UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Archive ouverte UNIGE
https://archive-ouverte.unige.ch

Thèse 2007

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Etude de la variabilité de la marche en condition de double tâche chez le sujet âgé avec dysfonctionnement frontal

Allali, Gilles

How to cite

ALLALI, Gilles. Etude de la variabilité de la marche en condition de double tâche chez le sujet âgé avec dysfonctionnement frontal. Doctoral Thesis, 2007. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:457

This publication URL: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:457
Publication DOI: 10.13097/archive-ouverte/unige:457

© This document is protected by copyright. Please refer to copyright holder(s) for terms of use.

UNIVERSITE DE GENEVE

FACULTE DE MEDECINE
Section de médecine clinique
Département des
Neurosciences cliniques et
Dermatologie
Service de Neurologie

Thèse préparée sous la direction du Professeur Theodor Landis, du Docteur Reto W. Kressig, Privat Docent, et du Docteur Olivier Beauchet

---

" ETUDE DE LA VARIABILITE DE LA MARCHE EN CONDITION DE DOUBLE TACHE CHEZ LE SUJET AGE AVEC DYSFONCTIONNEMENT FRONTAL "

Thèse présentée à la Faculté de Médecine de l'Université
de Genève pour obtenir le grade de Docteur en médecine

Par

Gilles ALLALI

de

Genève

Thèse n° 10497

Genève

2007

Remerciements

A mes directeurs de thèse :

Le Pr T. Landis pour m'avoir accueilli dans son service et m'avoir permis de développer mes projets paracliniques.

Le Dr RW. Kressig, Privat Docent, qui, dès le début de ma formation, m'a intégré dans son équipe de recherche et m'a donné des conseils judicieux.

Le Dr O. Beauchet, pour sa confiance et sa motivation perpétuelle m'orientant pas à pas dans mes projets de recherche et dans mes choix professionnels.

A mes parents, pour leur regard affectueux et bienveillant sur mon éducation et pour m'avoir guidé dans tous mes projets.

A ma petite sœur, pour sa patience.

A mes grands-parents maternels, mes premiers patients, parfois malgré eux, et qui occupent une place importante.

Et à l'ensemble de mes proches, famille et amis, pour leur affection et leur soutien, avec une attention particulière pour mes grands-parents paternels et cousins disparus.

Table des matières

1. Résumé 4
2. Introduction 5
   2.1 Niveaux de contrôle de la marche 6
   2.2 Paramètres de marche 7
   2.3 Variabilité des paramètres de marche 9
   2.4 Double tâche 10
   2.5 Attention 11
   2.6 Fonctions exécutives 12
   2.7 Hypothèse de travail 14
3. Méthodologie 15
   3.1 Type d'étude 15
   3.2 Test de marche 15
   3.3 Facteurs étudiés 17
      3.3.1 Variabilité du pas 17
      3.3.2 Fonctions cognitives 17
      3.3.3 Fonctions du lobe frontal 18
   3.4 Critères de jugement 19
      3.4.1 Critère de jugement principal 19
      3.4.2 Critère de jugement secondaire 19
   3.5 Population 19
   3.6 Statistiques 20
      3.6.1 Définitions 20
      3.6.2 Outils statistiques 21
4. Résultats 22
   4.1 Caractéristiques de la population étudiée 22
   4.2 Valeur moyenne et coefficient de variation du temps du cycle entre la marche seule et la marche avec décompte 22
   4.3 Nombre de chiffres énoncés sous condition de simple tâche et de double tâche 23
   4.4 Changements des paramètres du temps du cycle entre les conditions de simple tâche et de double tâche 23
5. Discussion 25
   5.1 Profil de la population 25
   5.2 Charge attentionnelle 28
   5.3 Composants articulo-moteurs de la tâche cognitive 30
   5.4 Variabilité du temps du cycle de marche et fonctions exécutives 31
   5.5 Limitations 34
6. Conclusion et perspectives d'avenir 35
7. Article original 36
8. Annexe 49
   8.1 Batterie rapide d'efficience frontale 49
   8.2 Echelle de dyscomportement frontal 51
9. Bibliographie 53

1. Résumé

Des modifications des paramètres de marche en condition de double tâche et notamment de la variabilité du temps du cycle de marche ont été décrites chez des sujets atteints de démence. Un défaut d'allocation des ressources attentionnelles lié à une atteinte des fonctions exécutives semble être à l'origine de ces modifications. Le but de ce travail est d'étudier la valeur moyenne et le coefficient de variation du temps du cycle de marche (CV) chez des sujets âgés avec dysfonctionnement frontal lors d'une tâche de décompte. Les résultats montrent que pour les deux paramètres de marche étudiés, il existe un changement significatif en condition de double tâche et que ces changements sont significativement plus importants pour le CV en condition de décompte à l'envers. Ces résultats suggèrent que le CV pourrait être un marqueur intéressant du contrôle de la marche en lien avec les fonctions du lobe frontal.

2. Introduction

Les troubles cognitifs et les troubles de la marche représentent un problème de santé publique majeur. En Europe, l'année 2005 était une année charnière en terme de vieillissement de population car elle correspond à l'âge de la retraite de la génération des premiers « Baby-boomers »[1]. En 2020, cette catégorie de sujets âgés arrivera, en raison des troubles cognitifs et des troubles de la marche, au stade de la dépendance et de la perte d'autonomie. Afin de retarder le plus longtemps possible cette période, il convient de développer des stratégies d'identification précoce et de prévention basées dans le cas précis des troubles cognitifs et des troubles de la marche, sur une meilleure compréhension des liens qui unissent ces deux affections.

S'il a été démontré que les sujets âgés déments ont plus de troubles de la marche que les sujets non-déments, très peu d'études se sont intéressées à la nature et à l'origine de ces troubles. La coexistence de ces deux affections peut s'expliquer par leur forte prévalence à partir de 65 ans. Cependant, il existe un nombre croissant d'arguments qui sont en faveur d'une relation qui dépassent la simple coexistence temporelle[2]. Certaines études ont établi que les troubles moteurs pourraient précéder l'apparition d'une démence[3,4]. D'autres, plus récentes ont décrit dans des groupes de patients avec maladie d'Alzheimer que les sujets présentant de façon précoce des atteintes motrices évoluaient de façon défavorable en terme d'institutionnalisation et de mortalités[5] .Verghese et al en 2002 ont conclu que parmi des patients non-déments, la présence de trouble de la marche était un prédicteur significatif de développer une démence et plus particulièrement une démence autre qu'une maladie d'Alzheimer[6] . Si les données actuelles ne permettent pas de prédire de façon consensuelle l'étiologie du syndrome démentiel, il semble acquis que l'association entre trouble de la marche et trouble cognitif existe, et n'est pas uniquement liée à une atteinte extrapyramidale sous cortical. En effet, les troubles de la marche chez la personne démente peuvent apparaître précocement et sont en relation avec une atteinte corticale[7].

Le contrôle postural est traditionnellement considéré comme une activité automatique indépendante du contrôle cortical[8,9,10,11,12]. Cette théorie est de plus en plus remise en question dans le cadre de l'étude de la marche en condition de double tâche[13]. En 1997, Lundin-Olsson observait que les patients qui s'arrêtaient de marcher en parlant présentaient

un risque significatif de chuter dans les six mois[14]. Plusieurs études via des paradigmes de double tâche ont démontré que la marche du sujet âgé, comparée à celle du sujet jeune, met en jeu d'avantage d'attention. Cette attention recrutée par la marche avec l'âge témoigne d'un niveau de contrôle cortical qui permet d'en assurer la fonctionnalité tout en la fragilisant. La double tâche, comme son nom l'indique, se définit par la réalisation simultanée de deux tâches : l'une dite « primaire » et l'autre dite « secondaire » pour lesquelles les modifications des performances sont mesurées[15]. Les paradigmes de double tâche reposent sur l'hypothèse que deux tâches réalisées simultanément interfèrent si elles utilisent des sous-systèmes fonctionnels et/ou cérébraux identiques[16] .

A un stade évolué de la maladie démentielle, et quelle que soit l'étiologie, les troubles de la marche sont expliqués principalement par le syndrome extrapyramidal d'origine sous corticale. En revanche, il semble que les troubles de la marche peuvent apparaître à un stade précoce de la démence, et ce, indépendamment d'une atteinte sous corticale. En effet, il existe des arguments en faveur d'une atteinte de niveau cortical touchant des aires associatives non impliquées dans la motricité et expliquant en partie les troubles de la marche. Sheridan et al. [7] ont pu démontrer que des sujets atteints d'une maladie d'Alzheimer à un stade de démence modérée et ayant des troubles des fonctions exécutives avaient une variabilité du pas, et notamment du temps du cycle de marche particulièrement élevé. Hausdorff et al.[17] ont, par ailleurs, pu montrer que le degré d'efficience des fonctions exécutives était corrélé à celui de la variabilité du temps du cycle. Il apparaît donc que la variabilité du temps du cycle de marche est un paramètre directement relié aux fonctions exécutives qui sont des processus cognitifs qui contrôlent et régulent les autres activités cognitives[18,19].

2.1 Niveaux de contrôle de la marche

Il est reconnu que la marche chez l'homme, comme chez le mammifère, est basée sur l'activité de circuits neuronaux localisés dans la moelle, les patterns générateurs centraux. Ces unités sont sous l'influence d'informations afférentes via le système proprioceptif, le système vestibulaire et le système visuel. Il était traditionnellement considéré que ce système de contrôle était basé sur des processus réflexes indépendants des ressources attentionnelles. Seulement, il existe de plus en plus d'arguments suggérant que ces systèmes nécessitent le recours à l'attention et ceci selon le degré de difficulté de la tâche posturale, de l'âge de

l'individu et des capacités d'équilibre propre à l'individu. Toutefois, différentes structures sont impliquées dans cette tâche motrice :

Le système nerveux périphérique : fonction sensorielle, via le système proprioceptif, visuel et vestibulaire et fonction motrice, via l'unité motrice.

La moelle : siège des patterns générateurs centraux, dont la fonction varie selon les espèces. En effet, les expériences réalisées chez le chat avec section médullaire complète, montrent que l'animal est capable de générer une véritable marche par une activité rythmique de pas[20,21]. Ce phénomène ne se retrouve plus chez le singe, tout comme chez l'humain.

Le tronc cérébral : il existe selon les espèces animales, différentes régions du tronc cérébral impliquées dans la locomotion et le contrôle postural, toutefois chez l'homme, il n'est pas localisé de « région locomotrice » à ce niveau[22].

Les ganglions de la base : siège de l'initiation du mouvement; les différentes boucles à ce niveau sont impliquées soit dans la programmation, soit dans l'exécution de l'acte moteur.

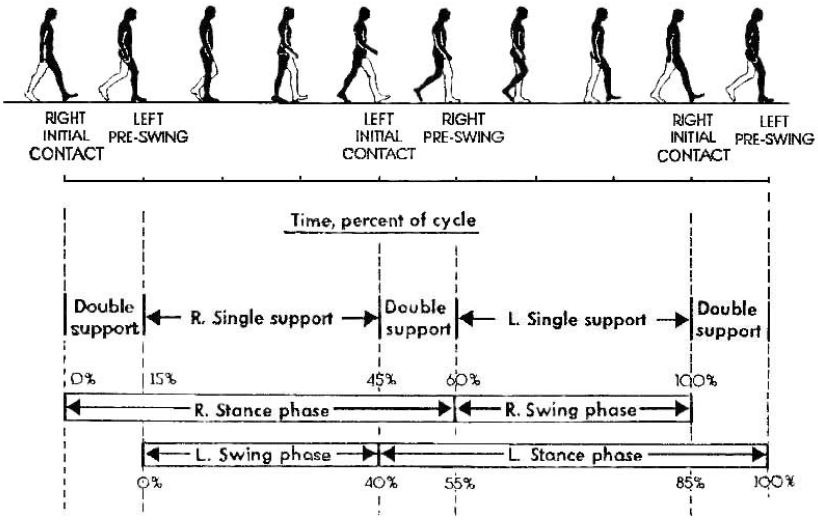
Le cervelet : organe essentiellement impliqué dans le contrôle de l'équilibre et des mouvements oculaires pour le vermis ; la programmation et l'initiation des mouvements rapides pour le cortex hémisphérique latéral ; l'exécution des mouvements lents pour le cortex hémisphérique intermédiaire et les mouvements oculaires pour le cortex flocculo-nodulaire.

