



Comment je prends en charge un patient parkinsonien en kinésithérapie

The physiotherapy I propose for parkinsonian patients

Unité des pathologies du mouvement, service de neurologie, centre expert maladie de Parkinson, hôpital de Hautepierre, 1, avenue Molière, 67000 Strasbourg, France

N. Christoffers

RÉSUMÉ

La place de la kinésithérapie est aujourd'hui reconnue dans la prise en charge des patients atteints de la maladie de Parkinson : pour retarder voire prévenir l'aggravation fonctionnelle motrice aux stades initiaux, ou pour développer des stratégies de compensation préservant l'autonomie aux stades plus tardifs. Tout programme de kinésithérapie doit s'appuyer sur un bilan évaluant les capacités motrices et fonctionnelles des patients, et doit associer des exercices d'étirement musculaire et des exercices ciblés adaptés à chacun des handicaps (marche, posture, instabilité...) spécifiques du patient. Les stratégies utilisant notamment un rythme stéréotypé et le renforcement de la motricité volontaire ont montré leur efficacité.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

SUMMARY

Physiotherapy is a major component of Parkinson's disease (PD) treatment. It helps to slow motor difficulties and loss of autonomy, and to develop new strategies in compensation. In PD, physiotherapy programs should be based on a preliminary functional and motor evaluation. Stretching and goal-based exercises have been adapted to specific difficulties, such as gait or postural difficulties, or instability... Rhythmic and cognitive strategies that reinforce the cognitive control of movement have shown their efficacy.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

La maladie de Parkinson dont la principale lésion neuro-pathologique est la dégénérescence des cellules dopaminergiques de la *Substantia nigra*, se traduit sur le plan moteur par une akinésie, un tremblement de repos, une hypertonie plastique et à un stade plus tardif, une instabilité posturale. L'akinésie, qui se définit par une diminution de la vitesse et de l'amplitude des mouvements, correspond également à une perte de la motricité automatique ; elle a des répercussions importantes sur les gestes de la vie quotidienne. Les troubles de la marche et de l'équilibre qui apparaissent au cours de l'évolution, participent également majoritairement à la perte d'autonomie.

Les traitements médicamenteux et notamment la L-Dopa permettent une amélioration

de l'akinésie, mais n'empêchent pas l'aggravation progressive du handicap fonctionnel. La place de la kinésithérapie, en complément du traitement pharmacologique, est aujourd'hui reconnue dans la prise en charge des patients atteints de la maladie de Parkinson. Les documents édités par l'HAS mentionnent sa validité dans le parcours de soins des patients quel que soit le stade de la maladie [1]. Le programme proposé aux stades initiaux de la maladie a pour objectif de retarder voire de prévenir l'aggravation fonctionnelle motrice, alors qu'aux stades plus tardifs, il faut développer des stratégies de compensation pour préserver l'autonomie [2]. De plus, les données de certains travaux épidémiologiques montrent qu'une activité physique régulière pourrait diminuer le risque de

Mots clés

Maladie de Parkinson
Kinésithérapie
Freezing
Instabilité posturale

Keywords

Parkinson's disease
Physiotherapy
Freezing
Instability

Adresse e-mail :
nathalie.christoffers@chru-strasbourg.fr

maladie de Parkinson [3] et des travaux expérimentaux récents sur la neuro-plasticité cérébrale montrent dans les modèles de maladie de Parkinson, un effet neuro-protecteur de l'activité physique (pour revue [4]).

En pratique, plusieurs questions se posent : quels exercices ou techniques kinésithérapiques faut-il utiliser ? Pour quels symptômes (Annexe 1) ? Dans quel ordre ? À quels stades de la maladie ? Dans cet article, nous proposerons un schéma de prise en charge, basé sur l'expérience d'un service de neurologie spécialisé dans la prise en charge des patients atteints de maladie de Parkinson.

