en ML.

4.4 La texture de contact et les déplacements du CPP :

Selon nos hypothèses, le fait de changer la texture de contact tactile, de lisse à rugueuse, aurait pu amener des réductions des oscillations posturales chez les individus ayant une pauvre perception tactile au niveau de l'index. D'après Jeka & Lackner (1995), la texture plus rugueuse pourrait contribuer à optimiser la stratégie de support physique. Par contre, pour les individus ayant une meilleure perception tactile, le fait de changer la texture de la surface de contact tactile ne devait avoir que peu d'effet au niveau de la réduction des oscillations posturales.

Les résultats de notre étude ont plutôt démontré que la texture de la surface de contact n'avait pas d'effet sur les valeurs de CPP obtenues dans les deux directions (AP

et ML), peu importe la surface de support testée (stable vs instable). La texture plus rugueuse a eu le même effet que la texture lisse en ce qui concerne l'atténuation des déplacements des CPP. Ces résultats indiquent que la texture de contact n'a vraisemblablement que peu d'influence sur la stabilisation par le toucher. Dans une étude récente, Lackner et al. (2001) ont démontré que c'est davantage la stabilité de l'objet en contact qui était la source la plus déterminante pour la stabilisation posturale. Dans leur étude, le filament rigide ainsi que la surface de contact tactile plane ont contribué de façon égale à diminuer les oscillations posturales lors de la position debout. Ces deux surfaces étaient plus efficaces que le filament flexible en ce qui concernait la diminution des oscillations posturales. Ces résultats démontrent que la rigidité ainsi que la stabilité de l'objet en contact sont d'une importance majeure afin d'obtenir un niveau maximal de stabilisation posturale. Ainsi, une surface de contact stable, peu importe sa texture, contribuerait de façon importante à diminuer les oscillations corporelles afin de maîtriser un niveau de stabilisation posturale adéquat.

4.5 La modulation des forces de contact pour la stabilisation posturale :

Dans notre étude, les personnes âgées ont fait l'application de forces de contact verticales significativement plus élevées que celles enregistrées chez les sujets jeunes afin d'atteindre un même niveau de stabilisation posturale. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les personnes âgées ont démontré des déficits au niveau de la perception tactile de l'index. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par Dickstein et ses collaborateurs (2001) lors de leur étude portant sur l'effet du toucher léger lors de la stabilité posturale chez des patients atteints de neuropathies périphériques. En effet, dans leur étude, les sujets diabétiques avec pertes sensibles au niveau de l'index (2 sujets

seulement) ont fait l'application de forces de contact similaires à celles appliquées par les sujets diabétiques n'ayant pas de déficits sensoriels au niveau de l'index lors des conditions impliquant le toucher léger (forces inférieures à 1 N). Par contre, seulement 2/8 des sujets testés dans cette étude présentaient de tels déficits à l'index, ce qui ne permet pas de conclure de façon satisfaisante.

Notre étude a apporté une nouvelle dimension aux études faites précédemment dans le même domaine. En effet, les forces de contact n'ont pas été contrôlées de façon à minimiser la quantité de force exercée. Les sujets étaient par contre informés du fait qu'ils ne devaient pas se servir de la surface de contact tactile comme support mécanique. Nous voulions comparer les forces de contact normales et nécessaires pour obtenir un niveau de stabilisation posturale adéquat chez les personnes âgées.

Ainsi, en majorité, les forces de contact verticales enregistrées chez les personnes âgées (< 2N), bien que plus élevées que celles enregistrées chez les jeunes sujets, étaient en deça des forces requises pour stabiliser mécaniquement les oscillations (4-8 N) (Holden et al., 1987; Holden et al., 1994). Cependant, ~ 25 % des sujets âgés ont eu recours à des forces de contact leur permettant de se stabiliser mécaniquement à partir de la plaque tactile.

Dans notre étude, les forces de contact plus élevées enregistrées chez les personnes âgées étaient probablement plus optimales pour ainsi leur permettre d'obtenir un niveau de stabilisation posturale adéquat, semblable aux jeunes adultes. Les personnes âgées ont en fait démontré une baisse de perception tactile au niveau de l'index. Il est donc permis de penser que les sujets âgés ont dû faire l'application de forces plus élevées afin d'optimiser les différents signaux sensoriels pour ainsi obtenir un niveau de

stabilisation posturale optimal. De plus, des forces de contact > 3 N ont été enregistrées chez seulement une minorité des sujets testés dans cette étude. La stratégie de support mécanique semblerait donc optimale chez ces quelques sujets, compte tenu de l'ampleur du déficit sensoriel noté au niveau du doigt.

Il importe de souligner que les forces de contact supérieures déployées par les sujets âgés restent généralement dans la gamme des forces nécessaires lors de l'exploration tactile. En effet, Smith et ses collaborateurs (2002), dans une étude récente, ont mesuré les forces générées lors de l'exploration tactile de surfaces chez des jeunes adultes. Les résultats de cette étude ont démontré que des forces allant de 0.49 N à 1.5 N étaient nécessaires aux sujets afin de reconnaître les différents reliefs sur les surfaces (Smith et al., 2002). Ces résultats confirment que les forces générées par la majorité des sujets âgés lors de notre étude étaient vraisemblablement liées à une stratégie d'exploration afin de mieux percevoir la surface de contact à l'aide de la pulpe du doigt et optimiser par la suite les différents signaux sensoriels nécessaires pour l'orientation posturale. Dans la même veine, les forces déployées (0.25-1.5 N) par la majorité des sujets testés dans notre étude (jeunes et âgés) correspondent ainsi aux forces utilisées par des jeunes adultes lors de l'exploration tactile (Smith et al., 2002).

4.6 Les déficits de la perception tactile chez les personnes âgées :

Les personnes âgées ont démontré une perte de perception tactile au niveau de la pulpe de l'index. En effet, les seuils obtenus au test de la détection de pressions minimales ainsi que ceux obtenus au test de la détection d'espacements étaient plus élevés chez les personnes âgées, comparativement aux jeunes adultes, indiquant ainsi une

détérioration de la perception tactile chez les personnes âgées. En effet, les personnes âgées ont obtenu en moyenne des seuils de détection de pressions minimales 5X plus élevés que ceux obtenus chez les jeunes sujets. De plus, les sujets âgés ont obtenu en moyenne des seuils d'acuité spatiale 3X plus élevés que ceux enregistrés chez les jeunes sujets. Ces résultats concordent avec les études faites précédemment dans le même domaine (Stevens et Choo, 1996; Tremblay et al. 2000).

