

Article original

Stratégies posturales et chutes chez la personne âgée et le sujet parkinsonien

Postural strategies and falls in elderly and in parkinsonism

G. Kemoun^{a, e,*}, E. Watelain^{b, e}, L. Defebvre^{c, e}, J.D. Guieu^{d, e}, A. Destee^{c, e}

^aÉlan : Service de rééducation fonctionnelle et de réentraînement à l'effort, CH de Watrelos, rue du Docteur Alexander-Fleming, 59393 Watrelos cedex, France

^bFaculté des sciences et des métiers du sport, Université de Valenciennes, 59000 Valenciennes, France

^cService de neurologie, CHRU de Lille, 59037 Lille cedex, France

^dService d'explorations neurophysiologiques, CHRU de Lille, 59037 Lille cedex, France

^eLaboratoire d'analyse du mouvement, CHRU de Lille, 59037 Lille cedex, France

Reçu le 11 janvier 2002; accepté le 25 mars 2002

Résumé

Objectif : Utiliser une analyse posturographique afin de mettre en évidence l'évolution des stratégies posturales en rapport avec la chute.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude prospective sur deux groupes appariés de 16 personnes de plus de 60 ans. Un groupe concerne 16 patients parkinsoniens en condition *off drug* d'incapacité fonctionnelle minime, un groupe concerne 16 témoins en bonne santé. Toutes les personnes ont bénéficié d'un enregistrement de la posture au moyen d'une plate-forme de force et ont été suivies pendant un an.

Résultats : Il a été mis en évidence trois groupes de personnes correspondant à trois stratégies posturales, indépendamment de la présence ou non de la maladie de Parkinson. Un groupe ($n = 18$) ne comportait pas de chuteurs, le deuxième ($n = 10$) comportait 20 % de chuteurs, le troisième ($n = 4$) comportait 100 % de chuteurs. Les différences entre les groupes furent identifiées sur 16 paramètres posturographiques.

Discussion : Un groupe possède une bonne valeur fonctionnelle posturale et on ne relève aucune chute. Ses caractéristiques, qui correspondent à une catégorie de personnes qui compensent bien les phénomènes de vieillissement, sont retrouvées dans la littérature. Un groupe possède une valeur fonctionnelle intermédiaire et déplore 20 % de chuteurs. Le profil cinétique révèle une tendance à la rigidification de la posture et à l'hypervigilance dans l'équilibre dynamique. Ce groupe va mettre en œuvre plutôt des stratégies de cheville. Un groupe possède une valeur fonctionnelle médiocre et déplore 100 % de chuteurs. Le profil cinétique apparaît perturbé et ne pas pouvoir s'adapter de façon satisfaisante à la situation autrement que par des réactions neuromotrices stéréotypées. Ce groupe va mettre en œuvre systématiquement des stratégies de hanche beaucoup moins stabilisantes.

Conclusion : Il existe bien un déterminisme proche entre vieillissement neuromoteur physiologique et maladie de Parkinson. Nous avons mis en évidence avec un suivi prospectif, la survenue de chute et montré l'évolution des stratégies posturales en rapport avec la chute. Il apparaît ainsi que l'évolution se fait principalement en trois étapes conduisant d'une stratégie posturale à faible risque de chute à une stratégie posturale à risque majeur de chute. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Objective: To use a posture analysis to show the evolution of postural pattern connected with falls.

Material and Method: It is a prospective study on two groups of 16 persons of more than 60 years. A group concerns 16 small disability off drug parkinsonian patients, a group concerns 16 healthy witnesses. All the persons benefited from a posture recording by means of a force platform and were followed during 1 year.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : gkemoun@nordnet.fr (G. Kemoun).

Results: Data analysis underlines three groups of persons corresponding to three postural patterns, independently of the presence of Parkinson disease. A group ($n = 18$) did not contain fallers, the second ($n = 10$) contained 20% of fallers, the third ($n = 4$) contained 100% of fallers. Differences between the groups were identified on 16 posturographic parameters.

Discussion: A group has a good functional value and one does not record any fall. Its characteristics, which correspond to a category of persons who compensate well for the phenomena of ageing, are found in the literature. A group has an intermediate functional value and regrets 20% of fallers. Kinetic profile reveals a tendency to the stiffness of the posture. This group is going to operate rather ankle strategies. A group has an inferior functional value and regrets 100% of fallers. Kinetic profile seems disrupted and not to be able to adapt itself in a satisfactory way to the situation otherwise than by stereotypical reactions. This group is going to operate systematically much less stabilizing hip strategies.

Conclusion: A close determinism between physiological neuromotor ageing and Parkinson disease does exist. We showed with a prospective follow-up, the arisen of fall and showed the evolution of postural patterns related to fall. It appears as well that evolution mainly follows three stages leading from a small risk of fall gait pattern to a major risk of fall gait pattern. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

