

Influência do treino em esteira na marcha em dupla tarefa em indivíduos com Doença de Parkinson: estudo de caso

Influence of treadmill training in dual-task gait in people with Parkinson's Disease: a case report

Influencia del entrenamiento en cinta rodante em la marcha de doble tarea en individuos con la enfermedad de Parkinson: um estudio de caso

Angélica Vieira Cavalcanti de Sousa¹, Lorena Marques de Melo Santiago²,
Raphaella Elias de Oliveira da Silva¹, Daniel Antunes de Oliveira², Élica Rayanne Viana Pinheiro Galvão²,
Ana Raquel Rodrigues Lindquist¹

RESUMO | A perda na automaticidade da marcha dificulta a realização de atividades concorrentes - Dupla Tarefa (DT) - em indivíduos com Doença de Parkinson (DP). Uma hipótese para a interferência negativa da DT sobre a marcha está relacionada à limitação de recursos cerebrais atencivos para as diferentes atividades. Caso ocorra a automatização de uma das tarefas, a interferência negativa da DT sobre a marcha poderá ser minimizada. Como a esteira promove automaticidade de um melhor padrão locomotor, devido à repetição que favorece a aprendizagem motora, o estudo buscou investigar se o treino em esteira pode melhorar o desempenho de marcha em DT em pessoas com DP. Três indivíduos foram avaliados na fase *on* do medicamento antiparkinsoniano quanto à cinemetria (*Qualisys Motion Capture System*), enquanto realizavam a marcha simultaneamente a atividades cognitivas. Posteriormente, os indivíduos realizaram um treino de 20 minutos na esteira e foram reavaliados durante a marcha em atividades cognitivas. Houve aumentos no comprimento da passada ($p=0,01$), no comprimento do passo ($p=0,01$) e no tempo total de apoio ($p=0,03$). Esses resultados indicam que o treino em esteira pode promover melhora no desempenho de marcha em DT em indivíduos com DP, sendo necessários estudos longitudinais com esse foco de investigação.

Descritores | Doença de Parkinson/reabilitação; Fenômenos Biomecânicos.

ABSTRACT | The loss in the automaticity of gait hinders the performance of concurrent activities - Dual Task (DT) - in individuals with Parkinson's disease (PD). One hypothesis for the negative interference of DT on gait is related to the limitation of attention resources in the brain for different activities. When the automation of a task occurs, the negative interference of DT on the gait can be minimized. Because the treadmill promotes automaticity of a better locomotion pattern, due to the repetition that promotes motor learning, the study sought to investigate whether treadmill training can improve the performance of gait on DT in people with PD. Three individuals were evaluated in the on-phase of the antiparkinsonian medication regarding the kinematics (*Qualisys Motion Capture System*) while in gait, simultaneously performing cognitive activities. Subsequently, the subjects performed a 20-minute workout on the treadmill and were reassessed during gait in cognitive activities. There were increases in the length of the cycle ($p=0.01$), the length of the step ($p=0.01$) and in total swing time ($p=0.03$), and a decrease in the total length of support ($p=0.03$). These results indicate that treadmill training can promote improvement in the performance of DT on gait in individuals with PD. Longitudinal studies with this focus of research are needed.

Keywords | Parkinson's Disease/rehabilitation; Biomechanical Phenomena.

Estudo desenvolvido no Laboratório de Intervenção e Análise do Movimento do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal (RN), Brasil.

¹Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFRN - Natal (RN), Brasil.

²Curso de Fisioterapia da UFRN - Natal (RN), Brasil.

Endereço para correspondência: Angélica Vieira Cavalcanti de Sousa - Rua Eletricista Elias Ferreira, 2600, apto 901C, Natture Condomínio Club, Candelária - CEP 59066-050 - Natal (RN), Brasil - E-mail: angelicafisioterapia@gmail.com.
Apresentação: set. 2013 - Aceito para publicação: jul. 2014 - Fonte de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Conflito de interesses: nada a declarar - Parecer de aprovação no Comitê de Ética nº 143.802, CAAE 03063812.0.0000.5537.