Le cortex : concernant les espèces animales, le cortex ne semble pas jouer un rôle prépondérant dans le contrôle postural et la locomotion à l'exception du cortex frontal[23]. Quant à sa fonction, chez l'homme, ce point constitue le thème central de ce travail.

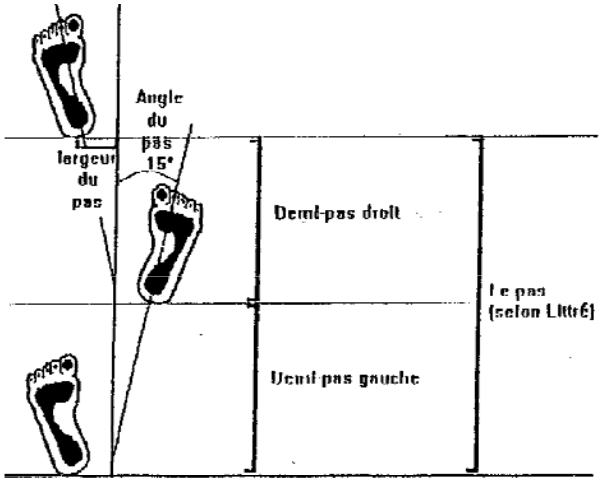
2.2 Paramètres de marche

La marche résulte de la combinaison dans le temps et dans l'espace de mouvements plus ou moins complexes de différents segments du corps aboutissant à un déplacement. Les paramètres spatio-temporels permettent de décrire le déroulement de la marche en la décomposant en cycles unitaires. Un cycle est constitué de l'alternance d'une phase d'appui et d'oscillation. Les paramètres recueillis sont spatiaux avec la longueur, la largeur du pas et

l'écartement du pas ; et temporels avec le temps d'appui et de balancement et la durée du cycle de marche.



a.



b.

Figure 1. a. Illustration des paramètres de marche et leur rapport temporel. La phase d'appui (stance phase) durant 60% du temps du pas, tandis que la phase d'oscillation (swing phase) dure 40% avec les phases de double appui (double support) et de simple appui (single support) respectives. b. Illustration de l'angle et de la largeur du pas selon Littré.

2.3 Variabilité des paramètres de marche

Ces paramètres, comme la plupart des signaux biologiques sont soumis à des fluctuations et ce indépendamment des influences extérieures. Seulement, chez le sujet sain, ces fluctuations restent relativement modestes et le coefficient de variation de ces paramètres est de quelques pourcents[24,25,26]. Cette analyse de la variabilité des signaux biologiques a notamment été étudiée en cardiologie dans l'étude de la variabilité du rythme cardiaque. En effet, il a pu être montré que la variabilité de l'intervalle R-R était un facteur de bon pronostic chez des patients avec une insuffisance cardiaque et des patients après syndrome coronarien aigu[27]. A l'inverse, il a récemment été décrit dans différents travaux que lors de processus pathologiques affectant le système nerveux central apparaissaient des fluctuations plus importantes des paramètres de marche. Ainsi, quand le système régulant le contrôle de la marche est affecté, la variabilité des paramètres de marche est augmentée. Cette corrélation entre la variabilité des paramètres de marche et les processus pathologiques affectant le système nerveux central se base sur les observations suivantes :

> La variabilité de la marche est une mesure quantifiable, qui est altérée dans différentes pathologies, telles que la maladie de Parkinson ou la maladie d'Alzheimer [28,29,30,31,32,33,7].
>
> Les facteurs physiologiques affectant la variabilité de la marche inclut le système nerveux, la fonction musculaire et le contrôle postural ainsi que le système cardiovasculaire et l'intégrité cognitive[34,32,35,36,37,38].
>
> La variabilité des paramètres de marche a été associée avec un risque de chute élevé dans une cohorte de sujets âgés[39].

Enfin, la variabilité d'un paramètre spécifique, qui est le temps du cycle de marche semble, selon certains indices[7,17], être associée avec les fonctions exécutives. Ce point particulier constitue, comme nous le verrons plus loin, la pierre angulaire de ce travail de thèse. Ainsi, à l'inverse de ce qui est observé en cardiologie, la variabilité des paramètres de marche semble être le reflet d'un dysfonctionnement du système de contrôle de la marche.

2.4 Double tâche

Depuis plusieurs années, l'étude de la relation entre marche et attention repose sur le paradigme de la double tâche. Son principe est de réaliser deux tâches simultanément. Il repose sur l'utilisation de sous-systèmes fonctionnels identiques, afin de créer une interférence entre elles. Dans notre situation d'étude, l'attention représente le sous-système fonctionnel commun. Quant aux deux tâches, la marche constitue l'une d'entre elle et la seconde consiste en la réalisation d'une tâche dite « attentionnelle ». Les interférences se traduisent sur la modification des paramètres spatio-temporels de marche et par la qualité de la réalisation de la tâche attentionnelle. Dans le cadre de l'étude de la marche, le plus souvent, il n'est donné aucune priorité au sujet dans la réalisation des deux tâches, afin de conserver un caractère écologique représentatif des conditions de marche quotidienne. L'effet de la double tâche se mesure alors en comparant les performances de l'une ou des deux tâches sous condition de simple et de double tâche.

Le choix de la tâche attentionnelle est important dans l'étude de la marche. On distingue classiquement deux types de tâches. Les tâches dites hétérogénérées non-contrôlées par le sujet (par exemple, émission d'un flash lumineux) et les tâches dites autogénérées, qui sont produites par le sujet (par exemple, fluence verbale). Notre choix s'est porté vers des tâches autogénérées et ce pour deux raisons. D'une part, cela permet d'éviter les problèmes de perception fréquemment rencontrés dans la population étudiée et d'autre part, d'utiliser une tâche attentionnelle spécifique d'une fonction du lobe frontal.

A ce sujet, il a été observé que les modifications des paramètres de marche sous double tâche dépendent du type de tâche attentionnelle choisie. Dans une population spécifique de sujets âgés, Beauchet et al.[40] ont démontré qu'une tâche cognitive de décompte induisait une augmentation de fréquence de latérodéviation par rapport à une tâche de fluence verbale. L'interprétation donnée à cette observation était une gestion différente d'allocation attentionnelle, en arguant que le décompte peut être assimilé à une tâche de mémoire de travail plus directement en rapport avec les fonctions exécutives que la fluence verbale, qui est une tâche de mémoire sémantique. Ceci repose sur le fait que les fonctions exécutives ont entre autre comme rôle de répartir les ressources attentionnelles entre deux tâches[41,42,43].

Si les interférences entre les deux tâches réalisées simultanément sont interprétées comme le résultat d'une mise en jeu des ressources attentionnelles, il existe certains auteurs, qui ont proposé des interprétations différentes. Dans une étude s'intéressant aux modifications posturales rencontrées chez 36 sujets jeunes sains, Yardley et al. ont conclu que les modifications posturales lors d'une tâche de décompte reposent non pas sur les ressources attentionnelles nécessaires à la tâche cognitive mais sur les composants articulatoires de la tâche cognitive[44]. Ils suggèrent que l'effet de l'articulation de la tâche attentionnelle serait peut-être dû à l'activité respiratoire nécessaire à la parole qui perturberait l'équilibre. Précisons toutefois que ces auteurs proposent également comme explication le fait que l'interférence pourrait être due à une structure centrale commune partagée par la parole et l'équilibre. Enfin, notons que cette étude a été réalisée chez de jeunes sujets sains en condition non-écologique puisque les instructions données précisaient que la tâche cognitive soit réalisée de façon la plus précise et la plus rapide possible[45]. Par ailleurs, il existe une autre étude proposant une autre explication que l'allocation attentionnelle dans l'explication des modifications posturales rencontrées lors de la double tâche. Ce travail montre une amélioration de la marche en condition de double tâche. Cette étude réalisée également chez des sujets jeunes sains a montré que le temps du cycle de marche était plus rapide quand le sujet réalisait en même temps une seconde tâche motrice de tapotement du doigt. Pour expliquer cette amélioration, les auteurs ont émis l'hypothèse du rythme, à savoir une tendance naturelle des rythmes biologiques à s'attirer.

2.5 Attention

L'attention est l'un des concepts les plus abstraits de la cognition et regroupe en réalité plusieurs fonctions partageant un rôle commun de régulation cérébrale. Elle peut se définir comme étant la capacité d'un individu à traiter l'information.

Dans la pratique clinique, on distingue quatre grandes fonctions : la vigilance, l'orientation spatiale, la sélectivité et la division de l'attention. La vigilance régule le niveau d'éveil dont la perturbation la plus grave se rencontre dans le coma. Sa localisation anatomique siège au niveau du bulbe dans le système réticulé activateur ascendant. L'orientation spatiale de l'attention est intimement liée à l'orientation du regard et peut être déclenchée de façon automatique ou volontaire. Elle dépend principalement du thalamus et des cortex frontaux et

pariétaux avec une prédominance pour l'hémisphère droit. L'expression clinique d'une atteinte de cette fonction se traduit par l'héminégligence et plus particulièrement par l'héminégligence visuospatiale. La sélectivité de l'attention consiste en l'inhibition d'informations concurrentes et l'amplification d'informations pertinentes et se traduit cliniquement dans différentes affections atteignant le lobe frontal, siège de cette fonction. Enfin, la division de l'attention intervient lorsque deux tâches sont réalisées simultanément et repose sous le contrôle du lobe frontal.

Ainsi, ces quatre grandes fonctions s'expriment à travers trois grands syndromes neurologique : le syndrome confusionnel, l'héminégligence et le syndrome dysexécutif. Ces différentes fonctions sont donc distribuées sur le plan anatomique à différents niveaux entre le système réticulé activateur ascendant, le thalamus, le lobe pariétal et le lobe frontal. Cette diversité de fonctions et cette localisation multifocale témoignent de la complexité de ce concept[46,41].

Dans ce travail, nous abordons l'attention dans le cadre du paradigme de la double tâche faisant référence à l'attention divisée (capacité de focaliser simultanément sur différents stimuli relevants) et à travers la pathologie affectant les sujets étudiés, qui présentent une démence avec atteinte des fonctions exécutives.

2.6 Fonctions exécutives

Le terme « fonction exécutive » utilisé aujourd'hui en neurologie vient du management où il désigne les services de direction chargés de la gestion de l'entreprise. Domaines des plus complexes de la neuropsychologie, il associe les fonctions cognitives supérieures telle que l'introspection, la volonté, l'abstraction et le jugement aux contrôles de l'exécution des activités complexes, tels que la sélection d'objectifs, la planification, le contrôle continu de l'action, l'inhibition des réponses non-pertinentes, la capacité de passer d'une action à l'autre et le contrôle des résultats de l'action. Les fonctions exécutives sont par ailleurs difficilement dissociables des tâches qu'elles contrôlent. Ces tâches sont :

1. les tâches nouvelles
2. la recherche d'information en mémoire

3. l'élaboration de nouvelles séquences de comportement
4. l'inhibition de réponses non-appropriées
5. les doubles tâches
6. la détection et la correction des erreurs dans l'exécution de plans nouveaux
7. le maintien d'une attention soutenue sur une longue période

Ainsi dans le cadre de dysfonctionnement exécutif, il est souvent difficile de distinguer la tâche du contrôle exercé sur cette tâche.

Les fonctions exécutives sont pour plusieurs raisons associées au lobe frontal et plus particulièrement au cortex préfrontal. Premièrement, le cortex préfrontal est connecté à plus de régions que n'importe quelle autre région cérébrale. Deuxièmement, le cortex frontal reçoit des projections d'aires associatives hétéromodales ayant déjà traitées l'information à un niveau plus élémentaire, attestant du rôle intégratif du lobe frontal. Troisièmement, le cortex frontal représente la principale cible du système limbique et constitue la seule région capable d'intégrer l'information sensori-motrice avec une « connotation » émotionnelle ou motivationnelle. Quatrièmement, le cortex frontal représente la principale cible des circuits sous-cortico-corticaux, dont on distingue trois circuits principaux :

Le circuit dorsolatéral préfrontal : impliqué dans les fonctions cognitives supérieures suivantes : la sélection du but de l'action, la planification, la sélection, le séquençage et la formation de la réponse, la mémoire de travail spatial et verbal, ainsi que le monitorage et la conscience de soi.

