FERNANDA FREITAG

Uma nova proposta de treinamento da tarefa dupla em pacientes com doença de Parkinson e idosos saudáveis

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Neurologia

Orientadora: Profª. Drª. Sonia Maria Dozzi Brucki

(Versão corrigida. Resolução CoPGr 6018/11, de 13 de outubro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

SÃO PAULO

2019

FERNANDA FREITAG

Uma nova proposta de treinamento da tarefa dupla em pacientes com doença de Parkinson e idosos saudáveis

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Neurologia

Orientadora: Profª. Drª. Sonia Maria Dozzi Brucki

(Versão corrigida. Resolução CoPGr 6018/11, de 13 de outubro de 2011. A versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

SÃO PAULO

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Freitag, Fernanda
Uma nova proposta de treinamento da tarefa dupla em pacientes com doença de Parkinson e idosos saudáveis / Fernanda Freitag. -- São Paulo, 2019.
Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Neurologia.
Orientadora: Sonia Maria Dozzi Brucki.

Descritores: 1.Cognição 2.Doença de Parkinson 3.Função executiva 4.Idoso 5.Teste de sequência alfanumérica 6.Realidade virtual 7.Equilíbrio postural

USP/FM/DBD-224/19

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

DEDICATÓRIA

*Eu dedico primeiramente a **Deus**, que me deu o privilégio de poder fazer parte desta família HC, desde a minha especialização até o mestrado, e aos amigos que eu fiz nestes períodos e que permanecem em minha vida.*

*Aos meus pais, **Alexandre Rocha Freitag e Elisabeth Reich Freitag**, que sempre estiveram nos bastidores me apoiando e me impulsionando a querer sempre mais e me ensinando a dar sempre o melhor em tudo o que eu faço.*

*Ao meu noivo e companheiro **Cesar Busnardo Neto**, que entrou em minha vida no meio desta jornada e me ajudou a enfrentar os obstáculos, me elevou e me deu coragem a prosseguir.*

*E, por último, mas não menos importante, ao meu irmão mais velho, **Alexandre Rocha Freitag Filho**, quem me incentivou a entrar no programa de mestrado e a quem tenho grande orgulho e admiração profissional.*

AGRADECIMENTOS

*À professora doutora **Mariana Callil Voos**, que muitas vezes saiu de cima do palco e caminhou junto comigo, lado a lado, além de mostrar uma humildade e um acolhimento ímpar. A professora Mariana sempre me estimulou a subir neste palco, pois sabia que lá do alto a vista era muito mais linda. Muito obrigada por todo o apoio, por todas as infinitas ajudas, por ter acreditado em mim e ter confiado na minha capacidade. Nem a distância a fez desacreditar que seria possível. Obrigada por vibrar junto comigo em cada conquista, mesmo nas pequenas, mas que você as transformava em grandes. Daqui em diante, cabe a mim tentar subir neste palco e andar lado a lado contigo, muito obrigada!*

*Ao professor doutor **Erich Talamoni Fonoff**, que se dispôs gentilmente a auxiliar nesse projeto de mestrado. Abriu as portas do Instituto de Psiquiatria do HC para a pesquisa, me oportunizou acompanhar a equipe de neurocirurgia, além de todos os ensinamentos em DP.*

*À professora doutora **Sonia Maria Dozzi Brucki**, pelo apoio e pelas sugestões e orientações realizadas nesse projeto de mestrado.*

*Às minhas colegas de pesquisa, **Alessandra Ferreira Barbosa Lee**, **Débora Cristina Valente Francato,** em especial à **Carolina de Oliveira Souza**, que me*

*ajudou e me conduziu no início desse projeto, me apresentou aos profissionais da equipe do Hospital das Clínicas, bem como à **Janini Chen**, que vem me ajudando muito ao longo desta jornada.*

*Aos **profissionais do IPQ**, que sempre me receberam de forma cordial e solícita, disponibilizaram salas para as coletas e muitas vezes até ajudaram a carregar os tapetes.*

*A todos os **pacientes participantes**, que se disponibilizaram a ir ao ambulatório para realizar a pesquisa de forma voluntária. Sem vocês esta pesquisa não teria sido possível.*

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu. Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou; Tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derrubar, e tempo de edificar; Tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar.”

Eclesiates 3:1-4

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as normas em vigor no momento desta publicação: Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias.*

Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentações; 2011.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas

Resumo

Abstract

1 INTRODUÇÃO 16

2 OBJETIVOS 21

2.1 Objetivo primário 21

2.2 Objetivos secundários 21

3 REVISÃO DE LITERATURA 22

3.1 Envelhecimento 22

3.2 Doença de Parkinson 23

3.3 Controle postural 27

3.4 Treinamento cognitivo-motor 29

4 MÉTODOS 32

5 RESULTADOS 37

6 DISCUSSÃO 43

7 CONCLUSÃO 49

8 ANEXOS 50

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

Apêndice

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP na parte A da Tarefa de Deambulação Funcional. 39
Figura 2: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP na parte B da Tarefa de Deambulação Funcional. 40
Figura 3: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP no *Trail Making Test* (TMTA e TMTB antes e após a tarefa de deambulação funcional). 41
Figura 4: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP no TUG antes e depois da TDF. 42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Clínicas dos grupos controle e DP 37

LISTA DE ABREVIAÇÕES

BBS *Berg Balance Scale*

C Controle

DGI *Dynamic Gait Index*

DP Doença de Parkinson

FAB *Frontal Assessment Battery*

FAT *Functional Ambulation Task*

FES-I *Fall Efficacy Scale*

FOG-Q *Freezing of gait questionnaire*

GAITRite *Assessment of level of walking performance*

GDS *Geriatric Depression Scale*

HY *Hoehn & Yahr Stage Scale*

MEEM Mini-Exame do Estado Mental

Min *Minutes*

MiniBest *Mini-Balance Evaluation Systems Test*

MoCA *Montreal Cognitive Assessment*

PDQ-39 Questionário de qualidade de vida da doença de Parkinson

SD *Standard deviation*

SF-36 Questionário do estado de saúde

SRT *Serial reaction time*

TDF Tarefa de Deambulação Funcional

TMT *Trail Making Test*

TUG *Timed Up and Go Test*

UPDRS *Unified Parkinson´s Disease Rating Scale*

VFT *Verbal Fluency Test*

VR *Virtual reality*

WAIS-III *Wechsler Adult Intelligence Scale*

WEFT *Walking Executive Function Task*

WHOQOL_OLD *World Health Organization Quality of Life for Older Persons*

Yrs *Years*

10 MWT *Ten Meters Walk Test*

6MWT *Six Minute Walk Test*

Freitag F. *Uma nova proposta de treinamento da tarefa dupla em pacientes com doença de Parkinson e idosos saudáveis* [dissertação]. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2019.

INTRODUÇÃO: O número de idosos com mais de 60 anos está aumentando no Brasil e no mundo, o que resulta no alargamento do topo da pirâmide etária populacional. Dentre as principais doenças que acometem os idosos está a doença de Parkinson (DP), que atinge aproximadamente 0,1% da população mundial. Entre os principais sinais e sintomas estão os tremores, a bradicinesia, a rigidez articular, as alterações posturais e da marcha. Mais de 50% dos pacientes com DP tem alguma forma de alteração cognitiva e os domínios habitualmente afetados são a função executiva, a percepção visuoespacial e a memória. **OBJETIVOS:** Essa dissertação teve como objetivos (1) descrever e comparar a aprendizagem de idosos saudáveis com a de pacientes com DP em uma tarefa cognitivo-motora e em escalas de avaliação funcional, (2) investigar se há retenção dessa aprendizagem após uma semana e após um mês. **MÉTODOS:** O presente estudo propõe uma nova forma de resposta (deambulação) ao *Trail Making Test* (TMT), para investigar novas interações da idade e da escolaridade. Ampliamos a superfície do teste (17 vezes maior que o original) e criamos um tapete antiderrapante com o trajeto, que foi denominado Tarefa de Deambulação Funcional (TDF). **RESULTADOS:** Houve ganhos na função executiva, no equilíbrio e na marcha para ambos os grupos. Os pacientes com DP mostraram aprendizagem da tarefa cognitivo-motora com o protocolo de 24 repetições, divididas em três sessões. O aprendizado se manteve após uma semana e após um mês. **CONCLUSÃO:** O treino de deambulação que envolve função executiva é benéfico para melhora da velocidade, mudança de direção na marcha e da atenção para ambos os grupos.

Descritores: Cognição; Doença de Parkinson; Função executiva; Idoso; Teste de sequência alfanumérica; Realidade virtual; Equilíbrio postural.

Freitag F. *A new proposal of dual task training in patients with Parkinson's disease and healthy elderly* [dissertation]. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2019.

INTRODUCTION: The number of elderly people over 60 years old is increasing in Brazil and in the world, resulting in the enlargement of the top of the population pyramid. Among the major diseases that affect the elderly is Parkinson's disease (PD), which affects approximately 0.1% of the world population. Signs and symptoms include tremor, bradykinesia, joint stiffness, postural changes, and gait. More than 50% of patients with PD have some form of cognitive alteration, such as executive dysfunction, visuospatial perception deficits and memory loss. **OBJECTIVES:** This dissertation had as objectives (1) to describe and compare the learning of healthy elderly individuals with PD patients in a cognitive-motor task and in functional evaluation scales, (2) to investigate whether there is retention of this Learning after one week and after one month. **METHOD:** The present study proposes a new form of response (ambulation) to the Trail Making Test (TMT) to investigate new interactions of age and number of years of formal education. TMT was 17 times larger and printed a non-slippery mat. This new test was called Walking Executive Function Task (WEFT). **RESULTS:** Had gains in executive function, balance and gait were reported after interventions for both groups. Patients with PD were able to learn the cognitive-motor task during the protocol of 24 repetitions, divided into three sessions. The performance was kept for one week and for one month after training. **CONCLUSION:** The ambulatory training that involves executive function is beneficial to improve the speed and change of direction in the gait and attention for both groups.

Descriptors: Cognition; Parkinson disease; Executive function; Elderly; Trail making test; Virtual reality; Postural balance.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Saúde, no ano de 2016 o Brasil possuía a quinta maior população idosa do mundo, com cerca de 28 milhões de pessoas com 60 anos ou mais, sendo que o grupo etário que mais cresce são os idosos longevos, que vivem mais de 80 anos. O alargamento do topo da pirâmide etária pode ser observado pelo crescimento da participação relativa da população acima dos 65 anos, que era de 4,8% em 1991, passando a 5,9% em 2000, chegando a 7,4% em 2010 e, 9,2% em 2018 (IBGE, 2010 e 2017).

Com o envelhecimento, as alterações anatômicas e as doenças osteoarticulares e neurológicas tornam-se mais evidentes. Dentre as principais doenças que acometem os idosos está a doença de Parkinson (DP). Atinge todos os grupos étnicos e classes socioeconômicas. Apresenta predominância no sexo masculino e afeta aproximadamente 0,1% da população geral e 1% a 2% da população acima de 65 anos (Gonçalves *et al.,* 2011; Monteiro *et al.,* 2014). No Brasil, os dados mostram que 3,3% da população acima de 64 anos são diagnosticados com a DP (Caramelli, 2011).

Quando aproximadamente 80% dos neurônios da substância negra são perdidos, a DP torna-se evidente e os indivíduos começam a vivenciar muitas dificuldades (Michel *et al.,* 2013*;* Kalia *et al.,* 2015) como, por exemplo, tremores, bradicinesia, rigidez articular, dificuldades na fala e na escrita e, alterações posturais e da marcha. Estudos prévios demonstraram que o núcleo pedunculopontino (NPC) é um componente importante da região locomotora no tronco encefálico e uma estrutura fundamental para a postura e a deambulação

(Ullo, 2018; Bhat *et al.,* 2018). Tais comprometimentos geram prejuízos na qualidade de vida, limitam a independência funcional, causam isolamento e, podem inclusive levar a óbito (Hindle *et al.*, 2014).

Além dos sintomas motores, diversos sintomas não motores são descritos em indivíduos com DP. O comprometimento cognitivo leve pode afetar 25% dos pacientes. Nas fases mais avançadas, 80% dos casos evoluem para demência (Vasconcellos *et al.,* 2015). Esses pacientes tem um risco aumentado em quase seis vezes de desenvolver demência, em comparação com controles saudáveis. Estima-se que 3 a 4% dos casos de demência na população em geral se devem à DP (Baldivia *et al.,* 2011). O déficit cognitivo aumenta o índice de morbidade e mortalidade e pode estar presente como disfunção executiva leve, mesmo nos estágios iniciais. A demência na DP está associada a alterações corticais da função visuoespacial, função executiva, memória e linguagem, por disfunção frontoestriatal (Hindle *et al.,* 2014).

Sempre que são formulados planos de ação ou sequências de respostas há envolvimento das funções executivas na seleção e organização das respostas. As funções executivas envolvem um conjunto de habilidades, que de forma integrada, possibilitam ao indivíduo direcionar comportamentos a objetivos, realizando ações voluntárias. Engloba a flexibilidade cognitiva e a tomada de decisões, com grande ativação dos lobos frontais. Opera por meio de redes neurais interativas e sobrepostas, distribuídas nos córtices de associação (principalmente o córtex pré-frontal). Essas redes alimentam o ciclo atenção - percepção - memória - ação, constituindo assim as unidades básicas do processamento executivo (Fuster, 2003; Peterson *et al.*, 2016).

Como a maioria das atividades de vida diária envolvem tarefas duplas, o treinamento de tarefas cognitivo-motoras é importante para a reabilitação de pacientes com DP. Sabe-se que pacientes com DP melhoram seu desempenho quando praticam tarefas duplas. No entanto, não há consenso sobre como os pacientes com DP devem praticar essas tarefas. Muitos estudos mostraram a importância das pistas visuais, auditivas, verbais e mnemônicas (por exemplo, a prática mental). Embora as pistas ajudem o engajamento da atenção durante o equilíbrio e a marcha, elas podem competir com outros componentes cognitivos exigidos na vida diária ou múltiplas-tarefas (Springer *et al.,* 2006; Rochester *et al.,* 2009; Brauer *et al.,* 2011).

Estudos revelam que as pistas rítmicas ajudam os pacientes com DP a substituir o controle automático típico da marcha por um movimento mais consciente, facilitando a caminhada. Neste caso, a atividade cortical aumentada observada durante o movimento dirigido compensaria a disfunção estriatal (Vitorio *et al.,* 2014). O uso dessa técnica está associado a padrões alterados de atividade neural, mais especificamente, com melhora da atividade no córtex premotor lateral (Young *et al.,* 2014).

Dentre algumas escalas usadas para avaliar a função executiva estão o Teste de Trilhas ou *Trail Making Test* (TMT*)*, o Teste do relógio, a Torre de Hanói*,* o teste de *Stroop*, entre outros. Estudos do nosso grupo evidenciaram a dificuldade em tarefas visuomotoras envolvendo função executiva em pacientes com DP, como, por exemplo, no TMT. (Souza *et al*., 2013; Voos *et al*., 2014; Voos *et al*., 2017).

O TMT é um teste de lápis e papel, formado por duas partes: A e B. A parte A o indivíduo deve ligar números de 1 a 25. Na parte B, deve alternar números e letras (1, A, 2, B, 3, C, etc.). Com uma forma nova de resposta ao TMT (deambulação), foi possível investigar novos efeitos e novas interações na aprendizagem cognitivo-motora do paciente com DP. Por isso, além de solicitarmos ao voluntário que realizasse o teste da forma tradicional, ou seja, riscando o papel, ampliamos a superfície do teste e criamos um tapete antiderrapante com o trajeto. O voluntário deambulava por cima deste e pisava com os dois pés sobre cada círculo antes de seguir para o próximo número. Com essa modificação, além de coordenação motora, passamos a exigir mudanças de direção, transferência de peso, equilíbrio estático e dinâmico. A esta nova versão do teste, demos o nome de Tarefa de Deambulação Funcional (TDF) (Voos, 2010; Voos *et al*., 2017).

O treino de tarefas cognitivo-motoras é importante para o processo de reabilitação de pacientes com DP. Na realização de tarefas cognitivas associadas à deambulação, pacientes com DP apresentam redução da velocidade da marcha, do comprimento dos passos e mais episódios de *freezing* (congelamento). Na tarefa dupla, além do processamento através dos núcleos da base, ocorre maior ativação de regiões frontais e pré-frontais. Em pacientes com DP, o controle consciente (cortical) é usado em situações que anteriormente eram automáticas (Barbosa *et al*., 2017). Portanto, o aumento de demanda cortical na tarefa dupla gera sobrecarga com ativação de áreas frontais e pré-frontais. A falha de controle cortical e subcortical pode gerar erros na velocidade, amplitude, força na tarefa motora (Brauer *et al.,* 2011). Embora os recursos

cognitivos e motores sejam exigidos na maioria das atividades de vida diária, nem sempre esses recursos estão disponíveis em pacientes com DP. Pode haver competição entre recursos motores e cognitivos insuficientes, por outro lado, o treinamento pode otimizar o uso desses recursos (Cole *et al*., 2017; de Melo *et al*., 2018; Ferraz *et al*., 2018; Song *et al*., 2018).

Hipotetizamos que a aprendizagem de uma tarefa cognitivo-motora, no caso, a TDF, poderia ser diferente, quando comparados indivíduos saudáveis com DP. Esperávamos que os piores desempenhos ocorressem para estes indivíduos. Por outro lado, por partirem de um desempenho pior, os pacientes com DP poderiam se beneficiar mais do treinamento. Ao deambular é possível que os pacientes com DP estivessem utilizando maior número de recursos atencionais para o componente motor da tarefa e, por isso, apresentassem pior desempenho cognitivo (Voos *et al.*, 2014; Souza *et al*., 2013; Repvos *et al.,* 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo primário

Avaliar e descrever a aprendizagem de pacientes com DP, com a de idosos saudáveis (grupo controle) em uma tarefa de deambulação cognitivo-motora.

2.2 Objetivos secundários

A) Comparar o efeito do treino da tarefa de deambulação funcional entre o grupo DP e idosos saudáveis nos testes e escalas funcionais: Teste de trilhas alfanuméricas, Mini exame do estado mental, *Timed up and go test e* Escala de equilíbrio de BERG.

B) Investigar se há retenção da aprendizagem após uma semana e após um mês de treinamento de uma tarefa cognitivo-motora.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Envelhecimento

A cada ano, 650 mil novos idosos são incorporados à população brasileira (IBGE, 2010). Em 2010, existiam no país 20,5 milhões de idosos, aproximadamente 39 para cada grupo de 100 jovens. Estima-se para 2040, mais que o dobro de idosos, representando 23,8% da população brasileira, uma proporção de 153 idosos para cada 100 jovens (Miranda *et al.,* 2016).

Muitos idosos apresentam doenças crônicas ou deficiências, observando-se um aumento das demandas por atenção especializada à saúde (Bergmark *et al.,* 2000 e Ribeiro, *et al.,* 2004). Segundo Schimdt *et al*. (2011), as doenças crônicas não transmissíveis são a principal prioridade na área da saúde no Brasil. A atuação sobre esse perfil de necessidades requer assistência contínua e multidisciplinar do Sistema Público de Saúde, assegurando a realização de ações e serviços, que promovam a saúde e o bem-estar dessa população idosa de forma permanente.

De acordo com Vieira (1996) e Lopes (2000), o envelhecimento é um processo dinâmico e progressivo, no qual ocorrem modificações morfológicas, funcionais, bioquímicas e comportamentais, que podem acarretar vulnerabilidade. Com o envelhecimento, a contração muscular se torna mais lenta, há diminuição da excitabilidade neural, da força muscular e do número de fibras musculares. Ocorre atrofia das fibras do tipo II, irregularidade na estrutura dos sarcômeros, desidratação e níveis mais baixos de potássio e aumento da

quantidade de tecido conjuntivo no interior das fibras musculares (Matsudo, 2001; Souza *et al.,* 2011). Ocorrem alterações nos reflexos de proteção, controle postural e do equilíbrio, o que prejudica a mobilidade.

O envelhecimento biológico acomete de diferentes formas o funcionamento de todos os órgãos, sendo o sistema nervoso central um dos mais afetados pelo processo da senescência, com o desenvolvimento de alterações no sistema de neurotransmissores e hipotrofia cerebral (Esquenazi *et al.,* 2014). Essas modificações acontecem principalmente nas regiões responsáveis pelas funções cognitivas, como os lobos frontal e temporal (Custódio *et al.,* 2010). Estudos apontam que indivíduos com declínio cognitivo, bem como os que já possuem transtornos demenciais, são mais propensos a sofrerem quedas (Taylor *et al.,* 2012). E estas, podem causar fraturas na terceira idade o que pode levar ao imobilismo prolongado (Soares *et al.,* 2014), e comprometer a independência e a qualidade de vida (Bertoldi *et al.*, 2013).

3.2 Doença de Parkinson

A DP é crônica e degenerativa. Atinge todos os grupos étnicos e classes socioeconômicas. Apresenta predominância no sexo masculino: 1,5 a 2 vezes mais do que no sexo feminino (Bower *et al*., 1999; Von Campenhausen *et al*., 2005; Van Den Eeden *et al*., 2003). A prevalência na população é de 550 casos por 100.000 habitantes aos 70 anos de idade (Baumann, 2012).

Cursa com perda progressiva de neurônios da zona compacta da substância negra do mesencéfalo. Essa perda resulta na diminuição da

produção de dopamina, com disfunção da via nigroestriatal e subsequente perda da dopamina estriatal. Os principais sintomas são: tremor, bradicinesia, rigidez articular, alterações posturais e do equilíbrio, marcha arrastada (Sant De *et al.*, 2008). O tônus aumentado ocorre preferencialmente em musculatura flexora, levando a alterações posturais com flexão de tronco e semiflexão dos membros, conferindo ao indivíduo a postura simiesca. A postura anteriorizada com flexão de quadril, joelhos e cotovelos, faz com que haja diminuição da dissociação de membros superiores, rotação de tronco e tamanho dos passos (Bridgewater e Sharpe, 1998; Caerpenter *et al*., 2004). Prejudica a qualidade de vida, a independência funcional e causa isolamento ou pouca participação social (Bertoldi *et al.*, 2013).