LES DONNÉES DE LA LITTÉRATURE

Les recommandations fondées sur les données de la littérature permettent de souligner l'importance :

- des stratégies utilisant des stimuli externes ou générés par le patient : ils peuvent être rythmiques ou « one off » appliqués dans certaines circonstances pour initier une activité (se lever d'une chaise, redémarrer après une période de *freezing*). Ces stimuli peuvent être auditifs (musique, métronome), visuels (traits sur le sol...), tactiles, cognitifs (images mentales, attention : grands pas...). Leur intérêt a surtout été étudié à court terme [5], mais des effets sur la marche et la courbe de détérioration de la performance motrice ont été observés [6,7] ;
- des stratégies cognitives : qui consistent soit à décomposer les mouvements complexes en une série de mouvements simples à réaliser dans un ordre précis (de manière consciente) [8], soit à effectuer des activités qui nécessitent une concentration ou une attention importante (taï-chi [9], pratique de la danse [10] par exemple) ;
- du travail de l'équilibre, combiné au renforcement musculaire des membres inférieurs grâce à des exercices de réentraînement à l'effort, afin d'augmenter l'adaptation cardiovasculaire, ainsi la vitesse de marche et de ce fait améliorer la qualité de vie [2,11,12] ;
- des exercices « dirigés vers un but » (*goal-based exercises*) [4], destinés à améliorer ou récupérer des fonctions motrices spécifiques déficitaires ou perdues. Ils se focalisent notamment sur l'équilibre et la marche. Une partie de ces exercices permettent au patient de devenir conscient de mouvements qui étaient antérieurement automatiques et inconscients ;
- de la répétition en grand nombre des séquences de mouvements [13-15] ;
- des exercices d'entretien des capacités physiques (travail musculaire, stretching) [16].

Concernant les exercices en situation d'aérobic, les données de la littérature sont contradictoires : plusieurs études ont montré l'intérêt immédiat et à long terme en cas de programme répété, des exercices sur tapis roulant ou bicyclette ergométrique, réalisés à haute intensité (vitesse augmentée par rapport à la vitesse « préférée ») [17,18]. Mais ces résultats sont contestés par des études plus récentes montrant un meilleur effet sur la vitesse de marche des exercices à faible intensité [16].

LE BILAN

La première étape de toute prise en charge kinésithérapique est la réalisation d'un bilan précis permettant notamment

d'évaluer les possibilités fonctionnelles et l'indépendance motrice du patient. Il évalue notamment :

- la marche : le pas (hauteur, longueur, largeur), la marche arrière (au cours de laquelle il est possible d'observer la présence d'une éventuelle instabilité posturale), le demi-tour, la dissociation des ceintures scapulaires et pelviennes et le ballant des bras. Il est judicieux d'utiliser le « *timed up and go* » test comme référence d'évolution avant et après la thérapie ;
- l'équilibre (marche en tandem et manœuvre de Romberg) ;
- la stabilité posturale (item 29, UPDRS III), sachant qu'une instabilité posturale peut exister même en l'absence de troubles de l'équilibre ;
- la présence éventuelle de chutes dont il conviendra de préciser les circonstances grâce à l'anamnèse.

Ce bilan doit également prendre en compte les capacités cognitives du patient. Il doit être : fonctionnel, adapté au patient et au stade de la maladie.

LE DÉROULEMENT D'UNE SÉANCE

En prenant 30 minutes, comme temps de prise en charge kinésithérapique (si le temps le permet et la fatigue du patient, l'idéal serait une séance de 45 minutes), la séance de rééducation du parkinsonien est composée de 2 phases :

- une phase initiale (5-10 minutes), « passive » pour le patient, qui comporte :
 - une série d'étirements musculaires des quatre membres et du tronc, en particulier des muscles grand dorsal et dentelé antérieur, ilio-psoas, droit fémoral et ischio-jambiers. Cette phase prend davantage de sens lorsque le patient présente une importante rigidité axiale et segmentaire, afin d'obtenir la mobilité articulaire nécessaire pour la seconde phase qui sera ainsi efficace plus rapidement,
 - des exercices de renforcement/stimulation des muscles érecteurs du rachis et fessiers (grand fessier), ainsi que des exercices de neuro-facilitation proprioceptive (méthode Kabat/PNF) qui renforcent les synergies musculaires au cours de mouvements de grande amplitude ;
- une seconde phase (20 à 25 minutes), comportant deux temps : un exercice ciblé suivi d'une mise en situation fonctionnelle (« *goal-based exercise* »).