Mots clés: Personne âgée; Parkinson; Chute; Posture; Équilibre

Keywords: Elderly; Parkinson; Fall; Posture; Balance

L'analyse de la littérature concernant la posture des sujets âgés laisse apparaître des résultats parfois contradictoires. Maki et al. [25] ont déterminé dans l'amplitude spontanée d'oscillation latérale un facteur prédictif de chute. Fernie et al. [13] ont utilisé la vitesse d'oscillation qui apparaissait être plus élevée chez les chuteurs. Brocklehurst et al. [6] n'ont pas retrouvé de corrélation entre le nombre de chutes dans l'année précédent l'examen et les oscillations. Kemoun et Blatt [21], dans une étude prospective, ont relevé une tendance chez les chuteurs à moins osciller, avec des amplitudes plus faibles. Perennou et al. [29] ont rapporté dans une étude comparant deux groupes de femmes âgées chuteuses et non-chuteuses des résultats similaires. En particulier, la densité du stabilogramme apparaissait plus importante chez les chuteurs, et la surface moins importante. Les sujets chuteurs avaient moins tendance à osciller, vraisemblablement par une hypervigilance musculaire (co-contractions) qui permettait de diminuer la mise en jeu des processus d'adaptation posturale sans doute déficitaires chez ces sujets. Baloh et al. [1] ont évalué chez 72 personnes âgées les oscillations posturales par posturographie statique et dynamique. Ils ont trouvé une augmentation des oscillations chez les sujets normaux avec l'âge, une augmentation plus importante chez les sujets à l'équilibre perturbé. Ils n'ont pas trouvé de différence entre les amplitudes antéropostérieures et médiolaterales des oscillations. Enfin, les oscillations n'étaient pas plus importantes chez les chuteurs comparé aux non-chuteurs. Au total, les méthodologies employées restent souvent différentes, de même que les populations incluses.

Les chutes représentent une conséquence spectaculaire des troubles de la posture liés à l'âge [18]. L'origine des chutes est le plus souvent multifactorielle, mais on peut distinguer dans les mécanismes des causes extrinsèques et des causes intrinsèques [13,30]. Dans la maladie de Parkin-

son, les chutes sont liées principalement à l'instabilité posturale et la rigidité [22]. Elles sont dans l'ensemble peu influencées par les traitements dopaminergiques.

Plusieurs auteurs ont montré les similitudes entre les troubles du mouvement des personnes âgées et des patients parkinsoniens. Il a été suggéré que chez les personnes âgées ces modifications résultaient de mécanismes dopaminergiques [2]. On retrouve, dans la littérature, plusieurs auteurs décrivant la maladie de Parkinson comme le reflet d'un processus de vieillissement accéléré [5,11]. Ces auteurs ont montré que la variabilité des caractéristiques de la marche est peu expliquée chez les patients parkinsoniens par rapport aux personnes âgées saines. Ils en ont dégagé l'hypothèse que la bradykinésie était associée à l'âge et qu'elle pouvait correspondre à une maladie de Parkinson idiopathique infraclinique.

L'objectif de ce travail était dans un premier temps d'utiliser une analyse de la posture afin de mettre en évidence des stratégies posturales dans une population comportant des personnes âgées en bonne santé et des sujets parkinsoniens de novo ou faiblement handicapés. Dans un deuxième temps, il s'agissait de mettre en évidence avec le suivi prospectif, la survenue de chute et montrer l'évolution des stratégies posturales en rapport avec la chute.

L'hypothèse principale était que l'altération du système extrapyramidal intervient dans l'évolution de la posture physiologique d'une façon similaire à ce que l'on retrouve dans la maladie de Parkinson et entre en jeu dans le déterminisme des chutes.

1. Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude prospective sur deux groupes appariés de 16 personnes de plus de 60 ans suivies pendant

Tableau 1
Caractéristiques des sujets parkinsoniens et des témoins âgés

	Sujets parkinsoniens Nbre = 16	Témoins âgés Nbre = 16	<i>p</i>
Âge (an)	65,4 ± 4,8	64,8 ± 2,8	0,49
MMS	29,4 ± 0,9	29,8 ± 0,5	0,35
CES-D	9,9 ± 1,8	9,3 ± 1,6	0,21
Taille (cm)	167,5 ± 8	166,3 ± 5,4	0,43
Poids (kg)	72,4 ± 10,2	67 ± 8,5	0,15
Vitesse de marche (ms ⁻¹)	1,16 ± 0,4	1,18 ± 0,5	0,25
Longueur de membre inférieur (cm)	88,3 ± 5,2	88,9 ± 3,8	0,27
UPDRS-off	13,9 ± 5,9		
Hoehn et Yahr	2,2 ± 0,3		
Patients traités à j0	6/16		
Ancienneté symptômes (an)	3,3 ± 2,8		
Ancienneté traitement (an)	1,5 ± 2,2		

P = degré de significativité de différence des deux groupes. Valeurs exprimées en « moyenne ± écart type ».

un an, qui n'ont pas noté de chute dans l'année précédente (Tableau 1). Un groupe concernait 16 patients atteints de maladie de Parkinson idiopathique, un groupe concernait 16 témoins. L'ensemble des sujets vivaient à leur domicile et étaient complètement indépendants. Chaque sujet a bénéficié d'une consultation médicale avec un interrogatoire exhaustif et un examen clinique approfondi par le même médecin pour vérifier l'absence de pathologie neurologique (hormis la symptomatologie parkinsonienne pour le groupe de patients parkinsoniens), de pathologie locomotrice et de pathologie cardiovasculaire pouvant favoriser les chutes. On vérifiait également l'absence de traitement en cours connu pour favoriser la survenue de chutes. L'ensemble des sujets avait une vie considérée comme active, mais aucun ne pratiquait d'activité sportive. L'absence d'altération des fonctions supérieures fut vérifiée au moyen du Mini-Mental State Examination (MMS) [14,15,17]. L'absence de troubles thymiques a été vérifiée au moyen de la version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale) [16]. L'incapacité fonctionnelle devant être minime voire absente, nous avons préférentiellement inclus des patients de novo, le plus souvent non encore traités, ou des patients dont l'évolution était la plus lente. Nous nous sommes référés d'une part au stade évolutif selon Hoehn et Yahr [19] qui devait être systématiquement inférieur ou égal à 2,5 et à la partie 3 (évaluation motrice) de l'échelle unifiée d'évaluation de la maladie de Parkinson (Unified Parkinson Disease Rating Scale, UPDRS) qui devait être strictement inférieure à 30 sur 108 [12].