Une étude menée par Woodward (1992) a aussi démontré que les déficits tactiles au niveau de la main n'étaient pas reliés aux changements des propriétés mécaniques de la peau. En fait, cette perte de sensibilité tactile serait probablement associée à une altération du système nerveux lui-même, affectant la vitesse, la quantité ainsi que la qualité de l'information véhiculée. Des études récentes menées auprès de femmes âgées de 65 ans et plus confirment ces observations (Resnick et al., 2001; Resnick et al., 2000). Des dysfonctions nerveuses périphériques sont présentes chez les gens atteints de diabète ainsi que chez les personnes âgées en santé. En vieillissant, la fonction des grosses fibres nerveuses serait particulièrement affectée à partir de 65 ans, avec une augmentation marquée de cette détérioration après 85 ans (Resnick et al., 2001).

4.7 Facteurs prédictifs des forces de contact :

Nous avons aussi observé une forte relation entre les valeurs de seuils d'acuité spatiale obtenues au repos et les forces de contact enregistrées en station debout. En effet, les valeurs des seuils d'acuité spatiale obtenues lors du test de la détection d'espacements constituaient d'excellents indicateurs des forces de contact verticales enregistrées. Des forces de contact supérieures étaient donc enregistrées chez les sujets qui obtenaient un

seuil d'acuité spatiale plus élevé à l'index (pauvre acuité) à partir du test de la détection d'espacements. De telles forces étaient probablement nécessaires et même optimales pour les sujets ayant des pertes de perception tactile à l'index afin de compenser pour de tels déficits sensoriels.

Par contre, les valeurs des seuils de détection de pressions minimales obtenues à partir du test de détection de pressions minimales ont constitué de pauvres indicateurs des forces de contact verticales. Le test de la détection d'espacements offrait donc une meilleure sensibilité de mesure que le test de la détection de pressions minimales. Le test avec les monofilaments, en raison de son caractère de tout ou rien (ie. pression perçue vs non-perçue), ne permet pas une gradation efficace des déficits tactiles. Les seuils de détection de pressions minimales étaient donc moins précis que les seuils obtenus à partir du test de détection d'espacements et constituaient finalement de pauvres indicateurs de la sensibilité tactile.

4.8 La contribution des signaux sensoriels et proprioceptifs en provenance du doigt pour la stabilité posturale :

La contribution des signaux sensoriels provenant de la pulpe du doigt est d'une importance majeure. Ces signaux sensoriels doivent être couplés à l'information proprioceptive du membre supérieur. En effet, l'orientation du membre supérieur dans l'espace servirait de référence afin de percevoir l'alignement du corps dans l'environnement (Lackner et al., 2001). Ce couplage d'information sensorielle et proprioceptive faciliterait ainsi par la suite le contrôle du tronc pour une meilleure stabilisation (Jeka et Lackner, 1994, 1995). Une perception appropriée de la configuration

de la main et du bras est toutefois essentielle afin de pouvoir utiliser l'information à partir de la pulpe du doigt lors du toucher léger (Krishnamoorthy, 2002).

Dans notre étude, les sujets âgés, en plus d'avoir des pertes de perception tactile à l'index, ont certainement présenté des pertes de proprioception au niveau du membre supérieur. En vieillissant, il y aurait donc un déclin de la fonction du membre supérieur. Une étude récente menée par Smith et ses collaborateurs a démontré que les humains développeraient des déficits de la fonction motrice fine de la main vers l'âge de 60 ans. Selon ces auteurs, ce déclin de la dextérité fine de la main débiterait donc à 60 ans et progresserait de façon constante avec le vieillissement (Smith et al., 1999).

Dans notre étude, les forces de contact supérieures appliquées par les personnes âgées ont probablement contribué à optimiser le niveau de rétroaction sensoriel et proprioceptif afin de pouvoir compenser pour les pertes sensorielles et proprioceptives associées au vieillissement normal.

4.9 Limites et suggestions pour études ultérieures :

Nous avons testé un bon nombre de personnes âgées dans cette étude, soit 35 sujets âgés. Par contre, notre échantillon était surtout composé de femmes (26 femmes). Quelques hommes (9) ont participé à ce projet de recherche, ce qui limite ainsi la portée de nos résultats en ce qui concerne ce groupe de sujets.

Dans cette étude, les personnes âgées ont dû se tenir en position debout normale lors des essais expérimentaux. Les sujets âgés pourraient, par exemple, être testés dans des positions plus demandantes, comme par exemple, la position tandem Romberg. Les sujets âgés pourraient aussi être testés en position debout sur une seule jambe. Il serait

ainsi intéressant de connaître si le toucher léger peut être utile dans de telles positions chez des personnes âgées. Ainsi, à l'aide de positions plus demandantes pour le maintien de l'équilibre debout, il pourrait être possible de mesurer davantage le niveau de stabilité latérale chez les personnes âgées.

Cette étude nous a permis de connaître l'effet du toucher léger sur la stabilisation posturale en position debout normale chez des sujets âgés en bonne santé générale. Il serait intéressant d'étudier si d'autres populations pourraient aussi bénéficier du toucher léger pour la stabilisation posturale. En effet, l'effet du toucher léger pourrait être testé chez des personnes âgées frêles, en moins bonne forme, chez des sujets avec polyneuropathies, chez des amputés et même chez des personnes ayant subi un ACV. De plus, lors d'études ultérieures, il serait aussi important de mesurer de façon précise le niveau de proprioception du membre supérieur chez les personnes âgées, car très peu d'études ont abordé ce sujet jusqu'à maintenant.

Il pourrait aussi être intéressant de comprendre l'effet de stimuli passifs sur la stabilité posturale chez des personnes âgées en bonne santé générale. Les stimuli pourraient ainsi être appliqués au niveau de différentes régions du corps chez des sujets âgés. Une telle étude pourrait ainsi compléter les observations faites par Krishnamoorthy et ses collaborateurs (2002) sur les effets de différents stimuli tactiles sur la stabilité posturale chez des jeunes adultes.

Une partie de notre étude tentait de comprendre davantage le rôle de la surface plantaire pour la stabilisation posturale chez des jeunes adultes ainsi que chez des personnes âgées. Nous avons ainsi mesuré le niveau de perception tactile de la surface plantaire à l'aide du test de la détection d'espacements et du test de la détection de

pressions minimales chez les deux groupes de sujets testés. Les résultats de cette partie de l'étude seront publiés prochainement.