O diagnóstico é estabelecido a partir dos sintomas clínicos (Berrios, 2016; Peternella *et al.*, 2009) e, para a sua caracterização, é necessário que pelo menos dois dos sintomas supracitados estejam presentes (Paulson e Stern, 1997). Acredita-se que o seu surgimento pode vir de anormalidades mitocondriais e/ou alterações do envelhecimento, devido à aceleração da perda de neurônios dopaminérgicos com o passar dos anos (Souza *et al.,* 2011) e fatores ambientais (toxinas) e/ou genéticos, que podem interagir e contribuir para o desenvolvimento da DP (Pinheiro, 2006 e Pereira *et al.,* 2010).

Existem outros sinais, tais como letra pequena e tremida, hipomimia, perturbação do sono, diminuição do volume da voz e da capacidade de articular as palavras e depressão (Barbosa *et al.,* 2017). Os sintomas podem ocorrer sozinhos ou combinados. A instabilidade postural é a causa mais comum de quedas (Amboni *et al.,* 2013). Cerca de 65% da população com DP sofrerá pelo menos uma queda em um período de 12 meses (Cole *et al*., 2010; Wood *et al.*,

2002). A fratura de quadril é a mais comum, e há quatro vezes mais chances dessa população sofrer essa lesão quando comparada a idosos saudáveis (Williams *et al*., 2006; Walker *et al*., 2013).

Os sintomas cognitivos apresentam prevalência seis vezes maior no indivíduo com DP do que na população geral e as perdas são cumulativas com o passar da idade (Caixeta & Ferreira, 2012). A demência na DP é caracterizada pela redução de iniciativa para atividades espontâneas; incapacidade de desenvolver estratégias para resolução de problemas (função executiva) e seleção de estratégia para acesso da informação; lentificação do processamento da informação; prejuízo da percepção viso espacial; prejuízo da memória (Custódio *et al.,* 2010).

Os núcleos da base (caudado, putamen, globo pálido, subtalâmico e substância negra) estão situados no mesencéfalo, diencéfalo e telencéfalo. Para eles convergem informações provenientes de diferentes áreas corticais, límbicas, talâmicas e mesencefálicas, onde são integradas e redistribuídas para estruturas subcorticais (tálamo e mesencéfalo) e áreas corticais (motora suplementar, pré-motora, pré-frontal) relacionadas ao planejamento motor (Graybiel, 1990). A execução harmoniosa dos movimentos que compõem os movimentos depende da integridade dos núcleos da base. A complexidade das interrelações entre os diferentes núcleos permitiu a construção de um modelo que pressupõe a existência de vários circuitos paralelos, córtex – núcleos da base – tálamo – córtex. Múltiplas alças de controle conectam os núcleos da base ao córtex cerebral, com diversos neurotransmissores nestes diferentes circuitos (Ponzoni *et al.*, 1995).

Os núcleos da base controlam a atividade motora, por meio da regulação de impulsos que inibem sua atividade tônica. Auxiliam o planejamento e a execução de movimentos sequenciados como, por exemplo, a marcha (Côté & Crutcher, 1991; Freund, 2002). Enviam e recebem sinais excitatórios do córtex sensório-motor, do cerebelo e do tálamo (Côté & Crutcher, 1991; Jueptner & Weiller, 1998). A principal função dessas estruturas é manter os neurônios corticais em prontidão, para organizar e executar sequências de movimentos ou programas motores, realizar a função executiva e, controlar a velocidade, a força, a amplitude de movimento. Auxiliam o córtex motor no controle de movimentos por duas vias: direta e indireta. Essas vias têm funções distintas para o controle de movimentos. A indireta está envolvida com a iniciação e finalização de movimentos e a direta é responsável pela iniciação e manutenção de programas motores (Onla-Or & Winstein, 2001; Grillner *et al.*, 2005).

A inibição do movimento, comum na DP, se dá pela via indireta. A aferência excitatória do córtex ao estriado envia projeções inibitórias gabaérgicas para o globo pálido externo. No núcleo subtalâmico, as projeções são excitatórias glutamatérgicas, permitindo a ativação dos núcleos de saída (globo pálido interno e substância negra reticulada). Dessa forma, a inibição do tálamo ao córtex aumenta e restringe o movimento (Tumas, 2013). A via nigro-estriatal modula as conexões corticais dopaminérgicas, que vão da substância negra (*pars compacta*) ao estriado.

Como a DP envolve a disfunção das células da substância negra, afeta o sistema dopaminérgico, comprometendo os padrões de movimento (Nutt e Wooten, 2005). Os neurônios dopaminérgicos da substância negra se projetam

para o estriado, onde são críticos para o controle do processamento da informação pelos gânglios da base. Essas alterações causam a redução da atividade das áreas motoras do córtex cerebral, desencadeando a diminuição dos movimentos voluntários (Tieve, 2005 e Pieruccini-Faria *et al.,* 2006).

A terapia dopaminérgica diminui sintomas como rigidez, bradicinesia e tremor na DP. Entretanto, é menos eficaz para a instabilidade postural (Olanow *et al*., 2009). A medicação pode aumentar a oscilação dos pacientes devido às discinesias induzidas pela levodopa (Marusiak *et al.*, 2012). Com a rigidez, o controle de tronco fica restrito, com impacto direto sobre o equilíbrio (Wright *et al*., 2007). Foi encontrada atividade basal aumentada dos músculos multifidos e eretores espinais torácicos em pacientes com DP, pois o tronco atua como se fosse uma unidade rígida ao invés de apresentar movimentos independentes e coordenados. Essa resposta pode aumentar o risco de desequilíbrios (Cole *et al.*, 2017). As dificuldades no controle corporal, pelo padrão alterado da ativação da musculatura de tronco, estão associadas às alterações do processamento motor central, bradicinesia, rigidez axial e redução das estratégias antecipatórias (Beuter *et al*., 2008; Chastan *et al*., 2008).

3.3 Controle postural

O controle postural é a capacidade de manter uma relação adequada entre os segmentos corporais e entre o corpo e o ambiente (Shumway-Cook *et al.,* 2003). Esse é um requisito fundamental para a realização de tarefas específicas e requer interações complexas entre os sistemas

musculoesquelético e neural (Gagey *et al.,* 2001). O controle postural é um pré-requisito para a manutenção da postura e realização de diversas atividades, pois envolve o controle da posição do corpo no espaço, de tal forma que os objetivos de estabilidade e a orientação são atingidos (Pollock *et al.*, 2000). A manutenção do equilíbrio postural é feita tanto pelas propriedades viscoelásticas dos músculos quanto por ajustes posturais vindas de informações sensoriais, visuais, vestibulares e somatossensoriais ou proprioceptivas, esta, é uma das fontes sensoriais que parecem ter maior expressividade no controle postural (Souza *et al.,* 2006).

A propriocepção representa um mecanismo de percepção corporal cujos receptores periféricos (localizados nas estruturas musculoesqueléticas) enviam informações a respeito do movimento, do estado de posição ou grau de deformação gerado nessas estruturas para o sistema nervoso central (SNC), que tem a função de processar, organizar e comandar o corpo adequadamente a fim de manter o controle postural (Tookuni *et al.,* 2005; Winter, 1995). Contudo, mediante algum comprometimento do sistema proprioceptivo, ocorrem déficits na estabilização articular neuromuscular que podem contribuir para a ocorrência de lesões musculoesqueléticas, e, consequentemente, para a desestabilização postural (Baldaço *et al.,* 2010). A cada movimento realizado, são necessárias novas respostas para manter o equilíbrio diante das perturbações.

O sistema nervoso central realiza constantemente os ajustes entre as informações aferentes somatossensoriais, visuais e vestibulares. As interações das áreas corticais motoras executam o ajuste postural antecipatório, importante para a realização de tarefas. Os núcleos da base e o cerebelo atuam no processo

automático da postura, por meio de conexões recíprocas com o tronco e córtex cerebral. O cerebelo estimula vias excitatórias do trato vestíbulo-espinhal e retículo-espinhal para facilitar o tônus da musculatura extensora. Prejuízos no córtex cerebral, nos núcleos da base e no cerebelo podem perturbar o controle postural, resultando em quedas (Takakusaki, 2017). Alterações da estabilidade postural podem ocorrer, mesmo em estágios precoces da DP, por estar associado ao sintoma motor de rigidez na DP (Rocchi *et al.,* 2014).

3.4 Treinamento cognitivo-motor

Mais da metade dos pacientes com a DP apresentam distúrbios de marcha. Entre 50 e 68% das quedas estão relacionadas com o caminhar (Ginis *et al.*, 2016). O déficit cognitivo aumenta o índice de morbidade e mortalidade. Há evidências crescentes de que o treinamento com pistas internas e externas são usadas para auxiliar a atenção quando há déficit da marcha. Informações temporais ou espaciais, regulam e facilitam os movimentos (Ginis *et al.*, 2016). As pistas internas envolvem a ação consciente (por exemplo, pensar em dar "passos grandes"). As pistas externas incluem pistas verbais (por exemplo, dizer para dar "grandes passos"), pistas visuais (por exemplo, linhas no chão, no comprimento desejado do passo), ou pistas auditivas (por exemplo, metrônomo para normalizar a cadência dos passos) (Brauer, 2011). A marcha do paciente com DP deve ser avaliada tanto no ambiente externo (na rua, em locais públicos), quanto em ambiente interno (domiciliar). Nas duas situações, é necessária a realização de tarefas duplas, como pensar ao caminhar, ou manter o equilíbrio ao segurar um objeto.

A tarefa dupla também tem sido utilizada como um método experimental para explorar a interação entre a marcha e a cognição. A habilidade de caminhar depende da função executiva, habilidades visuoespaciais, memória. O desempenho simultâneo de duas tarefas não só leva a uma competição para recursos de atenção, mas também exige a decisão de qual tarefa deve ser priorizada. Embora a tarefa única e a caminhada rápida também possam depender da atenção, a demanda cognitiva é menor do que em tarefas duplas (Amboni *et al.,* 2013).

Diversos protocolos com jogos eletrônicos tem sido usados para treino de marcha e equilíbrio, com uso de pistas visuais e auditivas. Dowling *et al*. (2013) avaliaram 20 indivíduos com DP, visando demonstrar a viabilidade e adaptação ao treinamento de marcha e equilíbrio com videogame. Os autores concluíram que os jogos melhoraram a marcha e o equilíbrio e foram viáveis para treinar pessoas com DP. Lopez *et al*. (2014) e Souza *et al.* (2015) realizaram treino com óculos que forneciam pistas visuais e auditivas para auxílio da marcha. Os autores relataram melhora da velocidade da marcha e do tamanho do passo e redução do número de episódios de *freezing*.

O presente estudo utiliza de recursos cognitivos e motores para realizar a tarefa. Ao deambular em um tapete onde precisa ser seguida uma sequência lógica o indivíduo necessita utilizar recursos da função executiva, em especial na parte B, onde é exigida maior demanda cognitiva. Ao contrário dos demais estudos, onde é dada uma pista para realizar e treinar uma atividade, neste estudo, é realizado um treinamento com demandas motoras e cognitivas de diferentes naturezas, como troca de postura, transferência de peso de um membro para o outro, equilíbrio, cognição. Com isto, exije do indivíduo

planejamento e ação para executar a tarefa e envolve a capacidade de utilizar estratégias para resolver problemas.

Estudos demonstram que uma das maneiras para se adquirir uma habilidade, é associar conhecimentos teóricos a repetidas práticas. A repetição constante de uma tarefa nos habilitaria a executá-la, promovendo a especialização na respectiva área (Anderson, 2004). O intuito deste estudo é verificar se, associar os conhecimentos da sequência alfanumérica, em formato de um tapete, ao repetir oito vezes uma semana seguida da outra, e, após um mês, os portadores com doença de Parkinson irão aprender, melhorar o seu desempenho e, se irão reter o aprendizado desta tarefa.

Anderson (2004) descreve três estágios relacionados ao desenvolvimento e aquisição de uma habilidade: estágio cognitivo, estágio associativo e estágio autônomo, respectivamente. No estágio cognitivo os sujeitos desenvolveriam uma codificação declarativa da habilidade, registrando na memória um conjunto de fatos relevantes para o desempenho posterior. Esta etapa corresponderia ao TMT e, ao treino no tapete menor. No estágio associativo ocorreria uma redução dos erros de compreensão inicial e início da prática de um procedimento bem-sucedido para a execução da habilidade. Neste momento, porém, o procedimento associado à tarefa ainda não está automatizado e o indivíduo necessita do conhecimento declarativo que ocorre nas primeiras repetições da tarefa. No último estágio, o procedimento se torna automático e mais rápido, exigindo poucos recursos da atenção, é o que se espera após uma semana e, após um mês de treinamento.

4 MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (protocolo n° 0511/11). O grupo controle foi constituído por cuidadores, professores e estudantes da Universidade. O grupo DP consistiu em pacientes acompanhados no hospital das clínicas. Os voluntários foram convidados por cartazes, propagandas no jornal universitário e em palestras e cursos que foram oferecidos para a comunidade. Todos os voluntários leram e assinaram o formulário de consentimento livre e esclarecido.

O tamanho amostral foi calculado como 80 para o grupo controle e 40 para o grupo DP. Portanto, 100 pessoas foram avaliadas para o grupo controle e 81 preencheram os critérios de inclusão e, 50 pessoas foram avaliadas para o grupo DP e 42 preencheram os critérios de inclusão.

Os critérios de inclusão para ambos os grupos foram: serem capazes de ler e escrever, com visão normal ou objetiva corrigida, sendo a idade entre 60 a 85 anos. Para o grupo DP, critérios adicionais foram aplicados, apresentar pontuação na escala *Hoehn & Yahr* 2 a 3, realizar a parte B do *Trail Making Test* em até 300 segundos e, nos dias dos testes e avaliação, estar no tempo *on* da medicação. Os critérios de exclusão para ambos os grupos são: pontuação abaixo do escore padronizado na versão em português do Mini Exame do Estado Mental de acordo com a escolaridade, indivíduos com alguma doença cárdio-vascular, respiratória, neurológica, ortopédica, reumatológica ou metabólica

(auto-referida) que dificultem ou inviabilizem a execução da tarefa de deambulação funcional e, indivíduos que faltaram à segunda sessão.

O Mini Exame do Estado Mental (Folstein *et al.,* 1975; Brucki *et al.,* 2003) é um importante instrumento de rastreio de comprometimento cognitivo e rápida avaliação da cognição. Contém questões agrupadas em sete categorias, cada uma delas planejadas com o objetivo de avaliar funções cognitivas específicas como a orientação temporal (5 pontos), orientação espacial (5 pontos), registro de três palavras (3 pontos), atenção e cálculo (5 pontos), recordação das três palavras (3 pontos), linguagem (8 pontos) e capacidade construtiva visual (1 ponto). O escore do MEEM pode variar de um mínimo de 0 pontos, o qual indica o maior grau de comprometimento cognitivo dos indivíduos, até um total máximo de 30 pontos. Pontuações mais elevadas denotam melhor desempenho. A pontuação de corte considera o nível de educação formal. Foram excluídos os participantes que realizaram abaixo dos escores de corte.

A escala de preparo de Hoehn & Yahr modificada (Goetz *et al.*, 2004; Mello *et al.,* 2010) foi utilizada como critério de inclusão onde: (2 = comprometimento bilateral sem comprometimento do equilíbrio; 2,5 = comprometimento bilateral, mas ainda capaz de recuperar a estabilidade postural no teste do empurrão; 3 = leve a moderado comprometimento bilateral, instabilidade postural, mas ainda capaz de viver de forma independente). Os pacientes classificados abaixo ou acima desses valores foram excluídos.

O TMT é um teste de lápis e papel, formado por duas partes: A e B. A parte A requer a conexão sequencial crescente, por meio de traços, de números de 1 a 25, localizados dentro de círculos, distribuídos de forma randômica em

uma folha de papel de tamanho A4. Na parte B, há maior demanda cognitiva, pois, ao invés de ligar apenas números, o indivíduo deve alternar, de forma crescente, uma sequência de números e letras (1, A, 2, B, 3, C, etc.). Tanto na parte A, quanto na B, há 25 círculos no total. O trajeto deve ser realizado o mais rápido possível e sem tirar o lápis do papel (Voos, 2010; Voos, Custódio & Malaquias, 2011). O teste avalia a capacidade de digitalizar os números no papel, agilidade motora, estratégias de busca e mudança de alvo.

Os participantes do grupo DP foram avaliados seguindo a ordem: Hoehn & Yahr, Mini exame do estado mental, partes A e B do *Trail Making Test*, parte III do Escala unificada de avaliação da doença de Plarkinson (UPDRS), Escala de equilíbrio de BERG, *Timed up and go test*, sendo que os testes TMT partes A e B. O mesmo protocolo foi realizado pelo grupo controle, exceto o Hoehn & Yahr, e parte III da UPDRS. Todos os pacientes foram alocados aleatoriamente.

A parte III da escala unificada de avaliação da doença de Parkinson (Goetz *et al.,* 2008) é o exame que avalia os sinais, sintomas e determinadas atividades dos pacientes por meio do auto relato e da observação clínica. Envolve fala, expressão facial, tremor em repouso, ação ou tremor postural de mãos, rigidez, toques de dedos, movimentos de mãos, agilidade nas pernas, postura, marcha, equilíbrio postural, bradicinesia corporal. A pontuação em cada item varia de 0 a 4, e valores mais altos denotam comprometimento mais severo (Mello *et al.,* 2010).

A escala de equilíbrio de Berg (Berg *et al.,* 1996) avalia o equilíbrio funcional em 14 itens sobre atividades de vida diária, como mudar de direção ou escalar um degrau. Cada item tem cinco alternativas variando de 0 a 4, sendo a

pontuação máxima 56. Exige somente um relógio e uma régua como equipamentos e leva aproximadamente 15 minutos para executar. Os pontos são baseados no tempo em que uma posição pode ser mantida, na distância em que o membro superior pode chegar à frente do corpo e no tempo para completar a tarefa (Scalzo *et al.*, 2009). As pontuações abaixo de 48 denotam maior risco de quedas.

O *Timed up and go* test (Podsiadlo *et al.,* 1991; Barry *et al.,* 2014) avalia a velocidade em que o indivíduo levanta de uma cadeira, caminha por três metros, retorna e sente-se outra vez. A tarefa deve ser executada o mais rápido possível. Quando o teste cronometrado excede 14 segundos, há um risco mais elevado de quedas.

Após a aplicação dos testes, os participantes executaram as partes A e B da tarefa de deambulação funcional (Voos, 2010). Esta é realizada caminhando em tapetes, os mesmos números e letras do TMT mas ampliados em 17 vezes. O voluntário teve que andar de um círculo para o outro, seguindo as sequências de números (parte A) e números e letras (parte B). O voluntário foi solicitado a caminhar e permanecer com ambos os pés em cada círculo antes de passar para o próximo número ou letra. Esta tarefa foi treinada sendo realizada oito repetições de cada sequência (numérica, parte A e alfanumérica, parte B).

Após uma semana, os participantes passaram por outra sessão da prática de tarefa de deambulação funcional e, após um mês novamente para investigar se houve retenção do aprendizado. Os participantes também foram reavaliados com as partes A e B do *Trail Making Test* e do *Timed up and go test*. O fluxograma abaixo representa o número de repetições da TDF em cada semana:

1ª semana	• A1 ao A8 • B1 ao B8
2ª semana	• A9 ao A16 • B9 ao B16
1 mês após a 1ª semana	• A17 ao A24 • B17 ao B24

O software Statistica 13.0 foi utilizado para análise de dados. Foram realizados teste T e análise de variância (ANOVA), pois a amostra apresentou distribuição normal, homogeneidade e homocedasticidade. Foi utilizado $p<0,050$ como nível de significância. Após a análise de variância foi feito o teste *post hoc* de *Tukey*.

5 RESULTADOS

A média do tempo de doença foi de 9,6 anos do grupo DP e, da idade a média foi de 68,2 anos (DP 6,1 anos, 27 homens, 11,1 anos de escolaridade formal) e do grupo controle foi de 66,8 anos (DP 7,1 anos, 31 homens, 12,2 anos de escolaridade formal). O teste T mostrou que não houve diferença significativa entre a idade (p = 0,310) e a escolaridade (p = 0,132). O teste qui-quadrado mostrou que houve maior número de homens no grupo DP (p = 0,006). A tabela 1 mostra as características clínicas dos grupos (idade, sexo, número de anos de escolaridade formal, escores do MEEM, escores da Berg).

Tabela 1: Características clínicas dos grupos controle e DP

Grupo	**Idade (anos)**	**Sexo (M/F)**	**Escolaridade (anos)**	**MEEM**	**BERG**
Indivíduos com DP	68,2±6,1	27/15	11,1±4,4	27,1±2,0	45,2±9,7
Máximo	83,0		21,0	30,0	56.0
Mínimo	54,0		6,0	24,0	24.0
Valor P (Teste T)	0,311		0,133	**0,011**	**<0.001**
Grupo	**Idade (anos)**	**Sexo (M/F)**	**Escolaridade (anos)**	**MEEM**	**BERG**
Controle	66,8±7,1	31/50	12,2±7,1	27,9±1.3	55,0±1,6
Máximo	85,0		20,0	30,0	56,0
Mínimo	60,0		6,0	24,0	50,0

Legenda: MEEM: Mini exame do estado mental; BERG: escala de equilíbrio de Berg.

As figuras 1 e 2 mostram as curvas de aprendizado da Tarefa de deambulação funcional. Os ensaios 1 a 8 foram realizados na sessão 1. Os ensaios 9 a 16 foram realizados na sessão 2, após uma semana. Os ensaios 17 a 24 foram realizados na sessão 3, após um mês (figuras 1 e 2). ANOVA mostrou interação entre os grupos (DP e controle) e os ensaios (1 a 24, $F_{23, 2783}$= 12, 55; ES = 0.484; p < 0,001) nos tempos da parte A do *Trail Making Test.* Os testes *post hoc de Tukey* mostraram diferenças significativas entre os primeiros ensaios de cada sessão (os tempos dos ensaios 1, 9 e 17 foram mais longos do que os ensaios subsequentes da mesma sessão, p < 0,001 para todas as comparações) para ambos os grupos. ANOVA mostrou interação entre os grupos (DP e controle) e os ensaios (1 a 24, $F_{23, 2783}$= 3,460; ES = 0.376; p < 0,001) nos tempos da parte B do *Trail Making Test.* Os testes *post hoc de Tukey* mostraram diferenças significativas entre os primeiros ensaios de cada sessão (os tempos dos ensaios 1, 9 e 17 foram maiores do que o subsequente da mesma sessão, p < 0,001 para todas as comparações) para ambos os grupos.