Le circuit orbito-frontal : impliqué dans l'initiation et l'inhibition des comportements sociaux et des comportements internes qui sont mis en évidence cliniquement par l'épreuve go-no go et le comportement d'utilisation et d'imitation.

Le circuit cingulaire antérieure : impliqué dans le monitorage comportemental et la correction d'erreurs mises en évidence par le test de Stroop.

Ainsi, les fonctions exécutives sont sous-tendues par l'activité du lobe frontal, elles ne représentent qu'une partie des fonctions frontales. Il existe donc des lésions du lobe frontal sans dysfonctionnement exécutif, comme des lésions des projections sous-corticales du lobe frontal entraînant une altération des fonctions exécutives[47,41].

2.7 Hypothèse de travail

Selon les données actuelles de la littérature, comme nous l'avons vu, il existe une association entre les troubles de la marche et les troubles cognitifs[3,4,5,6,7,13,17,25,29,31]. Le lobe frontal semble représenter une localisation clé dans cette association et la variabilité des paramètres de marche constitue un paramètre intéressant dans l'étude des pathologies affectant le système nerveux central.

Le but de cette étude est de quantifier et de comparer les effets de deux tâches arithmétiques avec un composant articulomoteur identique mais une charge attentionnelle différente sur la valeur moyenne et le coefficient de variation du temps du cycle de marche parmi une population de sujets âgés déments avec un dysfonctionnement du lobe frontal.

3. Méthodologie

3.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale unicentrique réalisée dans le Département de Réhabilitation et Gériatrie des Hôpitaux Universitaires de Genève. Cette étude est indépendante et n'a bénéficié d'aucune source de financement. Elle s'est déroulée de novembre 2003 à février 2004 dans le cadre de l'activité de recherche clinique du Programme Mobilité et Equilibre (MOBEQ). Ce programme mis en place en 2002 par le Pr R. Kressig et coll. dans le Département de Réhabilitation et Gériatrie constitue un lieu de référence pour la prise en charge des troubles de la mobilité et de l'équilibre des sujets âgés. Dans une approche intégrant la recherche et la clinique, il vise d'une part à corriger les facteurs de risque de chute des patients hospitalisés dans cette unité par l'éducation des sujets, comme par exemple la mise en place de chaussage adaptée et d'autre part à réhabiliter les sujets par la mise en place d'activités physiques adaptées comme la danse, la rythmique ou le Tai'Chi[48,49,50,51] . L'étude a été conduite en conformité avec les principes d'éthique établis par la déclaration d'Helsinki de l'association médicale mondiale. Le comité d'éthique local a approuvé le projet et tous les sujets inclus ont donné leur consentement éclairé.

3.2 Test de marche

Le principe du test de marche utilisé permet d'étudier la distribution de l'allocation des ressources attentionnelles effectuée par le sujet lors de la réalisation d'une tâche motrice de marche et/ou la réalisation d'une tâche mentale de décompte de difficulté variable.

Le test se déroule en trois étapes :

Etape 1 : Tâche de décompte réalisée assis sur une chaise.
Etape 2 : Tâche de décompte réalisée en marchant.
Etape 3 : Marche avec tâche de décompte.

Deux catégories de paramètres ont été mesurées :

1. Les caractéristiques spatio-temporelles de marche mesurées par le tapis d'analyse de marche GAITRite® (voir suivant).
2. Les caractéristiques de la tâche de décompte, à savoir le nombre de chiffres énoncés, mesuré par un enregistreur vocal.

La tâche motrice a été réalisée à vitesse de marche naturelle sur le tapis d'analyse de marche GAITRite®[52,53,54]. Ce système de mesure particulièrement adapté au sujet âgé est muni de capteurs de pression enregistrant les appuis plantaires sur une distance de 10 mètres. Les capteurs sont disposés sous forme de plaques (48 x 288 mm) espacées régulièrement sur toute la longueur du tapis. La surface des appuis plantaires est déterminée par le nombre de capteurs activés, par la distance entre ces capteurs, et par le temps d'activation/désactivation des capteurs. Les données brutes sont transférées vers un ordinateur où un logiciel permet à partir de l'analyse des paramètres spatiaux de calculer immédiatement après le passage du sujet l'ensemble des paramètres spatio-temporels de la marche. Lors de l'analyse de marche, le sujet dispose d'une ceinture de sécurité autour de la taille permettant à l'assistant de recherche de saisir aisément le sujet en cas de déséquilibre[55].

La tâche de décompte a été énoncée à voix haute par le sujet de 1 à 50 pour le décompte à l'endroit et de 50 à 1 pour le décompte à l'envers. Le nombre de chiffres énoncés pour les tâches de décompte en marchant a été comptabilisé sur la base du nombre total de chiffres énoncées lors du passage du sujet sur le tapis GAITRite®. Quant au nombre de chiffres énoncés lors de la tâche de décompte assis sur une chaise, ils étaient comptabilisés en fonction du temps réalisé pour effectuer la double tâche de décompte et de marche. Le temps pris en compte pour chaque tâche de décompte (à l'envers et à l'endroit) était considéré, comme le temps de passage sur le tapis GAITRite®.

Pour limiter tout phénomène de fatigue et d'apprentissage, l'ordre de réalisation des tests de marche (marche seule, marche avec décompte à l'endroit, marche avec décompte à l'arrière) était aléatoire pour chaque patient. La marche était réalisée à vitesse lancée sur le tapis GAITRite® à partir d'une position assise, avec des chaussures adaptées, dans des conditions d'éclairage parfait et en l'absence de toute contrainte environnementale (salle vide, volet clos, bruit absent).

Pour contrôler les variations interindividuelles, les informations données aux sujets étaient identiques lors de la réalisation des tests. Cette procédure se décomposait en trois parties:

1. « Je vais vous demander de vous lever, de marcher sur ce tapis et d'aller vous s'asseoir sur la chaise située à l'extrémité du tapis. Vous devez marcher à un rythme le plus naturel et le plus rassurant pour vous. Vous ne devez pas vous arrêter si possible. Vous devez avoir l'esprit libre, c'est-à-dire si possible de ne penser à rien. Vous ne devez pas vous concentrer sur votre marche. »
2. « Je vais vous demander marcher tout en réalisant une autre tâche. Cette tâche est de compter de 1 en 1 à l'endroit à partir de 0 jusqu'à 50 - ou de compter de 1 en 1 à l'envers à partir de 50 jusqu'à 0. Vous devez prononcer les chiffres à voix haute. Vous ne devez ni vous arrêter de compter ni vous arrêter de marcher si possible. Vous devez réaliser ce test du mieux que vous le pouvez. »
3. « Je vais vous demander de rester assis sur cette chaise et de compter à l'endroit de 1 en 1 à partir de 0 jusqu'à 50 – ou de compter à l'envers de 1 en 1 à partir de 50 jusqu'à 0 - du mieux que vous le pouvez. Vous devez prononcer les chiffres à voix haute. Vous ne devez pas vous arrêter de compter.

3.3 Facteurs étudiés

3.3.1 Variabilité du pas

Il est mesuré par la valeur moyenne et le coefficient de variation (CV) du temps du cycle de marche. Le temps du cycle de marche se définit comme le temps nécessaire pour réaliser 2 pas consécutifs. Il se mesure entre l'instant où le talon d'un pied touche le sol et l'instant où le même talon retouche le sol deux pas plus tard. Quant au CV du temps du cycle, il se calcule par la formule suivante : CV = déviation standard/moyenne x 100.

3.3.2 Fonctions cognitives

L'évaluation des fonctions cognitives était initialement réalisée par le Mini-Mental-State (MMSE) de Folstein[56]. Ce test de dépistage réalisé au lit du malade est construit sur une échelle de 30 points. La grande majorité de la population normale est groupée sur les scores

les plus élevées. Il évalue de façon rapide l'orientation, l'apprentissage, le contrôle mental, la dénomination, la répétition, la compréhension d'un ordre simple et la copie d'un dessin. Un score inférieur à 24 est généralement considéré comme seuil pour un syndrome démentiel. On parle de démence légère entre 19-24, de démence modérée entre 10-18 et de démence sévère en dessous de 10. Ce test sans doute le plus utilisé dans la pratique clinique permet d'identifier un déficit cognitif, mais ne dispense pas de la recherche des critères diagnostics de démence. Pour ce faire, les sujets ont bénéficié dans un second temps d'une évaluation neuropsychologique détaillée et d'examens paracliniques de neuroimagerie et de biologie sanguine. L'évaluation neuropsychologique évaluait les aspects cognitifs suivants :

le langage
les praxies
les gnosies visuelles
la mémoire épisodique verbale
la mémoire visuelle
la mémoire à court terme
la mémoire de travail
les fonctions exécutives
et une évaluation globale.

Une imagerie cérébrale, soit un CT Scan, soit une IRM a été réalisée chez tous les patients. Quant au bilan biologique, il comprenait : une formule sanguine simple, une chimie sanguine (natrémie, kaliémie, créatinémie, glycémie, calcémie, ASAT, ALAT et gamma-GT), un dosage de la TSH, de la vitamine B12, des folates et du VDRL. Au terme de cette évaluation, un diagnostic de probable démence pouvait être avancé en fonction des critères de la 4ème édition du Manuel statistique et diagnostic des troubles mentaux (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th edition) par un neurologue spécialisé en neuropsychologie.

3.3.3 Fonctions du lobe frontale

L'évaluation des fonctions du lobe frontal nécessite en pratique une expertise neuropsychologique extensive. Il existe par ailleurs des tests rapides d'évaluation de ces fonctions parmi lesquels la batterie rapide d'efficience frontale[57] (BREF) et l'échelle de dysfonctionnement frontal[58] (EDF).

La BREF est une échelle validée en 2000 par Dubois et al. qui évalue les 6 fonctions du lobe frontal suivantes : la conceptualisation, la flexibilité mentale, la programmation motrice, la sensibilité aux interférences, le contrôle inhibiteur et l'autonomie environnementale. Chacun de ces 6 sous-tests est côté de 0 à 3, pour un score total maximum de 18. Dans l'article original, les sujets contrôles présentaient un score de 17.3 ± 0.8.

L'EDF est une échelle mise au point en 1998 par Lebert et al., qui permet de distinguer la démence fronto-temporale des autres démences. Elle évalue sur une échelle de 0 à 4, où 0 est normal, les troubles du contrôle de soi, la négligence physique, la manifestation d'une baisse d'intérêt et les troubles de l'humeur. Un score de 3 permet de discriminer avec une spécificité de 95% et une sensibilité de 91% une démence fronto-temporale d'une autre démence.

3.4 Critères de jugement

3.4.1 Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal est le changement observé de la valeur moyenne et du CV du temps du cycle de marche entre la marche seule et la marche avec décompte (à l'endroit et à l'envers). Il se calcule par la formule suivante : (double tâche – simple tâche)/((double tâche + simple tâche)/2) x 100

3.4.2 Critère de jugement secondaire

Le critère de jugement secondaire est le nombre de chiffres énoncés lors de la double tâche et de la simple tâche.

3.5 Population

Les 16 participants à cette étude ont été recrutés parmi les patients hospitalisés dans le Département de Réhabilitation et Gériatrie des Hôpitaux Universitaires de Genève. Ils ont été sélectionnés entre novembre 2003 et février 2004 selon les critères d'inclusion et d'exclusion suivants.

Critères d'inclusion

Score à la BREF compatible avec un syndrome frontal.
Être capable de marcher sans aide.

Critères d'exclusion

Douleur aiguë ou chronique.
Pathologie organique aiguë.
Pathologie de l'appareil ostéo-articulaire sévère.
Prothèse des membres inférieurs.
Antécédent d'accident vasculaire cérébral.
Déficit sensitivo-moteur des membres inférieurs.
Réflexes ostéo-tendineux diffusés.
Acuité visuelle de loin inférieur à 5/10 (avec correction).
Syndrome cérébelleux.
Syndrome vestibulaire.
Syndrome extrapyramidal.
MMSE inférieur à 16.

3.6 Statistiques

3.6.1 Définitions

Le *seuil de signification α* se définit comme le seuil de probabilité en-dessous duquel on accepte de rejeter l'hypothèse nulle H_0. Dans cette étude, le seuil de signification α a été déterminé à 5%.

L'*hypothèse nulle H_0* consiste à supposer l'absence d'association entre 2 variables.

L'*hypothèse alternative H_A* représente l'hypothèse contre laquelle l'hypothèses nulle H_0 est testée.