Certaines implications fonctionnelles concernant l'utilité du toucher léger pour la stabilisation posturale ressortent de cette étude. Nos résultats reflètent l'importance du toucher pour la stabilité posturale. A cet égard, on peut penser que la cane servirait en tant que source d'information sensorielle et proprioceptive, ce qui permettrait ainsi d'atteindre un niveau de stabilisation optimal par la suite. Ainsi, les personnes âgées devraient se servir du toucher léger afin de se stabiliser davantage. Les professionnels de la santé devraient ainsi promouvoir l'utilisation des aides à la marche et de rampes chez les gens âgés, car ces dernières favorisent des stratégies d'orientation posturale. Les personnes âgées devraient être sensibilisées davantage sur les effets du toucher léger pour la stabilisation posturale. Elles devraient ainsi comprendre l'importance d'utiliser les aides à la marche, les rampes ainsi que les meubles les entourant afin de se stabiliser. Les professionnels de la santé, en faisant de l'éducation à ce sujet, pourraient ainsi aider les personnes âgées à se stabiliser davantage. Ainsi, les personnes âgées, à l'aide de la stabilisation acquise à partir du toucher léger, pourraient éviter certaines chutes pouvant se produire lors de leurs déplacements.

Conclusion

La plupart de nos hypothèses de départ ont été confirmées dans cette étude. Les personnes âgées et les jeunes adultes ont ainsi bénéficié du toucher léger pour la stabilisation posturale dans la direction AP (diminution de 30% des oscillations). Suite à l'utilisation du toucher léger, un niveau de stabilisation posturale semblable en AP a été noté chez les sujets jeunes ainsi que chez les sujets âgés. Par contre, les sujets âgés ont eu recours à des forces significativement plus élevées que les jeunes sujets, bien que ces forces n'étaient pas excessives.

Les personnes âgées ont aussi bénéficié du toucher léger pour la stabilisation posturale dans la direction ML lors de la station debout sur la surface instable. En outre, nos résultats ont montré une diminution de la stabilité ML chez les personnes âgées lorsqu'elles devaient se tenir sur la surface instable.

Les effets stabilisateurs du toucher léger se sont avérés plus efficaces que ceux de la vision afin de diminuer les oscillations posturales AP. Les valeurs obtenues à partir de test de la détection de pressions minimales ainsi que celles obtenues au test de la détection d'espacements ont démontré qu'en vieillissant, les personnes âgées présentent un déclin de la perception tactile au niveau de la main. Nous avons d'ailleurs observé que les seuils d'acuité spatiale obtenus étaient de meilleurs prédicteurs des forces de contact enregistrées en station debout que les seuils obtenus à partir du test de détection de pressions minimales. Les sujets âgés ont vraisemblablement dû compenser pour les déficits sensoriels notés à l'index en appliquant des forces de contact verticales supérieures comparativement à celles enregistrées chez les jeunes adultes dans les mêmes

conditions. Chez tous les sujets jeunes et chez la plupart des sujets âgés (75% des sujets), les forces de contact appliquées n'ont pas servi aux sujets à se supporter de façon mécanique à partir de la plaque tactile. La majorité des forces de contact enregistrées lors de la stabilisation posturale restaient dans la gamme de forces utilisées lors de l'exploration tactile d'une surface (Smith et al., 2002). Les forces de contact supérieures ont permis vraisemblablement aux sujets âgés d'optimiser les signaux sensoriels provenant du membre supérieur et de la pulpe du doigt compte tenu des déficits de perception tactile notés à l'index. Seulement quelques sujets dans cette étude ont dû recourir davantage à des stratégies de support mécanique (forces > 3 N) et justement, il s'agissait de sujets présentant une détérioration significative de la sensibilité tactile à l'index.

Les résultats de cette étude ont aussi montré que la texture de la surface de contact n'a pas influencé les valeurs de CPP obtenues dans les deux directions (AP et ML), peu importe la surface de support testée. Les résultats de cette étude confirment que la rigidité et la stabilité de la surface de contact sont d'une importance majeure pour la stabilisation posturale. Dans cette étude, la texture de contact lisse ainsi que la texture de contact rugueuse ont permis, de la même façon, aux jeunes adultes de même qu'aux personnes âgées d'atteindre un niveau optimal de stabilisation posturale.

Références bibliographiques

- Alexander, N. B. (1994). Postural control in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(1), 93-108.
- Arcand, M., & Hébert, R. (1997). *Précis pratique de gériatrie* (2 ième édition ed.): FMOQ, Maloine.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2001). *Neuroscience Exploring the Brain* (Second Edition ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Bonnet, C. (1986). *Manuel Pratique de Psychophysique*. Paris: Armand Collin.
- Brisben, A. J., Hsiao, S. S., & Johnson, K. O. (1999). Detection of vibration transmitted through an object grasped in the hand. *J. Neurophysiol.*, 81, 1548-1558.
- Bruce, M. F. (1980). The relation of tactile thresholds to histology in the fingers of elderly people. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 43(8), 730-734.
- Campbell, A. J., Reinken, J., Allan, B. C., & Martinez, G. S. (1981). Falls in old age:a study of frequency and related clinical factors. *Age & Ageing*, 10(4), 264-270.
- Carpenter, M. G., Frank, J.S., Winter, D.A., & Peysar, G.W. (2001). Sampling duration effects on center of pressure summary measures. *Gait and Posture*, 13(1), 35-40.
- Clapp, S., & Wing, A. M. (1999). Light touch contribution to balance in normal bipedal stance. *Exp Brain Res*, 125(4), 521-524.
- Dickstein, R., Shupert, C. L., & Horak, F. B. (2001). Fingertip touch improves postural stability in patients with peripheral neuropathy. *Gait and Posture*, 14, 238-247.
- Duncan, P. W., Chandler, J., Studenski, S., Hughes, M., & Prescott, B. (1993). How do physiological components of balance affect mobility in elderly men? *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 74(12), 1343-1349.

- Edin, B. B. (1992). Quantitative analysis of static strain sensitivity in human mechanoreceptors from hairy skin. *J. Neurophysiol.*, *67*, 1105-1113.
- Hay, L., Bard, C., Fleury, M., & Teasdale, N. (1996). Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. *Exp Brain Res*, *108*(1), 129-139.
- Holden, M., Ventura, J., & Lackner, J. R. (1987). Influence of light touch of the hand on postural sway. *Soc. Neurosc. Abstr.*, *13*, 348.
- Holden, M., Ventura, J., & Lackner, J. R. (1994). Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *J Vest Res*, *4*(4), 285-301.
- Horak, F. B., Shupert, C. L., & Mirka, A. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of Aging*, *10*(6), 727-738.
- Inglin, B., & Woollacott, M. (1988). Age-related changes in anticipatory postural adjustments associated with arm movements. *Journal of Gerontology*, *43*(4), M105-113.
- Jeka, J. J. (1997). Light touch contact as a balance aid. *Phys. Ther.*, *77*, 476-487.
- Jeka, J. J., & Lackner, J. R. (1994). Fingertip contact influences human postural control. *Exp. Brain Res.*, *100*, 495-502.
- Jeka, J. J., & Lackner, J. R. (1995). The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Exp. Brain Res.*, *103*, 267-276.
- Jeka, J. J., Shöner, G., Dijkstra, T., Ribeiro, P., & Lackner, J. R. (1997). Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. *Exp. Brain Res.*, *113*, 475-483.
- Johnson, K. O. (2001). The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Curr. Opinion Neurobiol.*, *11*, 455-461.