Figura 1: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP na parte A da Tarefa de Deambulação Funcional.

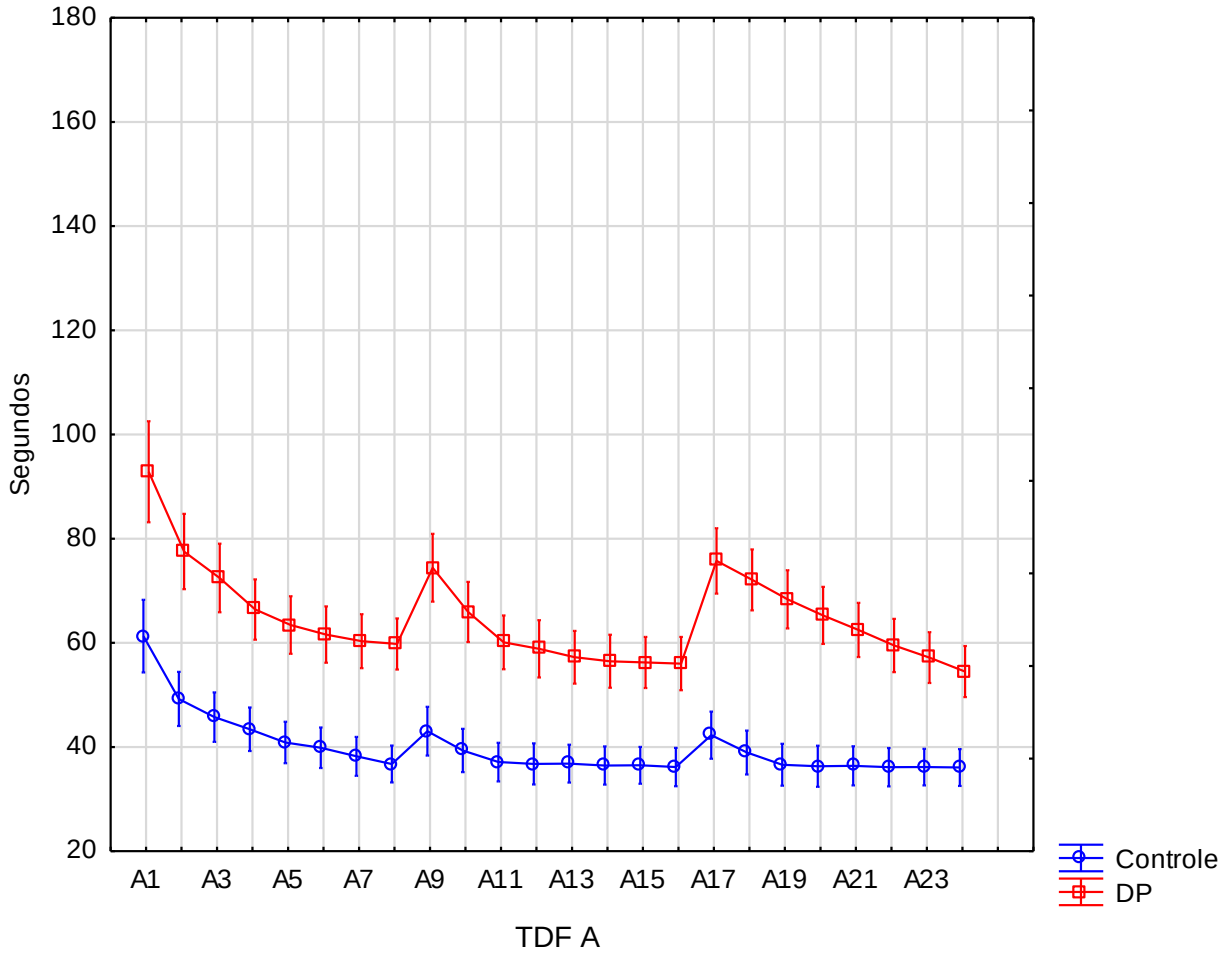


Figura 1: Desempenho do tempo (medido em segundos) dos grupos controle e DP das repetições 1-24 (sessão 1: A1-A8, sessão 2: A9-A16, sessão 3: A17-A24) da parte A da Tarefa de deambulação funcional. DP: doença de Parkinson.

Figura 2: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP na parte B da Tarefa de Deambulação Funcional.

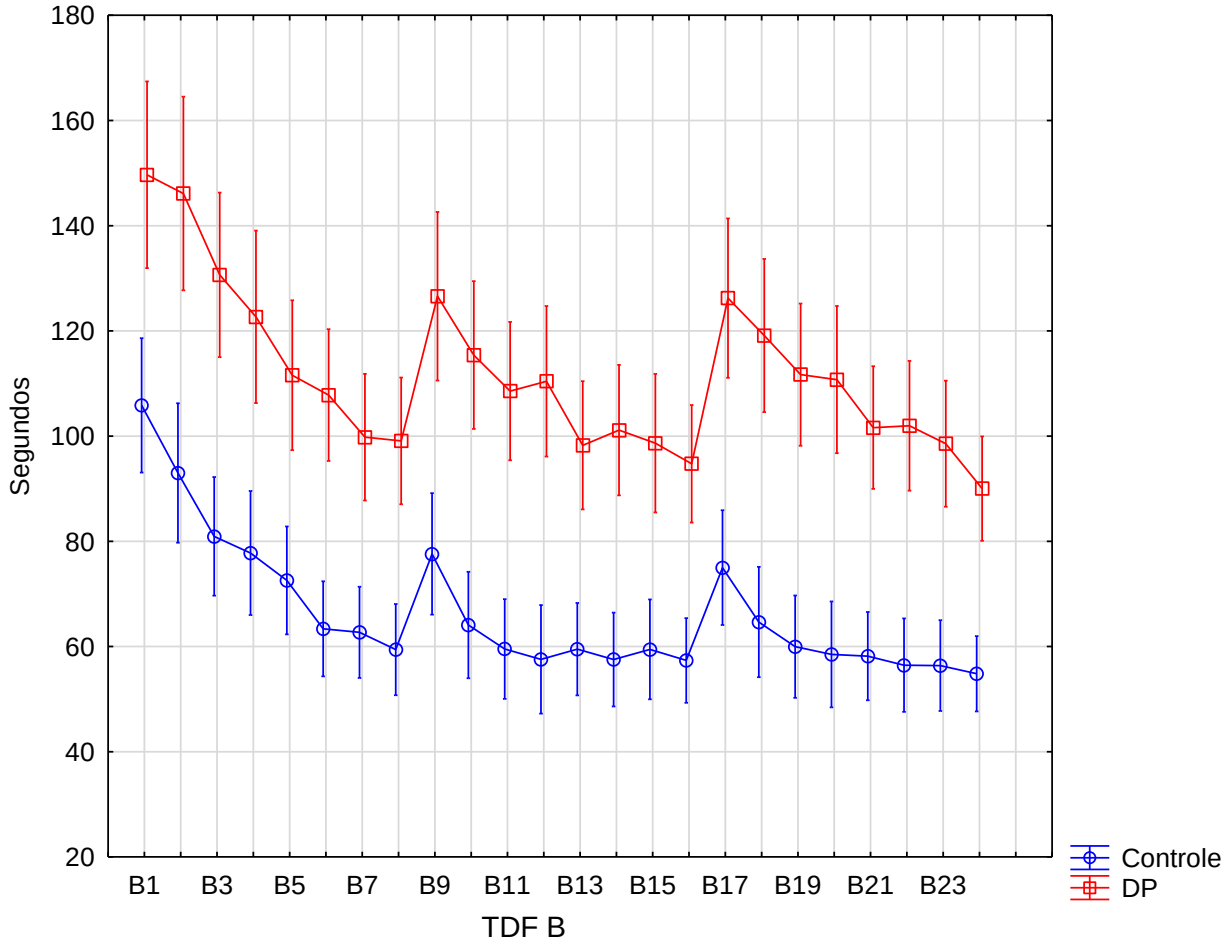


Figura 2: Desempenho do tempo (medido em segundos) dos grupos controle e DP em ensaios 1-24 (sessão 1: B1-B8, sessão 2: B9-B16, sessão 3: B17-B24) da parte B da Tarefa de Deambulação Funcional. DP: doença de Parkinson.

Em relação aos escores do TMT, a ANOVA mostrou interação entre os grupos e as avaliações ($F_{3.363}$= 12,40; ES = 0.613; $p < 0,001$). Os testes *post hoc de Tukey* mostraram diferenças significativas entre as avaliações antes e após o treinamento da TDF e o TMTB para ambos os grupos ($p < 0,001$) e entre DP e grupo controle em todas as avaliações de TMTB ($p < 0,001$, Figura 3).

Figura 3: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP no *Trail Making Test* (TMTA e TMTB antes e após a tarefa de deambulação funcional).

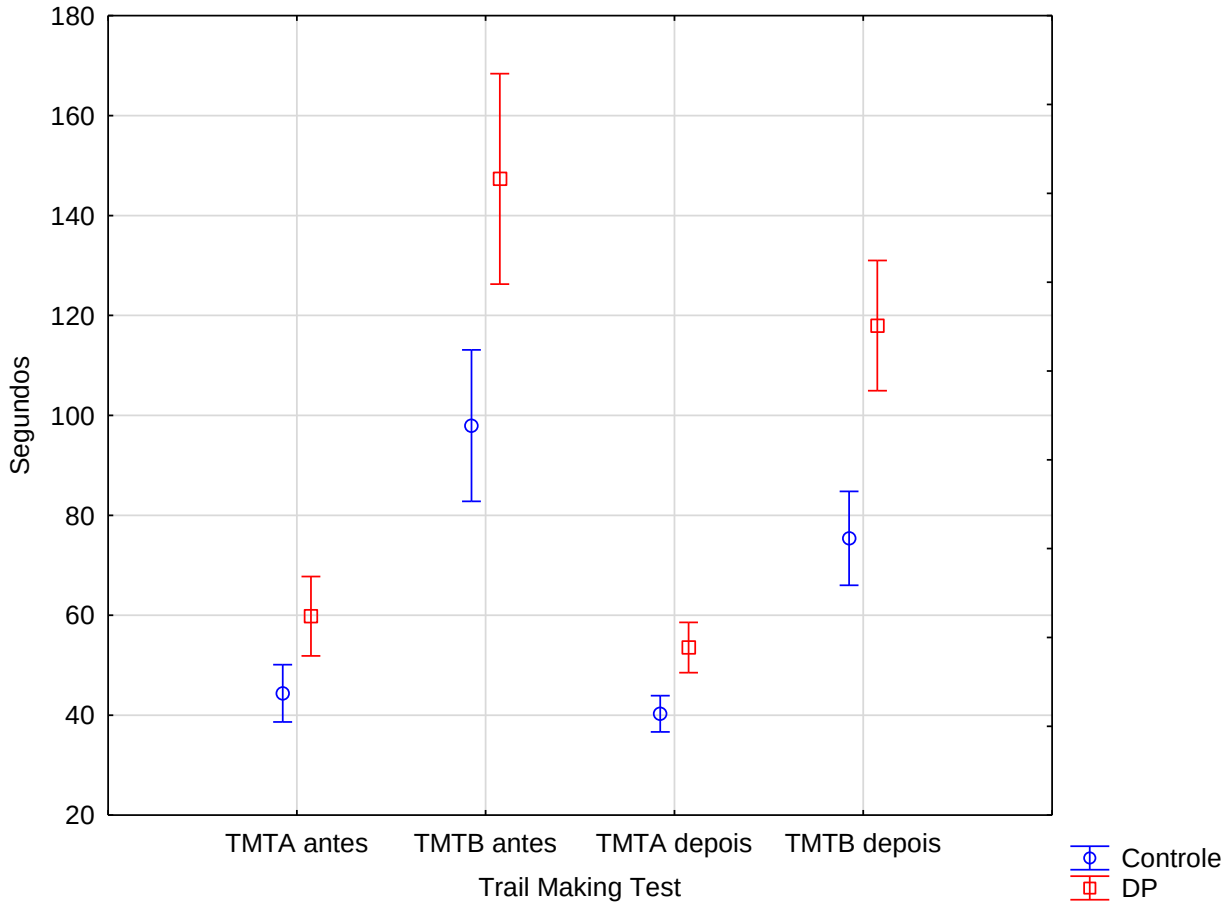


Figura 3: Desempenho do tempo (medido em segundos) dos grupos controle e DP nas partes A e B do Teste de trilhas alfanuméricas (TMTA e TMTB) antes e depois da tarefa de deambulação funcional. DP: doença de Parkinson.

No teste de TUG, a ANOVA mostrou interação entre os grupos (DP e controle) e as avaliações (antes e após o treinamento da TDF, $F_{1.121}$= 4,20; ES = 0.666; p = 0.043). Para ambos os grupos, os tempos após foram menores que os tempos antes do treinamento da TDF (p < 0,001, Figura 4).

Figura 4: Desempenho do tempo dos grupos controle e DP no TUG antes e depois da TDF.

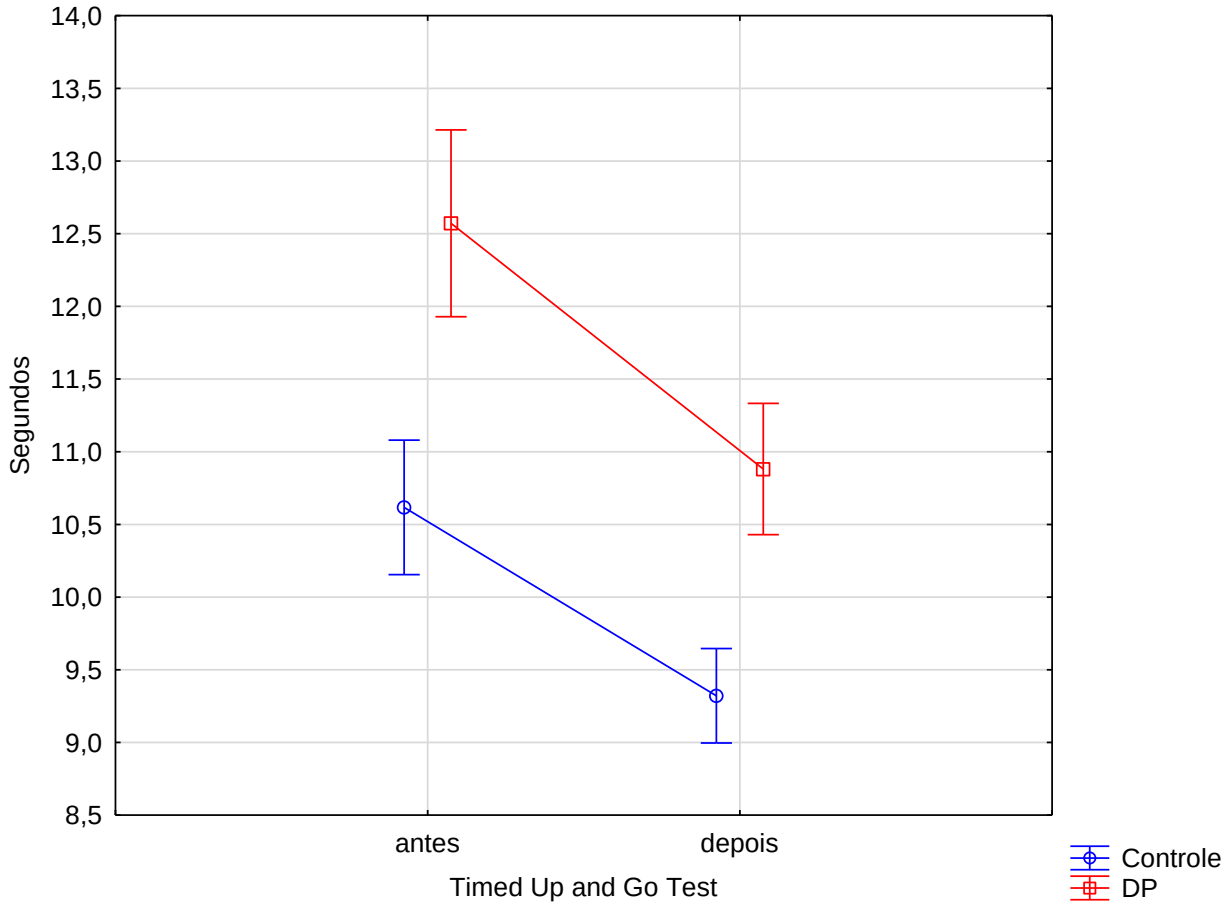


Figura 4: Desempenho do tempo (medido em segundos) dos grupos controle e DP no *Timed up e go test* antes e depois da Tarefa de deambulação funcional. DP: doença de Parkinson.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo comparou a aprendizagem de pacientes com DP e controle saudáveis em uma tarefa de deambulação cognitivo-motora, a retenção dessa aprendizagem após uma semana e após um mês e a transferência para outras tarefas cognitivas e motoras. A evidência precedente mostrou que os pacientes com DP têm um pior desempenho ao executar uma tarefa cognitiva e motora simultaneamente (Barbosa *et al.,* 2016). O que contradiz com os resultados desta pesquisa, pois ao treinar uma tarefa onde exigiu atenção, função executiva juntamente com a marcha houve melhora em vários aspectos, bem como retenção da aprendizagem.

No presente estudo, observou-se diferença significativa entre pacientes com DP e controles. Os pacientes com DP mostraram tempos mais longos nas partes A e B da TDF contudo, diminuíram o seu tempo conforme aumentavam as repetições. Ambos os grupos melhoraram o seu desempenho com o treino e tiveram aprendizagem com a TDF. Indivíduos com DP foram significativamente mais lentos em todas as fases do processo de aprendizagem. No entanto, mostraram melhora significativa em todas as sessões.

Os intervalos de uma semana e de um mês mostraram mudanças no desempenho de ambos os grupos. Os tempos foram significativamente mais longos nos primeiros ensaios, mas logo retornou à linha de base alcançada na sessão anterior e o tempo foi diminuindo conforme avançavam as repetições. Após o período de treinamento, os tempos pareciam alcançar estabilidade e consistência, e diminuíram a variabilidade. Portanto, após uma semana e após

um mês, observou-se a retenção da aprendizagem. A parte B da TDF pareceu ser mais difícil do que a parte A e exigiu mais repetições para estabilizar o desempenho (chegar a um platô na curva de aprendizado). Os pacientes com DP foram mais afetados pelos intervalos, pois o tempo ficou relativamente maior, comparado aos indivíduos saudáveis. Como podemos observar, houve melhora da retenção e da transferência. Acreditamos que este modelo de treinamento cognitivo-motor (treino uma vez por semana) é apropriado para pacientes com DP. No entanto, estudos futuros devem investigar outros intervalos (duas ou três vezes por semana) e empregar mais tipos de testes de transferências, pois ainda não há consenso sobre os protocolos de treinamento: número de repetições por sessão, intervalo entre sessões, retenção de treinamento e efeitos de transferência. Outra pergunta que pode ser feita é quem irá se beneficiar mais deste treino? Indivíduos com DP que apresentam *freezing,* ou que apresentam tremor, ou rigidez articular?

Estudo apontou que dados clínicos simples, como a idade e a escolaridade do paciente podem ser tão importantes para a tomada de decisão clínica quanto saber o desempenho em testes neuropsicológicos complexos (Bottino *et al.,* 2009). A idade e a escolaridade estão diretamente associadas à reserva cognitiva, que é fundamental em processos de aprendizagem cognitivo-motora. Por isso a importância de treinar atividades cognitivo-motoras também nos idosos saudáveis, pois o envelhecimento pode comprometer as tarefas duplas exigidas no dia-a-dia, e estes treinos desenvolvem a neuroplasticidade.

Estudo prévio mostrou que o equilíbrio e o treinamento da marcha em condições de tarefa dupla estão associados a um menor risco de quedas nos

idosos. O treinamento cognitivo-motor pode ser benéfico para idosos, pois eles demonstraram melhora da função executiva (TMT) e marcha (equilíbrio de Berg) após o treinamento (Custódio *et al.*, 2010). Treinamento cognitivo-motor aumenta a ativação cerebral e otimiza as reservas cognitivas, altera as redes neurais funcionais e estruturais (Bowie *et al.,* 2006; Stubbs *et al.,* 2015). O treinamento cognitivo-motor é fundamental para pacientes com DP, pois estes apresentam distúrbios da marcha, quedas (Ginis *et al.,* 2016) e disfunção executiva, mesmo nos estágios iniciais (Vasconcellos *et al.*, 2015).

O treinamento cognitivo-motor pode ajudar na reorganização e preservação dos circuitos que conectam o córtex motor com os núcleos da base, via tálamo (Fernandes *et al.,* 2015). Este pode envolver estímulos temporais ou espaciais, que regulam e facilitam a realização de movimentos repetidos. As pistas visuais, como a realidade virtual, têm efeitos imediatos na marcha e muitos estudos mostraram que seus efeitos foram retidos e associados à maior qualidade de vida (Pompeu *et al.,* 2014; Liao *et al*., 2015; Yang *et al*., 2015; Ferraz *et al*., 2018; Melo *et al*., 2018).

A realidade virtual (RV) está sendo muito utilizada para o treino de marcha com tarefa dupla. Alguns autores sugerem que os jogos de RV facilitam a aprendizagem motora na reabilitação, porque ativam os neurônios em espelho. Quando pacientes com DP imitam ações, os neurônios em espelho são estimulados e há melhora do equilíbrio, da mobilidade global e das habilidades funcionais. A realidade virtual melhora a atenção à medida em que os pacientes se concentram em demandas específicas de jogos, recrutando alças cognitivas, motoras, oculomotoras, cerebelares e límbicas (Mirelman *et al.,* 2013; Fernandes

et al., 2015). A função executiva, avaliada pelas partes A e B do *Trail Making Test,* melhorou em pacientes com DP após o treinamento com esta ferramenta (Mirelman *et al*., 2011). Os pacientes também relataram melhora dos sintomas da DP e da qualidade de vida, avaliada pelo PDQ-39.