Si la *valeur de p* est inférieure à la valeur choisie pour α, on conclut que les données contredisent l'hypothèse testée H_0 et permettent d'adopter l'hypothèse alternative H_A. En revanche, si la valeur de p est supérieure à la valeur choisie pour α, on conclut que rien ne permet de mettre en doute l'hypothèse nulle H_0[59].

3.6.2 Outils statistiques

Toutes les comparaisons ont été réalisées par le test des rangs signés de Wilcoxon. Cet outil a été choisi, parce que la distribution des variables étudiées ne suit pas de loi normale. Les statistiques ont été réalisées par le Software Stata Statistical, release 9.2®.

4. Résultats

4.1 Caractéristiques de la population étudiée

Les caractéristiques des 16 sujets étudiés sont résumées dans l'article original (Table 1).

L'âge moyen des sujets est de 83.6 ± 7.9 années avec une nette prédominance de sujets féminins, soit 87.5% du collectif.

Sur le plan neuropsychologique, les sujets présentent une altération modérée à sévère des fonctions frontales avec une BREF à 9.1 ± 3.4. Cette atteinte frontale se confirme à l'EDF, puisque le score moyen est supérieur à 3, soit 3.7 ± 0.5. Par ailleurs, sur le plan global, ils présentent un MMSE moyen de 22.1 ± 3.6, ce qui indique qu'ils souffrent en moyenne d'une démence de gravité légère. Quant à l'étiologie du syndrome démentiel, elle se partage entre la maladie d'Alzheimer, la démence vasculaire et la démence mixte, avec une majorité de sujets (68.8%) atteints de démence mixte. L'atteinte sous-corticale extrapyramidale n'est observée que chez une minorité de sujets (31.3%). De plus, les signes extrapyramidaux, quand ils sont présents, sont de niveau léger (UPDRS item 22 entre 1 et 2)[60].

Enfin, on observe que les sujets présentent un nombre de maladies chroniques de 4.6 ± 1.1.

4.2 Valeur moyenne et coefficient de variation du temps du cycle entre la marche seule et la marche avec décompte

La valeur moyenne et le coefficient de variation du temps du cycle augmentent de façon significative entre la marche seule et les deux situations de double tâche (marche avec décompte à l'endroit et marche avec décompte à l'envers). Pour la valeur moyenne, la valeur de p est de 0.039 pour la marche avec décompte à l'endroit et de 0.003 pour la marche avec décompte à l'envers. Pour le coefficient de variation, la valeur de p est de 0.017 pour la marche avec décompte à l'endroit et inférieure à 0.001 pour la marche avec décompte à l'envers.

Entre les deux doubles tâches, il existe également une différence significative aussi bien pour la valeur moyenne que pour le coefficient de variation du temps du cycle. La valeur de p est de 0.039 pour la valeur moyenne et de 0.049 pour le coefficient de variation.

4.3 Nombre de chiffres énoncés sous condition de simple tâche et de double tâche

Le nombre de chiffres énoncés ne diffère pas entre la condition de décompte assis sur une chaise et la condition de décompte en marchant. La valeur de p est de 0.678 pour la marche avec décompte à l'endroit et de 0.069 pour la marche avec décompte à l'envers. On semble toutefois observer une tendance à l'augmentation du nombre de chiffres énoncés lors des conditions de double tâche et ceci surtout pour la condition de marche avec décompte à l'envers, puisque les sujets énoncent en moyenne 11.7 ± 5.2 chiffres en condition de simple tâche et 13.1 ± 6.5 en condition de marche avec décompte à l'envers.

En condition de décompte assis sur une chaise, on observe une différence significative dans le nombre de chiffres énoncés entre la tâche de décompte à l'endroit et la tâche de décompte à l'envers ($p<0.05$).

En condition de double tâche, le nombre de chiffres énoncés entre la tâche de décompte à l'envers en marchant et la tâche de décompte à l'endroit en marchant est significativement différent ($p<0.05$).

4.4 Changements des paramètres du temps du cycle entre les conditions de simple et de double tâche

On observe un changement significatif pour le coefficient de variation du temps du cycle entre la marche avec décompte à l'endroit et la marche avec décompte à l'envers, soit une différence de 88.4 ± 55.7% pour la marche avec décompte à l'envers et de 34.5 ± 60.5% pour la marche avec décompte à l'endroit, la valeur de p étant de 0.015. En revanche, ce changement n'est pas significatif pour la valeur moyenne du temps du cycle, puisque la valeur de p est de 0.056.

Les changements observés pour la valeur moyenne du temps du cycle est significativement plus faible que les changements observés pour le coefficient de variation. La valeur de p est de 0.039 pour le changement observé entre la valeur moyenne et le coefficient de variation pour la comparaison entre la marche seule et la marche avec décompte à l'endroit et de 0.005 pour la comparaison entre la marche seule et la marche avec décompte à l'envers.

5. Discussion

Nos résultats montrent que la réalisation d'une tâche mentale de décompte durant la marche augmente de façon significative la valeur moyenne et le coefficient de variation du temps du cycle de marche en comparaison avec une tâche de marche seule parmi un groupe de 16 sujets âgés déments avec dysfonctionnement frontal. Cette augmentation est plus marquée lors de la tâche de décompte à l'envers que lors du décompte à l'endroit. De plus, le coefficient de variation du temps du cycle de marche semble être le paramètre le plus sensible au changement. Différentes explications peuvent être avancées pour comprendre ces observations.

5.1. Profil de la population

Les caractéristiques neuropsychologiques de nos sujets répondent bien au profil attendu, à savoir des patients avec dysfonctionnement frontal mais syndrome démentiel léger. La BREF moyenne de notre collectif est en effet de 9.1, ce qui atteste d'une altération modérée à sévère des fonctions du lobe frontal. En comparaison à l'article princeps de Dubois et al., les sujets les plus sévèrement atteints étaient le groupe de sujets avec une paralysie supranucléaire progressive et celui avec une démence fronto-temporale. Ils présentaient respectivement des scores à la BREF de 8.5 ± 3.4 et de 7.7 ± 4.2.

Population	**BREF**
Contrôles	17.3 ± 0.8
Maladie de Parkinson	15.9 ± 3.8
Atrophie multi-systémique	13.5 ± 4.0
Dégénérescence cortico-basale	11.0 ± 3.7
Paralysie surpranucléaire Progressive	8.5 ± 3.4
Démence fronto-temporale	7.7 ± 4.2

Figure 2. BREF moyenne en fonction des étiologies. Adapté de Dubois B et al. The FAB. Neurology 2000;55:1621-1626.

Par ailleurs, sur leur profil neuropsychologique global, le score moyen du MMSE est de 22.1, ce qui indique qu'ils présentent un syndrome démentiel de degré léger. Quant à l'étiologie du syndrome démentiel, qui est pour la majorité une démence mixte, cela fait de notre collectif,

une groupe d'étude unique en son genre, puisque les études précédentes ayant analysé le comportement à la marche des sujets déments avaient essentiellement décrit des sujets avec une maladie d'Alzheimer ou une démence associée à la maladie de Parkinson. Enfin, on peut relever que, parmi notre collectif, il n'existe aucun sujet atteint d'une démence à corps de Lewy, qui représente pourtant la deuxième cause de démence dégénérative en terme de prévalence après la maladie d'Alzheimer. Ceci s'explique par le fait, qu'un de nos critères d'exclusion était la présence d'un syndrome extrapyramidal important. Ainsi, nos sujets présentent donc une atteinte d'ordre corticale avec une nette prédominance au niveau du lobe frontal.

Concernant l'âge moyen de notre collectif, il faut noter qu'il est relativement élevé, mais correspond tout à fait à l'âge moyen des patients hospitalisés dans le Département de Réhabilitation et Gériatrie des Hôpitaux Universitaires de Genève. Cet élément doit attirer notre attention à deux égards particuliers. Premièrement, les données récentes ont établi qu'il existait des modifications des paramètres spatio-temporels de la marche de sujets âgés normaux et ceci de façon significative chez les sujets chuteurs. Plusieurs études ont montré que la marche du sujet âgé sain se distinguait de celle du sujet jeune par le fait qu'elle nécessite davantage d'attention et ceci indépendamment d'une pathologie sous-jacente[13,43]. Dans le suivi d'une population de plus de 80 ans sur une année, Hausdorff et al. ont montré que la variabilité du temps du cycle de marche permettait de distinguer les sujets chuteurs des sujets non-chuteurs[61] (Figure 3). Cependant, très peu d'études ont quantifié la variabilité du pas chez les sujets âgés déments.

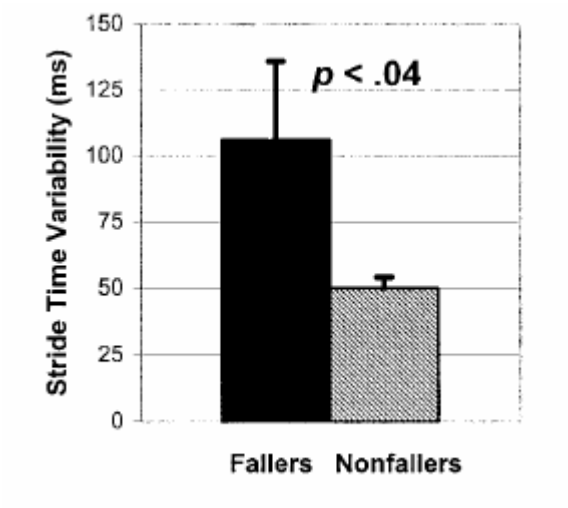


Figure 3. Illustration de la différence de la variabilité du temps du cycle (stride time variability) entre des sujets chuteurs (fallers) et des sujets non-chuteurs (nonfallers) dans une population de plus de 80 ans. Tiré de Hausdorff JM et al. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2001;82:1050-1056.

Deuxièmement, il a été récemment montré dans une étude italienne[62], que le score moyen de la BREF chez le sujet normal diminuait avec l'âge. Le score moyen dans la tranche d'âge intéressant notre collectif variait entre 12 et 16 points en fonction du niveau d'éducation (Figure 4).

Education	Age (years)								
(years)	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79	80–89	90–95	Total
1–3	–	–	–	18.0	14.5 (0.7)	14.0 (2.8)	13.5 (2.1)	–	14.6 (2.1)
4–5	–	–	16.4 (0.9)	15.6 (1.4)	14.8 (1.3)	14.7 (2.0)	13.2 (1.3)	11.8 (2.1)	14.7 (1.8)
6–8	15.9 (0.9)	16.2 (1.3)	16.7 (1.2)	16.6 (0.8)	16.2 (1.3)	15.4 (2.2)	12.0 (1.3)	14.7 (1.5)	15.8 (1.7)
9–13	16.9 (1.0)	17.1 (1.0)	17.7 (0.5)	16.9 (1.1)	16.3 (1.2)	16.2 (1.8)	17.0	12.0	16.6 (1.4)
>13	17.9 (0.3)	17.6 (0.5)	17.7 (0.5)	17.5 (0.9)	17.1 (0.8)	15.9 (1.0)	16.0 (2.3)	15.0	17.2 (1.2)
Total	16.8 (1.2)	16.8 (1.2)	17.1 (1.0)	16.8 (1.2)	16.0 (1.4)	15.5 (2.0)	13.8 (2.3)	13.1 (2.1)	16.1 (1.8)

Figure 4. BREF moyenne chez des sujets normaux en fonction de l'âge et du niveau d'éducation. Tiré de Appollonio I. et al. The Frontal Assessment Battery (FAB): normative values in an Italian population sample. Neurological Sciences 2005;26:108-116.

Ainsi, dans l'interprétation de nos résultats, l'effet « âge » a certainement une influence, mais comme nous le verrons plus loin, ne peut à lui seule expliquer la variabilité observée.

Enfin pour clore ce paragraphe sur les caractéristiques de la population, il faut garder à l'esprit les deux considérations suivantes. Ces résultats n'ont pas été comparés au comportement de sujets sains. Ceci représenterait un travail complémentaire intéressant, seulement l'objectif de cette thèse est d'analyser les paramètres de marche en fonction de la charge attentionnelle au sein d'une population pathologique bien particulière. La spécificité cognitive de cette population dépourvue de symptomatologie extrapyramidale d'une part et non affectée de pathologies locomotrices des membres inférieurs d'autre part a rendu le recrutement particulièrement difficile. En effet, les lésions cérébrales observées dans le cadre des pathologies étudiées affectent aussi bien les régions corticales que sous-corticales. De plus, comme nous l'avons vu, les conséquences de ces lésions entraînent notamment des chutes traumatiques chez ces sujets.