RESUMEN | La pérdida en el automatismo de la marcha dificulta la realización de actividades simultáneas – Doble Tarea (DT) – en personas con enfermedad de Parkinson (EP). Una hipótesis para la interferencia negativa de la DT en la marcha está relacionada con la limitación de recursos cerebrales de atención para diferentes actividades. Cuando se produce la automatización de una de las tareas, la interferencia negativa de la DT sobre la marcha podrá ser minimizada. Como la cinta de correr promueve la automaticidad de un mejor patrón locomotor, debido a la repetición que favorece el aprendizaje motor, el estudio trató de investigar si el entrenamiento en cinta de correr puede mejorar el desempeño de marcha en DT en personas con EP. Tres individuos fueron evaluados en la fase *on* del medicamento antiparkinsoniano en

cuanto a la cinemática (*Qualisys Motion Capture System*), mientras se realizaba la marcha simultáneamente a actividades cognitivas. Posteriormente, los individuos realizaron un entrenamiento de 20 minutos en la cinta y fueron evaluados de nuevo durante la marcha en actividades cognitivas. Hubo aumentos en longitud de la pasada ($p=0,01$), la longitud del paso ($p=0,01$) y en el tiempo total del abalanzar ($p=0,03$) y una disminución de en tiempo total de apoyo ($p=0,03$). Estos resultados indican que el entrenamiento en cinta puede promover la mejora en el rendimiento de marcha en DT en personas con EP, y que se necesitan estudios longitudinales con este enfoque de investigación.

Palabras clave | Enfermedad de Parkinson/rehabilitación; Fenómenos Biomecánicos.

INTRODUÇÃO

Devido ao crescente processo de envelhecimento da população mundial, tem ocorrido um aumento na incidência de desordens neurológicas progressivas, nas quais está inserida a Doença de Parkinson (DP). Estima-se que em 2020, cerca de 40 milhões de pessoas em todo o mundo serão acometidas por essa patologia¹.

Uma das causas para os sinais e sintomas apresentados é um desequilíbrio nos núcleos da base. Considerando que os núcleos basais desempenham uma importante função no controle de movimentos repetitivos e aprendidos, os indivíduos com DP não realizam adequadamente movimentos sequenciais automáticos, tais como a marcha², consistindo em um dos principais e mais incapacitantes problemas apresentados por essa população³.

A marcha na DP é caracterizada por algumas alterações nas variáveis espaço-temporais e angulares, como diminuição na velocidade, no comprimento da passada e no balanceio dos membros superiores, aumento compensatório na cadência e na variabilidade entre as passadas, redução na amplitude de extensão do quadril na fase de apoio médio, na flexão de joelho durante o balanço e na flexão plantar durante a fase de impulsão^{4,5}.

Durante a vida diária, a mobilidade exige a necessidade de executar mais de uma tarefa simultaneamente, situação denominada Dupla Tarefa (DT)⁶. A capacidade de realizar uma tarefa secundária é altamente vantajosa durante a marcha, pois permite a comunicação entre pessoas, o transporte de objetos e o monitoramento do ambiente, a fim de evitar situações que ameacem o equilíbrio⁷.

Nos indivíduos saudáveis, as regiões corticais motoras iniciam os movimentos, enquanto os núcleos da base os executam, regulam e refinam, deixando o córtex motor livre para outras tarefas que requeiram atenção⁸. Na DP, como a automaticidade promovida pelos núcleos basais

é prejudicada, um controle consciente constante torna-se necessário para a marcha⁹. Desse modo, quando há a realização de uma atividade concorrente a essa função, as regiões frontais ficam dedicadas à tarefa secundária e a marcha é predominantemente controlada pelos núcleos basais defeituosos, o que gera a interferência negativa da DT sobre a marcha¹⁰.