- Johnson, K. O., Yoshioka, T., & Vega-Bermudez, F. (2000). Tactile functions of mechanoreceptive afferents innervating the hand. *Journal of clinical neurophysiology*, *17*, 539-558.
- Kavounoudias, A., Roll, R., & Roll, J. P. (1998). The plantar sole is a 'dynamometric map' for human balance control. *Neuroreport*, *9*(14), 3247-3252.
- Kennedy, P. M., & Inglis, J. T. (2002). Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *J Physiol (Lond)*, *538*(3), 995-1002.
- Krishnamoorthy, V., Slijper, H. & Latash, M.L. (2002). Effects of different types of light touch on postural sway. *Exp. Brain Res.*(Published online: 13 September 2002).
- Lackner, J. R., DiZio, P., Jeka, J., Horak, F., Krebs, D., & Rabin, E. (1999). Precision contact of the fingertip reduces postural sway of individuals with bilateral vestibular loss. *Exp Brain Res*, *126*(4), 459-466.
- Lackner, R. L., Rabin, E., & DiZio, P. (2001). Stabilization of posture by precision touch of the index finger with rigid and flexible filaments. *Exp. Brain Res.*, *139*, 454-464.
- Lederman, S. J. (1982). The perception of texture by touch. In W. Schiff (Ed.), *Tactual Perception: A source book* (pp. 130-167).
- Lipsitz, L. A., Jonsson, P. V., Kelley, M. M., & Koestner, J. S. (1991). Causes and correlates of recurrent falls in ambulatory frail elderly. *Journal of Gerontology*, *46*(4), M114-122.
- Lord, S. R., Clark, R. D., & Webster, I. W. (1991). Physiological factors associated with falls in an elderly population. *Journal of the American Geriatrics Society*, *39*(12), 1194-1200.

- Macefield, V. G., Hager-Ross, C., & Johansson, R. S. (1996). Control of grip force during restraint of an object held between finger and thumb: responses of cutaneous afferents from the digits. *Exp. Brain Res.*, *108*, 155-171.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., & Topper, A. K. (1994). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *Journal of Gerontology*, *49*(2), M72-84.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (1996). Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med*, *12*(4), 635-658.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (1997). The role of limb movements in maintaining upright stance: the "change- in-support" strategy. *Phys. Ther.*, *77*(5), 488-507.
- Manchester, D., Woollacott, M., Zederbauer-Hylton, N., & Marin, O. (1989). Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontology*, *44*(4), M118-127.
- Man'kovskii, N. B., Mints, A. Y., & Lysenyuk, V. P. (1980). Regulation of the preparatory period for complex voluntary movement in old and extreme old age. *Human Physiology*, *6*(1), 46-50.
- Marieb, E. N., & Laurendeau, G. (1993). *Anatomie et physiologie humaines* (Editions du nouveau pédagogique inc. ed.). Saint-Laurent.
- Maylor, E. A., & Wing, A. M. (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *Journals of Gerontology Series B-Psychological Sciences & Social Sciences*, *51*(3), P143-154.

- Nashner, L. M., Shumway-Cook, A., & Marin, O. (1983). Stance posture control in select groups of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. *Exp. Brain Res.*, 49(3), 393-409.
- Nevitt, M. C., Cummings, S. R., Kidd, S., & Black, D. (1989). Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *JAMA*, 261(18), 2663-2668.
- Olausson, H., Wessberg, J., & Kakuda, N. (2000). Tactile directional sensibility: peripheral neural mechanisms in man. *Brain Res.*, 866, 178-187.
- Rabin, E., Bortolami, S. B., DiZio, P., & Lackner, J. R. (1999). Haptic stabilization of posture: changes in arm proprioception and cutaneous feedback for different arm orientations. *J. Neurophysiol.*, 82(6), 3541-3549.
- Resnick, H. E., Vinik, A. I., Heimovitz, H. K., Brancati, F. L., & Guralnik, J. M. (2001). Age 85+ years accelerates large-fiber peripheral nerve dysfunction and diabetes contributes even in the oldest-old: the women's health and aging study. *Journal of Gerontology*, 56A(1), M25-M31.
- Resnick, H. E., Vinik, A. I., Schwartz, A. V., Leveille, S. G., Brancati, F. L., Balfour, J., & Guralnik, J. M. (2000). Independent effects of peripheral nerve dysfunction on lower-extremity physical function in old age. *Diabetes Care*, 23(11), 1642-1647.
- Rogers, M. W., Wardman, D. L., Lord, S. R., & Fitzpatrick, R. C. (2001). Passive tactile sensory input improves stability during standing. *Exp. Brain Res.*, 136, 514-522.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2001). *Motor control* (second edition ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith, A. M., Gosselin, G., & Houde, B. (2002). Deployment of fingertip forces in tactile exploration. *Exp. Brain Res.*, 147(2), 209-218.

- Smith, C. D., Umberger, G. H., Manning, E. L., & Slevin, J. T. (1999). Critical decline in fine motor hand movements in human aging. *Neurology*, *53*(7), 1458-1461.
- Speers, R. A., Kuo, A. D., & Horak, F. B. (2002). Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. *Gait and Posture*, *16*(1), 20-30.
- Srinivasan, M. A., Whitehouse, J. M., & LaMotte, R. H. (1990). Tactile detection of slip: surface microgeometry and peripheral neural codes. *J. Neurophysiol.*, *63*, 1323-1332.
- Stelmach, G. E., Zelaznik, H. N., & Lowe, D. (1990). The influence of aging and attentional demands on recovery from postural instability. *Aging (Milano)*, *2*(2), 155-161.
- Stevens, J. C., & Choo, K. K. (1996). Spatial acuity of the body surface over the life span. *Somatosens. & Motor Res.*, *13*(2), 153-166.
- Thelen, D. G., Brockmiller, C., Ashton-Miller, J. A., Schultz, A. B., & Alexander, N. B. (1998). Thresholds for sensing foot dorsi- and plantarflexion during upright stance: effects of age and velocity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *53*(1), M33-38.
- Thelen, D. G., Schultz, A. B., Alexander, N. B., & Ashton-Miller, J. A. (1996). Effects of age on rapid ankle torque development. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences*, *51*(5), M226-232.
- Thierney Jr., L. M., McPhee, S. J., & Papadakis, M. A. (2000). *Current Medical Diagnosis & Treatment* (39 th ed.). New York: Lange Medical Books, McGraw Hill.
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New Eng. J. Med.*, *319*(26), 1701-1707.