Pacientes com DP podem melhorar seus déficits motores, direcionando sua atenção para atender às demandas motoras e cognitivas durante o treino cognitivo-motor (Rochester *et al.*, 2009). O treino de tarefa dupla (treino simultâneo da função executiva e marcha) nos indivíduos com DP é benéfico e melhora a velocidade da marcha e a mudança de direção (Fernandes *et al.,* 2016). A tarefa de deambulação funcional, apresentada neste estudo, também mostrou que, com poucas repetições tanto os idosos saudáveis como os indivíduos com DP melhoraram a velocidade da marcha, a mudança de direção, o equilíbrio, a atenção. A TDF vai além de um treino com pistas, onde se tem uma atividade conhecida, automática, mas prejudicada devido à patologia, em que se dá estímulos para orientar o movimento e estimular a atenção para o que se quer executar. A TDF, além de ser uma atividade desconhecida até o primeiro contato, ela exige um planejamento, atenção, memorização, coordenação motora, equilíbrio e execução. As pistas, que seriam seguir o próximo número ou letra da sequência correta, se apresenta de forma implícita, pois o próprio indivíduo precisa se recordar e criar uma estratégia para procurar onde está a sequência correta, diferente das pistas apresentadas nos artigos citados.

Um estudo conduzido por Rochester e colaboradores (2010) associou pistas rítmicas com tarefas duplas para testar os efeitos do treinamento na aprendizagem motora entre indivíduos com DP, estabelecendo aquisição (tarefa

simples), automaticidade (tarefa dupla), e retenção de tarefas simples e duplas (acompanhamento). Foi realizado treinamento da marcha com pistas em 153 indivíduos com DP ao longo de três semanas e com mudanças de direção da marcha com três pistas rítmicas externas (auditiva, visual e somatossensorial) foram mensuradas durante tarefas simples e duplas após treinamento e durante um acompanhamento de seis semanas. A velocidade de marcha, frequência e comprimento da passada foram gravados usando um acelerômetro. A velocidade da marcha e o comprimento da passada melhoraram significativamente nos três tipos de pistas após o treinamento durante tarefas simples e duplas e tal efeito permaneceu após seis semanas. O mesmo ocorreu neste estudo, com o treino da TDF houve retenção de aprendizagem após uma semana e após um mês.

O treino da tarefa dupla deve fazer parte do processo de reabilitação de pacientes com DP que apresentam dificuldade em realizar tarefas cognitivo-motoras. A aplicação clínica de pistas visuais maximiza a melhora motora e a neuroplasticidade corticomotora em pessoas com DP, sendo importante implementar o treino nos estágios iniciais da doença para prevenir ou atrasar tais déficits (Mak *et al.,* 2013). A mesma importância ocorre com idosos saudáveis, onde também se observa melhora cognitivo-motora com o treino destas atividades. Nossos resultados podem contribuir para desenvolver novos protocolos de tratamento na prática clínica com pacientes com DP.

Como limitações deste estudo, devemos mencionar que tivemos um número diferente de homens e mulheres em cada grupo e um menor número de pacientes com DP do que os controles. Além disso, não registramos o número

de quedas antes e após o treinamento. Seguimos os participantes após um mês e estudos futuros devem investigar os efeitos após períodos de seguimento mais longos e a transferência para outras tarefas envolvendo atividades de vida diária e independência funcional.

7 CONCLUSÃO

A associação da deambulação a demandas de função executiva foi benéfica para melhora da velocidade, da mudança de direção na marcha, da atenção. Vinte e quatro repetições de uma tarefa de deambulação funcional cognitivo-motora resultaram em aprendizado tanto para pacientes com DP quanto para idosos saudáveis. Os pacientes com DP mostraram tempos mais longos, mas uma melhora relativamente maior do que os controles.

8 ANEXOS

8.1 Escala Hoehn & Yahr

Tabela 3 – Classificação da amostra na Escala de Hoehn & Yahr modificada.

Escala Modificada de Hoehn&Yahr	Freqüência	Percentual
0 - Nenhum sinal da doença	0	0
1 - Doença unilateral	5	10,9%
1,5 - Envolvimento unilateral e axial	5	10,9%
2 - Doença bilateral e sem déficit no equilíbrio	7	15,2%
2,5 - Doença bilateral leve, com recuperação no teste do empurrão	11	23,9%
3 - Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural; capacidade de viver independentemente	12	26,1%
4 - Incapacidade Grave, ainda capaz de caminhar e permanecer em pé sem ajuda	3	6,5%
5 - Confinado a cama ou cadeira de rodas a não ser que receba ajuda	3	6,5%
Total	46	100%

8.2 Unified Parkinson´s Disease Rating Scale (UPDRS)

III. EXAME MOTOR

1. **fala**
   0= normal.

   1= perda discreta da expressão, volume ou dicção.

   2= comprometimento moderado. Arrastado, monótono, mas compreensível.

   3= comprometimento grave, difícil de ser entendido.

   4= incompreensível.

2. **expressão facial**
   0= normal.

   1= hipomimia mínima.

   2= diminuição pequena, mas anormal, da expressão facial.

   3= hipomimia moderada, lábios caídos/afastados por algm tempo.

4= fácies em máscara ou fixa, com pedra grave ou total da expressão facial. Lábios afastados ¼ de polegada ou mais.

3. **tremor de repouso**
   0= ausente.

   1= presente, mas infrequente ou leve.

   2= persistente, mas de pouca amplitude, ou moderado em amplitude mas presente de maneira intermitente.

   3= moderado em amplitude, mas presente a maior parte do tempo.

   4= com grande amplitude e presente a maior parte do tempo.

4. **tremor postural ou de ação nas mãos**
   0= ausente.

   1= leve, presente com a ação.

   2= moderado em amplitude, presente com a ação.

   3= moderado em amplitude tanto na ação quanto mantendo a postura.

   4= grande amplitude, interferindo com a alimentação.

5. **rigidez (movimento passivo das grandes articulações, com paciente sentado e relaxado, ignorar roda denteada)**
   0= ausente.

   1= pequena ou detectável somente quando ativado por movimentos em espelho de outros.

   2= leve e moderado.

   3= marcante, mas pode realizar o movimento completo da articulação.

   4= grave e o movimento completo da articulação só ocorre com grande dificuldade.

6. **bater dedos continuamente – polegar no indicador em sequências rápidas com a maior amplitude possível, uma mão de cada vez.**
   0= normal.

   1= leve lentidão e/ou redução da amplitude.

   2= comprometimento moderado. Fadiga precoce e bem clara. Pode apresentar parada ocasional durante o movimento.

   3= comprometimento grave. Hesitação frequente para iniciar o movimento ou paradas durante o movimento que está realizando.

4= realiza o teste com grande dificuldade, quase não conseguindo.

7. **movimentos das mãos (abrir e fechar as mãos em movimentos rápidos e sucessivos e com a maior amplitude possível, uma mão de cada vez).**
   0= normal.

   1= leve lentidão e/ou redução da amplitude.

   2= comprometimento moderado. Fadiga precoce e bem clara. Pode apresentar parada ocasional durante o movimento.

   3= comprometimento grave. Hesitação frequente para iniciar o movimento ou paradas durante o movimento que está realizando.

   4= realiza o teste com grande dificuldade, quase não conseguindo.

8. **movimentos rápidos alternados das mãos (pronação e supinação das mãos, horizontal ou verticalmente, com a maior amplitude possível, as duas mãos simultaneamente).**
   0= normal.

   1= leve lentidão e/ou redução da amplitude.

   2= comprometimento moderado. Fadiga precoce e bem clara. Pode apresentar parada ocasional durante o movimento.

   3= comprometimento grave. Hesitação frequente para iniciar o movimento ou paradas durante o movimento que está realizando.

   4= realiza o teste com grande dificuldade, quase não conseguindo.

9. **agilidade da perna (bater o calcanhar no chão em sucessões rápidas, levantando toda a perna, a amplitude do movimento deve ser de cerca de 3 polegadas/ ±7,5 cm).**
   0= normal.

   1= leve lentidão e/ou redução da amplitude.

   2= comprometimento moderado. Fadiga precoce e bem clara. Pode apresentar parada ocasional durante o movimento.

   3= comprometimento grave. Hesitação frequente para iniciar o movimento ou paradas durante o movimento que está realizando.

   4= realiza o teste com grande dificuldade, quase não conseguindo.

10. **levantar-se da cadeira (de espalda reta, madeira ou ferro, com braços cruzados em frente ao peito).**
    0= normal.

1= lento ou pode precisar de mais de uma tentativa.

2= levanta-se apoiando nos braços da cadeira.

3= tende a cair para trás, pode tentar se levantar mais de uma vez, mas consegue levantar-se.

4= incapaz de levantar-se sem ajuda.

11. **postura**

0= normal em posição ereta.

1= não bem ereto, levemente curvado para frente, pode ser normal para pessoas mais velhas.

2= moderadamente curvado para frente, definitivamente anormal, pode inclinar-se um pouco para os lados.

3= acentuadamente curvado para frente com cifose, inclinação moderada para um dos lados.

4= bem fletido com anormalidade acentuada da postura.

12. **marcha**

0= normal.

1= anda lentamente, pode arrastar os pés com pequenas passadas, mas não há festinação ou propulsão.

2= anda com dificuldade, mas precisa de pouca ajuda ou nenhuma, pode apresentar alguma festinação, passos curtos, ou propulsão.

3= comprometimento grave da marcha, necessitando de ajuda.

4= não consegue andar sozinho, mesmo com ajuda.

13. **estabilidade postural (respostas ao deslocamento súbito para trás, puxando os ombros, com paciente ereto, de olhos abertos, pés separados, informado a respeito do teste).**

0= normal.

1= retropulsão, mas se recupera sem ajuda.

2= ausência de respostas posturais, cairia se não fosse auxiliado pelo examinador.

3= muito instável, perde o equilíbrio espontaneamente.

4= incapaz de ficar ereto sem ajuda.

14. **bradicinesia e hipocinesia corporal (combinação de hesitação, diminuição do balançar dos braços, pobreza e pequena amplitude de movimentos em geral).**
    0= nenhum.

    1= lentidão mínima. Podia ser normal em algumas pessoas. Possível redução na amplitude.

    2= movimento definitivamente anormal. Pobreza de movimento e um certo grau de lentidão.

    3= lentidão moderada. Pobreza de movimento ou com pequena amplitude.

    4= lentidão acentuada. Pobreza de movimento ou com pequena amplitude.

Escore total:
Escore 0 = nenhum comprometimento
Escore 56 = comprometimento extremo

8.3 Escala de Equilíbrio de Berg

Instruções gerais

Por favor demonstrar cada tarefa e/ou dar as instruções como estão descritas. Ao pontuar, registrar a categoria de resposta mais baixa, que se aplica a cada item. Na maioria dos itens, pede-se ao paciente para manter uma determinada posição durante um tempo específico. Progressivamente mais pontos são deduzidos, se o tempo ou a distância não forem atingidos. Se o paciente precisar de supervisão (o examinador necessita ficar bem próximo do paciente) ou fizer uso de apoio externo ou receber ajuda do examinador. Os pacientes devem entender que eles precisam manter o equilíbrio enquanto realizam as tarefas. As escolhas sobre qual perna ficar em pé ou qual distância alcançar ficarão a critério do paciente. Um julgamento pobre irá influenciar adversamente o desempenho e o escore do paciente. Os equipamentos necessários para realizar os testes são um cronômetro ou um relógio com ponteiro de segundos e uma régua ou outro indicador de: 5, 12,5 e 25 cm. As cadeiras utilizadas para o teste devem ter uma altura adequada. Um banquinho ou uma escada (com degraus de altura padrão) podem ver usados para o item 12.

1. Posição sentada para posição em pé

Instruções: Por favor levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.

- (4) capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente.
- (3) capaz de levantar-se independentemente utilizando as mãos.
- (2) capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas.
- (1) necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se.
- (0) necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se.

2. Permanecer em pé sem apoio

Instruções: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar.

- (4) capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos.
- (3) capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão.
- (2) capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
- (1) necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
- (0) incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.

Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos para o item número 3. Continue com o item número 4.

3. Permanecer sentado sem apoio nas costas, mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho.

Instruções: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas com os braços cruzados por 2 minutos.

- (4) capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por l minutos.
- (3) capaz de permanecer sentado por 2 minutos sob supervisão.
- (2) capaz de permanecer sentado por 30 segundos.
- (1) capaz de permanecer sentado por 10 segundos.
- (0) incapaz de permanecer sentado sem apoio durante 10 segundos.

4. Posição em pé para posição sentada

Instruções: Por favor, sente-se.

- (4) senta-se com segurança com uso mínimo das mãos.
- (3) controla a descida utilizando as mãos.
- (2) utiliza a pane posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida.
- (1) senta-se independentemente, mas tem descida sem controle.
- (0) necessita de ajuda para sentar-se.

5. Transferências

Instruções: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra para uma transferência em pivô. Peça ao paciente para transferir-se de

uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa. Você poderá utilizar duas cadeiras (uma com e outra tem apoio de braço) ou uma cama e uma cadeira.

- (4) capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos.
- (3) capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos.
- (2) capaz de transferir-se seguindo orientações verbais c/ou supervisão.
- (1) necessita de uma pessoa para ajudar.
- (0) necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar para realizar a tarefa com segurança.

6. Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados

Instruções: Por favor fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.

- (4) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança.
- (3) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão.
- (2) capaz de permanecer em pé por 3 segundos.
- (1) incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé.
- (0) necessita de ajuda para não cair.

7. Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos

Instruções: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.

- (4) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por l minuto com segurança.
- (3) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por l minuto com supervisão.
- (2) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 30 segundos.
- (1) necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos.
- (0) necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos.

8. Alcançar a frente com o braço entendido permanecendo em pé

Instruções: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar a frente o mais longe possível. (O examinador posiciona a régua no fim da ponta dos dedos quando o braço estiver a 90°. Ao serem esticados para frente, os dedos não devem tocar a régua. A medida a ser registrada é a distância que os dedos conseguem alcançar quando o paciente se inclina para frente o máximo que ele consegue. Quando possível, peça ao paciente para usar ambos os braços para evitar rotação do tronco).

- (4) pode avançar à frente mais que 25 cm com segurança.
- (3) pode avançar à frente mais que 12,5 cm com segurança.

- (2) pode avançar à frente mais que 5 cm com segurança.
- (1) pode avançar à frente, mas necessita de supervisão.
- (0) perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo.

9. Pegar um objeto do chão a partir de uma posição em pé.

Instruções: Pegue o sapato/chinelo que está na frente dos seus pés.

- (4) capaz de pegar o chinelo com facilidade e segurança.
- (3) capaz de pegar o chinelo, mas necessita de supervisão.
- (2) incapaz de pegá-lo, mas se estica até ficar a 2-5 cm do chinelo e mantém o equilíbrio independentemente.
- (1) incapaz de pegá-lo, necessitando de supervisão enquanto está tentando.
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.

10. Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé.

Instruções: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima, do seu ombro esquerdo sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito. O examinador poderá pegar um objeto e posicioná-lo diretamente atrás do paciente para estimular o movimento.

- (4) olha para trás de ambos os lados com uma boa distribuição do peso.
- (3) olha para trás somente de um lado o lado contrário demonstra menor distribuição do peso.
- (2) vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio.
- (1) necessita de supervisão para virar.
- (0) necessita, de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.

11. Girar 360 graus

Instruções: Gire-se completamente ao redor de si mesmo. Pausa. Gire-se completamente ao redor de si mesmo em sentido contrário.

- (4) capaz de girar 360 graus com segurança em 4 segundos ou mãos.
- (3) capaz de girar 360 graus com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos.
- (2) capaz de girar 360 graus com segurança, mas lentamente.
- (1) necessita de supervisão próxima ou orientações verbais.
- (0) necessita de ajuda enquanto gira.

12. Posicionar os pés alternadamente ao degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio.

Instruções: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/banquinho quatro vezes.

- (4) capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos.
- (3) capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em mais que 20 segundos.
- (2) capaz de completar 4 movimentos sem ajuda.
- (1) capaz de completar mais que 2 movimentos com o mínimo de ajuda.
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair.

13. Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente.

Instruções: (demonstre para o paciente) Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.

- (4) capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- (3) capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado. Independentemente e permanecer por 30 segundos.
- (2) capaz de dar um pequeno passo, independentemente. e permanecer por 30 segundos.
- (1) necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos.
- (0) perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar de pé.

14. Permanecer em pé sobre uma perna.

Instruções: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.

- (4) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por mais que 10 segundos.
- (3) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 5-10 segundos.
- (2) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 3 ou 4 segundos.
- (1) tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé independentemente.
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair.

( ) Escore Total (Máximo = 56)

8.4 Bateria de rastreamento cognitivo – Mini-exame do estado mental

“Agora vou lhe fazer algumas perguntas que exigem atenção e um pouco de sua memória, por favor tente se concentrar para respondê-las.”

1. Que dia é hoje? (1) Certo (0) Errado

2. Em que mês estamos?	(1) Certo	(0) Errado
3. Em que ano estamos?	(1) Certo	(0) Errado
4. Em que dia da semana estamos?	(1) Certo	(0) Errado
5. Qual a hora aproximada? (considere correta a variação de mais ou menos uma hora).	(1) Certo	(0) Errado
6.Em que local estamos? (consultório, dormitório, sala, apontando para o chão).	(1) Certo	(0) Errado
7. Que local/instituição é este (a) aqui?	(1) Certo	(0) Errado
8. Em que bairro nós estamos ou qual o nome de uma rua próxima?	(1) Certo	(0) Errado
9. Em que cidade nós estamos?	(1) Certo	(0) Errado
10. Em que estado nós estamos?	(1) Certo	(0) Errado

11. Vou dizer 3 palavras, e você irá repeti-las a seguir:	(1) Certo	(0) Errado
	(1) Certo	(0) Errado
(caso não consiga, repita no máximo 3 vezes para aprendizado. Pontue a primeira tentativa).	(1) Certo	(0) Errado
CARRO VASO TIJOLO		

12. Gostaria que você me dissesse quanto é (se houver erro corrija-o e prossiga. Considere correto se o examinado espontaneamente se corrigir).	(1) Certo	(0) Errado
	(1) Certo	(0) Errado
	(1) Certo	(0) Errado
	(1) Certo	(0) Errado
100–7 93-7 86-7 79-7 72-7 65	(1) Certo	(0) Errado

13. Você consegue se lembrar das 3 palavras que lhe pedi que repetisse agora a pouco? (1) Certo (0) Errado

(1) Certo (0) Errado

CARRO VASO TIJOLO (1) Certo (0) Errado

14. Mostre um RELÓGIO e peça ao entrevistado que diga o nome. (1) Certo (0) Errado

15. Mostre uma CANETA e peça ao entrevistado que diga o nome. (1) Certo (0) Errado

16. Preste atenção: vou lhe dizer uma frase e quero que repita depois de mim NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ. (considere somente se a repetição for perfeita). (1) Certo (0) Errado

17. Agora pegue este papel com a mão direita, dobre-o ao meio e coloque-o no chão. (1) Certo (0) Errado

(1) Certo (0) Errado

(1) Certo (0) Errado

18. Vou lhe mostrar uma folha onde está escrita uma frase. Gostaria que você fizesse o que está escrito. (FECHE OS OLHOS) (1) Certo (0) Errado

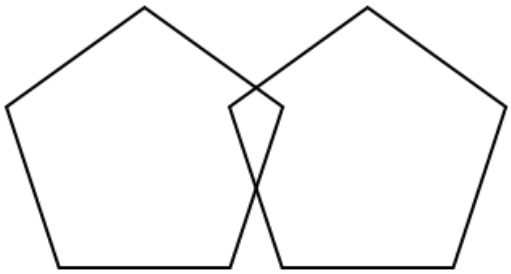
19. Gostaria que você escrevesse uma frase de sua escolha, qualquer uma, não precisa ser grande. (Se não compreender, ajude com: alguma frase que tenha começo, meio e fim; alguma coisa que aconteceu hoje; alguma coisa que queira dizer). Não são considerados erros gramáticos ou ortográficos. Escrever no verso da folha. (1) Certo (0) Errado

FRASE:

_____

20. Vou lhe mostrar um desenho, gostaria que você copiasse tentando fazer o melhor possível. Desenhar no verso da folha. (considere apenas se houver 2 pentágonos interseccionados, 10 ângulos, formando uma figura de 4 lados ou com 2 ângulos)

(1) Certo (0) Errado

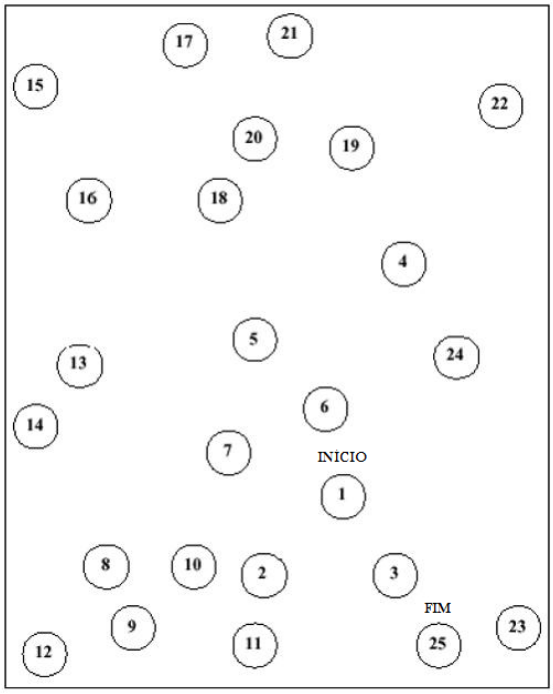


Notas de corte para o MEEM:

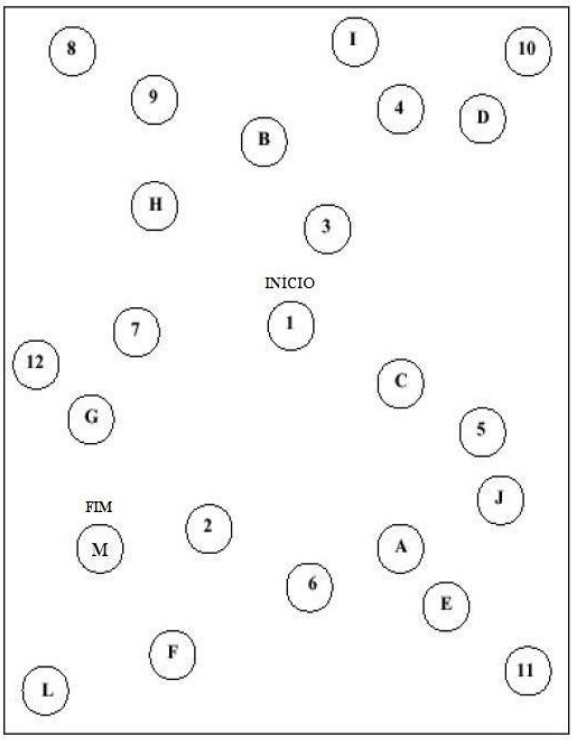
0 anos	**17 pontos**
1- 4 anos	**22 pontos**
5 – 8 anos	**24 pontos**
9 e mais	**26 pontos**

8.5 Trail Making Test (TMT)

Parte A

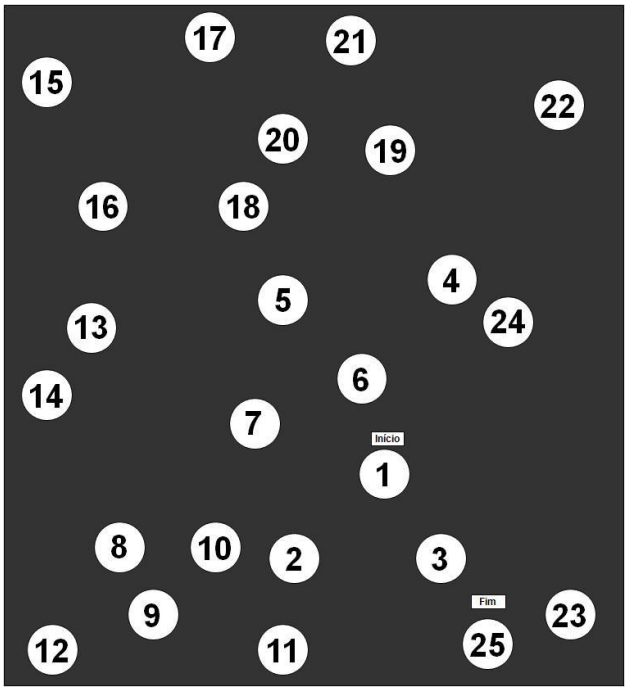


Parte B

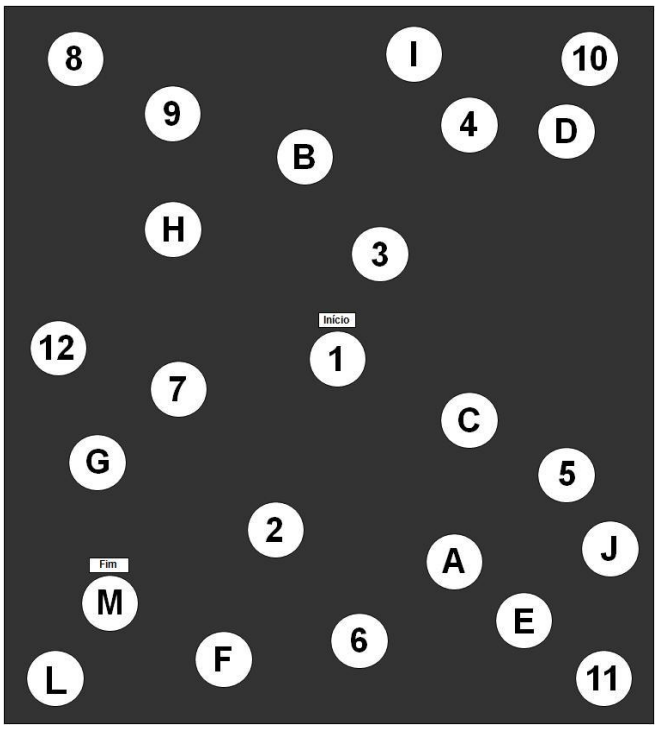


8.6 Tarefa de Deambulação Funcional (TDF)

Parte A



Parte B



9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, JR. **Psicologia Cognitiva e suas implicações experimentais.** Rio de Janeiro, Brasil: LTC Editora, 2004.

AMBONI, M; BARONE, P; HAUSDORFF, JM. **Cognitive Contributions to Gait and Falls: Evidence and Implications**. Mov Disord. 2013 September 15; 28(11): 1520–1533. doi:10.1002/mds.25674.

Associação Alzheimer Portugal. Diponível em: http://alzheimerportugal.org/pt/text-0-9-39-41-doenca-de-parkinson-e-demencia. Acesso em 22/02/2019.

BALDAÇO FO, CADÓ VP, SOUZA J, MOTA CB, LEMOS JC**. Analysis of proprioceptive training in the balance of women's futsal athletes.** Fisioter Mov. 2010;23:183-92.

BALDIVIA, B; BRUCKI, SMD; BATISTELA S; ESPER JC; AUGUSTO, CD; ROCHA, MSG. **Dementia in Parkinson's disease.** Arq Neuropsiquiatr 2011;69(5):733-738.

BARBOSA, AF; CHEN, J; FREITAG, F; VALENTE, D; SOUZA, CO; VOOS, MC; CHIEN, HF. **Gait, posture and cognition in Parkinson's disease.** Dement. Neuropsychol. vol.10 no.4 São Paulo, 2016.

BARBOSA, AA; VOOS, MC; CHEN, J; FRANCATO, DCV; SOUZA, CO; BARBOSA, ER; CHIEN, HF; MANSUR, LL. **Cognitive or Cognitive-Motor Executive Function Tasks? Evaluating Verbal Fluency Measures in People with Parkinson's Disease.** BioMed Research International. Volume 2017.

BARRY, E; GALVIN, R; KEOGH C; HORGAN, F; FAHEY, T. **Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta- analysis.** BMC Geriatr, 2014. doi: 10.1186/1471-2318-14-14

BAUMANN CR. **Epidemiology, diagnosis and differential diagnosis in Parkinson's disease tremor, Parkinsonism Relat Disord**. [Internet]. 2012 [cited 2014 Apr 23];18(1):90-2. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353802011700293.

BERG, KO; NORMAN, KE. **Functional assessment of balance and gait. Clinics in Geriatrics.** Medicine, v. 12, n. 4, p. 705-723, 1996.

BERGMARK, A; PARKER, MG; THORSLUND, M. Priorities in care and services for elderly people: a path without guidelines? J Med Ethics 2000;26:312-8.

BERRIOS, GE. Introdução à "Paralisia agitante", de James Parkinson (1817). Rev. latinoam. psicopatol. fundam. vol.19 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2016

BEUTER, A; HERNANDEZ, R; RIGAL, R; MODOLO, J; BLANCHET, PJ. **Postural sway and effect of levodopa in early Parkinson's disease.** Can J Neurol Sci. 2008 Mar; 35(1):65–8.

BHAT, S; ACHARYA, UR; HAGIWARA, Y; DADMEHR, N; ADELI, H. **Parkinson's disease: Cause factors, measurable indicators, and early diagnosis.** Computers in Biology and Medicine (2018) 102: 234-241 doi: 10.1016/ j.compbiomed.2018.09.008.

BOTTINO, CMC; ZEVALLOS-BUSTAMANTE, SE; LOPES, MA; AZEVEDO, D; HOTOTIAN, SR; JACOB-FILHO, W; LITVOC, J. **Combined instruments for the screening of dementia in older People with low education.** Arq Neuropsiquiatr 2009;67(2-A):185-190.

BOWER JH, MARAGANORE DM, MCDONNELL SK, ROCCA WA. **Incidence and distribution of parkinsonism in Olmsted County, Minnesota, 1976-1990.** Neurology. 1999 Apr 12; 52(6):1214-20.

BOWIE, CR; HARVEY, PD. **Administration and interpretation of the Trail Making Test.** Nat Protoc. 2006;1(5):2277-81. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.390>.

BRAUER, SG; WOOLLACOTT, MH.; LAMONT, R; CLEWETT, S; O´SULLIVAN J.; SILBURN, P; MELLICK, GD; MORRIS, ME. **Single and dual task gait training in people with Parkinson's Disease: A protocol for a randomized controlled trial.** BMC Neurology 2011, 11:90.

BRIDGEWATER, KJ; SHARPE, MH. **Trunk muscle performance in early Parkinson's disease.** Phys Ther. 1998 Jun;78(6):566-76.

BRUCKI, SMD; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, PHF.; OKAMOTO, IH. **Sugestões para uso do Mini Exame do Estado Mental no Brasil.** Arquivos de Neuropsiquiatria, v. 61, n.3B, p. 777-781, 2003.

CAIXETA, L; FERREIRA, SB. **Alterações cognitivas no parkinsonismo.** Manual de neuropsicologia: dos princípios à reab/ilitação. São Paulo: Atheneu, 2012. p. 215-221.

CARAMELLI, P. **Demência associada à doença de Parkinson: utilidade dos critérios diagnósticos da Movement Disorder Society no Brasil.** Arq. Neuro-Psiquiatr. vol.69 no.5 São Paulo Oct. 2011.

CARPENTER, MG; ALLUM, JHJ; HONEGGER, F; ADKIN, AL; BLOEM, BR. **Postural abnormalities to multidirectional stance perturbations in Parkinson's disease.** J Neurol Neurosurg Psychiatry 2004; 75:1245–1254.

CHASTAN, N; DEBONO, B; MALTETE, D; WEBER, J. **Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease.** Mov Disord. 2008 Feb 15; 23(3):366–72.

COLE, MH; NAUGHTON, GA; SILBURN, PA. **Neuromuscular Impairments Are Associated With Impaired Head and Trunk Stability During Gait in Parkinson Fallers.** Neurorehabil Neural Repair. 2017 Jan;31(1):34-47.

COLE, MH; SILBURN, PA; WOOD, JM; WORRINGHAM, CJ; KERR, GK. **Falls in Parkinson's disease: kinematic evidence for impaired head and trunk control.** Mov Disord. 2010; 25:2369-2378.

CÔTÉ, L; CRUTCHER, MD. **The basal ganglia.** In: KANDEL, ER; SCHWARTZ SH; JESSEL, TM. **Principles of neural Science.** Norwalk: Apleton & Lange, 1991.

CUPPS, B. **Postural control: a current review.** Neuro Developmental Treatment 1997, 1:3-8.

CUSTÓDIO, EB; JÚNIOR, JM; VOOS, MC. **Relationship between cognition (executive function and spatial perception) and balance in low educational status elderly.** Fisioterapia e Pesquisa, São Paulo, v.17, n.1, p.46-51, jan/mar. 2010 ISSN 1809-2950.

DANSILIO, S; CHARAMELO, A. **Constructional functions and figure copying in illiterates or low-schooled Hispanics.** Arch Clin Neuropsychol. 2005;20(8):1105-12. Diposnível em: <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.06.011>.

DOWLING, GA; HONE, R., BROWN, C; MELNICK, M. **Feasibility of Adapting a Classroom Balance Training Program to a Video Game Platform for People with Parkinson's Disease.** Telemedicine and e-health,April 2013.

ESQUENAZI, D., SILVA, S. B., & GUIMARÃES, M. A. **Aspectos fisiopatológicos do envelhecimento humano e quedas em idosos.** Rev. Hosp. Univ. Pedro Ernesto, 13(2):11-20. http://dx.doi.org/10.12957/rhupe.2014.10124.

FERNANDES, Â; ROCHA, N; SANTOS, R & MANUEL, JRST. **Effects of dual task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study.** Somatosens Mot Res, 2015;32(2):122–7.

FERNANDES, A; SOUZA, ASP; ROCHA, N; TAVARES, JMRS. **Parkinson's disease and cognitive-motor dual-task: is motor prioritization possible in the early stages of the disease?** Journal of Motor Behavior. 2016;48(4): 377-83.

FERNÁNDEZ, AL; MARCOPULOS, BA. **A comparison of normative data for the Trail Making Test from several countries: Equivalence of norms and considerations for interpretation.** Scandinavian Journal of Psychology, 2008, 49, 239–246 DOI: 10.1111/j.1467-9450.2008.00637.x

FERRAZ, DD**;** TRIPPO, KV**;** DUARTE, GP**;** NETO, MG**;** BERNARDES, SKO**;** FILHO, JO**. The effects of functional training, bicycle exercise, and exergaming on walking capacity of elderly patients with Parkinson disease: a pilot randomized controlled single-blinded trial.** Arch Phys Med Rehabil. 2018;99(5):826-33.

FOLSTEIN, MF; FOLSTEIN, SE; MCHUGH, PR. **Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician.** Journal of psychiatric research, vol. 12, pag. 189-198, 1975.

FREUND, HJ. **Mechanisms of voluntary movements.** Parkinsonism & Related Disorders, v.9, p.55-9, 2002.

FUSTER, JM. **Cortex and mind: unifying cognition.** New York: Oxford University Press, 2003.

GAGEY PM, WEBER B. **Posturología: regulación y alteraciones de la bipedestación.** España: Elsevier; 2001.

GINIS, P; NIEUWBOER, A; DORFMAN, M; FERRARI, A; GAZIT, E; CANNING, CG; ROCCHI, L; CHIARI, L; HAUSDORFF, JM; MIRELMAN, A. **Feasibility and effects of home-based smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial**. Parkinsonism and Related Disorders 22 (2016) 28e34.

GOETZ, CG, TILLEY, BC, SHAFTMAN, SR, STEBBINS, GT *et al.* **Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale Presentation and Clinimetric Testing Results Movement Disorders.** Vol. 23, No. 15, 2008, pp. 2129–2170.

GONÇALVES, GB; LEITE, MAA; PEREIRA, JS. **Influência das Distintas Modalidades de Reabilitação sobre as Disfunções Motoras Decorrentes da Doença de Parkinson.** Rev Bras Neurol, 47 (2): 22-30, 2011.

GRAYBIEL, AM. **Neurotransmitters and neuromodulators in the basal ganglia. Trends Neurosci.** 1990, 13:244-253.

GRILLNER, S; HELLGREN, J; MÉNARD, A; SAITOH, K; WIKSTRÖM, MA. **Mechanisms for selection of basic motor programs - roles for the striatum and pallidum.** Trends in Neuroscience, v.28, p.364-70, 2005.

HINDLE, JV; MARTYR, A; CLARE, L. **Cognitive reserve in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis.** Parkinsonism and Related Disorders 20 (2014) 1 e 7.

HOMANN, CN; QUEHENBERGER F; PETROVIC K; HARTUNG HP; RUZINCKA E; HOMANN, B. *et al*. **Influence of age, gender, education and dexterity on upper limb motor performance in Parkinsonian patients and healthy controls**. J Neural Transm. 2003;110(8):885-97.

IBGE. **Primeiros resultados definitivos do Censo 2010.** Disponível em: http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=1866. Acesso em 20 de out. 2014.

IBGE. **Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047.** Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-

de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047. Acesso em 13 de fev. 2019.

JUEPTNER, M; WEILLER, C. **A review of differences between basal ganglia and cerebellar control of movements as revealed by functional imagin studies.** Brain, v.121, p.1437-49, 1998.

KALIA, LV; LANG, AE. **Parkinson's disease**. *Lancet* (2015) 386, 896–912. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61393-3.

KANDEL, ER; SCHWARTZ, JH; JESSELL, TM. **Princípios da neurosciências.** Manole, v.4 ed., 2002.

KUOPIO, AM; MARTTILA, RJ; HELENIUS, H; RINNE, UK. **Changing epidemiology of Parkinon´s disease in southwestern Finland.** Neurology. 1999 Jan 15;52(2):302-8.

LIAO, YY; YANG, YR; CHENG, SJ**;** WU, YR**;** FUH, JL**;** WANG, RY. **VR-based training to improve obstacle-crossing performance and dynamic balance in patients with PD.** Neurorehabil Neural Repair. 2015;29(7):658-67.

LOPES, A. **Os desafios da gerontologia no Brasil**. Campinas – SP: Alínea, 2000.

LOPEZ, WO; HIGUERACAE, FONOFF, ET; SOUZA, CO; ALBICKER, U; MARTINEZ, JAE. **Listenmee® and Listenmee® smartphone app: Synchronizing Walking to Rhythmic Auditory cues to improve Gait in Parkinson's disease.** Human Movement Science .2014;37: 147–156.

MANCINI, M; HORAK, FB; ZAMPIERI, C; CARLSON-KUHTA, P; NUTT, JG *et al*. **Trunk accelerometry reveals postural instability in untreated Parkinson's disease.** Parkinsonism Relat Disord.2011;17: 557–562.

MAK, M; HALLETT, M. **Effect of cued training on motor evoked potential and cortical silent period in people with Parkinson's disease.** Clin Neurophysiol. 2013; 124:545-50.

MARUSIAK, J; JASKÓLSKA, A; KOSZEWICZ, M; BUDREWICZ, S; JASKÓLSKI, AM. **Revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients***.* Clin Biomech. 2012 Jul;27(6):632-5.

MATSUDO, SMR & MATSUDO, VK. **A atividade física e o idoso.** São Paulo: Manole, 2001.

MELO de GEL**;** KLEINER AFR**;** LOPES JBP**;** DUMONT, AJL**;** LAZZARI, RD**;** GALLI, M**;** OLIVEIRA, CS**. Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease.** NeuroRehabilitation. 2018;42(4):473-80.

MICHEL, PP; TOULORGE, D; GUERREIRO, S; HIRSCH, EC. **Specific needs of dopamine neurons for stimulation in order to survive: implication for Parkinson disease**. *FASEB (2013) J.* 27, 3414–3423. doi: 10.1096/fj.12-220418.

MIRANDA, GMD; MENDES, ACG; SILVA, ALA. **O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras.** Rev. Bras. Geriatr. Gerontol., Rio de Janeiro, 2016; 19(3):507-519.

MIRELMAN, A; MAIDAN, I; HERMAN, T; DEUTSCH, JE; GILADI, N; HAUSDORFF, JM. **Virtual Reality for Gait Training: Can it Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients with Parkinson´s Disease?** Phys Ther. 2011 ep;80(9):896-903.

MIRELMAN, A; MAIDAN, I; DEUTSCH, JE. **Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease.** Mov Disord. 2013;28(11):1597-608.

MONTEIRO, D. *et al*. **Relação entre disfagia e tipos clínicos na doença de Parkinson**. *Revista CEFAC,* Campinas, v. 16, n. 2, p. 620-627, 2014.

NETTO, FLM. **Aspectos Biológicos e Fisiológicos do Envelhecimento Humano e suas Implicações na Saúde do Idoso.** Revista Pensar e Prática, Capa >v.7,n.1 (2004) > Luiz de Marchi Netto.

NUTT, JG; WOOTEN, GF. **Diagnosis and Initial Management of Parkinson's Disease.** *New England Journal of Medicine*. 2005; 353: 1021–1027.

OLANOW, CW; STERN, MB; SETHI, K. **The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease** (2009). Neurology. 2009 May 26;72(21 Suppl 4):S1-136.

ONLA-OR, S; WINSTEIN, C. **Function of the 'direct' and 'indirect' pathways of the basal ganglia motor loop: evidence from reciprocal aiming movements in Parkinson´s disease.** Cognitive Brain Research, v.10, p.326-32, 2001

PAULSON, HL; STERN, BM. **Clinical Manifestations of Parkinson's Disease.** In WATTS, RL; KOLLER, WC. Movement Disorders Neurologic Principles and Practice. New York: MacGraw, 1997, p.183-200.

PEREIRA, D; GARRETT, C. **Factores de risco da doença de Parkinson um estudo epidemiológico.** Acta Med Port 2010;23:15-24.

PETERNELLA, FMNF; MARCON, SS. **Descobrindo a Doença de Parkinson: impacto para o parkinsoniano e seu familiar.** Rev Bras Enferm, Brasília 2009 jan-fev; 62(1): 25-31.

PETERSON, DS; KING, LA; COHEN, RG; HORAK, FB. **Cognitive Contributions to Freezing of Gait in Parkinson Disease: Implications for Physical Rehabilitation.** Phys Ther. 2016 May; 96(5): 659–670. doi: 10.2522/ptj.20140603.

PIERUCCINI-FARIA, F; MENUCHI, MRTP; VITÓRIO, R; GOBBI, LTB; STELLA, F; GOBBI, S. **Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da levodopa: um estudo piloto.** Rev Bras Fisioter 2006; 10:233-9

PINHEIRO, JES. **Tratado de geriatria e gerontologia.** Rio de janeiro: Guanabara, 2006, p.355-60.

PODSIADLO D., RICCHARDSON S. **The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons.** J Am Geriatr Soc. 1991 Feb;39(2):142-8.

POLLOCK AS, DURWARD BR, ROWE PJ. **What is balance?** Clin Rehabil 2000;14(4):402-406.

POMPEU, JE**;** ARDUINI, LA**;** BOTELHO, AR**;** FONSECA, MB**;** POMPEU, SM**;** TORRIANI-PASIN, C**;** DEUTSCH, JE. **Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures! for people with Parkinson's disease: a pilot study.** Physiotherapy. 2014;100(2):162-8.

PONZONI, S; GARCIA-CAIRASCO, N. **Neurobiologia do parkinsonismo. Substratos neurais e neuroquímica dos gânglios basais.** Arq. Neuropsiquiatria, 1995, 53(3-B): 706-710.

RAND, D; ENG, JJ; LIU-AMBROSE, T; TAWASHY, AE. **Feasibility of a 6-month exercise and recreation program to improve executive functioning and memory in individuals with chronic stroke.** Neurorehabil Neural Repair. 2010;24(8):722-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1545968310368684>.