On disposait d'une plate-forme de force de type Biovec 1000 (Advanced Mechanical Technology Inc, Newton, MA, États-Unis) de 500 mm sur 600 mm. Cette plate-forme permet d'obtenir les trois composantes de la force de réaction au sol dans les trois dimensions de l'espace (Fx, Fy,

Fz). Les données analogiques étaient numérisées avec une fréquence d'échantillonnage de 50 Hz. L'axe des Y était l'axe sagittal, parallèle au couloir de marche, dirigé dans le même sens que la marche ; l'axe des X était l'axe latéral, dirigé vers la gauche du sujet en train de marcher ; et l'axe des Z était vertical vers le haut. Tous les enregistrements se sont déroulés le matin. Les patients parkinsoniens traités furent enregistrés en condition *Off drug*, c'est-à-dire plus de 12 h après l'arrêt de leur traitement. L'enregistrement de la posture s'effectuait en position spontanée pendant une durée de 60 s. Seules les 40 s du centre de l'acquisition étaient conservées. Après enregistrement les sujets ont utilisé des agendas journaliers pour recueillir tous les événements nouveaux les concernant et en particulier les épisodes de chutes et ont été contactés téléphoniquement tous les 2 mois pendant un an par le même médecin. Une chute a été définie comme un *événement inattendu au cours duquel une personne tombe au sol soit d'un niveau supérieur soit du même niveau, incluant les chutes dans les escaliers ou les chutes provoquées par un élément de mobilier* [23]. L'interrogatoire a établi la survenue de nouveaux symptômes éventuels pouvant faire état d'une pathologie organique ou psychique (dépression), a relevé la prescription de nouveaux médicaments, et a détaillé les conditions de survenue des chutes éventuelles.

Les paramètres posturographiques retenus étaient ceux essentiellement proposés par le logiciel de posturographie Biosoft (Advanced Mechanical Technology Inc, Newton, MA, États-Unis). Pour le centre de pression on a déterminé : *Position moyenne de X, Position moyenne de Y, Position max de X, Position min de X, Position max de Y, Position min de Y, Écart type de X, Écart type de Y, Déplacement moyen de X, Déplacement moyen de Y, Déplacement radial, Écart type du déplacement radial, Coefficient corrélation de X et Y, Écart type sur l'axe majeur de l'aire à 95 %, Écart type sur l'axe mineur de l'aire à 95 %, Surface de l'aire à 95 %, Pente de l'aire, Longueur du trajet du centre de pression, Densité de l'aire à 95 %*. Ces paramètres ont été recalculés sur logiciel Excel (Microsoft Corp, États-Unis) pour une plus grande commodité d'utilisation.

Sur le plan statistique les différences entre les groupes (témoins vs sujets) et les sous-groupes (hommes vs femmes) pour les données cliniques (l'âge, le poids, la taille, la vitesse de marche et la longueur des membres inférieurs, scores UPDRS, Hoehn et Yahr, MMS et CESD) ont été recherchées à l'aide d'un test non paramétrique de comparaison de moyenne en groupes appariés ou non selon le cas (test de Wilcoxon ou test U de Mann et Whitney pour les variables quantitatives, χ^2 de Mac Nemar pour les variables qualitatives). Le seuil de significativité de différences a été fixé à 5 %. Pour conserver toute la puissance du test, seuls les patients parkinsoniens ont été comparés entre eux quant à l'UPDRS et au stade de Hoehn et Yahr. Pour terminer

l'appariement les coefficients de similitude entre les patients et les témoins ont été déterminés. Compte tenu de nos hypothèses de départ, il n'était pas judicieux de classer les sujets en deux groupes (sujets vs témoins ou chuteurs vs non-chuteurs) puis en rechercher les différences. Il était par contre possible d'opter pour une méthode de classification hiérarchique ascendante ou *cluster analysis* selon la méthode de Ward [4,32]. Cette dernière regroupe deux à deux les individus puis les groupes d'individus selon le critère de la plus grande similitude de l'ensemble des paramètres qui les constituent. Au final tous les sujets sont regroupés dans un même ensemble pour lequel la distance de regroupement est inversement proportionnelle à la similitude des individus ou groupes d'individus. Le schéma porte le nom de dendrogramme. L'analyse en cluster a été réalisée à l'aide du logiciel *Statistica*. Différentes méthodes permettent de définir le nombre de regroupements significatifs. Parmi elles, nous avons opté pour le calcul du rapport R (R ratio) comme dans des études relativement similaires [8,31,33] et les résultats confirmés par un *K-Means clustering*. Une fois les groupes réalisés, les regroupements d'individus ont été rapportés aux données cliniques recueillies lors du suivi longitudinal à un an. Une Anova (analyse de variance) à un facteur, effectuée sur l'ensemble des paramètres, a permis alors de déterminer s'il y avait des différences entre les groupes. Une analyse post hoc était alors nécessaire et a déterminé où se situaient ces différences. Celle-ci a utilisé le Tuckey HDS test pour nombres de sujets identiques ou différents qui prend en considération la totalité des caractéristiques des groupes.