5.2 Charge attentionnelle

La valeur moyenne et le coefficient de variation du temps du cycle de marche augmente en condition de double tâche. Dans les données actuelles de la littérature[63], plusieurs interprétations ont été proposées pour expliquer les modifications du contrôle postural rencontrées en condition de double tâche chez les sujets âgés sains :

a. une incapacité à répartir l'attention entre les deux tâches.
b. une réduction des capacités attentionnelles.
c. une combinaison de ces deux facteurs.

Par ailleurs, la nature de la tâche cognitive semble affecter de façon spécifique la tâche motrice. Beauchet et al. ont montré qu'une tâche de décompte arithmétique influençait la stabilité latérale de la marche contrairement à une tâche de fluence verbale. L'interprétation donnée à cette observation était que la tâche de décompte faisait appel à la mémoire de travail, processus sous le contrôle des fonctions exécutives, contrairement à la fluence verbale reposant sur la mémoire sémantique, indépendante des fonctions exécutives. Or, lors de la réalisation d'une double tâche, ce sont les fonctions exécutives qui sont en jeu. Dans notre étude, la double tâche choisie fait donc appel à la mémoire de travail chez des sujets avec altération des fonctions exécutives, donc ayant une difficulté à répartir les ressources

attentionnelles entre deux tâches. Cet effet « cumulatif » du recours à la mémoire de travail en condition de double tâche chez des sujets ayant une capacité restreinte à répartir leurs ressources attentionnelles, qui sont elles-mêmes diminuées en raison de l'âge et éventuellement de l'atteinte cognitive sous-jacente, explique les modifications du cycle de marche observées en condition de double tâche.

Ces modifications du cycle de marche augmentent avec le degré de difficulté de la tâche cognitive. Dans cette étude, il est postulé que le décompte à l'endroit est une tâche nécessitant moins de ressources attentionnelles que le décompte à l'envers. A ce sujet, il existe une controverse dans la littérature concernant l'effet de la double tâche sur la performance respective de chacune des tâches. Certains avancent que seule la tâche cognitive est affectée, tandis que d'autres soutiennent que la performance des deux tâches est altérée. Dans les instructions dispensées aux sujets, il n'est pas précisé de favoriser l'une des deux tâches, mais de réaliser les deux tâches du mieux qu'ils peuvent. Le but étant de créer une interférence dans l'allocation attentionnelle attribuée à chacune des deux tâches. Comme mentionné précédemment, les résultats de cette étude montre une augmentation de la valeur moyenne et du coefficient de variation du temps du cycle lors de la réalisation de la tâche cognitive la plus complexe, soit le décompte à l'envers. Cette différence est significative uniquement pour le coefficient de variation quand on compare les changements entre la marche seule et la double tâche. Ceci illustre bien la détérioration de la performance de la tâche motrice avec le degré de difficulté de la tâche cognitive. En revanche, si l'on regarde l'influence de la double tâche sur la performance de la tâche cognitive, on n'observe aucune différence dans le nombre de chiffres énoncés entre la condition de simple tâche et de double tâche, et ceci aussi bien lors du décompte à l'endroit que du décompte à l'envers. Cette observation montre que dans cette population de sujets avec atteinte des fonctions exécutives, seule la tâche motrice semble être affectée par la double tâche. Ce point peut mener à diverses interprétations, comme par exemple, l'existence d'un choix de stratégie active en faveur de la tâche cognitive ou alors la présence d'un système de préservation des fonctions cognitives au détriment des fonctions motrices.

5.3 Composants articulo-moteurs de la tâche cognitive

La réalisation de la double tâche dans cette étude implique que le sujet énonce à haute voix des chiffres, ce qui, en soi, représente une activité motrice des muscles de la respiration et de l'articulation. Ce phénomène a été étudié en 1999 par Yardley et al., qui ont analysé si les effets de la double tâche sur la posture étaient dus à une interférence dans la répartition des ressources attentionnelles entre la tâche cognitive et la tâche motrice ou à une perturbation de la posture par l'articulation. L'étude a été réalisée chez 36 sujets jeunes en bonne santé. La tâche motrice consistait à maintenir son équilibre sur une plateforme de force stable et une autre instable, alors que le sujet observait l'écran d'un ordinateur diffusant soit des images fixes soit des images en mouvement. La tâche cognitive se déroulait sous les trois conditions suivantes : décompte à l'envers de 7 en 7 à haute voix, décompte à l'envers de 7 en 7 de façon silencieuse, répétition à haute voix de chiffres au hasard. Les résultats de cette étude ont montré qu'aussi bien sur une surface stable que sur une surface instable, les tâches cognitives nécessitant le recours à l'articulation induisaient des modifications posturales contrairement à la tâche de décompte silencieux (Figure 5). L'interprétation donnée à ces résultats était que l'effet de l'articulation expliquait les modifications rencontrées sous condition de double tâche plus que l'effet de la demande attentionnelle de la tâche cognitive. Ceci étant dû à l'activité musculaire et respiratoire impliquée dans le phénomène articulatoire. Toutefois, les auteurs émirent une réserve à leur interprétation : ils évoquèrent la possibilité que l'instabilité observée pouvait être causée par une interférence d'ordre centrale due au fait que les structures impliquées dans la parole et l'équilibre pouvaient partager les mêmes systèmes de traitement de l'information dans la planification du programme moteur. Ceci revient indirectement à évoquer une incapacité du système d'intégration dans l'allocation attentionnelle entre les deux tâches.

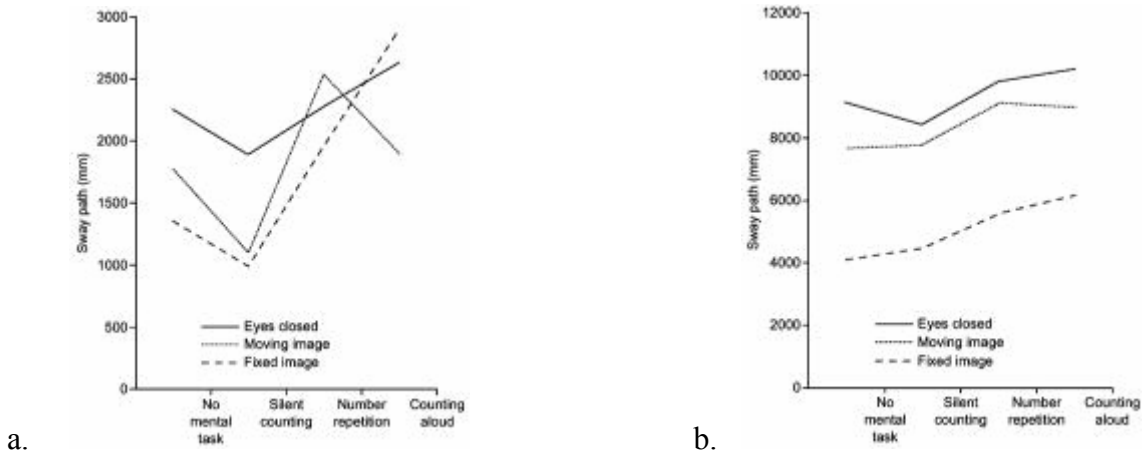


Figure 5. Effets des conditions visuelles, de la charge attentionnelle et de l'articulation sur la posture sur une surface stable (a) et une surface instable (b). Tiré de Yardley L et al. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. Neuroreport 1999;10:215-219.

Seulement, dans notre étude, lors de la réalisation de la tâche de décompte à l'envers, le nombre de chiffres articulés est significativement plus faible que lors de la tâche de décompte à l'endroit, alors que la modification des paramètres spatio-temporels de marche est plus important, lors de la double tâche impliquant le décompte à l'envers. Ainsi, dans notre étude, les composants articulo-moteurs de la tâche cognitive ne peuvent pas expliquer la modification des paramètres de marche observée.

5.4 Variabilité du temps du cycle de marche et fonctions exécutives

Les résultats de notre étude montrent que le paramètre spatio-temporel de marche permettant le mieux d'identifier les changements dans l'étude de la double tâche semble être le coefficient de variation du temps du cycle de marche. Contrairement à la valeur moyenne du temps du cycle, seul le coefficient de variation est significatif pour les changements observés quand on compare les effets de la double tâche entre le décompte à l'envers et le décompte à l'endroit dans cette population de sujets âgés déments avec atteinte du lobe frontal. Ce résultat va dans le sens de ce qui est observé dans la littérature aussi bien dans la population de sujets âgés sains que de sujets âgés déments[7,13,17,24]. Dans une étude où le critère d'inclusion était l'absence de démence, Hausdorff et al. ont montré qu'en condition de double tâche, la variabilité du temps du cycle de marche dans une population de sujets âgés était corrélé aux

performances des sujets aux épreuves des fonctions exécutives, contrairement aux épreuves des performances mnésiques (Figure 6).

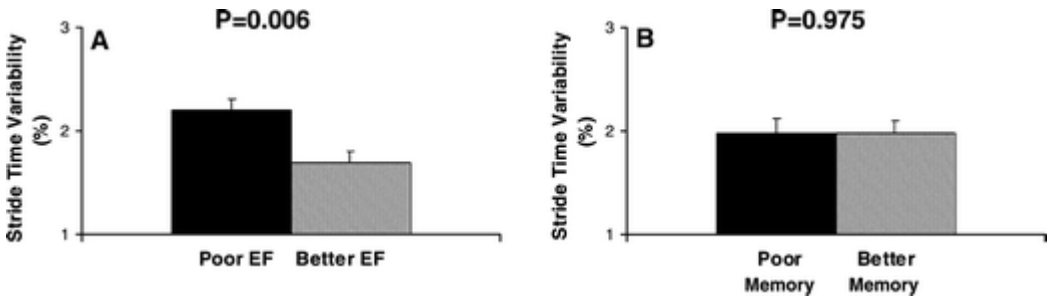


Figure 6. Effets des fonctions exécutives (EF) sur la variabilité du temps du cycle de marche (stride time variability) dans une population de sujets âgés sans démence. Tiré de Hausdorff JM. et al. Walking is more like catching than tapping : gait in the eldery as a complex cognitive task. Experimental Brain Research 2005;164(4):541-548.

Ce lien entre fonctions exécutives et variabilité du temps du cycle a également été observé dans un collectif de sujets âgés atteints d'une maladie d'Alzheimer. Dans cette étude, Sheridan et al. ont analysé l'effet de la double tâche dans une population de sujets avec une démence de gravité modérée (MMSE moyen 13.8 ± 7.9) et une atteinte des fonctions exécutives (Figure 7). Ils ont établi dans cette population que les fonctions exécutives étaient corrélées à la variabilité du temps du cycle. Bien que le protocole de cette étude diffère de la nôtre, il est intéressant de relever que le coefficient de variation du temps du cycle sous condition de double tâche était de 11.1 ± 5.5% soit à une valeur intermédiaire de ceux observés dans notre étude (7.6 ± 10% pour la marche avec décompte à l'endroit et de 15.4 ± 16.1% pour la marche avec décompte à l'envers).