REPOVŠ, G; BADDELEY, A**. THE MULTI-COMPONENT MODEL OF WORKING MEMORY: EXPLORATIONS IN EXPERIMENTAL COGNITIVE PSYCHOLOGY.** *Neuroscience* 139 (2006) 5–21

RIBEIRO, CDM; SCHRAMM, FR. **A necessária frugalidade dos idosos.** Cad. Saúde Pública 2004;20(5):1141-59.

ROCCHI, L; PALMERINI, L; WEISS, A; HERMAN, T; HAUSDORFF, JM. **Balance testing with inertial sensors in patients with Parkinson's disease: assessment of motor subtypes.** IEEE Trans Neural SystRehabilEng 2014;22(5):1064-1071.

ROCHESTER, L.; BAKER, K.; HETHERINGTON, V.; JONES, D.; WILLEMS, A.M.; KWAKKEL, G. *et al*. **Evidence for motor learning in Parkinson's disease: acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues**. Brain Res. 2010;1319:103e111.

ROCHESTER, L.; BURN, D.J.; WOODS, G.; GODWIN, J.; NIEUWBOER, A. **Does auditory rhythmical cueing improve gait in people with Parkinson's disease and cognitive impairment? UH feasibility study.** Mov Disord. 2009;24(6):839–45.

SCALZO, PL; NOVA, IC; PERRACINI, MR; SACRAMENTO, DRC; CARDOSO, F; FERRAZ, HB; TEIXEIRA, AL. **Validação da versão brasileira da Escala de Equilíbrio de Berg para pacientes com a doença de Parkinson.** Arq. Neuro-Psiquiatr. vol.67 no.3b São Paulo Sept. 2009.

SCHIMDT, MI; DUNCAN, BB; AZEVEDO e SILVA, G; MENEZES, AM; MONTEIRO, CA; BARRETO, SM *et al*. **Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais.** Lancet 2011;377:61-74

SHUMWAY-COOK A, WOOLLACOTT MH. **Motor Control: Theory and Practical Applications.** 2. ed. Barueri: Manole; 2003

SOARES, DS; MELLO, LM; SILVA, AS; MARTINEZ, EZ; NUNES, AA. **Fraturas de fêmur em idosos no Brasil: análise espaço-temporal de 2008 a 2012.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 30(12):2669-2678, dez, 2014.

SONG, J; PAUL, SS; CAETANO, MJD; SMITH, S; DIBBLE, LE; LOVE, R; SCHOENE, D; MENANT, JC; SHERRINGTON, C; LORD, SR; CANNING, CG; ALLEN, NE. **Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial.** Clin Rehabil. 2018;32(3):299-311.

SOUZA, CFM; ALMEIDA, HCP; SOUSA JB; COSTA, PH; SILVEIRA, YS; BEZERRA, JCL. A **Doença de Parkinson e o Processo de Envelhecimento Motor: Uma Revisão de Literatura.** Ver. Neurocienc. 2011;19(4):718-723.

SOUZA, CO; VOOS, MC; CHIEN, HF; MACHADO, RB; FONOFF, FC; BARBOSA, ER; VOOS, MC; CHIEN, HF; MACHADO, RB; FONOFF, FC; BARBOSA, ER; FONOFF, ET. **Combined auditory and visual cueing provided by eyeglasses influence gait performance in Parkinson disease patients submitted to deep brain stimulation: a pilot study.** iMedPub Journals (2015). Vol. 8 No. 132 doi: 10.3823/1731.

SOUZA, CO; VOOS, MC; FRANCATO, DV; CHIEN, HF; BARBOSA, ER. **Influence of educational status on executive function and functional balance in individuals with Parkinson disease.**Cogn Behav Neurol. 2013;26(1):6-13.

SOUZA GS DE, GONÇALVES DF, PASTRE CM. **Propriocepção cervical e equilíbrio: uma revisão.** Fisioter Mov. 2006;19:33-40.

SPRINGER, S; GILADIN, N; PERETZ, C; YOGEV, G; SIMON, E; HAUSDORFF, JM. **Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function.** Mov Disord. 2006;21(7):950-7.

STUBBS, B; BREFKA, S; DENKINGER, MD. **What works to prevent falls in community-dwelling older adults? An umbrella review of meta-analyses of randomized controlled trials.** Phys Ther. 2015 Aug;95(8):1095-110. Disponível em: <https://doi.org/10.2522/ptj.20140461>.

TAKAKUSAKI, K. **Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control.** J Mov Disord. 2017 Jan;10(1):1-17.

TAYLOR, ME; KETELS, MM; DELBAERE, K; LORD, SR; MIKOLAIZAK, AS; CLOSE, JCT**. Gait impairment and falls in cognitively impaired older adults: an explanatory model of sensorimotor and neuropsychological mediators. Age Ageing.** 2012;41(5):665-9. http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afs057. PMid:22572239.

TIEVE, HAG. **Etiopatogenia da doença de Parkinson.** Rev Neurocienc 2005;13:201-14.

TOOKUNI KS, NETO RB, PEREIRA CAM, SOUZA DR, GREVE JMA, AYALA AA. **Análise comparativa do controle postural de indivíduos com e sem lesão do ligamento cruzado anterior do joelho.** Acta Ortop Bras. 2005;13:115-9.

TUMAS, V. **Fisiopatologia dos Gânglios da Base.** Departamento de Neurociências e Ciências do Comportamento da Faculdade de Medicina de Ribeirao Preto – USP. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4261310/mod_resource/content/1/texto%20Fisiopatologia%20dos%20g%C3%A2nglios%20da%20base%202018.pdf, 2013.

ULLO, JG. **Applied Biomechatronic Using Mathematical Models**. Elsevier, Academic Press. (2018)

VAN DEN EEDEN, SK; TANNER, CM; BERNSTEIN, AL; FROSS, RD; LEIMPETER, A; BLOCH, DA; NELSON, LM. **Incidence of Parkinson disease: variation by age, gender, and race/ethnicity.** Am J Epidemiol. 2003 Jun 1; 157(11):1015-22.

VASCONCELLOS, LFR; PEREIRA, JS. **Parkinson's disease dementia: Diagnostic criteria and risk factor review.** Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, vol. 37, 2015.

VIEIRA, EB. **Manual de gerontologia**. Rio de Janeiro: Revinter, 1996. Recebido: novembro de 2003 Aprovado: dezembro de 2003.

VITORIO, R; LIRANI-SILVA, E; PIERUCCINI-FARIA, F; MORAES, R; GOBBI, LTB; ALMEIDA, QJ. **Visual cues and gait improvement in Parkinson's disease: which piece of information is really important?** Neuroscience. 2014;277:273-80.

VOELCKER-REHAGE C; STRONGE AJ; ALBERTS JL. **Age-related Differences in Working Memory and Force Control under Dual-task Conditions.** Aging, Neuropsychology, and Cognition, 13:366–384, 2006. Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 1382-5585/05 print; 1744-4128 online DOI: 10.1080/138255890969339.

VON CAMPENHAUSEN, S; BORNSCHEIN, B; WICK, R. *et al*. **Prevalence and incidence of Parkinson's disease in Europe.** Eur Neuropsychopharmacol 2005;15:473–490.

VOOS, MC. **A influência da idade e da escolaridade na execução e no aprendizado de uma tarefa cognitivo-motora** [Tese de Doutorado]. São Paulo: Instituto de Psicologia; 2010. 99 p.

VOOS, MC; CUSTÓDIO, EB; MALAQUIAS, J. **Relationship of executive function and educational status with functional balance in older adults.** J Geriatr Phys Ther. 2011;34(1):11-8.

VOOS, MC; MANSUR, LL; CAROMANO, FA; BRUCKI, SMD; VALLE, LER. **The influence of educational status on motor performance and learning: a literature review.** Fisioterapia & Pesquisa, 21(3):297-304, 2014.

VOOS, MC; PIEMONTE, ME; CASTELLI, LZ; ANDRADE-MACHADO, MS; TEIXEIRA, PPS; CAROMANO, FA; RIBEIRO DO VALLE, LE. **Association between educational status and dual-task performance in young adults**, 2015, 120, 2, 1-22.

VOOS, MC; PIEMONTE, ME; MANSUR, LL; CAROMANO, FA; BRUCKI SMD; VALLE, LER. **Educational status influences cognitive-motor learning in older adults.** Arquivos de Neuropsiquiatria, 2017, 75(12):843-849.

YANG, WC**;** WANG, HK**;** WU, RM**;** LO, CS**;** LIN, KH**. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial.** J Formos Med Assoc. 2016;115(9):734-43.

YOUNG, WR; RODGER, MW; CRAIG, CM. **Auditory observation of stepping actions can cue both spatial and temporal components of gait in Parkinson's disease patients.** Neuropsychologia. 2014;57:140-53.

WALKER RW; CHAPLIN A; HANCOCK RL; RUTHERFORD R; GRAY WK. **Hip fractures in people with idiopathic Parkinson's disease: incidence and outcomes.** Mov Disord.2013 Mar;28(3):334-40.

WILLIAMS DR; WATT HC; LEES AJ. **Predictors of falls and fractures in bradykinetic rigid syndromes: a retrospective study.** J Neurol Neurosurg Psychiatry 2006; 77:468–473.

WOOD BH; BICLOUGH JA; BOWRON A; WALKER RW. **Incidence and prediction of falls in Parkinson's disease: a prospective multidisciplinary study*.*** J Neurol Neurosurg Psychiatry 2002; 6(72):721-725.

APÊNDICES

Trajetória Acadêmica

Desde que eu entrei na faculdade, tinha uma única certeza: queria trabalhar com idosos! No meu último ano de faculdade, procurei uma especialização. Em um certo dia, vi no mural da faculdade um cartaz sobre especialização em Gerontologia pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (HCFMUSP). Estudei muito e em 12/12/2011 cheguei ao Hospital das Clínicas, com minha mãe, que fez questão de me acompanhar na primeira prova. Na sexta-feira daquela semana saiu o resultado e fiquei em terceiro lugar na colocação geral!

No dia 01/03/2012, iniciei minha tão sonhada especialização. Ficava metade do dia no ambulatório e metade na enfermaria. Ao final da minha especialização, em janeiro/2013, tivemos aula com a Profa. Dra. Mariana Callil Voos. Ao final daquela aula, ela fez um convite para participar em uma pesquisa, que possibilitaria publicar um artigo e até fazer um mestrado. Em março/2013 eu concluí a especialização e em abril iniciei a minha primeira aula como ouvinte para um possível projeto de mestrado.

O Prof. Dr. Erich Fonoff deu muito apoio na fase inicial do projeto e da coleta de dados e, logo em seguida a Profa. Dra. Sonia Maria Dozzi Brucki gentilmente aceitou ser minha orientadora no programa de pós-graduação em Neurologia, com a co-orientação da Dra. Mariana Callil Voos. Nas aulas no Departamento de Neurologia, tive ótimos professores e até a oportunidade de assistir cirurgias.

Atualmente, faço parte do grupo de estudos REMOVE (Ms. Alessandra Barbosa Lee, Dra. Carolina Souza, Dra. Chien Hsin Fen, Esp. Debora Valente, Ms. Janini Chen, Dra. Mariana Callil Voos) e do grupo de pesquisa da Dra. Mariana Voos (TREE, Terapia e Reabilitação Especializada), que discute pesquisas e prática clínica em Reabilitação Neurológica. Ampliei minha prática clínica, com técnicas que vão desde manobras passivas até jogos de Xbox.

Tive a oportunidade de apresentar meu resumo, intitulado: Desempenho de idosos saudáveis e com doença de Parkinson em uma tarefa cognitivo-motora, na forma de pôster, no IX Congresso Sul-Brasileiro de Geriatria e Gerontologia, em 2015. Em 2016, participei do Congresso Brasileiro de Neurologia, com o trabalho: *Learning of healthy elderly and Parkinson`s Disease patients in a cognitive-motor task* (apresentação oral). Nesse mesmo ano, participei como coautora do artigo: *Gait, Posture and Cognition in PD* (Dement Neuropsychol. vol.10, no.4, 2016). Em agosto/2017, apresentei o pôster*: Is cognitive-motor dual task training effective in patients with Parkinson's disease? Systematic review*, na 7ª Reunião do Departamento Científico de Transtornos do Movimento da Academia Brasileira de Neurologia. Em 2018, o artigo *Is virtual reality beneficial to dual-task gait training in patients with Parkinson´s Disease? Systematic review* foi submetido à revista *Dementia & Neuropsychologia* (aceito em 2019). Ainda neste ano, será submetido o segundo artigo desse exemplar, *Cognitive-Motor Interactions in Functional Locomotion in Patients with Parkinson´s Disease*, após as correções que serão propostas pela banca na ocasião da Defesa de Mestrado. Ambos os artigos são apresentados nesse exemplar.

Atualmente, resido em Santa Catarina e meu foco principal é o atendimento de idosos. Nos atendimentos proponho o treino de tarefas duplas, como seguir um trajeto sequencial de cores diferentes em círculos no chão, deambular e realizar tarefas mnemônicas associadas. Além de os pacientes gostarem destas atividades, os familiares relatam melhora da marcha e da cognição.

Também tenho realizado palestras em Blumenau e cidades vizinhas e atividades interdisciplinares, como, por exemplo, debates com a participação da psicóloga Mônica Schneider. Sou membro do corpo docente do programa de pós-graduação lato sensu em neuropsicologia clínica da Universitas Lucius Annaeus Seneca (UNILAS). O aprendizado adquirido na especialização e no mestrado do HCFMUSP abriram muitas portas e continuo aprendendo diariamente.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1.NOME:.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE N°:.....SEXO: M ( ) F ( )

DATA DE NASCIMENTO:...../...../.....

ENDEREÇO:.....N°.....
APTO:.....

BAIRRO:.....CIDADE:.....

CEP:.....TEL: DDD(.....).....

2. RESPONSÁVEL LEGAL.....

NAUTREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.).....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE N°:.....SEXO: M ( ) F ( )

DATA DE NASCIMENTO:...../...../.....

ENDEREÇO:.....N°.....
APTO:.....

BAIRRO:.....CIDADE:.....
.....

CEP:.....TEL: DDD(.....).....

1. O objetivo deste trabalho é avaliar se o cognitivo influencia no equilíbrio e controle motor do indivíduo com Doença de Parkinson. A importância deste é conhecermos o desempenho destes para futuras comparações com pacientes saudáveis e com outros testes; termos certeza de que esse teste serve para avaliar as pessoas e verificarmos se, com as repetições, as pessoas se tornam mais rápidas e erram menos.

2. O senhor/senhora deverá andar sobre uma superfície antiderrapante de 2,0 X 2,5 m seguindo uma sequencia. Na parte A, haverá números pretos de 1 a 25, dentro de círculos brancos. O tempo será cronometrado e os erros (pisar no numero errado) será registrados. Na parte B, haverá números de 1 a 12 alternados com letras de A a M (ex.: 1, A, 2, B, etc..). No primeiro dia o teste será realizado 8 vezes para a parte A e 8 vezes para a parte B. Uma semana depiis, haverá uma reavaliação.

3. Um examinador permanecera o tempo todo do experimento ao seu lado para minimizar o risco de desequilíbrio ou queda em todos os procedimentos propostos. A pressão arterial será aferida diversas vezes durante o teste. Se a pressão arterial estiver acima do normal o experimento será interrompido.

4. O senhor/senhora poderá sentir cansaço ou desequilíbrio. Se houver algum desconforto, o experimento será interrompido. Todas as pessoas que apresentaram risco de quedas ou dificuldades de locomoção serão orientadas e encaminhadas ao ambulatório de fisioterapia.

5. Somente no final do estudo poderemos concluir a presença de algum beneficio, mas é possível que haja melhora da atenção e do equilíbrio com o procedimento realizado, neste caso, o ganho poderá ser mantido com a realização dos exercícios parecidos com os realizados durante o experimento, que serão orientados pelo examinador no final da segunda sessão.

6. O procedimento que poderá ser vantajoso é a execução repetida do teste de deambulação funcional.

7. Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo o senhor/ a senhora terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de quaisquer duvidas. As principais pesquisadoras são as ft. Ana Caroline Lobo e Fernanda Freitag que, podem ser encontradas na rua: Oscar Freire, 1707 apto. 112, tel.: (11)34761862 .

8. É garantida a liberdade de retirada do consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem qualquer prejuízo;

9. Direito de confidencialidade - as informações obtidas serão analisadas em conjunto cm outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente;

10. O senhor/a senhora poderá ser mantido (a) atualizado (a) sobre os resultados parciais da pesquisa, quando em estudos abertos ou de resultados que sejam de conhecimentos dos pesquisadores;

11. Despesas e compensações não há despesas pessoais em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada a sua participação. Se existir qualquer despesa adicional ela será absolvida pelo orçamento da pesquisa.

12. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos e tratamentos propostos por este estudo (nexo causal comprovado), o participante terá direito a atendimento medico nesta instituição.

13. Existe o compromisso do pesquisador de usar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido o suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim.

Eu discuti com as fisioterapeutas Ana Caroline Lobo e Fernanda Freitag sobe a minha decisão em participar deste estudo. Ficam claros para mim quais são os objetivos do estudo, os procedimentos, se os desconfortos ou riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é gratuita e que tem garantia de acesso a tratamento hospitalar quando necessário.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer beneficio que eu possa ter recebido, ou no meu atendimento neste serviço.

_____

Assinatura do paciente/participante legal Data: / /

Assinatura da testemunha Data: / /

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntaria o consentimento livre e esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data: / /

Primeiro Artigo

Revista: Dementia & Neuropsychologia. **Aceito em 09/04/2019.**

Is virtual reality beneficial to dual-task gait training in patients with Parkinson´s Disease? Systematic review

ABSTRACT

INTRODUCTION: This systematic review examined the evidence about the effects of virtual reality (VR) on dual-task gait training in Parkinson´s disease (PD).

METHOD: This study (PROSPERO registration: CRD42019114736) aimed to answer the question: “Is VR beneficial for dual-task gait training in patients with

PD?" We searched studies from 2008 to 2018 on Medline/PubMed and Web of Science/Web of knowledge databases. The keywords were *Parkinson* AND *gait training* AND *virtual reality* OR *Parkinson* AND *gait training* AND *game.* We found 55 articles and eliminated 11 systematic reviews, 11 opinions, letters to the editor, posters or conferences abstracts and 17 studies that did not evaluate the effects of VR gait training. Three more studies (found in the references of the selected studies) were included because they also approached VR dual-task gait training in PD. Therefore, nineteen studies were included and analysed.

RESULTS: All studies reported gait improvement after VR training. Many clinical scales were used, and it was difficult to compare the effects of each protocol.

CONCLUSION: VR dual-task gait training should be part of rehabilitation protocols for PD. The studies showed that VR training is effective, although specific guidelines have not been established yet.

Keywords: Parkinson disease; gait; cognition; virtual reality, videogames.

A realidade virtual é benéfica para o treino de marcha em tarefa dupla em pacientes com Doença de Parkinson? Revisão sistemática

RESUMO

INTRODUÇÃO: Essa revisão sistemática examinou as evidências sobre os efeitos da realidade virtual (RV) no treinamento de marcha em tarefa dupla na doença de Parkinson (DP).

MÉTODO: Esse estudo (registro PROSPERO: CRD42019114736) visou responder à questão: “A RV é benéfica no treinamento de marcha em tarefa dupla em pacientes com DP?” A busca, de 2008 a 2018, foi feita nos bancos de dados Medline/PubMed e Web of Science/Web of Knowledge. Os descritores foram Parkinson *AND gait training AND virtual reality OR Parkinson AND gait training AND game*. Foram encontrados 55 artigos e eliminadas 11 revisões sistemáticas, 11 cartas ao editor, resumos de pôsteres ou conferências e 17 estudos que não avaliaram os efeitos do treinamento da marcha em RV. Três outros estudos (encontrados nas referências dos estudos selecionados) foram incluídos porque também abordaram o treinamento de marcha de tarefa dupla de RV em DP. Portanto, dezenove estudos foram incluídos e analisados.

RESULTADOS: Todos os estudos relataram melhora da marcha após o treinamento com RV. Muitas escalas clínicas foram usadas e foi difícil comparar os efeitos de cada protocolo.

CONCLUSÃO: RV deve ser parte dos protocolos de reabilitação em DP. O treinamento com RV é eficaz, embora recomendações específicas ainda não tenham sido estabelecidas.

Descritores: doença de Parkinson; marcha; cognição; realidade virtual, videogames.

INTRODUCTION

Parkinson's Disease (PD) is the second most common neurodegenerative disease, characterized by motor and cognitive symptoms. Executive dysfunction can be present since the early stages of PD. These deficits increase falls risk and reduce functional independence, especially in dual-task performance. Executive function has been defined as a group of abilities involved in solving problems, reaching goals and meeting environmental demands[1,2], such as cognitive flexibility and decision-making[3]. More than 50% of patients with PD have frontal lobe dysfunction, which compromises attention, executive function, spatial perception and implicit/episodic memory[4].

Patients with PD have a poorer standing balance than healthy individuals[5,6]. While performing a secondary task associated with ambulation, patients with PD show lower gait speed, shorter step length and freezing of gait episodes. Postural control deficits result in decreased mobility and functional independence[6], e.g. during the sit-to-stand-to-sit sequence, especially when under the dual-task condition. Therefore, patients with PD must deal with the

disruption of their motor and cognitive performances when they face the cognitive-motor demands of their daily life tasks[6,7].

Many studies have shown the importance of visual, auditory, verbal and mnemonic cues (e.g. mental practice). Although cues help attention engagement during balance and gait tasks[2,4,8] they may compete with other cognitive components required in daily life dual- or multiple-tasks. For example, while crossing a street, the patient may evoke visual or auditory cues to maintain step length or cadence. However, this strategy may compete with the intrinsic visual and auditory stimuli of traffic lights, pedestrians and vehicles.

Dual-task training improve cognitive-motor performance and direct the attentional focus to specific outcomes. This is important because of the similarity with daily life tasks, when people focus on outcomes rather than on maintaining balance[9]. The virtual reality (VR) provides dual-task training and requires information processing, attentional shifting, sensory integration, motor planning, VR may also provide feedback to enhance motor learning[9,10].