2. Résultats

Le suivi longitudinal a montré que chez six sujets (37,5 %) un traitement médicamenteux avait été instauré pour leur maladie de Parkinson lors des mesures. À un an, 12 sujets (75 %) étaient sous traitement. L'analyse des agendas et des entretiens téléphoniques a permis de relever un épisode de chute chez quatre sujets parkinsoniens (25 %) et deux témoins (12,5 %). Nous n'avons pas noté d'autre événement particulier, médical, thérapeutique ou accidentel, ni de changements de traitement, ni de nouveaux symptômes, dans les deux groupes hormis l'instauration pour certains d'un traitement pour la maladie de Parkinson. Toutes les chutes furent accidentelles. Il s'agissait de chutes antérieures ou latérales causées par un obstacle (tapis, animal domestique, route pavée,...) au cours de la marche. Les chutes furent jugées comme bénignes, sans conséquences somatiques ou psychiques.

La classification hiérarchique ascendante et le calcul du R-ratio a montré qu'il existait trois groupes principaux. Les Tableaux 2, 3 et 4 détaillent les caractéristiques cliniques

des trois groupes (G1, G2, G3) en précisant le degré de significativité de la différence entre les groupes soit au moyen d'une analyse de variance à un facteur pour les variables quantitatives, soit par un test du χ^2 pour les variables qualitatives. Les trois groupes comprenaient des sujets et des témoins sans différence significative. Le G3 ne comprenait que des hommes, la différence étant à la limite de la significativité ($p = 0,06$). En revanche, les trois groupes se distinguaient de façon significative par la chute. G2 ne comprenait aucun chuteur sur 18 sujets (0 %), G1 en comprenait deux sur dix (20 %) et G3 en comprenait quatre sur quatre (100 %) (Tableau 2). Les trois groupes ne se différenciaient pas par l'âge, le poids, la taille, la longueur de jambe, la CES-D et le MMS (Tableau 3). En ce qui concerne les patients parkinsoniens (Tableau 4), on ne constatait pas que l'UPDRS et le Hoehn et Yahr étaient discriminants. En revanche, l'ancienneté des symptômes et du traitement permettait de différencier très nettement les groupes ($p = 0,001$ et $p = 0,0008$ respectivement). Le G3 avait une ancienneté de symptômes et de traitement très nettement supérieure aux deux autres groupes. Pour ces deux paramètres, l'analyse post hoc (test de Tukey HDS) révélait que G1 et G2 n'étaient pas différents de façon significative. En revanche, il existait une différence significative entre G3 (symptomatologie plus ancienne et durée de traitement plus longue) et G1, G2 ($p < 0,05$ dans les deux cas).

Les données posturographiques sont détaillées dans le Tableau 5. On constate que sur la majorité des données G3 était significativement différent de G2/G1. Les valeurs

Tableau 2
Caractéristiques des groupes pour les variables qualitatives

	G1 Nbre = 10	G2 Nbre = 18	G3 Nbre = 4	<i>p</i>
Park/Témoins	5/5	8/10	3/1	0,54
Hommes/Femmes	3/7	9/9	4/0	0,06
Chuteurs/Non-Chuteurs	2/8	0/18	4/0	< 0,001*

P = degré de significativité du test de χ^2 entre les 3 groupes.

* Différence significative.

Tableau 3
Caractéristiques des groupes pour les variables quantitatives

	G1 Nbre = 10	G2 Nbre = 18	G3 Nbre = 4	<i>p</i>
Âge	66,5 ± 4,6	65 ± 3,6	62 ± 1,6	0,15
CESD	9,2 ± 1,8	9,8 ± 1,8	9,8 ± 1	0,69
MMS	29,8 ± 0,6	29,6 ± 0,7	29 ± 1,2	0,2
Poids	73 ± 10	66 ± 10	76,5 ± 6	0,08
Taille	167 ± 9	166 ± 6,7	171 ± 4	0,042
Longueur de jambe	88 ± 5	87,9 ± 5	90 ± 2	0,59

Valeurs exprimées en « moyenne ± écart type ». *p* = degré de significativité de l'Anova entre les 3 groupes.

* Différence significative.

Tableau 4
Caractéristiques des groupes concernant uniquement les sujets parkinsoniens

	G1 Nbre = 5	G2 Nbre = 8	G3 Nbre = 3	<i>p</i>
UPDRS (Off)	14,2 ± 7,9	12 ± 4,5	18,7 ± 3,8	0,26
Hoehn et Yahr	2,5 ± 0	2,13 ± 0,2	2,2 ± 0,3	0,09
Ancienneté du traitement	0	1,1 ± 1,8	5 ± 1	0,0008*
Ancienneté des symptômes	1,4 ± 0,6	2,8 ± 2,3	7,7 ± 1,5	0,001*

Valeurs exprimées en « moyenne ± écart type ». *p* = degré de significativité de l'Anova entre les 3 groupes.

* Différence significative.

allaient globalement en croissant de G1 à G2 et G3. Seule la longueur du trajet du centre de pression était significativement différente entre les trois groupes et seule la position moyenne de Y était significativement différente entre G1 et G2/G3.