Um dos modelos que contribuem para explicar essa interferência é o “Modelo da Capacidade ou Compartilhamento de Recursos”, baseado no argumento de que os recursos atentos cerebrais são limitados. Isso significa que quando uma pessoa executa duas tarefas simultaneamente, os recursos neurais devem ser divididos entre elas. A interferência da DT ocorre se a capacidade de recursos atentos disponíveis for excedida, resultando na diminuição do desempenho de uma ou ambas as tarefas¹¹.

Outra possível explicação para a interferência negativa da DT sobre a marcha parkinsoniana está nas deficiências cognitivas relacionadas a funções executivas, principalmente atenção e memória operacional. De acordo com essa teoria, não haveria uma limitação dos recursos atentos prejudicando a realização da marcha em DT, mas o problema estaria nas disfunções executivas e na dificuldade cognitiva dos indivíduos com DP em gerenciar tarefas simultâneas¹².

Diante disso, as alterações encontradas na marcha parkinsoniana se acentuam mediante situações de DT. Um estudo comparando as características da marcha em DT entre indivíduos com DP e saudáveis encontrou maiores reduções na velocidade e no comprimento do passo na DP, além de maior aumento na variabilidade entre as passadas e na assimetria de marcha nestes indivíduos, fatores predisponentes a quedas¹³.

As tarefas concorrentes à marcha variam quanto ao tipo, podendo ser cognitivas ou motoras. Atividades

cognitivas incluem tarefas atentas ou cálculos aritméticos, fluência verbal ou conversacional e tarefas de memória. Já as atividades motoras incluem carregar ou manipular objetos¹⁴. O'Shea *et al.*⁷ observaram que a marcha na DP é prejudicada igualmente pela realização de tarefas secundárias cognitivas e motoras. No entanto, outros estudos mostraram que a tarefa cognitiva apresenta maior interferência negativa sobre a marcha quando comparada à tarefa motora^{2,6}.

Diante da piora na qualidade de marcha em situações de DT, os indivíduos com DP sempre foram orientados a evitar essas circunstâncias⁸. Em contrapartida, recentes evidências têm demonstrado que a realização de um treinamento de marcha associado a atividades secundárias é capaz de melhorar as variáveis relacionadas ao desempenho de marcha em DT na DP¹⁵⁻¹⁷.

Canning *et al.*¹⁵ realizaram o primeiro estudo envolvendo intervenção de marcha em múltiplas tarefas em indivíduos com DP e encontraram aumento na velocidade de marcha em DT. Yogev-Seligmann *et al.*¹⁶ realizaram um estudo piloto contendo um treinamento de marcha associado à DT na DP e encontraram aumentos na velocidade de marcha, bem como diminuição na variabilidade entre as passadas em situações de DT. Brauer e Morris¹⁷ realizaram uma intervenção de marcha em DT, verificando os efeitos imediatos do treinamento sobre a marcha nessa condição após uma sessão de 20 minutos. Os resultados mostraram aumentos no comprimento do passo e na velocidade de marcha em circunstâncias de DT.

No entanto, as causas para essas melhoras ainda não foram esclarecidas. Não se sabe se as mudanças aconteceram devido ao treino específico com DT, que possibilitou um melhor gerenciamento das tarefas, ou devido simplesmente ao treino de marcha, que promoveu automatização de um melhor padrão locomotor e consequente melhora na DT. Tendo como base a visão trazida pelo Modelo da Capacidade ou Compartilhamento de Recursos, para minimizar a demanda atenta exigida pela DT e não exceder os recursos neurais disponíveis, seria necessária a automatização de uma das tarefas¹¹. Como a automaticidade da marcha é diminuída na DP, um treinamento com enfoque apenas na marcha pode automatizar o padrão locomotor treinado e reduzir a demanda de atenção sobre essa atividade após o treino, o que possibilitaria a realização de tarefas secundárias mais desafiadoras¹⁴.

Partindo dessa premissa, será que apenas um treino de marcha, mesmo não estando em um contexto específico de DT, seria capaz de melhorar o desempenho de

marcha na DT em indivíduos com DP? Não há estudos que mostrem a influência de um treino de marcha isoladamente sobre as variáveis de marcha em DT em pessoas com DP.