Postural control requires the integration of visual, somatosensory and vestibular systems. Executive function contributes to adapting inputs to meet environmental demands. In older adults and patients with PD, the reduced speed of sensory processing, motor planning and muscles activation result in increased attentional demands to keep stability[11]. VR training may optimise all these components, and therefore, motor learning. Besides, it may be safer and more motivating than conventional approaches[11-13]. Therefore, VR training may improve adherence by offering personalised and fun exercises, with progressive cognitive overload[14].

VR provides complex environments for balance and gait training of patients with PD. Improvements on step and stride length, gait velocity, functional independence, quality of life, and cognitive function have been reported after VR interventions with patients with PD[14,15]. Therefore, VR can play an important role in motor control and learning in PD[16]. Several VR dual-task gait training protocols have been proposed for patients with PD, but the effects are not clear. This systematic review aimed to examine and analyse the evidence about VR dual-task gait training in PD.

METHOD

This systematic review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) checklist. This study was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO). The registration number is CRD42019114736. Two researchers conducted the data search independently and blindly. Other three researchers conducted the data review and all researchers discussed all cases of doubt. The study aimed to answer the question: “Is VR beneficial to dual-task gait training in patients with PD?”

The inclusion criteria were studies available in Medline/ Pubmed and Web of Science/ Web of Knowledge databases, which addressed the VR dual-task gait training. The exclusion criteria were: studies that focused on drugs or surgery instead of dual-task training, literature reviews, abstracts and letters to the editor.

We searched studies from 2008 to 2018 on Medline/ Pubmed and Web of Science/ Web of Knowledge databases. The keywords were *Parkinson* AND *gait training* AND *virtual reality* OR *Parkinson* AND *gait training* AND *game.*

The search was performed on August 26th, 2018. We found 55 articles and eliminated 11 systematic reviews, 17 studies that did not specifically evaluate the effects of VR dual-task gait training and 11 opinions, letters to the editor or conference or poster abstracts. The references of these sixteen studies were analysed. Three more studies were included because they also focused on VR dual-task gait training in PD. Therefore, nineteen studies were included in the qualitative synthesis (Figure 1). Figure 1 shows all the steps of the systematic review and the reasons for studies exclusions.

The studies were also scored with the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). This database evaluates the quality of each study and the validity of the conclusions, based on the Delphi list (Verhagen et al., 1998)[17]. This scale has 11 domains, which evaluate: 1. Eligibility criteria; 2. Random distribution of subjects in each group; 3. Secret allocation of subjects; 4. Similar groups regarding the most important prognosis; 5. Blind participation of subjects; 6. Blind participation of therapists; 7. Blind examiners; 8. At least one key result obtained in more than 85% of subjects; 9. Subjects received treatment or control condition; 10. Intergroup statistical comparisons have been performed for at least one key outcome; 11. Presence of precision and variability measures.

RESULTS

The 19 selected studies are summarized in Table 1. Several clinical scales were used, but the most frequent were Parkinson´s Disease Questionnaire-39, Unified Parkinson Disease Rating Scale-III, Dynamic Gait Index and the 10-Minute Walk Test. Most studies described gait improvement after virtual reality training. The six-minute walk test, the Montreal Canadian Cognitive Assessment, the timed up and go test and the Berg Balance Scale were also used in evaluation protocols, but less frequently.

Table 2 shows the score on each domain of the PEDro database. The scores on PEDro ranged from 4 to 11, but 11 studies were scored as 8 or higher. Therefore, although protocols were variable, many studies showed high quality of evidence that supported VR dual-task gait training.

Figure 1: Flow diagram (PRISMA, 2009)

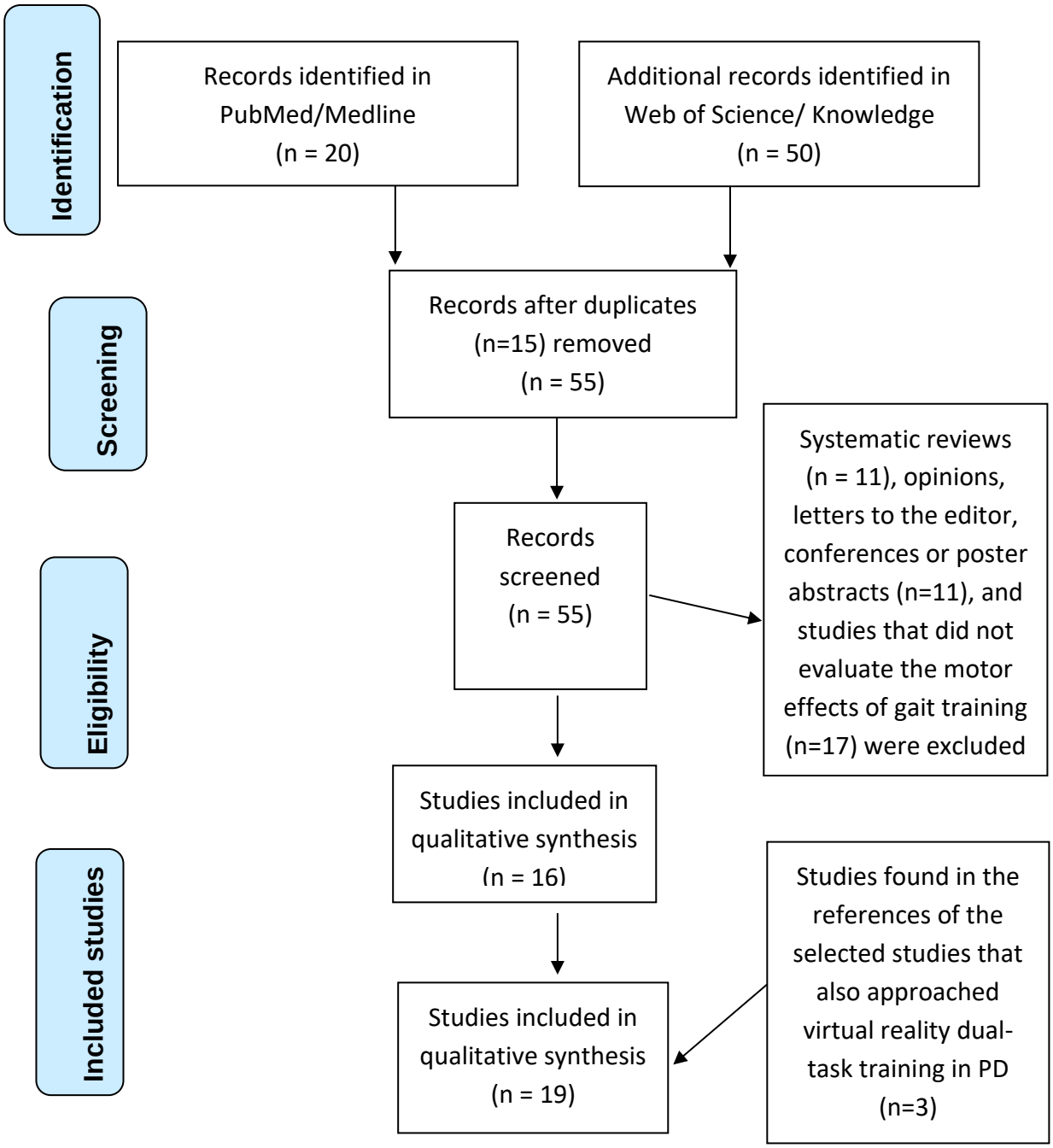


Figure 1: Studies included in the systematic review, based on PRISMA criteria (2009): identification, screening, eligibility and studies that were included in the review (n=19).

Table 1: Synthesis of the 19 studies included in the systematic review.

Authors	Participants	Method	Main findings
Espay et al., 2010[18] At-home training with closed loop augmented reality cueing device for improving gait in patients with PD.	13 patients with PD Age: 73.3±11.7 yrs PD duration: 12.1±4.2 yrs H&Y: not available	The efficacy of an accelerometer-driven, wearable, visual-auditory cueing device at baseline and after 2 weeks of twice daily (30 min) at-home use was examined. Gait velocity, stride length, and cadence were measured using a validated electronic gait-analysis system. FOG-Q was used for clinical assessment.	After training, patients improved velocity and stride length with the device. The effects were maintained even after the device was removed. Devices with closed-loop sensory feedback appear to be effective and desirable interventions to improve gait in patients with PD. An overall improvement in gait was detected by FOG-Q.
Mirelman *et al.,* 2011a[19] **VR for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with PD?**	20 patients with PD Age: 67.1±6.5 yrs PD duration: 9.8±5.6 yrs H&Y: 2-3	Eighteen sessions (three per week) of progressive intensive treadmill training with virtual obstacles. Outcome measures included gait under single and dual-tasks and while negotiating obstacles. Functional performance was assessed by UPDRS-III, four square step test, PDQ-39, MoCA and TMT.	Gait speed improved in single-task and while negotiating obstacles. Dual-task gait variability, TMT times (parts A and B), scores on UPDRS-III and four square step test performance improved). Functional gains were also observed one month later (retention effects). Quality of life increased after training.
Esculier *et al.,* 2012[20] Home-Based balance training program using Wii Fit™ with balance board for PD: A pilot study.	9 healthy subjects (age: 63.5±12.0) 11 PD (age: 61.9±11.0 yrs, PD duration: 8.5±3.6).	Approximately 40 min, 3 days/week for 6 weeks (18 total training sessions) with a pre-determined number of repetitions of game trials. Each training day included 30 min with the Wii Fit™ using the balance board and 10 min with the Wii Sports™ game (golf or bowling).	Balance, global mobility and functional abilities improved in patients with PD (measured by UPDRS, Activities-specific Balance and Confidence Scale, TUG, Sit-to-Stand Test, Performance-Oriented Mobility Assessment, Community Balance and Mobility scale, 10MWT. Healthy subjects also improved, but to a lesser extent.
Mhatre et al., 2013[21] Wii Fit balance board playing improves	10 subjects with PD (4 men) Age: 67.1 yrs (44–91 yrs), SD	Nintendo Wii Fit™ and balance board system effects on balance and gait were evaluated with BBS, DGI and Romberg. Training	The Wii Fit™ balance board training improved balance and gait. No significant changes were seen in mood or confidence. BBS increased significantly. DGI improved, as

balance and gait in PD.	was not informed. PD duration: 6.7 yrs (1–14 yrs), SD was not informed. H&Y: 2.5-3.	occurred 3 times a week for 8 weeks for 30 min. Wii balance board™ measured postural sway. Balance confidence was rated by the Activities-specific Balance Confidence scale and depression by GDS.	did postural sway (decreased 31% variance in stance with eyes open), but these differences were non-significant. Romberg with eyes closed increased significantly.
Pompeu et al., 2014[22] Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures! for people with Parkinson's disease: a pilot study.	7 patients with PD (6 males) Age: 72.0 yrs±9.0 yrs PD duration: not informed H&Y 2-3.	Kinect Adventures! training consisted of fourteen 60-min sessions, 3 times a week. Feasibility and safety outcomes included game performance and adverse events. Clinical outcomes were 6MWT, Balance Evaluation System Test, DGI and PDQ-39.	The scores of all games, 6MWT, Balance Evaluation System Test, DGI and PDQ-39 improved. Kinect-based training was safe and feasible. Kinect Adventures! Improved balance, gait, cardiopulmonary aptitude and quality of life.
Esculier et al., 2014[23] Corticomotor excitability in PD during observation, imagery and imitation of action: effects of rehabilitation using Wii Fit and comparison to healthy controls.	Eight subjects with moderate PD (age: 63.5±12 yrs, PD duration: 8.5±3,6 yrs) and eight controls (age: 61.9±12 yrs).	This study compared lower limb corticomotor activation during action observation, motor imagery, and imitation, and evaluated the effects of a 6-week training program using Wii Fit™ on corticomotor excitability. Transcranial magnetic stimulation assessed motor evoked potentials in quadriceps femoris and soleus muscles after six weeks of training using Wii Fit™ (mini-squat).	PD group showed less evoked potentials in quadriceps in observation, motor imagery and imitation compared to controls (baseline). In soleus, evoked potentials were reduced in PD group in imitation. PD group increased quadriceps evoked potentials in observation, opposite to controls, after training. Both groups reduced motor evoked potentials in quadriceps and soleus in imitation. PD group improved on TUG and Sit-to-Stand.
Killane, *et al.,* 2015[24] Dual motor-cognitive VR training impacts dual-task performance in freezing of gait.	FOGPD (n=13): 64.2±2.4 yrs; H&Y: 2.6±0.1; Non-FOGPD (n=7): 64.0±1.6 yrs; H&Y: 2.3±0.1; PD duration: not available	A VR dual-task intervention combined motor and cognitive tasks to improve dual-task performance. Patients were assessed with MoCA, FAB, UPDRS III and FOG.	Dual-task performance improved post-intervention in patients with FOG, who also showed a decrease in the number of FOG episodes.
Liao et al., 2015[25] VR-based Wii fit training in improving muscle strength,	36 patients with PD (H&Y 1-3).	The effects of VR-based training in improving muscle strength, sensory integration ability, and walking abilities in patients	Wii fit™ improved stride length and velocity compared with the controls after training and at follow-up. No differences between Wii fit™ and traditional

sensory integration ability and walking abilities in patients with PD.	Control 64.6±8.6 yrs; PD duration: 6.4±3.0 yrs Traditional exercise: 65.1±6.7 yrs, PD duration: 6.9±2.8 yrs; VR–based Wii Fit™ exercise: 67.3±7.1 yrs; PD duration: 7.9±2.7 yrs	with PD after training and after 1-month follow up were evaluated in this study. UPDRS, MMSE, GAITRite, Functional Gait Assessment, Body Mass Index were used for assessment.	exercises were found (both groups improved velocity and sensory integration compared to controls after training and at follow-up). VR-based Wii fit™ exercise and traditional exercises improved gait, sensory integration, and muscle strength.
Liao et al., 2015[26] VR-based training to improve obstacle-crossing performance and dynamic balance in patients with PD.	36 patients with PD (H&Y 1-3). Control 64.6±8.6 yrs; PD duration: 6.4±3.0 yrs Traditional exercise: 65.1±6.7 yrs, PD duration: 6.9±2.8 yrs; VR–based Wii Fit™ exercise: 67.3±7.1 yrs; PD duration: 7.9±2.7 yrs	The effects of virtual reality–based exercise on obstacle crossing performance and dynamic balance were evaluated in patients with PD. PDQ-39, FES-I and TUG were used for assessment.	The VR Wii™ group showed greater improvement in obstacle crossing velocity, crossing stride length, dynamic balance, sensory organization test, TUG, FES-I, and PDQ-39 than the control group. VR Wii™ training also resulted in greater improvement in movement velocity of limits-of-stability test than traditional exercises.
Palacios-Navarro et al., 2015[27] A kinect-based system for lower limb rehabilitation in PD: a pilot study.	Seven patients with PD Age: 66.8±3.5 yrs PD duration: not available H&Y: not available.	The effects of VR–based exercise on obstacle crossing performance and dynamic balance were evaluated in patients with PD by the MMSE and the 10MWT.	Patients improved in the 10 MWT. Feedback from participants supports the use of VR not only in rehabilitation centers but also at home.
Ginis et al., 2016[28] Feasibility and effects of home-based smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with PD: a pilot	Smartphone application group (CuPiD-systems, n=22): 67.3±8.1 yrs. PD duration: 10.6±5.3 yrs. H&Y: 2-3. Control group (n=18): 66.1±8.0	The smartphone provided feedback on gait performance. Feasibility and effectiveness were investigated at home environment. Gait training lasted for 30 min, 3 times a week, for 6 weeks. Gait, balance, endurance and quality of life were	Both groups improved on single- and dual-task gait speed at post-test and follow-up. The smartphone group improved significantly more on balance at posttest and maintained quality of life at follow-up. whereas the control group deteriorated. The smartphone system was well-

randomized controlled trial.	yrs. PD duration: 11.6±7.6 yrs. H&Y: 2-3. Distribution was randomized.	assessed with MiniBESTest and SF-36 after training and at 1 month-follow-up.	tolerated, and participants found the tool user-friendly.
Yang *et al.,* 2016[29] Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in PD: a randomized controlled trial.	VR (n=11): 72.5±8.4 yrs, PD duration: 9.4±3.6 yrs, H&Y: 3. Control (n=12): 75.4±6.3 yrs, PD duration: 8.3±4.1 yrs, H&Y: 3.	The effects of VR balance training were evaluated in patients with PD to investigate whether VR balance training would be superior to conventional balance training. Patients were evaluated with BBS, DGI, TUG, PDQ-39, UPDRS III.	No differences between VR training and conventional training were found.
Strouwen et al., 2017[30] Training dual tasks together or apart in PD: results from the duality trial.	121 patients with PD group 1: age: 66.1±9.3 yrs; PD duration: 8.9±6.3 group 2: age: 65.8±9.2; PD duration: 8.4±5.3 H&Y: 2-3 Distribution was randomized	Two training programs (six weeks) were compared: consecutive (gait and cognitive tasks trained separately) and integrated (gait and cognitive tasks trained simultaneously). Two baseline tests were performed as a six-week control period before training (MoCA and FAB). Posttests were performed after training and at 12-week follow-up. Falls risk was determined by weekly calls for 24 weeks.	Both protocols had similar effects on dual-task gait. Improvements in dual-task gait velocity were found and were retained at 12-week follow-up. No significant change in fall risk occurred in both groups.
Gandolfi *et al.,* 2017[31] VR telerehabilitation for postural instability in PD: A multicenter, single-blind, randomized, controlled trial.	76 patients with PD Nintendo Wii Fit™ (n=36): 67.5±7.2 yrs, PD duration: 6.2±3.8 yrs, H&Y: 2.5. sensory integration balance training (n=34): 69.8±9.4 yrs, PD duration: 7.5±3.9 yrs, H&Y: 2.5–3.0.	Postural stability after in home VR-based balance training with the Nintendo Wii Fit™ and after in-clinic sensory integration balance training were compared. Balance confidence, mobility-related function, quality of life, falls, UPDRS, GDS and the costs of the rehabilitation programs were evaluated.	BBS scores improvement was significant after 7 weeks (completion of training programs) and at follow-up evaluation. Both groups showed improvement on the 10MWT, DGI, and PDQ-39. Nintendo Wii Fit™ holds promise and potential to enrich rehabilitation care at home in patients with PD.
Ferraz *et al.,* 2018[32]	Group 1 (n=22, 16 men): 71.0 ±5.0	This study compared the effects of 3 treatment	All groups showed significant improvements in 6MWT and

The effects of functional training, bicycle exercise, and exergaming on walking capacity of elderly patients with PD: a pilot randomized controlled single-blinded trial.	yrs, H&Y: 2.5-3.0. PD duration: 4.0±3.0 yrs Group 2 (n=20, 11 men): 67.0 ±4.0 yrs, H&Y:2.0-3.0. PD duration: 6.0±4.0 yrs Group 3 (n=20,10 men): 67.0 ±4.0 yrs, H&Y: 2.0-2.5. PD duration: 4.0±3.0 yrs	modalities (functional training, bicycle exercise, and exergaming) on gait of patients with PD. Patients were evaluated with UPDRS, MMSE, 6MWT, 10MWT, PDQ-39, body mass index, world health organization disability assessment schedule, sitting-rising test and GDS.	SRT. Group 3 improved gait speed in 10MWT. Groups 1 and 3 improved quality of life. Functional training, bicycle exercise, and Kinect Adventures exergames were safe and improved the walking capacity of patients with PD.
Dantas et al., 2018[33] Training healthy persons and individuals with PD to use Xbox Kinect games: a preliminary study.	19 adults (8 with PD and 11 healthy adults). PD Group: 65.6±11.8 yrs. H&Y: 1–3, PD duration: not mentioned Healthy Adults Group: 70.0±7.7 yrs	This study investigated the effects of motor and cognitive demands of six Kinect for Xbox 360™ games (Target Kick, Stack in Up, Wall Breaker, Super Saver, Paddle Panic and Bump Bash) on the learning of patients with PD, compared to healthy individuals. MMSE were used in the assessment.	Both groups improved their performances in terms of the scores obtained in each session compared to the first session in Target Kick, Stack 'em Up, Wall Breaker and Super Saver. Motor and cognitive abilities improved with the use of VR. Some of the games and devices can influence the learning process, even in healthy adults.
Melo et al., 2018[34] Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with PD.	Thirty-seven patients with PD. Control group (n=12): 65.6±13.0 yrs, H&Y: 2.08±0.9 Treadmill group (n=13): 61.0±10.7 yrs, H&Y: 1.53±0.66 VR group (n=12): 60.3±9.3 yrs, H&Y1.41±0.51 PD duration: not mentioned	This study evaluated the effects of VR gait training on walking distance and physical fitness. The control group was submitted to conventional training, the treadmill group was submitted to gait training on a treadmill and the VR group was submitted to gait training using the Xbox™. Patients were evaluated with 6MWT, UPDRS III and PDQ-39.	Heart rate increased during the intervention in VR and treadmill groups. HR variation was more intense in VR group after the first training session and after training. Gains were not maintained 30 days after training. Treadmill training was more effective at maintaining physical fitness than VR activities. VR was as effective as treadmill training in walking distance and temporal gait variables improvement.

Alves et al., 2018[35] Nintendo Wii versus Xbox Kinect for assisting people with PD.	27 patients (25 men): 61±10.7 yrs. Nintendo Wii™ group (n=9): 58.9±11.2 yrs, H&Y: 1.9± 0.9. Xbox Kinect group (n=9): 62.7±13.8 yrs, H&Y: 1.6± 0.7. Control group (n=9): 61.7±10.7 yrs, H&Y: 1.8± 0.8.	This study compared the effects of 10 VR sessions with Nintendo Wii™ and Xbox Kinect in motor and cognitive performance, anxiety levels, and perceived quality of life changes in patients with PD. Patients were evaluated with MMSE, GDS, WHOQOL_OLD, Beck Anxiety Inventory, VFT, Digit Span (forward and backward), TUG, 10MWT, 30-Seconds Walk Test.	Improvements in gait performance after Nintendo Wii™ training were evident on the 30-Second Walk Test in both single and dual tasks (increase in distance covered and decrease in the number of steps taken). Anxiety scores and Digit Span Backward scores decreased after Nintendo Wii™ training. The Xbox Kinect™ did not facilitate these improvements. Greater benefits were observed in the simpler and less distracting interface of the Nintendo Wii™.
Song et al., 2018[36] Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial.	Intervention group: n=31, 68.0±7.0, PD duration: 7±4 yrs and control group: n=29, 65.0±7.0, PD duration: 9±6 yrs	This study aimed to determine whether 12-week home-based exergame step training could improve stepping performance, gait and neuropsychological measures associated with falls in PD. Choice stepping reaction time test, Functional Gait Assessment and neuropsychological functions, number of falls over six months and self-reported mobility and balance were evaluated.	Post intervention, there were no differences between the intervention and control groups except for the TUG (the difference favoured the control group). Intervention participants reported mobility improvement, whereas control participants reported mobility deterioration. Interaction effects between intervention and disease severity on physical function measures were observed with seemingly positive effects for the low-severity group and potentially negative effects for the high-severity group.