3. Discussion

La classification hiérarchique ascendante met en évidence trois groupes principaux. L'analyse des caractéristiques cliniques de ces trois groupes montre que le critère maladie de Parkinson n'influe pas sur la composition des groupes qui comprennent chacun des témoins et des sujets parkinsoniens. L'impact du genre apparaît à la limite de la

significativité ($p = 0,006$). En revanche, il existe une différence très nettement significative entre les trois groupes en ce qui concerne la survenue de chutes, avec 20 % de chutes dans le groupe 1, 0 % de chute dans le groupe 2, et 100 % de chutes dans le groupe 3. On remarquera par ailleurs que le taux global de chuteurs dans notre population (19 %) est inférieur aux données épidémiologiques connues d'incidence des chutes (estimée aux alentours de 30 % après 65 ans) [28]. Nous pensons que la raison repose sur les critères d'inclusion retenus qui ont conduit à sélectionner une population de haut niveau fonctionnel pour l'âge et ce qui renforce la puissance des modifications mises en évidence. Les trois groupes n'apparaissent pas différents en ce qui concerne les variables cliniques ayant servi à l'appariement, hormis la vitesse de marche. En ce qui concerne l'âge, Maki et al. [26] dans leur étude prospective sur l'équilibre et la chute ne retrouvent pas de différence d'âge significative entre le groupe des chuteurs et le groupe des non-chuteurs. Dans notre étude, l'absence de différence d'âge vient du fait que les critères d'inclusion étaient basés sur des données fonctionnelles indépendamment de l'âge et ont permis d'annuler l'effet lié à l'âge. Dans les travaux de Fernie et al. [13] sur un échantillon homogène de sujets vivant en institution, on ne retrouve pas non plus de différence d'âge entre le groupe de chuteurs et de non-chuteurs.

En ce qui concerne les sujets parkinsoniens, l'UPDRS et le stade de Hoehn et Yahr ne sont apparemment pas des

Tableau 5
19 caractéristiques posturographiques des 3 groupes

l	G1 Nbre = 10	G2 Nbre = 18	G3 Nbre = 4	Anova	Post Hoc (Tukey HDS)					
				<i>p</i>	G1/G2	G1/G3	G2/G3			
Position moyenne X (%)	-50,95 ± 5,53	-50,38 ± 9,74	-46,19 ± 4,91	0,62						
Position moyenne Y (%)	-45,51 ± 7,67	-53,23 ± 6,36	-50,47 ± 5,28	0,03*	5,80	$p < 0,05^*$	3,73	$p < 0,05^*$	2,08	NS
Position max de X (mm)	14,54 ± 4,41	14,83 ± 6,81	24,73 ± 1,67	0,01*	0,25	NS	8,74	$p < 0,05^*$	8,49	$p < 0,05^*$
Position min de X (mm)	-14,02 ± 4,37	-14,47 ± 5,49	-29,15 ± 4,55	0,00*	0,36	NS	12,15	$p < 0,05^*$	11,79	$p < 0,05^*$
Position max de Y (mm)	6,22 ± 3,34	8,61 ± 4,40	17,25 ± 3,92	0,00*	2,59	NS	11,94	$p < 0,05^*$	9,35	$p < 0,05^*$
Position min de Y (mm)	-6,98 ± 2,64	-7,39 ± 3,09	-16,66 ± 2,36	0,00*	0,54	NS	12,92	$p < 0,05^*$	12,37	$p < 0,05^*$
Ecart type de X	6,40 ± 2,79	5,92 ± 2,30	13,65 ± 2,46	0,00*	0,76	NS	11,63	$p < 0,05^*$	12,39	$p < 0,05^*$
Ecart type de Y	2,67 ± 1,16	3,10 ± 1,35	6,60 ± 0,92	0,00*	1,39	NS	12,73	$p < 0,05^*$	11,34	$p < 0,05^*$
Déplacement moyen X (mm)	5,39 ± 2,58	4,73 ± 1,92	11,62 ± 2,78	0,00*	1,18	NS	11,12	$p < 0,05^*$	12,30	$p < 0,05^*$
Déplacement moyen Y (mm)	2,18 ± 0,95	2,47 ± 1,10	5,27 ± 0,90	0,00*	1,16	NS	12,36	$p < 0,05^*$	11,20	$p < 0,05^*$
Déplacement radial moyen (mm)	4,27 ± 2,99	3,38 ± 3,38	9,73 ± 5,98	0,02*	1,20	NS	7,31	$p < 0,05^*$	8,51	$p < 0,05^*$
Ecart type dép radial moyen	5,21 ± 3,01	6,56 ± 3,01	11,84 ± 4,59	0,01*	2,00	NS	9,83	$p < 0,05^*$	7,82	$p < 0,05^*$
Coefficient corrél X et Y	0,32 ± 0,35	-0,03 ± 0,44	0,08 ± 0,30	0,13						
ET axe majeur de l'aire	13,02 ± 5,72	12,22 ± 4,72	27,67 ± 4,83	0,00*	0,63	NS	11,62	$p < 0,05^*$	12,25	$p < 0,05^*$
ET axe mineur de l'aire	4,58 ± 2,35	5,35 ± 2,62	12,41 ± 1,86	0,00*	1,26	NS	12,76	$p < 0,05^*$	11,50	$p < 0,05^*$
Surface de l'aire à 95 % (mm ²)	193,61 ± 149,41	210,85 ± 134,83	1054,31 ± 80,97	0,00*	0,31	NS	15,63	$p < 0,05^*$	15,32	$p < 0,05^*$
Pente de l'aire (°)	6,31 ± 6,39	-3,98 ± 12,08	2,11 ± 8,39	0,06						
Longueur du trajet (cm)	45,97 ± 6,73	59,64 ± 10,82	74,73 ± 7,12	0,00*	5,98	$p < 0,05^*$	12,57	$p < 0,05^*$	6,59	$p < 0,05^*$
Densité de l'aire (cm/mm ²)	0,41 ± 0,32	0,36 ± 0,24	1,42 ± 0,10	0,00*	0,72	NS	13,29	$p < 0,05^*$	14,01	$p < 0,05^*$