Tremblay, F., Cuenco, A., Backman, A., Vant, K., & Wassef, M. A. (2000). Assessment of spatial acuity at the fingertip with grating (JVP) domes: Validity for use in an elderly population. *Somatosensory & Motor Research*, *17*(1), 61-66.

Vallbo, A. B., & Johansson, R. S. (1984). Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation. *Human Neurobiol.*, *3*, 3-14.

Van Boven, R. W., & Johnson, K. O. (1994a). The limit of tactile spatial resolution in humans: grating orientation discrimination at the lip, tongue, and finger. *Neurology*, *44*(12), 2361-2366.

Van Boven, R. W., & Johnson, K. O. (1994b). A psychophysical study of the mechanisms of sensory recovery following nerve injury in humans. *Brain*, *117*(Pt 1), 149-167.

Tableau 1

Caractéristiques démographiques des sujets :

Groupe	n	genre	âge (moyenne \pm E.T.)	dominance
Personnes âgées	35	9H/26F	70.7 \pm 8.1	35 D
Jeunes adultes	25	13H/12F	23.0 \pm 3.0	21 D/4G

H : hommes

F : femmes

D : droitiers

G : gauchers

Tableau 2

Résultats aux tests mesurant la perception tactile de l'index:

Groupe	Acuité spatiale (mm)		Pressions minimales (mg)	
	Moyenne	E.T.	Moyenne	E.T.
Jeunes adultes	0.88	0.35	52	41
Personnes âgées	2.60	1.44	245	233

Tableau 3

Valeurs des coefficients de corrélations partiels (*r*) estimés à partir de la régression linéaire multiple entre les seuils tactiles et les forces de contact verticales:

Seuils	Surface stable				Surface instable			
	neos	neor	necs	necr	feos	feor	fecs	fecr
Acuité spatiale	0.37**	0.43**	0.42**	0.46**	0.47**	0.45**	0.39**	0.42**
Pression minimale	0.02	0.02	0.10	0.03	0.10	0.12	0.05	-0.01

**** $p < 0.01$**

neos : ‘normal surface (stable), eyes opened, smooth touch’

neor : ‘normal surface (stable), eyes opened, rough touch’

necs : ‘normal surface (stable), eyes closed, smooth touch’

necr: ‘normal surface (stable), eyes closed, rough touch’

feos: ‘foam surface, eyes opened, smooth touch’

feor: ‘foam surface, eyes opened, rough touch’

fecs: ‘foam surface, eyes closed, smooth touch’

fecr: ‘foam surface, eyes closed, rough touch’

Légende des figures

Figure 1: Arrangement expérimental. Cette figure démontre un sujet se tenant en position debout normale sur les plates-formes de force (AMTI) lors d'une condition impliquant le toucher léger sur la surface instable.

Figure 2: Exemple d'un bloc tactile, la méthode d'application de celui-ci ainsi que les différentes largeurs d'espacements pour chacun des blocs tactiles utilisés lors du test de la détection d'espacements.

Figure 3: Valeurs moyennes des déplacements (RMS) des centres de pression plantaires obtenus (CPP) dans les directions AP et ML pour toutes les conditions testées chez les deux groupes de sujets pour chacune des surfaces de support.

Figure 4: Exemple d'atténuation des oscillations en AP (RMS) en relation avec les forces de contact verticales chez un sujet jeune et un sujet âgé. Dans cette figure, les oscillations AP sont illustrées chez les deux sujets testés sur la surface stable et sur la surface instable. Cette figure illustre une condition dans laquelle les sujets devaient avoir les yeux fermés tout en touchant légèrement la texture lisse. De plus, les forces de contact verticales nécessaires pour atteindre ce niveau de stabilisation posturale sont juxtaposées aux oscillations dans la direction AP.

Figure 5: Forces de contact verticales pour toutes les conditions testées. Cette figure montre les forces de contact verticales moyennes calculées chez les deux groupes de sujets (Y vs O) sur les deux surfaces de support.

Figure 6: Relation entre les seuils d'acuité spatiale mesurés à l'index et les forces de contact verticales générées lors de la stabilisation posturale, pour les deux surfaces de

support testées, selon les conditions expérimentales impliquant ou n'impliquant pas la vision.

Figure 1

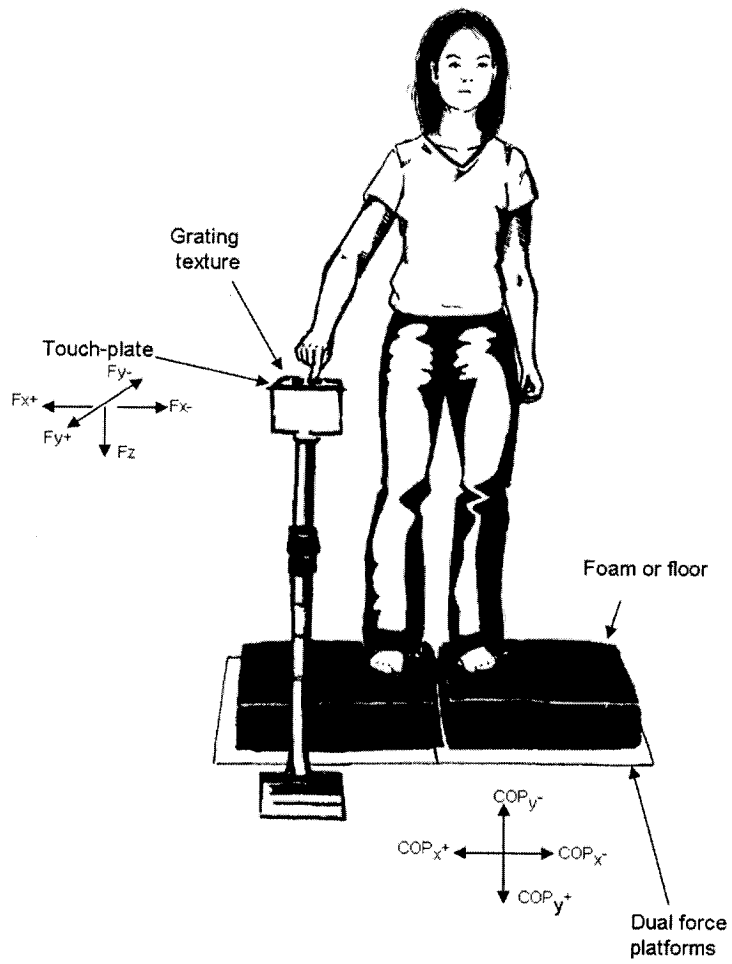
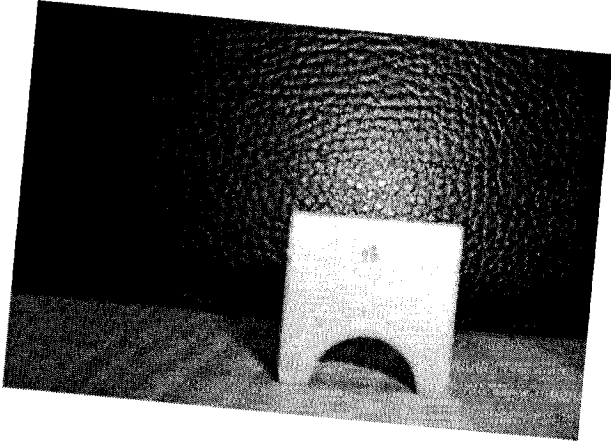