Algumas pesquisas têm apontado a esteira como um excelente recurso de treinamento de marcha na DP. O equipamento pode funcionar como uma pista externa, mediada pelos receptores proprioceptivos, estabelecendo externamente o ritmo do passo, para compensar a deficiência de regulação interna dos núcleos basais; ou então, a esteira pode ativar circuitos neuronais denominados geradores centrais de padrão¹⁸. Um período de treinamento de 20 minutos na esteira foi cientificamente comprovado como o tempo mínimo capaz de causar mudanças significativas na marcha parkinsoniana¹⁹.

Assim, esta pesquisa se propõe a investigar os efeitos de uma sessão de treinamento de marcha na esteira sobre o desempenho de marcha em DT no solo em indivíduos com DP. É necessário investigar se o treino apenas locomotor, priorizando o Modelo do Compartilhamento de Recursos, seria capaz de melhorar a marcha em DT. A tarefa secundária à marcha foi de natureza cognitiva, devido à maior interferência negativa que exerce sobre a marcha.

METODOLOGIA

Este estudo de caso foi realizado no Laboratório de Intervenção e Análise do Movimento (LIAM), localizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no período de junho de 2012, onde participaram 3 indivíduos com DP, 2 do sexo masculino e 1 do sexo feminino, amostra de um estudo piloto.

Os indivíduos foram recrutados da lista de pacientes atendidos no setor de Fisioterapia do Hospital Universitário Onofre Lopes (Natal/RN), a partir de ligações telefônicas. Apresentavam idades iguais a 54, 68 e 70 anos, diagnóstico de DP idiopática, grau de progressão da doença equivalente ao estágio 3 da Escala de Hoehn e Yahr Modificada, faziam uso regular de medicações antiparkinsonianas e tinham capacidade de deambular independentemente sem dispositivos de auxílio.

A avaliação cinemática da marcha em DT no solo foi realizada pelo *Qualisys Motion Capture Systems* (*Qualisys Medical AB*, 411 13 Gothenburg, Suécia), que permite o registro das variáveis espaço-temporais da marcha e das variações angulares referentes às articulações do quadril, joelho e tornozelo (Figura 1).

Para o treinamento da marcha, utilizou-se uma esteira elétrica *Gait Trainer 2* (*Biodex Medical System*, NY, EUA). Acoplado à esteira, há um sistema de suspensão de peso. Entretanto, como os pacientes não fizeram uso do sistema de suporte de peso neste estudo, o colete foi utilizado apenas para proporcionar segurança (Figura 2).

Os procedimentos do estudo foram realizados em dois dias. No primeiro dia, realizou-se a avaliação cinemática da marcha em DT no solo. No segundo dia,

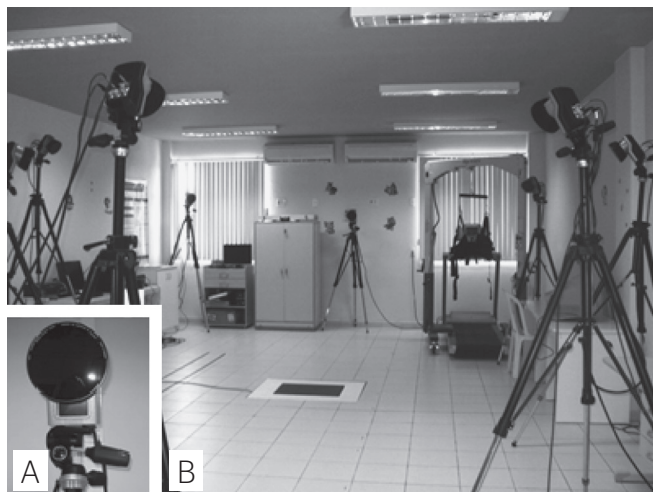


Figura 1. Câmera do Sistema Qualisys (A) e disposição das câmeras (B)



Figura 2. Esteira Elétrica

os indivíduos foram submetidos a um treinamento na esteira e à reavaliação cinemática da marcha em DT no solo. Houve um intervalo de um dia entre a avaliação, realizada por um pesquisador 1, e o treinamento, realizado por um pesquisador 2.