19 caractéristiques posturographiques des 3 groupes

Valeurs exprimées en « moyenne ± écart type »

ET : écart type

* Différence significative

facteurs explicatifs dans le cas d'une population de patients faiblement atteinte. En revanche, on retrouve des différences significatives entre le groupe 3 et les deux autres groupes pour l'ancienneté du traitement et l'ancienneté des symptômes. Les sujets du groupe 3 apparaissent en effet avoir une maladie de Parkinson qui évolue depuis plus longtemps, avec un traitement qui a été instauré également depuis plus longtemps. Cela pourrait expliquer en particulier la présence exclusive d'hommes dans ce groupe, notre recrutement ayant conduit à la présence, dans le groupe des sujets parkinsoniens, d'hommes atteints et traités depuis plus longtemps que les femmes du même groupe.

L'instabilité posturale est un des signes majeurs de la maladie de Parkinson. Elle est à l'origine d'un handicap fonctionnel important, peu améliorée par les traitements actifs sur la plupart des autres manifestations. Les réponses posturales normales dépendent globalement de facteurs de stabilisation passifs et actifs [3]. Le contrôle postural repose sur des informations sensorielles, vestibulaires, proprioceptives et visuelles, et participe aux mouvements volontaires planifiés [7]. Dans la maladie de Parkinson, il semble difficile de moduler l'amplitude de la réponse posturale à un stimulus afférentiel donné. Les ganglions de la base jouent un rôle dans les boucles sensorimotrices contrôlant la posture, particulièrement lorsque les programmes moteurs doivent changer. En effet Horak et al. [20] ont attiré l'attention sur l'impossibilité pour les parkinsoniens de changer de stratégie posturale en cas d'exécution de tâches successives. Ces résultats sont concordants avec l'hypothèse de Marsden [27] selon laquelle les patients parkinsoniens ont d'importantes difficultés pour passer d'un programme moteur à un autre, alors que chaque programme moteur est correctement exécuté. La principale conséquence clinique de ces difficultés à sélectionner les stratégies posturales se traduit plus particulièrement dans l'organisation et l'accomplissement de mouvements axiaux tels que se lever d'une chaise ou se tourner dans un lit. Ces difficultés, partiellement sensibles à la L-dopa, peuvent survenir sans rigidité ou bradykinésie marquée.

L'ensemble des données de notre étude laissent à penser que G2 représente le groupe de référence où on ne constate pas de chute et où les valeurs peuvent être considérées comme normales pour l'âge. À partir de là on constate, même si les données ne sont pas significatives (erreur de type II due aux faibles effectifs des groupes), une tendance pour G1 (groupe de valeur fonctionnelle ambulatoire intermédiaire) à moins osciller avec des positions max en X et en Y moins importantes, une surface de l'aire à 95 % moins importante, une longueur du trajet du centre de pression moins importante ($p < 0,005$) et une densité de l'aire légèrement plus importante. Ces modifications correspondent à une rigidification de la posture, à une « hypervigilance musculaire » avec survenue de co-contractions dans un but

protecteur contre la chute. La position moyenne de Y significativement différente des deux autres groupes correspond à la survenue d'imperceptibles embardées dans le sens antéropostérieur qui pourraient représenter un facteur de risque de chute et reflet de la mise en jeu de stratégies d'équilibration de cheville. Pérennou et al. [29] ont monitoré la survenue de chutes chez 118 femmes de plus de 75 ans ayant bénéficié d'une posturographie statique. Au terme de la deuxième année de suivi, les chuteuses avaient une excursion latérale du centre de pression plus petite que les autres. Les auteurs font l'hypothèse que les chuteuses peuvent adopter un comportement postural régressif consistant à un raidissement du corps sur le support. L'observation chez les patients parkinsoniens d'une inversion de fonction des muscles antagonistes de la jambe pendant le contrôle de la station debout, suggère que les extenseurs de pied soient altérés dans leur rôle de maintien postural et que cette fonction soit partiellement remplacée par une activation prédominante des fléchisseurs [9,10]. On peut avancer qu'une posture anormale entraîne l'activation excessive du tibialis antérieur. Celle-ci serait liée à une altération du *feed-back* proprioceptif provenant des récepteurs de charge des extenseurs. Cependant, les patients peuvent volontairement adopter une posture normale, mais deviennent alors plus instables. De nombreux parkinsoniens souffrant d'instabilité ont des stratégies de contrôle postural faiblement coordonnées en réponse aux déséquilibres. Étant donnée l'absence de différence dans les stratégies posturales entre les personnes âgées et les sujets parkinsoniens, nous pouvons envisager que l'ensemble des hypothèses physiopathologiques décrites ici pour la maladie de Parkinson puissent s'appliquer au vieillissement physiologique.