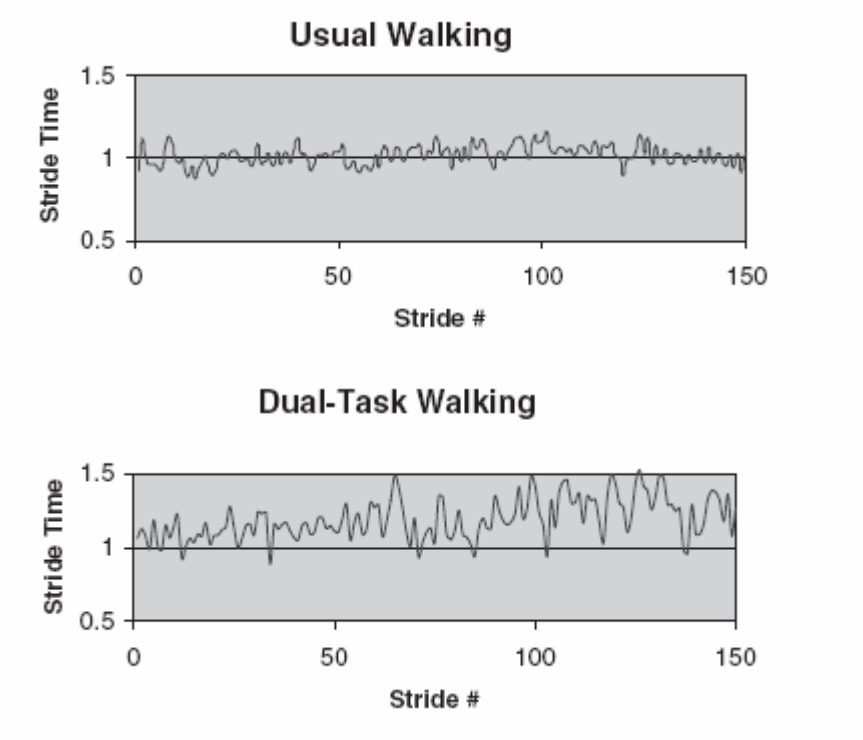


Figure 7. Effet de la double tâche (dual-task walking) sur le temps du cycle de marche (stride time) dans une population de sujets âgés avec maladie d'Alzheimer et atteinte des fonctions exécutives. Cette figure illustre la variabilité du stride time au cours de la marche (stride #) en condition de double tâche en comparaison avec la marche seule (usual walking). Tiré de Sheridan et al. Influence of executive function on locomotor function: Divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. Journal of the American Geriatrics Society 2003;51:1633-1637.

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude de la chute du sujet âgé[Erreur ! Signet non défini.], il a été observé qu'aussi bien l'intégrité des fonctions exécutives (Figure 8) que la variabilité du temps du cycle de marche ont été reliées à la chute (Figure 3).

	Nonfallers	Fallers	P (nonfallers vs. fallers)
Verbal memory	64.3 ± 33.1	58.3 ± 26.0	0.537
Stroop test	11.6 ± 6.2	7.0 ± 5.1	0.023
Go-NoGo test	19.7 ± 3.1	15.3 ± 6.3	0.005

Figure 8. Effet des fonctions exécutives (Stroop test et Go-No test) sur la chute dans une population de sujets âgés chuteurs (fallers) et de sujets âgés non-chuteurs (nonfallers). Cette figure illustre que l'altération des fonctions exécutives constitue un facteur de risque pour la chute. Adapté de Springer S et al. Dual-tasking effects on gait variability : The role of aging, falls, and executive function. Movement Disorders 2006;21:950-957.

Ainsi, le coefficient de variation du temps du cycle de marche pourrait être un bon marqueur des fonctions exécutives et pourrait représenter un élément prédictif de la chute du sujet âgé.

5.5 Limitations

A notre sens, cette étude comporte essentiellement quatre limitations principales. Le groupe de sujets étudié est relativement âgé. Cet élément participe sans aucun doute à la magnitude de l'effet observé, puisque l'on sait qu'indépendamment d'une quelconque atteinte corticale, la marche des sujets âgés se distingue de celle de sujets jeunes par le fait qu'elle nécessite davantage d'attention dans sa réalisation[13,24]. Par ailleurs, il aurait été intéressant de comparer les effets de la double tâche observés dans cette population avec ceux observés dans d'autres populations. En effet, nous ne savons pas en quoi se distingue ce collectif d'une population sans démence et plus intéressant, d'une population avec une démence n'affectant pas les fonctions du lobe frontal. Nous aurions également souhaité inclure un plus grand nombre de sujets afin d'augmenter la puissance statistique de l'étude. Seulement, malgré le nombre de lits important du Département de Réhabilitation et Gériatrie des Hôpitaux Universitaires de Genève et la durée de l'étude sur plusieurs mois, le profil particulier des sujets a rendu le recrutement difficile. Enfin, il aurait été intéressant de disposer d'un suivi de ces sujets, afin de déterminer si, comme pressenti, ils allaient effectivement présenter des épisodes de chute dans leur évolution.

6. Conclusion et perspectives d'avenir

Malgré les limitations sus-mentionnées, cette étude montre qu'indépendamment d'un composant articulo-moteur de la tâche verbale, le temps du cycle de marche et plus particulièrement sa variabilité semble être un marqueur approprié du contrôle cortical de la marche en association avec les fonctions du lobe frontal. Elle ouvre, par ailleurs des perspectives d'avenir intéressantes dans la compréhension des mécanismes unissant les troubles cognitifs et les troubles de la marche. Différents aspects restent encore à être précisés, l'influence de l'âge sur le phénomène étudié indépendamment d'un processus démentiel sous-jacent ; l'influence spécifique d'une atteinte du lobe frontal par rapport à un trouble dégénératif épargnant cette région ; l'influence de l'étiologie du processus démentiel dans son expression clinique sur la marche. Tous ces éléments permettront d'établir en fonction d'une simple analyse de marche, soit la nature de l'atteinte cognitive sous-jacente, soit l'évolution cognitive du sujet. La compréhension de ces mécanismes semble actuellement essentielle en raison du vieillissement de la population et de la prévalence des syndromes démentiels et des troubles de la marche à ces âges avancés.

7. Article original (Gait and Posture 2007 in press)

Changes in gait while backward counting

in demented older adults with frontal lobe dysfunction

Gilles Allali, MD *

Reto W. Kressig, MD *

Frédéric Assal, MD †

François R. Herrmann, MD, MPH *

Olivier Beauchet, MD, PhD * ‡

* Department of Rehabilitation and Geriatrics, Geneva University Hospitals, Geneva, Switzerland

† Department of Neurology, Geneva University Hospitals, Geneva, Switzerland

‡ Laboratory of Physiology and Physiopathology of Exercise and Handicap, Faculty of Medicine, University of Saint-Etienne, Saint-Etienne, France

Running head: Dual-task related gait changes and impaired executive function

Key Words: Gait Variability; Impaired executive function; Dual-Task

ABSTRACT

Background: Gait disorders caused by dementia have been associated with frontal lobe dysfunction. Dual-tasking is used to explore the involvement of cortical level in gait control. It has been shown that dual-task related gait changes could be related to 1) the efficiency of executive function, 2) the level of difficulty involved in the walking-associated task, or 3) the articulo-motor components comprised in the walking-associated task. A better understanding of dual-task related changes in demented subjects with frontal lobe dysfunctions could help us to clarify the role of the frontal lobe in motor gait control.

Objective: To assess and compare the effects of two mental arithmetic tasks involving similar articulo-motor components but with contrasting levels of difficulty on the mean values and coefficients of variation (CV) of stride time among demented older adults with impaired executive function.

Methods: The mean values and coefficients of variation of stride time were measured using a GAITRite®-System among 16 demented older adults with impaired executive function while walking with and without forward counting (FC) and backward counting (BC).

Results: The mean values and CV of stride time were significantly higher under both dual-task conditions than under a single walking task ($p<0.05$). The change in CV of stride time during BC was significantly higher if we compared it with the change while FC ($p=0.015$), whereas the change in mean value was not significant ($p=0.056$). There was no difference between dual-task condition and single task as far as the number of figures are concerned ($p = 0.678$ for FC and $p = 0.069$ for BC), but significantly fewer figures were enumerated while BC compared with FC ($p < 0.001$).

Conclusion: BC provoked more changes in gait parameters than FC with major modification in gait variability related to an inappropriate allocation of attention. These findings suggest

that the CV could be a suitable criterion of gait control in association with the executive functions.

INTRODUCTION

Frontal lobe dysfunction has been associated with gait disorders in dementia. In particular, a reduced cerebral blood flow in the frontal lobe and impaired executive functions have been related to gait unsteadiness (1,2). Therefore, exploring gait disturbances associated with frontal lobe dysfunctions in demented older adults might improve our understanding of higher-level gait disorders in dementia.

Dual-tasking is used to explore the involvement of cortical level in gait control (2,3). Gait changes while performing an attention-demanding activity are usually interpreted as interferences which depend on the allocation of attention between both tasks (3-6). The way the attention is divided between the simultaneous tasks mainly depends on the efficiency of executive functions and the attentional load of each task (2-8). Previous studies have shown that the attentional load of a walking-associated task increased with its level of difficulty (3-8), suggesting that a high interference could be linked with a high level of difficulty. Possible interferences provoked by the articulo-motor components of speech, frequently used as walking associated task, may also affect gait performances (9). Thus, the articulo-motor components of a walking-associated verbal task should be taken into account while exploring gait changes related to attentional interferences.

Stride-to-stride variability, as measured by the coefficient of variation (CV), is a marker for the control of limb-coordinated movements (4-7) and, thus, represents a central issue for the study of gait control. (10-12). A low variability is regarded as an indicator of an efficient gait control (4,11,12) that mainly depends on the basal ganglia and the spinal central pattern generator among healthy subjects (10). Few studies have examined gait variability with dual-tasking (2-5,7), but it appears that an increase in stride time variability under dual-task is specifically associated with impaired executive functions (2,4).

Acquiring more information about the cause of interferences (i.e. the level of difficulty of the walking-associated task or the articulo-motor components) under dual-tasking in demented older adults with frontal lobe dysfunctions, could add to our understanding of gait disturbance associated with frontal lobe dysfunctions. Our aim was therefore to assess and compare the effects of two mental arithmetic tasks with similar articulo-motor components but different attentional loads, determined by their level of difficulty, on the mean values and CV of stride time, among demented older adults with frontal lobe dysfunctions.

METHODS

Sixteen inpatients with either moderate Alzheimer's Disease (AD), or vascular dementia (VaD) or mixed AD/VaD according to the criteria of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders fourth edition, and with frontal lobe dysfunctions according to the Frontal Assessment Battery (FAB) (13) and Frontotemporal Behavioral Scale (FBS) (14), were included. A written informed consent was either obtained by the patients or by their legal representatives in case of severe cognitive decline. The assessment of frontal lobe functions is time consuming and needs extensive neuropsychological testing as well as a questionnaire on behavioral changes in the long run (13,14). The FAB and the FBS are two validated, short bedside questionnaires meant to assess both cognitive and behavioral changes in frontal lobe dysfunctions (13,14). The FAB is an eighteen point scale with 6 subtests (conceptualization, mental flexibility, motor programming, sensitivity to interference, inhibitory control and environment autonomy) that measures with good validity and interrater reliability and can be performed in approximately 10 minutes. A score of 18 indicates normal executive functions. The FBS is a 4 point bedside questionnaire based on the caregiver's observation where 0 is a normal score and 4 shows the highest frontal impairment (14). A score of 3 points or above shows a sensitivity and specificity above 90% for a frontal impairment. Exclusion criteria

were extrapyramidal rigidity of the upper limbs with a score above 2, based on item 22 of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale motor score (15); acute medical illness in the past month; neurological and psychiatric diseases; severe orthopaedic diagnoses involving the lumber vertebra, pelvis or lower extremities, as well as use of walking aids. Before the gait assessment, the participants received a full medical examination by a physician which included information about the use of psychoactive drugs including benzodiazepines, antidepressants and neuroleptics, and the number of drugs taken per day. Furthermore, a Mini Mental State Examination (16) and a Clinical Dementia Rating Scale (17) were carried out. The local ethic committee approved the project.

The subjects performed the tasks in random sequences: only walking, walking with forward counting (WFC), walking with backward counting (WBC), and both forward counting (FC) and backward counting (BC) while sitting. Before testing, a trained evaluator gave standardized verbal instructions on the test procedure along with a visual demonstration of the walking test. In order to get the participants used to gait testing, they completed one walking trial. Each subject completed one trial in each walking condition. A belt was placed around the subjects' waist for an easy grasp by a research assistant who stayed besides the walkway. The spoken numbers were recorded with a tape recorder. We only took into account the enumerated figures while walking a 10-meter distance walkway. We recorded the time needed to walk these 10 meters and the number of enumerated figures during this time. Afterwards, we asked the patients to sit and to enumerate as many numbers as possible within the same period of time.

Mean values and CV (CV = [standard deviation / mean] x 100) of stride time for all walking conditions were determined during steady-state walking on a 10-meters walkway using a GAITRite®-System (18). According to the guidelines for spatio-temporal gait analysis in older adults and to assure that gait parameters were collected while steady state walking,

participants started walking at least 2 meters before reaching the electronic walkway and completed their walk at least two meters beyond it (19). The outcomes included mean values and standard deviations from these stride time parameters; the number of spoken figures enumerated under single and dual-task; and changes in each stride parameter from single to dual-task conditions calculated according to the following formula:

Due to the small sample size and the non Gaussian distribution of some of the parameters, all the comparisons were made according to the Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test, as appropriate. $P < 0.05$ was considered statistically significant. Our statistics were calculated using the Stata Statistical Software, release 9.2.