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa para Seres Humanos da Universidade Federal Do Rio Grande do Norte, sob parecer nº 146.802/2012. Inicialmente, os voluntários foram informados acerca dos objetivos da pesquisa e assinaram a um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Em seguida, foi realizada a avaliação cinemática da marcha em DT no solo. Os marcadores anatômicos foram fixados através de fitas adesivas dupla-face e reforçados com esparadrapos, enquanto os marcadores de rastreamento foram acoplados aos segmentos corporais através de faixas elásticas e velcros (Figura 3).

Após a devida colocação dos marcadores e a calibração do equipamento, foi realizada uma coleta estática, a fim de informar ao sistema o posicionamento dos segmentos corporais e possibilitar a posterior reconstrução do modelo biomecânico. O indivíduo permaneceu em posição ortostática, com os braços cruzados sobre o tórax, os pés afastados e voltado para uma das câmeras. Nessa posição, foi efetuada uma filmagem com duração de 3 segundos.

Em seguida, as marcas anatômicas foram retiradas para a realização das coletas dinâmicas. Permaneceram posicionados apenas os marcadores de rastreamento referentes aos segmentos coxa e perna, assim como os marcadores presentes na cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e calcâneo, os quais corresponderam ao segmento pé.

Os indivíduos foram instruídos a percorrer uma distância de 8 metros, caminhando em uma velocidade máxima confortável, enquanto realizavam uma tarefa cognitiva. Em cada volta, era sorteada uma letra do alfabeto, e o indivíduo deveria caminhar e dizer o maior número de palavras possível começando com essa letra. Dez coletas dinâmicas foram realizadas.

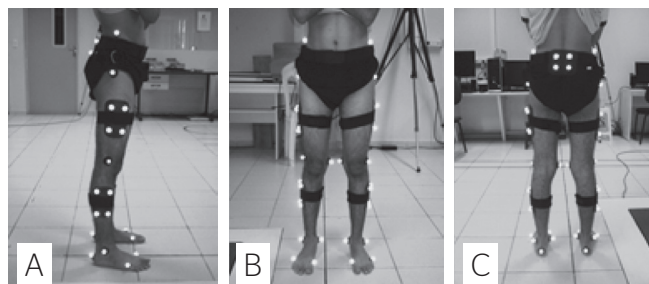


Figura 3. Posicionamento dos marcadores nas vistas lateral (A), anterior (B) e posterior (C)

No segundo dia, os indivíduos realizaram um treino de marcha em esteira, com duração de 20 minutos. A velocidade estabelecida foi definida pelo paciente como a máxima confortável, ou seja, a pessoa deveria andar o mais rapidamente possível sem a ocorrência de qualquer tipo de dor ou desequilíbrio. Os sinais vitais (frequência cardíaca e pressão arterial) foram monitorados antes, durante e após a sessão.

Imediatamente após o treino na esteira, foi feita a reavaliação da marcha no solo, na condição de DT, através de dez capturas dinâmicas, igualmente aos procedimentos realizados no primeiro dia.

A análise estatística foi realizada pelo programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 19.0. O teste *t* pareado comparou os dados antes e após a intervenção, com um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Após o treino, os resultados evidenciaram aumento no comprimento da passada, no comprimento do passo e no tempo total de balanço (%), assim como diminuição no tempo total de apoio (%), durante a marcha em DT. Os valores das variáveis espaço-temporais, referentes à etapa de avaliação (pré) e à reavaliação após o treinamento na esteira (pós), estão dispostos na Tabela 1.

As variáveis angulares nas articulações não apresentaram alterações.