Toutes les valeurs du groupe 3 paraissent très supérieures aux deux autres groupes, que ce soit la longueur du trajet du centre de pression, la surface de l'aire à 95 %, la densité de l'aire, les déplacements moyens, les écarts types ou les positions minimales et maximales. Les perturbations semblent prédominer dans le sens médiolatéral même si elles existent également dans le sens antéropostérieur. Les perturbations mises en évidence signent l'instabilité posturale, avec l'augmentation considérable des oscillations et l'altération du contrôle postural, dans ce groupe où l'ensemble des personnes sont tombées. Maki [24] a effectué une étude prospective sur 100 volontaires âgés qui ont bénéficié d'une étude posturographique et d'un suivi pendant un an concernant la survenue éventuelle de chute. Il a constaté que chez les chuteurs les déplacements du centre de pression sont plus importants que chez les non-chuteurs, surtout dans le sens médiolatéral. À l'inverse, la mesure des oscillations antéropostérieures est peu corrélée au risque de chute. Sur le plan posturographique, cette étude montre que le risque de chute est essentiellement lié à une altération des performances d'équilibration latérale. Les perturbations pourraient

venir de l'altération des informations provenant des pressorécepteurs cutanés plantaires, mais également des propriocepteurs de la hanche et du système vestibulaire. Il apparaît que le contrôle des mouvements latéraux implique avant tout l'abduction adduction de hanche. L'auteur pense que les non-chuteurs ont des stratégies d'équilibration leur permettant d'utiliser à bon escient les informations sensorimotrices qui contrôlent de façon spécifique la réponse antéropostérieure et latérale. Ils sont capables d'utiliser les mouvements de la cheville pour contrôler les oscillations antéropostérieures, alors que les chuteurs ont tendance à faire appel aux mouvements de hanche, à la fois dans l'équilibre antéropostérieur et latéral. Par ailleurs, Woollacott et al. [34] ont montré une fréquente désorganisation des stratégies musculaires chez la personne âgée. Ce véritable phénomène dysnergique survenant au moment de la phase oscillante semble donc engendrer les modifications dynamiques qui favorisent l'accrochage du pied au passage du pas. On constate une augmentation de la latence de la réponse musculaire, une activation des muscles de la hanche avant ceux de la cheville, c'est-à-dire inversée par rapport aux sujets jeunes. Les auteurs suggèrent que la détérioration du contrôle postural soit la cause des modifications de l'équilibre du sujet âgé. Ce n'est donc pas uniquement l'insuffisance musculaire qui fait tomber mais également la persistance inappropriée d'une contraction antagoniste.

4. Conclusion

Nous avons utilisé une analyse de la posture et mis en évidence des stratégies posturales dans une population comportant des personnes âgées en bonne santé et des sujets parkinsoniens de novo ou faiblement handicapés. Nos résultats rejoignent la littérature, mais certaines données diffèrent parfois en raison des différences méthodologiques. En effet, les quelques études sur l'analyse posturale et la chute confrontent des populations de non-chuteurs et de personnes qui ont déjà chuté. Il est donc impossible de dire si la stratégie posturale est la cause ou la conséquence de la chute. Enfin, le niveau fonctionnel des populations étudiées est variable et souvent imprécis. Dans notre étude, nous avons utilisé une méthodologie statistique qui nous permet de confirmer l'hypothèse d'un déterminisme proche entre vieillissement neuromoteur idiopathique et maladie de Parkinson, cette dernière pouvant représenter un modèle amplifié et accéléré du vieillissement neuromoteur. À notre connaissance, on ne retrouve pas dans la littérature d'étude ayant permis une exploitation statistique des données obtenues avec une technologie et une procédure similaires.

Nous avons mis en évidence, avec un suivi prospectif, la survenue de chute et montré l'évolution de la stratégie posturale en rapport avec la chute indépendamment de la

présence ou non de la maladie de Parkinson. Il apparaît ainsi que l'évolution se fait principalement en trois étapes conduisant d'une stratégie posturale à faible risque de chute à une stratégie posturale à risque majeur de chute en passant par une stratégie posturale à risque modéré de chute.

Un groupe (G2) possède une bonne valeur fonctionnelle posturale et on ne relève aucune chute. Ses caractéristiques, qui correspondent à une catégorie de personnes âgées qui compensent bien les phénomènes de vieillissement, sont retrouvées dans la littérature. Un groupe (G1) possède une valeur fonctionnelle intermédiaire et déplore 20 % de chuteurs. Le profil postural apparaît moins performant et révèle une tendance à la rigidification de la posture et à l'hypervigilance dans l'équilibre statique. Un groupe (G3) possède une valeur fonctionnelle médiocre et déplore 100 % de chuteurs. Le profil postural apparaît perturbé et ne pas pouvoir s'adapter de façon satisfaisante à la situation autrement que par des réactions neuromotrices stéréotypées.

Dans les perspectives, il apparaît important de poursuivre ces investigations en continuant le suivi de cette population quant à l'évolution des stratégies posturales et d'en analyser les facteurs. Il serait également intéressant d'étudier, selon la même procédure, l'impact de l'évolution de la maladie de Parkinson, des traitements antiparkinsoniens, de la neurochirurgie fonctionnelle. Il est également légitime d'exploiter les caractéristiques posturales mises en évidence pour concevoir et tester des stratégies de rééducation, tant pour les personnes âgées que pour les personnes parkinsoniennes, dont l'objectif sera de favoriser les stratégies posturales à faible risque de chute.