RESULTS

The baseline characteristics of every subject are listed in Table 1. The subjects had moderate to severe frontal lobe dysfunction according to the FAB (13) and FBS (14), and very light extrapyramidal symptoms. As shown in table 2, the mean values and CV of stride time increased significantly under both dual-task conditions compared with the single walking task (p=0.039 for WFC and p=0.003 for WBC with mean values; p=0.017 for WFC and $p < 0.001$ for WBC with CV). For both stride time parameters there was a significant difference between the two dual-task conditions (p=0.039 with mean values and p=0.049 with CV). The mean value of enumerated figures did not differ between single task condition and dual-task (respectively, 17.7 ± 5.8 versus 17.9 ± 2.2 with $p = 0.678$ for FC, and 11.7 ± 5.2 versus 13.1 ± 6.5 with $p = 0.069$ for BC), but significantly fewer figures were enumerated while BC than while FC ($p < 0.001$). The change in CV of stride time during WBC was significantly higher as compared to the change during WFC (88.4 ± 55.7% and 34.5 ± 60.5%, p=0.015), whereas the change in mean value was not significant (20.7 ± 22.6% and 9.9 ± 7.4%, p=0.057) (Figure

1). Changes in mean values of stride time were significantly smaller than changes of CV (p=0.039 from walking alone to WFC, and p=0.005 from walking alone to WBC).

DISCUSSION

Our results show that the performance of a mental arithmetic task (FC and BC) while walking, among a group of 16 demented older adults with frontal dysfunction, significantly increased the mean values and CV of stride time, which is not the case under a single walking task. Furthermore, WBC provoked higher increase in stride parameters than WFC with major changes in CV of stride time. In addition, there was no difference between the number of counts under single and dual task but significantly fewer figures were counted while BC compared with FC. Several explanations may account for these findings.

First, changes in gait characteristics due to the simultaneous performance of an attention-demanding task have been previously reported among older adults with and without dementia (2-8) and result from an interference usually interpreted as an involvement of attention in gait control (5-8). Attention is a complex and multidimensional cognitive function that overlaps with executive functions and may be defined as a cognitive process that improves the treatment of information (8,20). Attention is a limited resource in cognitive processing that may be overloaded by competing attentional demands when two activities are performed simultaneously (5,21) and consecutively this leads to a decline of performance in one or both tasks (21,22). Our results corroborate this point. Although the gait performances significantly decreased while FC and BC, no significant change was shown in these mental calculation tasks. Two categories of interferences have been established (21,22). One results from a central overload due to an involvement of different processes of information requiring attention and is called capacity interference (21). The interferences shown in our study may be explained by this theoretical approach because counting and walking are two tasks that use

different processes. Gait is a motor task, whereas mental calculation and, specifically BC, is a cognitive task essentially related to the working memory (3,23). In contrast to the capacity interference, the structural interference is defined as a peripheral overload due to the impossibility to perform simultaneously two tasks involving the same category of information (21) and, therefore, did not explain the interference shown in our findings. The bottleneck and cross-talk models are based on this theoretical approach (21). Although similar tasks performed simultaneously provoke a decline in performance in the bottleneck model, the cross-talk model assumes that a task similarity reduces interference leading to better performance. Previous studies have shown that the attentional load depends on the level of difficulty given to the walking-associated task (3,5,8). FC is easier than BC since it is a simple mental arithmetic task that requires minimal attention. Thus, the required attentional needs for WBC would overload the available central resource and explain the major dual-task related gait changes that occur while WBC but not while WFC.

Secondly, the interferences shown in our study probably results from a central overload. Thus, the great increase of stride time parameters while WBC and not while WFC suggests an inability of the subjects to allocate attention appropriately (5,8,21). The way the attention is divided between two tasks depends mainly on whether one task is dealt predominantly, and on the capacity to properly allocate attention between two tasks (21,22). In our study, both WFC and WBC corresponded to real tasks of divided attention, since the subjects were asked to equally combine walking and counting, without giving priority to either activity. The ability to divide attention relies upon the executive functions, which might explain the impaired dual-task performance found in our subjects with dysexecutive functions (5,21). Moreover, BC is more directly related to executive functions than FC (3,6,23). The competition between executive functions would be more important for BC than FC. More competitive interaction

within the executive functions could explain the significantly higher gait variability observed when walking was combined with FC.

Thirdly, both counting tasks used in our paradigm were spoken aloud and, therefore, had an articulo-motor component. Yardley et al. (5) have shown that the increase in postural sway produced by BC out loud among healthy young adults is principally due to the effects of articulation rather than to competing demands for attention. In our study, BC caused significantly greater stride time changes than FC, whereas the quantity of spoken figures while WBC was significantly lower than while WFC. Therefore, there was less interference related to the articulo-motor components while BC than while FC. In the tested walking subjects, dual-task related stride time changes while backward counting could not be explained by the articulo-motor components of speech.

Finally, the biggest dual-task related stride time changes in our study were seen with CV which confirms a close involvement of the executive functions. Recently, Hausdorff et al. (24) have shown an association between a low CV of stride time and efficient executive functions. Like Sheridan et al. (2), we report a link between a high CV of stride time and impaired executive functions. Since a high stride time variability and impaired executive functions are both powerful predictors of falling (25,26), our results might add to the understanding of fall mechanisms in demented older adults.

In conclusion, stride time, and particularly its variability, increased under dual-task in demented older adults with frontal lobe dysfunctions. This can be related to the attentional load but not to the articulo-motor component of the spoken verbal task. We therefore suggest that CV of stride time might be an appropriate marker of gait control in association with frontal lobe functions.

Acknowledgements

The authors' work is supported by a grant from the Swiss National Science Foundation.

REFERENCES

1. Nakamura T, Meguro K, Yamazaki H, Okuzumi H, Tanaka A, Horikawa A, Yamaguchi K, Katsuyama N, Nakano M, Arai H, Sasaki H. Postural and gait disturbance correlated with decreased frontal cerebral blood flow in Alzheimer disease. Alzheimer Dis Assoc Disord 1997;11:132-9.
2. Sheridan PL, Solomont J, Kowall N, Hausdorff JM. Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. J Am Geriatr Soc 2003;51:1633-7.
3. Beauchet O, Dubost V, Aminian K, Gonthier R, Kressig RW (2005). Dual-task Related Gait Changes in the elderly: Does the type of cognitive task matter? J Mot Behav 2005;37:259-64.
4. Hausdorff JM Gait variability: methods, modeling and meaning. J Neuroengineering Rehabil. 2005 ;2:19.
5. Beauchet O, Berrut G. Gait and dual-task: definition, interest, and perspectives in the elderly. Psychol Neuropsychiatr Vieil. 2006;4:215-25.
6. Beauchet O, Dubost V, Herrmann FR, Kressig RW. Stride-to-stride variability while backward counting among healthy young adults. J Neuroengineering Rehabil. 2005;2:26.
7. Dubost V, Kressig RW, Gonthier R, Herrmann FR, Aminian K, Najafi B, Beauchet O. Relationships between dual-task related changes in stride velocity and stride time variability in healthy older adults. Hum Mov Sci. 2006;25:372-82.
8. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. Gait Posture 1999;16:1-14.
9. Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, Lavie N. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. Neuroreport 1999;10:215-9.

10. Nutt JG, Marsden CD, Thompson PD. Human walking and higher-level gait disorders, particularly in the elderly. Neurology 1993;43:268-79.
11. Gabell, A., & Nayak, U.S. The effect of age on variability in gait. Journal of Gerontology 1984; 39:662-6.
12. Newell, K.M., & Corcos, D.M. Issues in variability and motor control, 1993 In: Newell, K.M., Corcos, D.M. (Eds.), Variability and motor control (pp. 1-12). Champaign: Human Kinetics.
13. Dubois B, Slachevsky A, Litvan I, Pillon B. The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. Neurology 2000;55:1621-6.
14. Lebert F, Pasquier F, Souliez L, Petit H. Frontotemporal behavioral scale. Alzheimer Dis Assoc Disord 1998;12:335-9.
15. Ebersbach G, Baas H, Csoti I, Mungersdorf M, Deuschl G. Scales in Parkinson's disease. J Neurol. 2006;253 Suppl 4:iv32-iv35.
16. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR."Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatr Res. 1975;12:189-98
17. Hughes CP, Berg L, Danziger WL, Coben LA, Martin RL. A new scale for the staging of demetia. British Journal of Psychaitry 1982;140:566-72
18. Bilney B, Morris M, Webster K. Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. Gait Posture 2003;17:68-74.
19. Kressig RW, Beauchet O; European GAITRite Network Group. Guidelines for clinical applications of spatio-temporal gait analysis in older adults. Aging Clin Exp Res. 2006;18:174-6
20. Treisman AM. Strategies and models of selective attention. Psychol Rev 1969;76: 282-99.

21. Pashler, H. Dual-task interference in simple task: Data and theory. Psychol Bull 1994; 116: 220-44.
22. Abernethy B. Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. J Hum Mov Study 1988, 14:101-32.
23. Smith EE, Geva A, Jonides J, Miller A, Reuter-Lorenz P, Koeppe RA. The neural basis of task-switching in working memory: effects of performance and aging. Proc Natl Acad Sci 2001;98: 2095-100.
24. Hausdorff JM, Yogev G, Springer S, Simon ES, Giladi N. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. Exp Brain Res 2005;164:541-8.
25. Maki BE. Gait changes in older adults: Predictors of falls or indicators of fear? J Am Geriatr Soc 1997;45:313-20.
26. Hausdorff JM, Rios DA, Eldelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. Arch Phys Med Rehabil 2001;82:1050-6.

8 Annexes

8.1 Batterie rapide d'efficience frontale

a. Similitudes (conceptualisation)

"De quelle façon sont-ils semblables?"
"Une banane et une orange…"
(en cas d'échec, dire au patient: "Une banane et une orange sont des…", ne pas comptabiliser, ne pas aider le patient pour les deux autres items)
"Une table et une chaise…"
"Une tulipe, une rose et une marguerite…"

3 réussies: 3 points
2 réussies: 2 points
1 réussie: 1 point
Aucune: 0 point

b. Fluidité lexicale (flexibilité mentale)

"Dites le plus grand nombre de mots commençant par la lettre "S", n'importe quel mot sauf des noms propres ou des prénoms".
Si le patient ne dit aucun mot durant les 5 premières secondes, dire "Par exemple, serpent…". S'il arrête durant 10 secondes, le stimuler en disant "n'importe quel mot commençant pas S…" Temps alloué: 60 secondes.
Correction: les mots répétés ou équivalents (sable et sable-mouvant) ainsi que les prénoms ou les noms propres ne sont pas comptés

10 mots et plus: 3 points
6 à 9 mots: 2 points
3 à 5 mots: 1 point
2 mots ou moins: 0 point

c. Séquences motrices (programmation)

"Regardez attentivement ce que je fais."
L'examinateur, assis en face du patient, exécute trois fois avec sa main gauche la série de Luria (poing – tranche – plat de la main).
"Maintenant, avec votre maindroite, faites la même chose, d'abord avec moi et ensuite seul."
L'examinateur exécute la série trois fois avec le patient et dit ensuite:
"Maintenant, faites-le seul."

6 séries réussies seul: 3 points
3 séries réussies seul: 2 points
3 séries réussies avec l'examinateur: 1 point
Moins de 3 séries avec l'examinateur: 0 point.

d. Consignes contradictoires (sensibilité à l'interférence)

"Tapez deux coups quand j'en tape un."
Pour s'assurer que le patient a compris, une série de trois est exécutée: 1-1-1.
"Tapez un coup quand j'en tape deux."
Pour s'assurer que le patient a compris, une série de trois est exécutée: 2-2-2.
Ensuite l'examinateur tape 1-1-2-1-2-2-2-1-1-2.

Aucune erreur: 3 points
Une ou deux erreurs: 2 points
Plus de deux erreurs: 1 point
4 erreurs consécutives: 0 point

e. Go – No Go (contrôle inhibiteur)

"Tapez un coup quand je tape un coup."
Pour s'assurer que le patient a compris, une série de trois est exécutée: 1-1-1.
"Ne tapez pas quand je tape deux fois."
Pour s'assurer que le patient a compris, une série de trois est exécutée: 2-2-2.
Ensuite l'examinateur tape 1-1-2-1-2-2-2-1-1-2.