Dans la prise en charge kinésithérapique d'un parkinsonien, il est primordial de respecter quatre points :

- un thème par séance : ne pas travailler tous les symptômes du patient lors d'une même séance. Il s'agit ici d'obtenir une intégration sensori-motrice efficace par le cervelet, dans le but d'avoir un changement du contrôle postural du patient au sein de son schéma corporel. Des études ont montré que la distraction par une tâche cognitive ou motrice additionnelle aggrave la performance de marche en entrant en concurrence avec l'attention dirigée sur la marche. C'est la situation de double tâche, cause classique de détérioration de la performance motrice dans la maladie de Parkinson [19] ;
- une voix forte du thérapeute : donnant des instructions verbales dynamiques et brèves ;
- un rythme stéréotypé avec la répétition en grand nombre de façon soutenue et vigoureuse, de séquences de mouvements ;

- le renforcement de la motricité volontaire : la diminution du contrôle automatique (inconscient) du mouvement doit être compensée par une majoration du contrôle volontaire (conscient).

QUATRE EXEMPLES DANS LE PROGRAMME DE RÉÉDUCATION MOTRICE DU PARKINSONNIEN

Les troubles de la marche, de l'équilibre et de la posture ont d'importantes conséquences fonctionnelles chez le patient parkinsonien. Nous développons ici leur prise en charge spécifique.

L'instabilité posturale

Elle traduit la détérioration des réactions posturales d'équilibration et la perte de coordination entre posture et mouvement. Elle découle d'une désorganisation de la perception des référentiels posturaux verticaux. La forme la plus caractéristique est la rétroimpulsion. Il est obligatoire de traiter ce symptôme en priorité en raison de l'influence que celui-ci a sur les autres symptômes et du risque de chute qu'il représente. Ainsi prenons comme exemple un patient se plaignant de tomber en arrière en montant l'escalier.

Phase initiale (15 minutes)

En pratique, la phase initiale doit durer 15 minutes :

- 6–7 minutes de posture en décubitus ventral afin de stimuler la chaîne antérieure, d'inhiber la chaîne postérieure et de favoriser une ouverture du thorax dans le cas d'attitudes prononcées en flexion (la camptocormie et le Pisa-syndrome aggravant la rétroimpulsion mais aussi la festination) [20] ;
- puis, combinés à cette posture prolongée, 5 à 10 minutes d'étirements passifs, mais aussi des exercices en « contracté-relâché » des muscles ilio-psoas, droits fémoraux et triceps suraux. Ceci dans un but de gain et de maintien d'amplitude articulaire [16,21].

Seconde phase (30 minutes)

Il s'agit ici de la rééducation positionnelle du centre de gravité vers l'avant, donc plus précisément d'un travail de stabilité posturale dans le plan sagittal. Une étude en ouvert a suggéré qu'un entraînement en répétition de pas compensateurs pourrait améliorer les réactions posturales [22].

Ainsi, dans notre cas de rétroimpulsion :

- l'exercice ciblé, c'est-à-dire le pas compensateur sera le pas arrière. Ce dernier sera travaillé avec le patient en station debout, incliné à 45° en appui soit contre un mur soit sur une table à hauteur des mi-cuisses du patient. Cette position force le patient à transférer son centre de gravité vers l'avant. Le patient devra répéter ce pas arrière (gauche et droit) un grand nombre de fois, en veillant au transfert du centre de gravité vers l'avant et à la flexion du genou controlatéral au pas ;
- pour la mise en situation fonctionnelle, le « Pull-Test » pourra être utilisé comme exercice « fonctionnel ». Il faudra effectuer de nombreuses poussées vers l'arrière jusqu'à intégration par le patient. Puis, pourra être réalisée une épreuve de marche arrière sur tapis roulant.

Le *freezing* de la marche

Il s'intègre dans le cadre des signes moteurs axiaux. Le patient piétine sur place avec la pointe du pied collée au sol et le talon qui essaie de se décoller. Ce phénomène survient lors du démarrage de la marche, majoritairement lors du demi-tour, aux changements brutaux de direction, à l'approche d'espaces étroits ou d'obstacles et est favorisé par le stress et l'émotion. Il constitue un facteur supplémentaire de chute. Il peut persister malgré le traitement médicamenteux et sa prise en charge kinésithérapique est primordiale.