DISCUSSÃO

Este estudo investigou os efeitos imediatos do treino em esteira sobre a marcha parkinsoniana em condição de DT no solo. Os resultados evidenciaram melhoras nas variáveis espaço-temporais dos 3 indivíduos após o treinamento.

Tabela 1. Valores em média e desvio-padrão das variáveis espaço-temporais antes e após o treinamento

Variáveis	Pré-treinamento	Pós-treinamento
Velocidade (m/s)	0,69±0,11	0,86±0,11
Comprimento da passada (m)	0,91±0,01	1,08±0,02*
Largura da passada (m)	0,11±0,03	0,10±0,02
Tempo total de apoio (%)	0,64±0,005	0,61±0,01*
Tempo total de balanço (%)	0,35±0,01	0,38±0,01*
Tempo de duplo suporte (%)	0,14±0,005	0,08±0,05
Comprimento do passo (MA)	0,48±0,01	0,55±0,02*
Tempo de apoio - MA (%)	0,32±0,005	0,31±0,01
Tempo de balanço - MA (%)	0,17±0,005	0,18±0,01

MA: Membro mais acometido. *p<0,05

A análise das variáveis espaço-temporais mostrou aumento no comprimento do passo e da passada. A hipocinesia de marcha presente na DP reflete a dificuldade em regular internamente o comprimento da passada e ativar o sistema de controle motor. Entretanto, estudos têm mostrado que o indivíduo com DP pode gerar um padrão de passo normal na presença de estimulação sensorial adequada, pois apesar das projeções pálido-corticais internas defeituosas, as circuitarias intactas do córtex pré-motor são ativadas e controlam externamente os movimentos guiados. Sendo assim, a ritimicidade constante fornecida pela esteira funcionaria como uma pista externa. Além disso, a informação visual, fornecida pelo fluxo óptico e pela distância do pé à frente da esteira, também tem sido sugerida como um possível mecanismo em que a esteira promove mudanças no passo na DP²⁰.

Outra possível explicação para benefícios decorrentes do treino em esteira estaria relacionada aos Geradores Centrais de Padrão (GCP's). O tapete da esteira força o sujeito ao passo, através da facilitação do alongamento de flexores de quadril e flexores plantares no fim da fase de apoio. Como ambos os membros são automaticamente puxados para trás, os aferentes transmitem impulsos aos GCP's, resultando em um padrão de marcha regular¹⁹.

Em relação à melhora mesmo em situação de DT, a prática repetida dos movimentos na esteira pode ter possibilitado a automatização do padrão locomotor treinado, uma vez que a repetição é um pré-requisito básico para a aprendizagem motora²¹. Como não foi realizado um treinamento cognitivo, não foi avaliada a capacidade de gerenciamento das diferentes tarefas pelo indivíduo. Porém, se apenas o treino motor foi capaz de melhorar as variáveis espaço-temporais da marcha em DT, não se pode descartar a hipótese da maior automatização de uma das tarefas como alternativa para minimizar a interferência negativa da DT sobre a marcha, seguindo a hipótese trazida pelo Modelo de Compartilhamento de Recursos.

O aumento no tempo de balanço e a diminuição no tempo de apoio indicam maior capacidade para a troca do passo e maior equilíbrio, minimizando o risco de quedas⁴.

Considerando que apenas uma sessão de treino na esteira foi capaz de gerar mudanças significativas na marcha em DT, esse instrumento aliado a diversas sessões de prática pode ser eficaz para minimizar a interferência negativa da DT sobre a marcha na DP. Mesmo sem estar associada ao treino de atividades cognitivas, a esteira pode promover melhora no desempenho de marcha em DT no solo na DP.

Como esta pesquisa verificou apenas os efeitos imediatos do treino em esteira sobre a marcha em DT, apresentou

um número amostral limitado e não avaliou a capacidade de gerenciamento de diferentes tarefas, sugere-se que futuros estudos investiguem os efeitos da esteira longitudinalmente e em um número maior de indivíduos, acrescentando um grupo controle para fins de comparação e analisando os aspectos cognitivos.