Figure 2

a) Exemple d'un bloc utilisé



b) Largeurs d'espacements des blocs

Bloc #	Espacements (mm)
1	0.35
2	0.5
3	0.75
4	1
5	1.5
6	2
7	2.5
8	3
9	3.5
10	4
11	5
12	6
13	8
14	10

c) Méthode d'application

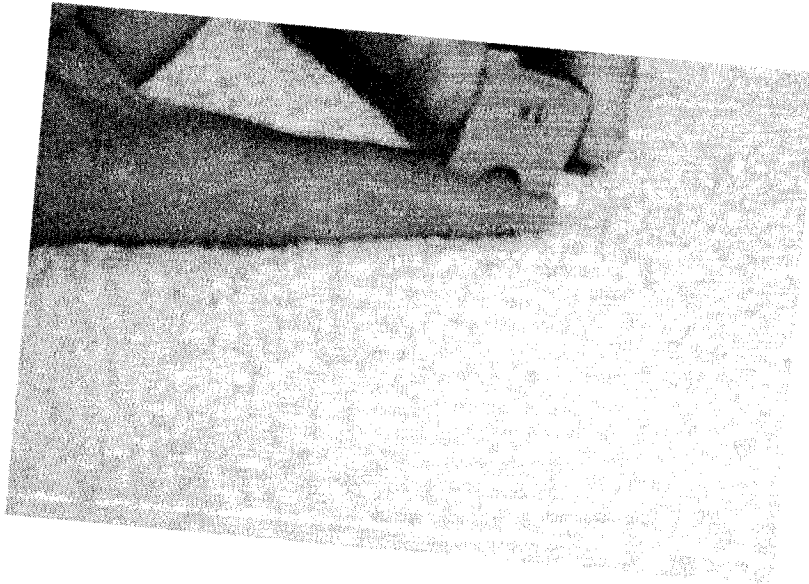
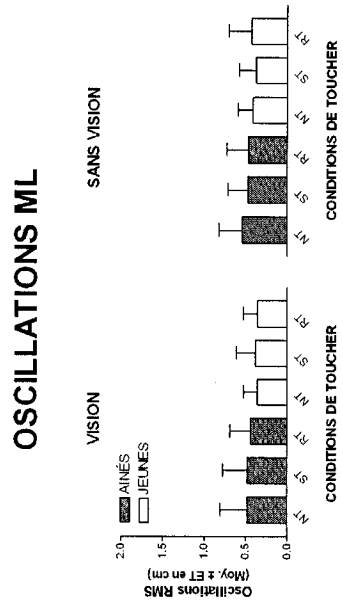
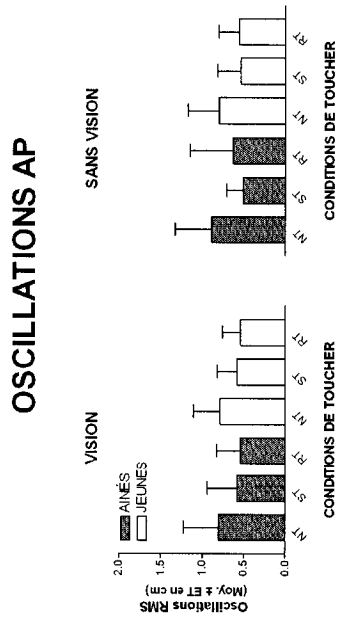


Figure 3

A. SURFACE STABLE



B. SURFACE INSTABLE

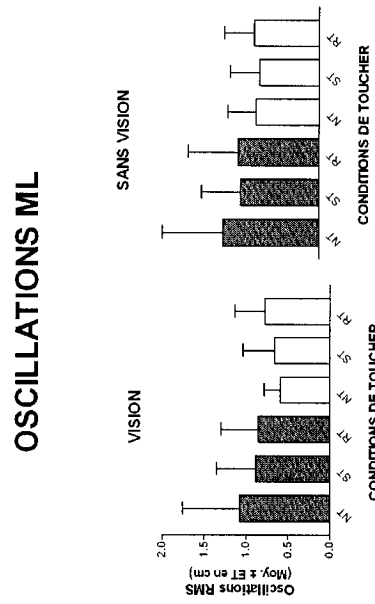
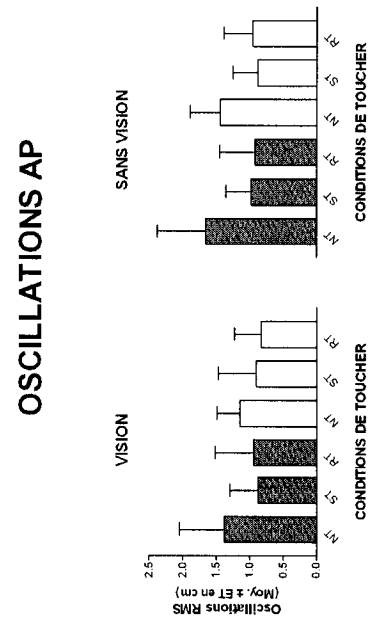
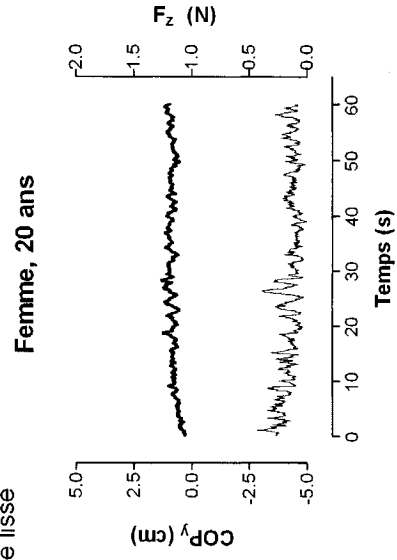
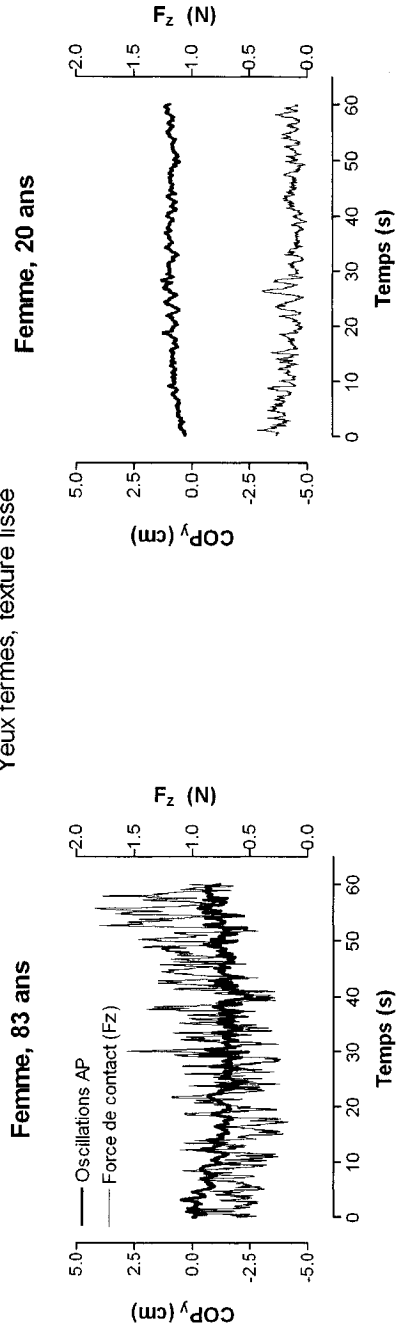