Phase initiale

Elle consiste en l'apprentissage d'une « astuce » de déblocage, selon la stratégie du « stop-et-un-pas-seulement », c'est-à-dire transformer un mouvement automatique en un mouvement volontaire [2].

Les astuces de déblocage sont variables d'un patient à l'autre et peuvent faire intervenir des stratégies mentale, verbale ou comportementale : faire un grand pas en avant ou de côté ou en arrière, enjamber un obstacle (par exemple en utilisant une canne anti-*freezing* [Pr Jörg, Allemagne]), taper dans les mains ou sur la cuisse, balancer les bras, compter, siffler... Dans un premier temps, il est indispensable de trouver la stratégie qui convient le mieux au patient, c'est-à-dire avec laquelle il a la meilleure initiation du mouvement.

Seconde phase

Il s'agit ici de l'intégration de cette astuce dans la situation fonctionnelle posant problème, à l'aide d'un exercice ciblé.

Prenons comme exemple un patient présentant un *freezing* au démarrage et comme astuce de déblocage le pas avant :

- il faut un exercice ciblé : deux chaises sont placées dos à dos et le patient est assis sur l'une d'entre elles. Sur ordre, le patient se lève et va effectuer un pas en avant au-dessus d'un rondin de bois (aide visuelle) avec le membre le plus atteint par le syndrome akinéto-rigide, l'autre jambe apportant davantage de stabilité et revenir dans sa position initiale. Cette séquence va être répétée un grand nombre de fois. Il est très important d'insister sur le stop-et-un-pas-seulement pour faciliter l'intégration. L'étape suivante sera d'y rajouter un deuxième pas, sur le côté par exemple et de répéter également cette séquence ;
- mise en situation fonctionnelle. Elle consiste à demander au patient d'aller s'asseoir sur la chaise se trouvant derrière lui, en démarrant avec l'astuce travaillée précédemment au moment de tourner. Le *freezing* est susceptible d'apparaître lors de cette séquence, il est alors indispensable de « stopper » le patient, afin qu'il puisse redémarrer en utilisant son astuce. L'instruction verbale est ici très importante pour augmenter l'attention vis-à-vis de la tâche motrice, ce qui va permettre une amélioration dans la réalisation de la tâche. Il est également intéressant de compter le nombre de pas effectués par le patient pour rejoindre l'autre chaise, en lui donnant pour objectif de réduire ce nombre au cours des répétitions, dans l'objectif d'obtenir des grands pas de façon inconsciente pour le patient (on reconstruit le schéma moteur) ;
- stimulation du schéma moteur de la marche : la séance peut être complétée par une petite séquence sur tapis roulant avec lignes transversales pour stimuler le schéma moteur de la marche, la coordination des membres inférieurs et

améliorer des processus d'intégration sensori-motrice. Il s'agit là de reconditionner le schéma moteur de la marche en agissant sur la rythmicité et régularité par des stimuli externes en compensation d'un défaut de stimuli internes ;

- si le patient aimait danser avant l'annonce de sa maladie de Parkinson, il est judicieux de terminer la séance par des demi-tours en dansant sur un Tango. Les effets bénéfiques de cette danse sur le *freezing*, mais aussi sur la cadence et la vitesse ont en effet été démontrés [10,23]. Le tango comporterait des pas spécifiques ressemblant aux astuces qu'on utilise pour briser un enrayage cinétique, comme par exemple passer par-dessus le pied du partenaire.

Le demi-tour décomposé

Les causes du demi-tour décomposé peuvent être multiples : un équilibre instable dans le plan frontal ou le plan sagittal, une instabilité posturale, un syndrome post-chute, une akinésie importante. D'où l'importance d'un bilan fonctionnel préliminaire détaillé, afin d'adapter au mieux la rééducation à la cause. Prenons en exemple un patient présentant des troubles des réactions d'équilibration et le pas de rattrapage latéral.

Phase initiale

En pratique, la phase initiale sera composée de :

- une série d'étirements musculaires : muscles adducteurs de hanche, rotateurs externes et internes de hanche et le muscle carré des lombes ;
- renforcement musculaire des muscles abducteurs de hanche.