Références

- [1] Baloh RW, Corona S, Jacobson KM, Enrietto JA, Bell T. A prospective study of posturography in normal older people. *J Am Geriatr Soc* 1998;46:438–43.
- [2] Barbeau A. Ageing and the extrapyramidal system. *J Am Geriatr Soc* 1973;21:145–9.
- [3] Bloem BR. Postural instability in Parkinson's disease. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 1992;94:S41–5.
- [4] Bouroche JM, Saporta G. L'analyse des données. Ed. PUF, Coll. que sais-je; 1994 pp. 127.
- [5] Bows SG, Charlett A, Dobbs RJ, Lubel DD, Mehta R, O'Neill CJA, Weller C, Hughes J, Dobbs SM. Gait in relation to ageing and idiopathic parkinsonism. *Scand J Rehab Med* 1992;24:181–6.
- [6] Brocklehurst JC, Robertson D, James-Groom P. Clinical correlates of sway in old age - Sensory modalities. *Age Ageing* 1982;11:1–10.
- [7] Brown P, Steiger MJ. Basal ganglia gait disorders. In: Woollacott M, Brandt T, Bronstein AM, editors. *Clinical Disorders of balance, posture and gait*. Paris: Anorld; 1996 pp. 349.
- [8] Chen JJ, Shiavi R. Temporal feature extraction and clustering of electromyographic linear envelopes in gait studies. *IEEE Trans Biomed Eng* 1990;37:295–302.
- [9] Dietz V, Berger W, Horstmann GA. Posture in Parkinson's disease: impairment of reflexes and programming. *Ann Neurol* 1988;24:660–9.

- [10] Dietz V, Zijlstra W, Assaiante C, Trippel M, Berger W. Balance control in Parkinson's disease. *Gait and Posture* 1993;1:77–84.
- [11] Dobbs RJ, Lubel DD, Charlett A, Bowes SG, O'Neill CJA, Weller C, Dobbs SM. Hypothesis: age-associated changes in gait represent, in part, a tendency towards Parkinsonism. *Age and Ageing* 1992;21:221–5.
- [12] Fahn S. Fluctuations of disability in Parkinson's disease: pathophysiology. In: Marsden CD, Fahn S, editors. *Neurology, Movement Disorders*, 2. 1982. p. 123–45.
- [13] Fernie GR, Gryfe CI, Holliday PJ, Llewelyn A. The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age and Ageing* 1982;11:11–6.
- [14] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive stage of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189–98.
- [15] Forselle Y, Fratiglioni L, Grut M, Viitanen M, Winblad B. Clinical staging of dementia in a population survey: comparison of DSM-III-R and the Washington University Clinical Rating Scale. *Acta Psychiatr Scand* 1992;86:49–54.
- [16] Fuhrer R, Rouillon F. La version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'autoévaluation. *Psychiatr et Psychobiol* 1989;4:163–5.
- [17] Grace J, Nadler JD, White DA, Guilmette TJ, Giuliano AJ, Monsch AU, et al. Folstein vs Modified Mini-Mental State Examination in geriatric stroke. Stability, validity and screening utility. *Arch Neurol* 1995;52:477–84.
- [18] Hindmarsh J, Harvey Estes E. Falls in older persons: causes and interventions. *Arch Intern Med* 1989;149:2217–22.
- [19] Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967;17:427–42.
- [20] Horak FB. Effects of neurological disorders on postural movement strategies in the elderly. In: Vellas B, Toupet M, Rubenstein L, Albarède JL, Christen Y Falls, editors. *Balance and Gait Disorders in the Elderly*. Paris: Elsevier; 1992. p. 137–51.
- [21] Kemoun G, Blatt JL. Modifications de la statique et de l'initiation de la marche comme facteurs prédictifs de chutes chez la personne âgée. *Ann Réadaptation Méd Phys* 1997;40:457.
- [22] Koller WC, Glatt S, Vetere-Overfield B, Hassanein R. Falls in Parkinson's disease. *Clinical Neuropharmacology* 1989;12:98–105.
- [23] Luukinen H, Koski K, Laippala P, Kivela SL. Factors predicting fractures during falling impacts among home-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:1302–9.
- [24] Maki BE. Direction and vision dependence of postural responses in elderly "fallers" and "non-fallers". *Facts and Research in Gerontology*. Springer Publisher; 1995. p. 83–96.
- [25] Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 1994;49:M72–84.
- [26] Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol*. 1991;46:M123–31.
- [27] Marsden CD. Slowness of movement in Parkinson's disease. *Mov Disord* 1989;4(suppl.):26–37.
- [28] Melton LJ, Riggs BL. Risk factors for injury after a fall. *Clinics in Geriatrics Medicine* 1985;1:525–39.
- [29] Pérennou D, Prezioso J, Favier F, Belhassen S, Jacquot JM, Pélissier J. Analyse instrumentale du comportement postural des chuteurs. In: Jacquot JM, Strubel D, Pélissier J, editors. *La chute de la personne âgée*. Paris: Masson; 1999. p. 151–9.
- [30] Sheldon JH. On the natural history of falls in old age. *Br Med J* 1960;4:1685–90.
- [31] Vardaxis VG, Allard P, Lachance R, Duhaime M. Classification of able-bodied gait using 3-D muscle powers. *Hum Mov Sci* 1998;17:121–36.
- [32] Ward JH. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J Am Stat Assoc* 1963;58:236–44.
- [33] Watelain E, Barbier F, Allard P, Thevenon A, Angué JC. Gait pattern classification of healthy elderly men based on biomechanical data. *Arch Phys Med Rehab* 2000;81:579–86.
- [34] Woollacott MH, Vonhosten C, Rosblad B. Aging and postural control: changes in sensory organisation and muscular coordination. *Int J Aging Human Dev* 1986;23:23–81.