CONCLUSÃO

Uma sessão de treino de marcha na esteira foi capaz de gerar melhoras nas variáveis espaço-temporais da marcha em DT na DP, o que até então não havia sido mostrado por estudos anteriores. Esses resultados sugerem que o treino em esteira pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho de indivíduos com DP na fase moderada durante a marcha em DT em solo, minimizando a interferência negativa da DT.

REFERÊNCIAS

- Morris ME. Movement disorders in people with Parkinson's disease: a model for physical therapy. *Phys Ther.* 2000;80(6):578-97.
- Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, *et al.* Attending to the task: interference effects of functional tasks on walking in Parkinson's disease and the roles of cognition, depression, fatigue, and balance. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(10):1578-85.
- Bello O, Marquez G, Cambor M, Fernandez-Del-Olmo M. Mechanisms involved in treadmill walking improvements in Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2010;32(1):118-23.
- Peppe A, Chiavalon C, Pasqualetti P, Crovato D, Caltagirone C. Does gait analysis quantify motor rehabilitation efficacy in Parkinson's disease patients? *Gait Posture.* 2007;26(3):452-62.
- Bello O, Sanchez JA, Fernandez-del-Olmo M. Treadmill walking in Parkinson's disease patients: adaptation and generalization effect. *Mov Disord.* 2008;23(9):1243-49.
- Galletly R, Brauer SG. Does the type of concurrent task affect preferred and cued gait in people with Parkinson's disease? *Aust J Physiother.* 2005;51(3):175-80.
- O'Shea S, Morris ME, Iansek R. Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. *Phys Ther.* 2002; 82(9):888-97.
- Morris M, Iansek R, McGinley J, Matyas T, Huxham F. Three-dimensional gait biomechanics in Parkinson's disease: evidence for a centrally mediated amplitude regulation disorder. *Mov Disord.* 2005;20(1):40-50.
- Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, Willems AM, Kwakkel G, *et al.* Walking speed during single and dual tasks in Parkinson's disease: which characteristics are important? *Mov Disord.* 2008;23(16):2312-8.
- Brauer SG, Woollacott MH, Lamont R, Clewett S, O'Sullivan J, Silburn P, *et al.* Single and dual task gait training in people with Parkinson's disease: a protocol for a randomised controlled trial. *BMC Neurol.* 2011;11(90):1-6.
- Wu T, Hallett M. Neural correlates of dual task performance in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2008;79(7):760-6.
- Rochester L, Galna B, Lord S, Burn D. The nature of dual-task interference during gait in incident Parkinson's disease. *Neuroscience.* 2014; 265:83-94.
- Yogev, G, Giladi N, Peretz C, Springer S, Simon ES, Hausdorff JM. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: Which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci.* 2010;22(5):1248-56.
- Kelly VE, Eusterbrock AJ, Shumway-Cook A. A review of dual-tasking walking deficits in people with Parkinson's disease: motor and cognitive contributions, mechanisms, and clinical implications. *Parkinsons Dis.* 2012;2012:918719.
- Canning CG, Ada L, Woodhouse E. Multiple-task walking training in people with mild to moderate Parkinson's disease: a pilot study. *Clin Rehabil.* 2008;22(3):226-33.
- Yogev-Seligmann G, Giladi N, Brozgov M, Hausdorff JM. A training program to improve gait while dual tasking in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(1):176-81.
- Brauer SG, Morris ME. Can people with Parkinson's disease improve dual tasking when walking? *Gait Posture.* 2010;31(2):229-33.
- Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Treadmill training for the treatment of gait disturbances in people with Parkinson's disease: a mini-review. *J Neural Transm.* 2009;116(3):307-18.
- Bello O, Fernandez-Del-Olmo M. How does the treadmill affect gait in Parkinson's disease? *Curr Aging Sci.* 2012;5(1):28-34.
- Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, *et al.* The effects 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(5):999-1006.
- Arya KN, Pandian S, Verma R, Garg RK. Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review. *J Bodyw Mov Ther.* 2011;15(4):528-37.