Seconde phase

L'exercice ciblé sera de travailler la mise en charge latérale, c'est-à-dire le report du poids du corps de droite à gauche, et ce d'abord en position assise sans dossier et sans contact avec le sol ; privilégier la hauteur. Ceci a pour fonction de renforcer l'effet des réactions d'équilibration. On demandera au patient d'attraper de sa main gauche un objet se trouvant sur sa droite à hauteur d'épaule, puis de la main droite un objet se trouvant à sa gauche. Ensuite, on procédera au travail du pas latéral sur tapis roulant, vers la gauche et vers la droite. Une alternative intéressante à cet exercice serait de travailler au sol ou sur plan Bobath dans d'autres positions, par exemple à genoux.

La mise en situation fonctionnelle consistera en un parcours de marche avec obstacles centrés sur pas latéraux et demi-tours. La séance se terminera par une série de pas chassés et demi-tours sur sol normal. Une alternative du parcours de marche : le « *timed up and go test* » peut être utilisée comme situation fonctionnelle. Il a une double fonction : il sert d'exercice, mais permet également d'avoir un feedback objectif, tant pour le patient que le thérapeute, de l'efficacité de la séance de thérapie.

Les troubles de la posture

Les troubles de la posture sont une indication importante de prise en charge kinésithérapique. Ils sont souvent non dopasensibles et sont en général associés à une instabilité posturale et à un *freezing*. La camptocormie en est une illustration extrême : elle se définit par une flexion majeure de la colonne

lombaire sur le bassin, qui augmente sous l'effet de la pesanteur, mais disparaît totalement en décubitus dorsal.

Phase initiale (10 minutes)

En pratique, la phase initiale doit durer 10 minutes :

- posture en décubitus ventral afin d'ouvrir et d'étirer le plan antérieur ;
- mobilisation des articulations de la colonne vertébrale en utilisant la thérapie manuelle ;
- étirements passifs des muscles ilio-psoas et quadriceps, mais aussi des muscles de la chaîne postérieure c'est-à-dire les muscles fessiers, ischio-jambiers et triceps suraux avant de procéder à leur renforcement dans la phase suivante.

Seconde phase

Elle consiste en la correction posturale active débutant par un renforcement musculaire des érecteurs du rachis, ainsi que des muscles des membres inférieurs, notamment les fessiers, quadriceps, ischio-jambiers et triceps suraux. La camptocormie a tendance à augmenter l'insuffisance de propulsion des fléchisseurs plantaires qui est une autre caractéristique connue de la marche parkinsonienne [24]. Il est également intéressant d'utiliser des techniques de neuro-facilitation proprioceptive. Cette séquence se terminera par un travail d'équilibre ou de lutte contre l'instabilité posturale.

Souignons que pour les troubles de la posture, le traitement kinésithérapique est uniquement symptomatique, ainsi il est judicieux d'y associer la balnéothérapie et autres activités comme le tai-chi.

LES AUTRES CHAMPS PROBLÉMATIQUES

Les difficultés rencontrées par le parkinsonien ne se limitent pas aux 4 symptômes traités ci-dessus.

Retournement dans le lit et passage de la position couchée à la position assise

Le retournement dans le lit et le passage de la position couchée à la position assise et inversement font également partie des handicaps du quotidien du parkinsonien. Ils sont à prendre en charge sur le même modèle que les 4 autres symptômes. Lors de la première phase de la séance, il est important de bien étirer les muscles du tronc, en particulier les flancs. Dans la deuxième phase, le geste étudié sera décomposé en au moins deux séquences motrices. Ainsi la rotation du tronc devra être travaillée de façon active, répétitive et stéréotypée puis la rotation du bassin. Il est recommandé de travailler ceci au sol dans différentes positions : quadrupédique, décubitus ventral, décubitus latéral et ne pas hésiter à faire passer le patient du décubitus ventral en position de « chevalier servant » en passant par la position quadrupédique.

Marche à petits pas

La marche à petits pas (sans la présence de troubles des réactions posturales). Il a été montré que des mouvements de très grande amplitude des membres inférieurs associés à des ordres à voix haute et forte permettaient d'augmenter la longueur des pas et ainsi améliorer l'équilibre. C'est le concept « Big » [25].