Aucune erreur: 3 points
Une ou deux erreurs: 2 points
Plus de deux erreurs: 1 point
4 erreurs consécutives: 0 point

f. Comportement de préhension (autonomie environnementale)

"Ne prenez pas mes mains"
L'examinateur est assis en face du patient. Placez les mains du patient sur ses genoux, paume vers le haut. Sans dire un mot et sans regarder le patient, l'examinateur place ses mains près de celles du patient et touche les paumes des deux mains pour vérifier s'il les prend spontanément. Si le patient les prend spontanément, l'examinateur refait un essai après avoir dit: "Maintenant, ne prenez pas mes mains."

Ne prend pas les mains de l'examinateur: 3 points
Hésite et demande ce qu'il doit faire: 2 points
Prend les mains sans hésitations: 1 point
Prend les mains même au deuxième essai: 0 point

8.2 Echelle de dyscomportement frontal

a. Troubles du contrôle de soi:

hyperphagie

conduites alcooliques

désinhibition verbale

désinhibition comportementale

irritabilité, colères

troubles du contrôle des émotions: pleurs ou rires

instabilité psychomotrice

b. Négligence physique par rapport aux habitudes antérieures, portant sur:

hygiène corporelle

vêtements (harmonie, propreté, indifférence aux tâches)

cheveux (coupe, propreté)

c. Troubles de l'humeur tristesse apparente

indifférence affective

hyperémotivité

exaltation

d. Manifestations d'une baisse d'intérêt

assoupissement diurne

apathie

désintérêt social

persévération idéique

9. Bibliographie

[1] Problémes politiques et sociaux. Vieillesse et dépendance. N°903, août 2004.

[2] Letenneur L, Gilleron V, Commenges D, et al.: Are sex and educational level independent predictors of dementia and Alzheimer's disease ? Incidence data from the PAQUID project. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1999;66:177-83.

[3] Camicioli R, Howieson D, Oken B, Sexton G, Kaye J. Motor slowing precedes cognitive impairment in the oldest old. Neurology 1998;50:1496-1498.

[4] Waite LM, Grayson DA, Piguet O, Creasey H, Bennett HP, Broe GA. Gait slowing as a predictor of incident dementia: 6-year longitudinal data from the Sydney Older Persons Study. J Neurol Sci 2005;229-230:89-93.

[5] Scarmeas N, Albert M, Brandt J, Blacker D, Hadjigeorgiou G, Papadimitriou A, Dubois B, Sarazin M, Wegesin D, Marder K, Bell K, Honig L, Stern Y. Motor signs predict poor outcomes in Alzheimer disease. Neurology 2005;64:1696-1703.

[6] Verghese J, Lipton RB, Hall CB, Kuslansky G, Katz MJ, Busche H. Abnormality of gait as a predictor of non-Alzheimer's dementia. N Engl J Med 2002;347(22):1761-1767.

[7] Sheridan PL, Solomont J, Kowall N, Hausdorff JM. Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. J Am Geriatr Soc 2003;51:1633-1637.

[8] Dietz V. Spinal cord pattern generators for locomotion. Clin Neurophysiol 2003;114(8):1379-89.

[9] Cangiano L, Grillner S. Mechanisms of rhythm generation in a spinal locomotor network deprived of crossed connections: the lamprey hemicord. J Neurosci 2005;25:923-935.

[10] Forssberg H. On integrative motor functions in the cat's spinal cord. Acta Physiol Scand Suppl 1979;474:1-56.

[11] Forssberg H, Grillner S, Halbertsma J. The locomotion of the low spinal cat. I. Coordination within a hindlimb. Acta Physiol Scand. 1980 Mar;108(3):269-81.

[12] Lhermitte J. La section totale de la moelle. Bourgs. Tardy Pigelet 1919.

[13] Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. Gait Posture 2002;16(1):1-14.

[14] Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y: “ Stops walking when talking ” as a predictor of falls in elderly people. Lancet 1997;349:617.

[15] Abernethy B. Dual-task methodology and motor skills reseasch: somme applications and methodologies contraints. J Hum Mov Studies 1988;14:101-132.

[16] Pashler H. Dual-task interference in simple tasks: data and theory. Psychol Bull 1994;116:220-244.

[17] Hausdorff JM, Yogev G, Springer S, Simon ES, Giladi N. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. Exp Brain Res 2005;164:541-548.

[18] Baddeley A. Human memory: Theory and pratice. London: Elbaum 1990.

[19] Schallice T. From neuropsychology to mental structure: Cambridge, England : Cambridge University Press 1988.

[20] Graham-Broxn T. The intrinsic factors in the act of progression in the mammal. Proc Rox Soc Lond 1911;84:308-319.

[21] Grillner S, Waller P. Central pattern generators for locomotion with special referenceto vertebrates. Annu Rev Neurosci 1985;8:233-261

[22] Mori S. Integration of posture and locomotion in acute decerebrate cats and in awake, freely moving cats. Prog Neurobiol 1987;28:161-195.

[23] Austregilo A, Borges-Fortes A. Syndrome de déséquilibre et ataxie frontale. Encephale 1936;31:1-14.

[24]Gabell A, Nayak US: The effect of age on variability in gait. J Gerontol 1984, 39:662-666.

[25] Hausdorff JM, Edelberg HK, Mitchell SL, Goldberger AL, Wei JY: Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. Arch Phys Med Rehabil 1997;78:278-283.

[26] Terrier P, Schutz Y: Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS). Eur J Appl Physiol 2003;90:554-561.

[27] Huikuri HV, Makikallio TH, Peng CK, Goldberger AL, Hintze U, Moller M. Fractal correlation properties of R-R interval dynamics and mortality in patients with depressed left ventricular function after an acute myocardial infarction. Circulation 2000;101(1):47-53.

[28] Blin O, Ferrandez AM, Serratrice G: Quantitative analysis of gait in Parkinson patients: increased variability of stride length. J Neurol Sci 1990;98:91-97.

[29] Hausdorff JM, Cudkowicz ME, Firtion R, Wei JY, Goldberger AL: Gait variability and basal ganglia disorders: stride-to-stride variations of gait cycle timing in Parkinson's disease and Huntington's disease. Mov Disord 1998;13:428-437.

[30] Hausdorff JM, Lertratanakul A, Cudkowicz ME, Peterson AL, Kaliton D, Goldberger AL: Dynamic markers of altered gait rhythm in amyotrophic lateral sclerosis. J Appl Physiol 2000; 88:2045-2053.

[31] Hausdorff JM, Schaafsma JD, Balash Y, Bartels AL, Gurevich T, Giladi N: Impaired regulation of stride variability in Parkinson's disease subjects with freezing of gait. Exp Brain Res 2003;149:187-194.

[32] Schaafsma JD, Giladi N, Balash Y, Bartels AL, Gurevich T, Hausdorff JM: Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. J Neurol Sci 2003;212:47-53.

[33] Stolze H, Kuhtz-Buschbeck JP, Drucke H, Johnk K, Illert M, Deuschl G: Comparative analysis of the gait disorder of normal pressure hydrocephalus and Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2001;70:289-297.

[34] Hausdorff JM, Nelson ME, Kaliton D, Layne JE, Bernstein MJ, Nuernberger A, Singh MA: Etiology and modification of gait instability in older adults: a randomized controlled trial of exercise. J Appl Physiol 2001, 90:2117-2129.

[35] Herman T, Giladi N, Gurevich T, Hausdorff JM: Gait instability and fractal dynamics of older adults with a "cautious" gait: why do certain older adults walk fearfully? Gait Posture 2005;21:178-185.

[36] Hausdorff JM, Peng CK, Goldberger AL, Stoll AL: Gait unsteadiness and fall risk in two affective disorders: a preliminary study. BMC Psychiatry 2004;4:39.

[37] Hausdorff JM, Herman T, Baltadjieva R, Gurevich T, Giladi N: Balance and gait in older adults with systemic hypertension. Am J Cardiol 2003;91:643-645.

[38] Hausdorff JM, Forman DE, Ladin Z, Goldberger AL, Rigney DR, Wei JY: Increased walking variability in elderly persons with congestive heart failure. J Am Geriatr Soc 1994; 42:1056-1061.

[39] Kressig RW, Herrmann FR, Michel JP, Beauchet O. Gait variability under dual-task: dependable predictor of falls in ambujlatory geriatric inpatients? J Am Geriatr Soc 2006 (submitted).

[40] Beauchet O, Dubost V, Gonthier R, Kressig RW Dual-Task-Related Gait Changes In Transitional Frail Older Adults: The Type Of The Walking-Associated Cognitive Task Matters. Gerontology 2005;51:48-52.

[41] Royall DR, Lauterbach EC, Cummings JL, Reeve A, Rummans TA, Kaufer DI, LaFrance WC, Coffey CE: Executive control function: A review of its promise and challenges for clinical research. J Neuropsychiatry Clin Neurosci 2002;14:377-405

[42] Verhaeghen P, Cerella J: Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. Neurosci Biobehav Rev 2002;26:849-857.

[43] Springer S et al. Dual-tasking effects on gait variability : The role of aging, falls, and executive function. Movement Disorders 2006;21:950-957.

[44] Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, Lavie N. Effect of articulatory and mental task on postural control. Neuroreport 1999;10:215-219.

[45] Ebersbach G. et al. Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. Percept. Mot Skills 1995;81(1):107-13.

[46] Godefroy O. Semiology of attention deficit. Revue du Praticien 2003;53:367-370.

[47] Derouesne C. Semiology of executive function. Revue du Praticien 2003;53:388-393.

[48] Wolf SV, O'Grady M, Easley KA, Guo Y, Kressig RW, Kutner M. The Influence of Intense Tai Chi Training on Physical Performance and Hemodynamic Outcomes in Transitionally Frail, Older Adults. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences 2006;61:184-189.

[49] Winkelmann A, Tharicharu J, Lissner PA, Beauchet O, Gold G, Kressig RW. Exercise promotion among geriatric inpatients : T'ai Chi and dance. Med Hyg 2004:62:1137-42.

[50] Allali G, Winkelmann A, Lissner PA, Hurry A, Beauchet O, Kressig RW. Un atelier de danse pour les personnes âgées à l'hôpital : Bouger avec plaisir. Gériatrie Pratique 2004;3:32-34.

[51] Kressig RW, Allali G, Beauchet O. Long-term practice of Jacques-Dalcroze eurhythmics prevents age-related increase of gait variability under dual-task. J Am Geriatr Soc 2005; 53:728-729.

[52] Bilney B, Morris M, Webster K. Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. Gait Posture 2003;17:68-74.

[53] Nelson AJ, Zwick D, Brody S, Doran C, Pulver L, Rooz G, Sadownick M, Nelson R, Rothman J. The validity of the GaitRite and the Functional Ambulation Performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. NeuroRehabilitation 2002;17:255-62.

[54] McDonough AL, Batavia M, Chen FC, Kwon S, Ziai J. The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. Arch Phys Med Rehabil 2001;82:419-25.

[55] Kressig RW, Beauchet O, for the European GAITRite Network Group. Guidelines for clinical applications of spatio-temporal gait analysis in older adults. Aging Clin Exp Res 2006;18:174-176

[56] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. „Mini-Mental state“. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psyhiatr Res 1975 ;12:189-198.

[57] Dubois B, Slachevsky A, Litvan I, Pillon B. The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. Neurology 2000;55:1621-1626.

[58] Lebert F, Pasquier F, Souliez L, Petit H. Frontotemporal behavioral scale. Alzheimer Dis Assoc Disord 1998;12:335-339.

[59] Mermillod B. Eléments de Statistique à l’usage des médecins. Edité par la Faculté de Médecine de l’Université de Genève. 2001.

[60] Fahn S, Elton R, Members of the UPDRS development committee. Unified Parkinson’s disease rating scale. In: Fahn S, editor. Recent developments in Parkinsons’s disease. Florham Park, NJ: Macmillan Healthcare Information; 1987. 153-163.

[61] Hausdorff JM, Rios DA, Eldelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. Arch Phys Med Rehabil 2001;82:1050-1056.

[62] Appollonio I et al. The Frontal Assessment Battery (FAB): normative values in an Italian population sample. Neurol Sci 2005;26(2):108-16.

[63] Hausdorff JM. Gait variability: methods, modeling and meaning. J Neuroengineering Rehabil 2005;20;2-19.