Figure 4

SURFACE STABLE

Yeux fermés, texture lisse



SURFACE INSTABLE

Yeux fermés, texture lisse

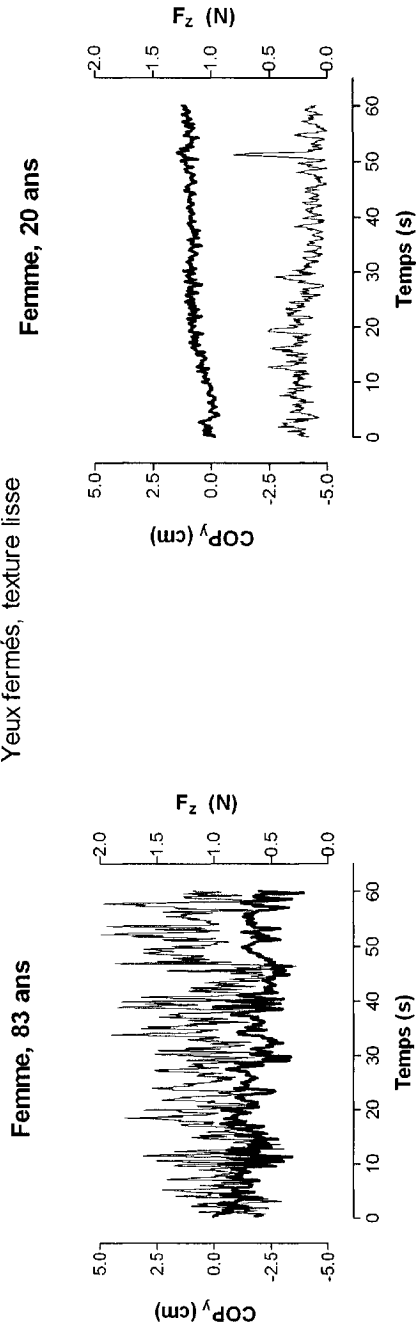
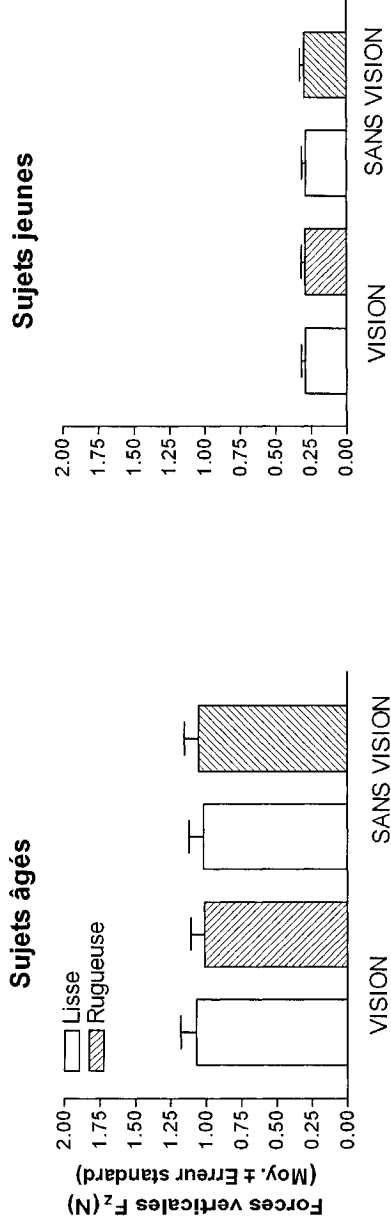