LES AUTRES TECHNIQUES

La musicothérapie

La musicothérapie (chant choral, exercices vocaux, mouvements corporels en rythme libre) améliore significativement la bradykinésie, en raison de son haut niveau de stimulations sensorielles et de l'impact émotionnel qu'elle provoquerait et qui agit sur la facilitation des mouvements. Elle influence également la marche : elle améliore la vitesse de déplacement, la longueur, la cadence et la régularité des pas, mais, ces effets ne persistent pas à long terme [21].

La danse

Le Tango qui allie la danse et la musique améliore la bradykinésie mais n'a pas d'effet significatif sur la rigidité. Il augmente la cadence et la longueur du pas, permet la diminution du *freezing* et améliore de façon significative l'équilibre [10,23].

La kinébalnéothérapie

La kinébalnéothérapie peut être une alternative à la kinésithérapie en milieu sec. Il a été montré qu'elle améliore significativement l'équilibre, grâce aux différentes forces exercées sur le corps et à la diminution du poids du corps. Cependant, elle n'a pas d'effet sur la marche en matière de vitesse, longueur des pas, cadence et qualité du demi-tour [26].

Le taï-chi

Le taï-chi fait travailler l'amplitude des mouvements et le contrôle postural. Comparé à un programme de stretching, il réduit significativement l'incidence des chutes et le score UPDRSIII [9]. Il faut souligner cependant que dans cette étude, les patients ont été testés uniquement en période ON et qu'il n'y avait pas de groupe témoin (sans exercice et non atteint de la maladie de Parkinson).

Le tapis de course

L'entraînement sur tapis de course permettrait de rendre le cycle locomoteur de la marche plus régulier, c'est-à-dire de modifier l'amplitude du mouvement surtout en extension, d'après une étude parue dans l'ACAPS 03 Toulouse [11]. Sachant que cette dernière n'est réalisée que sur des sujets sains. Par contre, il a été démontré qu'en réadaptation d'un patient parkinsonien sur tapis roulant, il existait une amélioration de la longueur du pas, ainsi qu'une augmentation de la VO₂ max, de ce fait de la performance cardiovasculaire [11,12].

CONCLUSION

Aucune technique appliquée seule, ne permet d'améliorer tous les symptômes de la maladie de Parkinson. C'est la fusion de plusieurs méthodes, non indissociables mais interactives, adaptées à chaque patient, prenant en compte les possibilités d'investissement cognitif et le stade évolutif de la maladie, qui permet au patient parkinsonien de réadapter son comportement face à son handicap fonctionnel au quotidien.

Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

ANNEXE 1 ORDONNANCE TYPE STANDARD

Kinésithérapie 2 à 3 fois par semaine.

Maladie de Parkinson

- Étirements musculaires passifs et actifs (contracté-relâché) des membres inférieurs : ilio-psoas, fessiers, quadriceps, triceps suraux + ischio-jambiers.
- Étirements musculaires passifs et actifs (contracté-relâché) des membres supérieurs : muscles pectoraux, biceps.
- Travail de dissociation des ceintures : étirements des muscles grand dorsal, dentelé antérieur et carré des lombes.
- Travail de l'équilibre sur sol instable.

En cas de freezing : travail de la marche à l'arrêt, démarrage, demi-tour, en utilisant des stimuli visuels (passages d'obstacles).

En cas de rétropulsion : travail de la marche arrière ; travail de la mise en charge avant-arrière, en position debout et/ou assise, et/ou position quadrupédique.

Si demi-tour décomposé : décomposition de la séquence en travail du pas latéral et travail de la marche arrière.

ANNEXE 1 MATÉRIEL COMPLÉMENTAIRE

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et doi:10.1016/j.praneu.2014.06.007.

RÉFÉRENCES

- [1] HAS. Maladie de Parkinson : parcours de soin; 2012, <http://www.has-sante.fr>.
- [2] Gracies JM. Neuroéducation des syndromes parkinsoniens. *Rev Neurol* 2010;166:196-212.
- [3] Xu Q, Park Y, Huang X, Hollenbeck A, Blair A, Schatzkin A, et al. Physical activities and future risk of Parkinson disease. *Neurology* 2010;75:341-8.
- [4] Petzinger GM, Fisher BE, McEwen S, Beefer JA, Walsh JP, Jakowec MW. Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *Lancet Neurol* 2013;12:716-26.
- [5] Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. *Brain* 1996;119:551-68.
- [6] Canning CG. The effect of directing attention during walking under dual-task conditions in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord* 2005;11:95-9.
- [7] Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, et al. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:999-1006.
- [8] Morris M, Iansek R. Characteristics of motor disturbance in Parkinson's disease and strategies for movement rehabilitation. *Hum Mov Sci* 1996;15:649-69.
- [9] Li F, Harmer P, Fitzgerald K, Eckstrom E, Stock R, Galver J, et al. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *N Engl J Med* 2012;366:511-9.
- [10] Hackney ME, Kantorovich S, Levin R, Earhart GM. Effects of tango on functional mobility in Parkinson's disease: a preliminary study. *J Neurol Phys Ther* 2007;31:173-9.

- [11] Beaupied H, Ducher G, Multon F, Delamarche P. Influence de l'entraînement sur la variabilité des paramètres cinématiques pendant la marche sur tapis roulant. Laboratoire de physiologie et Biomécanique de l'exercice musculaire, UFR APS, campus La Harpe, Rennes et Laboratoire de la performance motrice UFR APS, Université d'Orléans; 2003.
- [12] Tambosco L, Percebois L, Macadré, Rapin A, Nicomette-Bardel J, Boyer F-C. Effort Training in Parkinson's disease. *Revue de la littérature. Ann Phys Rehabil Med* 2014;7:79-104.
- [13] Behnman AL, Cauraugh JH, Light KE. Practice as an intervention to improve speeded motor performance and motor learning in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 2000;174:127-36.
- [14] Soliveri P, Brown RG, Jahanshahi M, Marsden CD. Effect of practice on performance of a skilled motor task in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992;55:454-60.
- [15] Platz T, Brown RG, Marsden CD. Training improves the speed of aimed movements in Parkinson's disease. *Brain* 1998;121:505-14.
- [16] Shulman LM, Katzel LJ, Ivey FM, Sorkin JD, Favors K, Anderson KE, et al. Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA Neurol* 2013;70:183-90.
- [17] Reuter I, Harder S, Engelhardt M, Baas H. The effect of exercise on pharmacokinetics and pharmacodynamics of levodopa. *Mov Disord* 2000;15:862-8.
- [18] Fisher BE, Wu AD, Salem GJ, Song J, Lin CH, Yip J, et al. The effect of exercise training in improving motor performance and corticomotor excitability in people with early Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:1221-9.
- [19] Brown RG, Marsden CD. Dual-task performance and processing resources in normal subjects and patients with Parkinson's disease. *Brain* 1991;114:215-31.
- [20] Vacherot F. Les anomalies d'excitabilité du cortex moteur primaire et leurs relations avec les troubles locomoteurs dans la maladie de Parkinson; [Thèse en neurosciences de Doctorat de l'Université de la Méditerranée] 2010.
- [21] Pacchetti C, Mancini F, Aglieri R, Fundarò C, Martignoni E, Nappi G. Active music therapy in Parkinson's disease: an integrative method for motor and emotional rehabilitation. *Psychosom Med* 2000;62:386-93.
- [22] Jöbges M, Heuschkel G, Pretzel C, Illhardt C, Renner C, Hummelsheim H. Repetitive training of compensatory steps: a therapeutic approach for postural instability in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004;75:1682-7.
- [23] Ducan RP, Earhart GM. Randomized controlled trial of community-based dancing to modify disease progression in Parkinson disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2012;26:132-43.
- [24] Mirek E, Rudzińska M, Szczudlik A. The assessment of gait disorders in patients with Parkinson's disease using the three-dimensional motion analysis system Vicon. *Neurol Neurochir Pol* 2007;41:128-33.
- [25] Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O, Wissel J. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:399-403.
- [26] Vivas J, Arias P, Cudeiro J. Aquatic therapy versus conventional land-based therapy for Parkinson's disease: an open-label pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:1202-10.