Figure 5

A. SURFACE STABLE



B. SURFACE INSTABLE

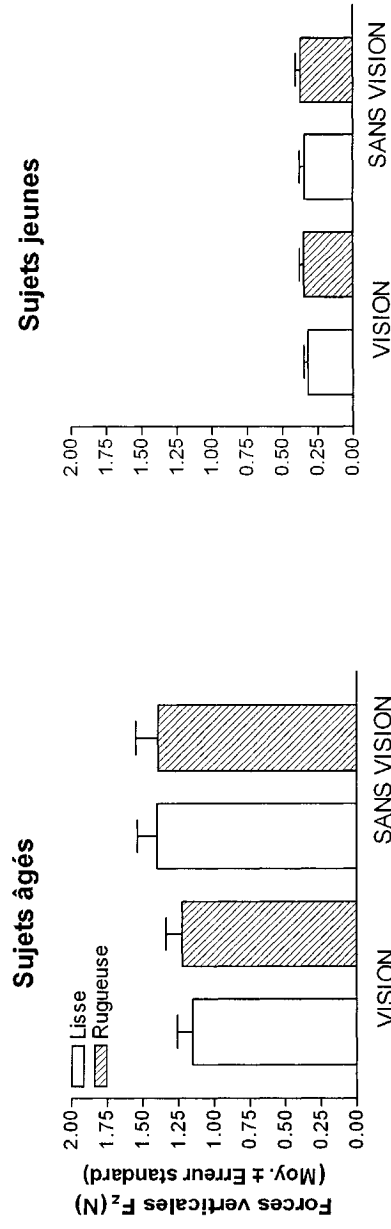
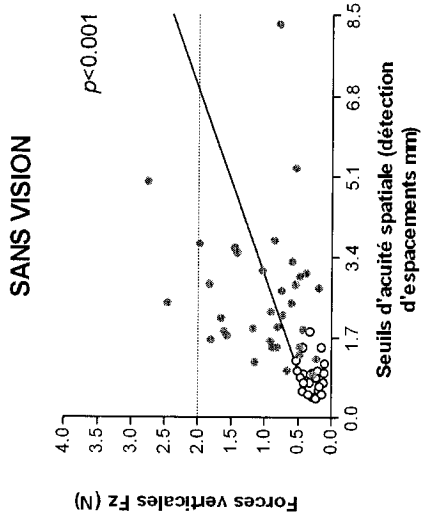
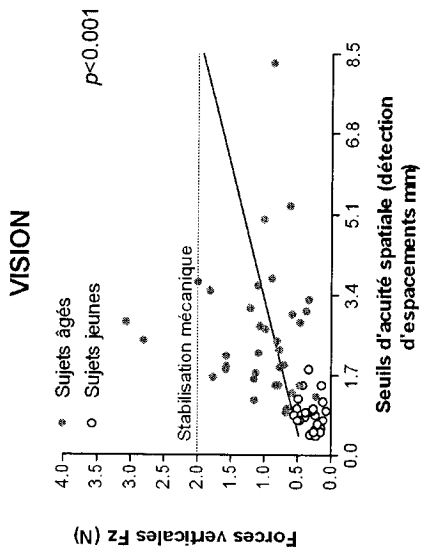
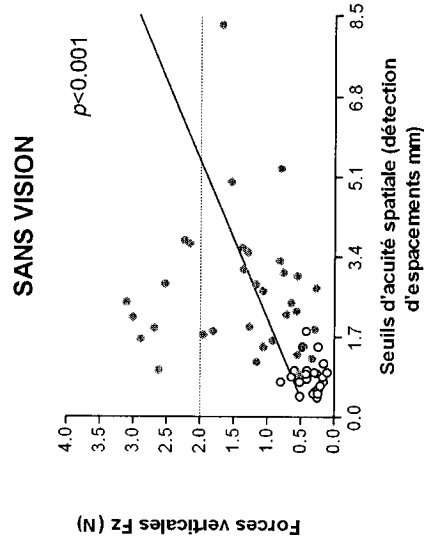
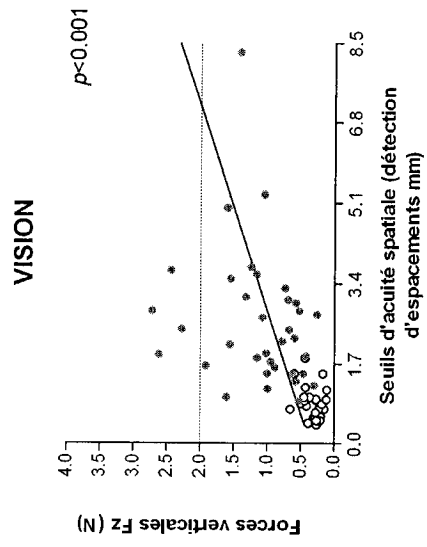


Figure 6

A. SURFACE STABLE



B. SURFACE INSTABLE



ANNEXES

ANNEXE I

QUESTIONNAIRE
ÉTAT DE SANTÉ/ HEALTH STATUS

Nom/Name: _____ Date de naissance/Birth date: _____

Directives/Directions:

S.V.P. Lire les questions suivantes et répondre en cochant la case appropriée. Noter que toutes ces information seront gardées strictement confidentielles.

Please read the following questions and check the appropriate answer. Note that all information will be kept stricly confidential

<p>Votre médecin vous a-t-il déjà parlé que vous aviez une maladie chronique (p.ex.: malaise cardiaque, respiratoire, arthrite, diabète, sclérose en plaques, Parkinson, paralysie) pouvant nuire grandement à votre capacité de faire de l'activité physique ?</p>	<p>OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/></p>
<p>Avez-vous éprouvé récemment des problèmes ou des difficultés lors de vos déplacements à pieds dans vos activités quotidiennes ? Si oui, quel genre de problèmes: Douleur articulaires/musculaires <input type="checkbox"/> Fatigue/essoufflement <input type="checkbox"/> Malaise à la poitrine <input type="checkbox"/></p>	<p>OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/></p>
<p>Au cours des six derniers mois, avez-vous souffert d'étourdissements pouvant causer des chutes d'équilibre ?</p>	<p>OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/></p>
<p>Au cours des six derniers mois, avez-vous fait une chute sans causes apparentes, à l'exception des chutes causées par des facteurs reconnus (ex.: surface glissante, le fait d'être pousser)?</p>	<p>OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/></p>
<p><i>Has your doctor ever said that you have a chronic condition (e.g. heart or respiratory diseases, diabetes, arthritis, multiple sclerosis, paralysis, Parkinson) that could seriously interfere with your ability to perform physical activities ?</i></p>	<p>YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p><i>Have you had recently problems or difficulties while your were walking during your every day activites. If Yes, what kind of problems: Joint/ Muscle pain <input type="checkbox"/> Fatigue/breathless <input type="checkbox"/> Chest pain <input type="checkbox"/></i></p>	<p>YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p><i>In the past six months, have you had balance problems caused by dizziness?</i></p>	<p>YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>
<p><i>In the past six months, have you fallen without reasons, excluding falls caused by known factors such as icy conditions, being pushed by someone?</i></p>	<p>YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>

ANNEXE II

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 sciences de l'Université d'Ottawa a examiné la demande d'approbation déontologique présentée par François Tremblay pour son projet de recherche Contribution of Tactile Information to Postural Stability in Older Adults (Dossier H04-00-11). Le Comité d'éthique a déterminé que la demande respectait les principes déontologiques établis par l'Énoncé de politique des trois conseils et par les règles de procédure des Comité d'éthique de l'Université d'Ottawa. Le Comité d'éthique a donc accordé une catégorie Ia (Approbation) à ce projet de recherche. La présente attestation est valide un an à partir de la date indiquée ci-dessous.

Le 4 mai 2000

Lise Frigault Date
Responsable de la déontologie en recherche
pour la présidente du CÉR en sciences sociales et humanité
Valerie Whiffen