Legend: BBS: Berg Balance Scale, DGI: Dynamic Gait Index, FAB: Frontal Assessment Battery, FES-I: Fall Efficacy Scale, FOG-Q: Freezing of gait questionnaire, GAITRite: Assessment of level of walking performance, GDS: Geriatric Depression Scale, H&Y: Hoehn & Yahr Staging Scale, MiniBESTest: Mini Balance Evaluation Systems Test, MMSE: Mini Mental State Examination, min: minutes, MoCA: Montreal Cognitive Assessment, PD: Parkinson´s disease, PDQ-39: Parkinson´s Disease Questionnaire-39, SD: standard deviation, SRT: serial reaction time, SF-36: Short Form Health Survey, TMT: Trail Making Test, TUG: Time Get Up and Go Test, UPDRS-III: Unified Parkinson's Disease Rating Scale – Part III, VFT: Verbal Fluency Test, VR: virtual reality, WAIS-III: Wechsler Adult Intelligence Scale, WHOQOL_OLD: World Health Organization Quality

of Life for Older Persons, yrs: years, 6MWT: Six Minute Walk Test, 10 MWT: Ten Meters Walk Test.

Table 2: PEDro database classification

Authors	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Espay et al., 2010[18]	Yes	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	7
Mirelman *et al.,* 2011[19]	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	4
Esculier *et al.*, 2012[20]	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	4
Mhatre et al., 2013[21]	Yes	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	7
Esculier *et al.*, 2014[22]	Yes	No	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	5
Pompeu et al., 2014[23]	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	8
Killane, *et al.,* 2015[24]	Yes	No	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	6
Liao et al., 2015[a 25]	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	10
Liao et al., 2015[b 26]	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	10
Palacios-Navarro et al., 2015[27]	Yes	No	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes	5
Ginis et al., 2016[28]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	8
Strouwen et al., 2017[29]	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	9

Yang *et al.,* 2016[30]	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	8
Gandolfi *et al,* 2017[31]	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	9
Ferraz *et al.,* 2018[32]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	9
Dantas et al., 2018[33]	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	5
Melo et al., 2018[34]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	11
Alves *et al.,* 2018[35]	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	8
Song et al., 2018[36]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	11

Legend: 1. Eligibility criteria; 2. Random distribution of subjects in each group; 3. Secret allocation of subjects; 4. Similar groups regarding the most important prognosis; 5. Blind participation of subjects; 6. Blind participation of therapists; 7. Blind examiners; 8. At least one key result obtained in more than 85% of subjects; 9. Subjects received treatment or control condition; 10. Intergroup statistical comparisons have been performed for at least one key outcome; 11. Presence of precision and variability measures.

DISCUSSION

The present study investigated whether VR dual-task gait training would promote gait improvement in patients with PD. Patients with PD experience loss of functional independence and quality of life and difficulties in activities of daily living. VR can increase motivation in rehabilitation programs, and improve gait, as observed in the nineteen studies from 2008 to 2018, included in the present review. Although the scores on PEDro scale ranged from 4 to 11, 11 studies were

scored as 8 or higher. Therefore, many studies showed high quality of evidence that supported VR dual-task gait training.

VR opens a wide range of possibilities of therapeutic approaches, and involves several types of stimuli (sensory, motor, cognitive, psychological). Thus, VR training provides several dual-task demands, characterizing one of training premises. Therefore, VR may optimize gait training, due to posture and balance improvement and cognitive training[20,23,37]. Most VR tasks are cognitive-motor, such as daily life activities[6,7].

Many studies included in the present review showed improvements in speed, step length and cadence of gait, measured by kinematic analysis and/ or clinical scales, such as Dynamic Gait Index, Timed Up and Go, 6 minute walking test or 10 meter walking test (Espay *et al.,* 2010[18]; Mirelman *et al*., 2011[19]; Esculier et al., 2012[20]; Mhatre *et al.,* 2013[21]; Pompeu *et al.,* 2014[22]; Liao *et al.,* 2015[25]; Palacios-Navarro *et al.,* 2015[27]; Ginis *et al*., 2016[28]; Yang *et al.,* 2016[29]; Strouwen et al., 2017[30]; Gandolfi *et al.,* 2017[31]; Ferraz *et al.*, 2018[32]; de Melo *et al.*, 2018[34]; Alves *et al.,* 2018[35]). The improvement on gait speed may be attributed to higher motivation, or to the higher intensity (higher number of repetitions and/ or longer periods of training) promoted by the VR dual-task training. These training quality characteristics may also explain the more efficient cardiovascular adjustments, e.g. heart rate (de Melo *et al.,* 2018[34]).

Some authors reported the improvement on static postural balance, measured by Berg Balance Scale, after VR dual-task gait training (Mhatre *et al.,* 2013[21]; Pompeu *et al.,* 2014[22]; Yang *et al.,* 2015[29]; Gandolfi *et al.,* 2017[31]). These protocols involved weight shifting and functional reach tasks, which are highly

recommend in PD rehabilitation, because they improve static and dynamic balance. The association of static and dynamic balance and gait speed improvement may explain the less severe PD motor symptoms after training, measured by the UPDRS-III motor score, as reported by Mirelman *et al.,* 2011[19]; Killane *et al.,* 2015[24]; Liao *et al.,* 2015[25]; Yang *et al.,* 2015[29]; Gandolfi *et al.,* 2017[31]; Ferraz *et al.,* 2018[32]; de Melo *et al.,* 2018[34].

VR dual-task gait training involves not only motor, but also cognitive training. The executive function, evaluated by parts A and B of the Trail Making Test, improved in patients with PD after the training (Mirelman et al., 2011[19]). Patients also reported the improvement on PD symptoms (Sony et al., 2018[36]), and on quality of life, assessed by PDQ-39 (Pompeu et al., 2014[22]; Liao et al., 2015[26]; Yang et al., 2015[29]; Ferraz et al., 2018[32]; de Melo et al., 2018[34]).

Some authors suggest that VR tasks can improve motor learning in rehabilitation because they activate mirror neurons. When patients with PD imitate actions, mirror neurons are stimulated and balance, global mobility and the functional abilities can improve. In addition, VR improves attention as patients focus on specific demands of games by recruiting cognitive, motor, oculomotor, cerebellar and limbic loops[37,38].

Patients with PD have difficulty performing dual- or multiple-tasks[5-7]. Such difficulty occurs because patients must focus in specific and accurate motor patterns. Thus, the premotor cortex is activated to compensate for the basal ganglia damage and the deficiency in dopamine production[38,39]. Therefore, in dual-tasks, cortical resources process the motor and cognitive components in

parallel[38-40]. Patients with PD employ their cognitive reserves to perform gait even in single-tasks, and the performance suffers serious impact in dual-tasks[41].

Dual-task training should be part of the rehabilitation process of patients with PD who show difficulty performing cognitive-motor tasks[42,43]. Besides, patients in the initial stages of PD should perform dual-task training to prevent or delay such deficits[42]. In a recent study, Fernandes et al. (2017)[44] showed that the anticipatory postural adjustments during gait initiation were impaired in patients with PD. The authors reported an activation failure of the tibialis anterior muscle in both single- and dual-task conditions. Therefore, exercises that involve repeated tibialis anterior activation, such as step climbing[36], are important and should be included in rehabilitation programs for patients with PD. Song et al. (2018) combined VR with a step climbing task[36]. Although patients reported mobility improvement, the authors did not find a significant effect of VR step climbing training in TUG performance. Based on the study by Fernandes et al. (2017), an electromyographic-based analysis may be more sensitive to detect postural control improvement that TUG, mainly in early stage PD patients[44].

The studies reviewed in the present study showed that VR dual-task training is effective, although the specific guidelines of dual-task protocols have not been defined yet[39]. VR optimizes the benefits of dual-task training, such as task automation and more efficient task-related networks integration[30]. Visuomotor training can help the reorganization and maintenance of the normal circuitry that connects the motor cortex with the basal ganglia via thalamus or cerebellum[43]. Visuomotor training can involve temporal or spatial stimuli, which regulate and facilitate repetitive movements, by providing explicit targets. Visual

cues have immediate effects on gait and many studies showed that the effects were retained and associated to a higher quality of life in PD[45-47].

The study by Esculier et al. (2014)[23] showed that the lower limb corticomotor excitability increased during the observation, imagery and imitation of actions. Transcranial magnetic stimulation assessed motor evoked potentials in quadriceps femoris and soleus muscles before and after six weeks of training. The authors compared the effects of rehabilitation using Wii Fit™ in patients with PD to controls. Although only eight people were included in each group, significant improvements in balance, gait speed and mobility were observed after a six-week training program. Increased cortical activity was observed in healthy individuals and in PD patients, when they were learning new visuomotor tasks. Cortical activity decreased as learning progressed in healthy individuals, but patients with PD still needed to employ much attention even after several sessions of visuomotor training[20].

VR dual-task gait training involves executive function[19], which is a predictor of balance deficits in patients with PD[48]. VR tasks involve gait control and meet environmental demands (e.g. risks detection). Therefore, they can prevent falls and increase functional independence in patients with PD. VR dual-task gait training promotes ecological learning of selecting, planning and monitoring motor programs and of assessing cognitive resources (working memory and attention). These cognitive resources are affected by PD and frequently associated to falls risk and functional dependence. It is important to highlight the increase in the motivation promoted by VR, which favours

engagement and more efficient motor control and may explain the functional gains even in more severe patients.

As a limitation of the present study, we must mention that the variability in assessment and training protocols and in VR characteristics made meta-analysis difficult. Times for follow-up evaluations were too variable and only available in six (Espay et al., 2011[18]; Mirelman et al., 2011[19]; Liao et al., 2015[25]; Ginis et al., 2016[28]; Strouwen et al., 2017[30]; Melo et al., 2018[34]) of the nineteen studies. New therapeutic strategies for patients with PD, such as VR dual-task gait training, involve integrative and low-cost approaches. Patients with PD must be considered within a biopsychosocial context, as they usually deal with a neurodegenerative disease for over 30 years of their life cycle. VR may be useful providing higher engagement and motivation for dual-task gait training in patients with PD.

CONCLUSION

We concluded that VR dual-task gait training promoted gait improvement in patients with PD. Further studies should evaluate and compare the effects of specific rehabilitation programs in order to provide standardized guidelines for dual-task gait training in PD.

REFERENCES

1. Koerts J, Tucha L, Lange K, Tucha O. **The influence of cognitive reserve on cognition in Parkinson's disease.** J Neural Transm. 2013;120:593–6.
2. Springer S, Giladin, Peretz C, Yogev G, Simon E, Hausdorff JM. **Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function.** Mov Disord. 2006;21(7):950-7.
3. Souza CO, Voos MC, Barbosa AF, Chen J, Francato DCV, Milosevic M, Popovic M, Fonoff ET, Chien HF, Barbosa ER. **Relationship between posturography, clinical balance and executive function in Parkinson´s disease.** J Mot Behav. 2019;51(2):212-21.
4. Rochester L, Burn DJ, Woods G, Godwin J, Nieuwboer A. **Does auditory rhythmical cueing improve gait in people with Parkinson's disease and cognitive impairment? UH feasibility study.** Mov Disord. 2009;24(6):839–45.
5. Fernandes A, Coelho T, Vitoria A, Ferreira A, Santos R, Rocha N, Fernandes L, Tavares JMRS. **Standing balance in individuals with Parkinson´s disease during single and dual-task conditions.** Gait Posture. 2015;42(3):323-8.
6. Souza ASP, Silva A, Tavares JMRS. **Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review.** Somatosensory & Motor Research. 2012;29(4):131-43.
7. Fernandes A, Souza ASP, Couras J, Rocha N, Tavares JMRS. **Influence of dual-task on sit-to-stand-to-sit postural control in Parkinson´s disease.** Medical Engineering & Physics. 2015;37:1070-5.
8. Brauer SG, Woollacott MH, Lamont R, Clewett S, O'Sullivan J, Silburn P, Mellick GD and Morris MM. **Single and dual task gait training in people with Parkinson's Disease: a protocol for a randomised controlled trial.** BMC Neurology. 2011;11:90.
9. Van Diest M, Lamoth CJC, Stegenga J, Verkerke GJ and Postema K. **Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments.** J Neuroeng Rehabil. 2013;10:101.
10. Mirelman A, Maidan I, Deutsch JE. **Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease.** Mov Disord. 2013;28(11):1597-608.
11. Shumway-Cook A**,** Brauer S**,** Woollacott M**. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test.** Phys Ther. 2000;80(9):896-903.
12. Burdea GC. **Virtual rehabilitation-benefits and challenges.** Methods Inf Med 2003;42(5):519–23.
13. Keshner EA. **Virtual reality and physical rehabilitation: a new toy or a new research and rehabilitation tool?** J Neuroeng Rehabil. 2004; 1(1):8.
14. Barry G, Galna B, Rochester L. **The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence.** J Neuroeng Rehabil. 2014;7(11):33.
15. Dockx K, Bekkers EMJ, Van den Bergh V, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, Mirelman A, Nieuwboer A. **Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease (Review).** Cochrane Database of Systematic Reviews. 2016;12. CD010760. DOI: 10.1002/14651858.CD010760.pub2.
16. Vieira GP, Araujo DFGH, Leite MAA, Orsini M, Correa CL. **Virtual reality in physical rehabilitation of patients with Parkinson´s disease.** Journal of Human Growth and Development 2014;24(1):31-41.

17. Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, et al. **The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delph consensus.** J Clin Epidemiol. 1998;51(12):1235-41.
18. Espay AJ**,** Baram Y**,** Dwivedi AK**,** Shukla R**,** Gartner M**,** Gaines L**,** Duker AP**,** Revilla FJ**. At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease.** J Rehabil Res Dev. 2010;47(6):573-81.
19. Mirelman A, Maidan I, Herman T, Deutsch JE, Giladi N, Hausdorff JM. **Virtual Reality for Gait Training: Can it Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients with Parkinson´s Disease?** Phys Ther. 2011 ep;80(9):896-903.
20. Esculier, JF, Vaudrin, J, Tremblay, LE. **Corticomotor Excitability in Parkinson's Disease During Observation, Imagery and Imitation of Action: Effects of Rehabilitation Using Wii Fit and Comparison to Healthy Controls.** Journal of Parkinson's Disease. 2014;4:67–75.
21. Mhatre PV**,** Vilares I, Stibb SM, Albert MV, Pickering L, Iak CMM, Kording K and Toledo S. **Wii Fit balance board playing improves balance and gait in Parkinson disease.** PM&R 2013;5(9):769-77.
22. Pompeu JE**,** Arduini LA**,** Botelho AR**,** Fonseca MB**,** Pompeu SM**,** Torriani-Pasin C**,** Deutsch JE**. Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures! for people with Parkinson's disease: a pilot study.** Physiotherapy. 2014;100(2):162-8.
23. Esculier JF, Vaudrin J, Bériault P, Gagnon K and tremblay L. **Home-Based balance training programme using Wii Fit with balance board for parkinson´s disease: A pilot study.** J Rehabil Med. 2012;44:144–50.
24. Killane I**,** Fearon C**,** Newman L**,** McDonnell C**,** Waechter SM**,** Sons K**,** Lynch T**,** Reilly RB**. Dual motor-cognitive virtual reality training impacts dual-task performance in freezing of gait.** IEEE J Biomed Health Inform. 2015;19(6):1855-61.
25. Liao YY, Yang YR, Wu YR, Wang RY. **VR-based Wii fit training in improving muscle strength, sensory integration ability and walking abilities in patients with PD.** International Journal of Gerontology. 2015;9(4):190-5.
26. Liao YY**,** Yang YR**,** Cheng SJ**,** Wu YR**,** Fuh JL**,** Wang RY**. VR-based training to improve obstacle-crossing performance and dynamic balance in patients with PD.** Neurorehabil Neural Repair. 2015;29(7):658-67.
27. Palacios-Navarro PG, Magariño GI, Lorente RP. **A kinect-based system for lower limb rehabilitation in Parkinson's disease patients: a pilot study.** J Med Syst. 2015;39(9):103.
28. Ginis P, Nieuwboer A, Dorfman M, Ferrari A, Gazit E, Canning CG, Rocchi L, Chiari L, Hausdorff JM, Mirelman A. **Feasibility and effects of home-base smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial.** Parkinsonism and Related Disorders. 2016;22:28-34.
29. Yang WC**,** Wang HK**,** Wu RM**,** Lo CS**,** Lin KH**. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial.** J Formos Med Assoc. 2016;115(9):734-43.
30. Strouwen C, Molenaar EALM, Münks L, Keus SHJ, Zijlmans CM, Vandenberghe W, Bloem BR, Nieuwboer A. **Training dual tasks together or apart in Parkinson's disease: results from the duality trial.** Mov Disord. 2017;32(8):1201-10.

31. Gandolfi M, Geroin C, Dimitrova E, Boldrini P, Waldner A, Bonadiman S, Picelli A, Regazzo S, Stirbu E, Primon D, Bosello C, Gravina AR, Peron L, Trevisan M, Garcia AC, Menel A, Bloccari L, Valè N, Saltuari L, Tinazzi M, Smania N. **Virtual reality telerehabilitation for postural instability in Parkinson's disease: a multicenter, single-blind, randomized, controlled trial.** Biomed Res Int. 2017;7962826.
32. Ferraz DD, Trippo KV, Duarte GP, Neto MG, Bernardes SKO, Filho JO. **The effects of functional training, bicycle exercise, and exergaming on walking capacity of elderly patients with Parkinson disease: a pilot randomized controlled single-blinded trial.** Arch Phys Med Rehabil. 2018;99(5):826-33.
33. Dantas IV, Leal JC, Hilgert LS, Allegretti ALC, Mendes FAS. **Training healthy persons and individuals with Parkinson's disease to use Xbox Kinect games: a preliminary study.** International Journal of Therapy and Rehabilitation. 2018;25(6).
34. Melo GEL, Kleiner AFR, Lopes JBP, Dumont AJL, Lazzari RD, Galli M, Oliveira CS. **Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease.** NeuroRehabilitation. 2018;42(4):473-80.
35. Alves MLM, Mesquita BS, Morais WS, Leal JC, Satler CE, Dos Santos Mendes FA. **Nintendo Wii versus Xbox Kinect for assisting people with Parkinson's disease.** Percept Mot Skills. 2018;125(3):546-65.
36. Song J, Paul SS, Caetano MJD, Smith S, Dibble LE, Love R, Schoene D, Menant JC, Sherrington C, Lord SR, Canning CG, Allen NE. **Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial.** Clin Rehabil. 2018;32(3):299-311.
37. Mirelman A, Rochester L, Reelick M, Nieuwhof F, Pelosin E, Abbruzzese G, Dockx K, Nieuwboer A and Hausdorff JM. **V-TIME: a treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults: study design of a randomized controlled trial.** BMC Neurology. 2013;13:15.
38. Fernandes Â, Rocha N, Santos R & Manuel JRST. **Effects of dual task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study.** Somatosens Mot Res, 2015;32(2):122–7.
39. Wu T, Hallett M. **Dual task interference in Parkinson's disease.** Touch Briefings 2009;34–7.
40. Brauer SG, Morris ME. **Can people with Parkinson's disease improve dual tasking when walking?** Gait Posture. 2010;31:229–33.
41. Fuller RL, Van Winkle EP, Anderson KE, Gruber-Baldini AL, Hill T, ZampierI C, Weiner WJ, Shulman LM. **Corticomotor Excitability in Parkinson's Disease During Observation, Imagery and Imitation of Action: Effects of Rehabilitation Using Wii Fit and Comparison to Healthy Controls.** Journal of Parkinson's Disease. 2014;4:67–75.
42. Fernandes A, Rocha N, Santos R, Tavares JMRS. **Effects of dual-task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study.** Somatosensory & Motor Research. 2015;32(2):122-7.
43. Fernandes A, Souza ASP, Rocha N, Tavares JMRS. **Parkinson's disease and cognitive-motor dual-task: is motor prioritization possible in the early stages of the disease?** Journal of Motor Behavior. 2016;48(4): 377-83.
44. Fernandes A, Souza ASP, Rocha N, Tavares JMRS. **The influence of a cognitive task on the postural phase of gait initiation in Parkinson's disease: an electromyographic-based analysis.** Motor Control. 2017;21(3):249-64.

45. Mak M, Hallett M. **Effect of cued training on motor evoked potential and cortical silent period in people with Parkinson's disease.** Clin Neurophysiol. 2013;124:545-50.
46. Nieuwboer A, Kwakkel G, Rochester L, Jones D, Van WE, Willems AM, *et al.* **Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: the rescue trial.** J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2007;78:134e140.
47. Rochester L, Baker K, Hetherington V, Jones D, Willems AM, Kwakkel G, *et al*. **Evidence for motor learning in Parkinson's disease: acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues**. Brain Res. 2010;1319:103e111.
48. Fernandes A, Mendes A, Rocha N, Tavares JMRS. **Cognitive predictors of balance in Parkinson's disease.** Somatosensory & Motor Research. 2016;33(2):67-71.

Carta de submissão do primeiro artigo

09-Apr-2019

Dear Dr. VOOS:

It is a pleasure to accept your manuscript entitled "Is virtual reality beneficial to dual-task gait training in patients with Parkinson´s Disease? Systematic review" in its current form for publication in the Dementia & Neuropsychologia. The comments of the reviewer(s) who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter.

Thank you for your fine contribution. On behalf of the Editors of the Dementia & Neuropsychologia, we look forward to your continued contributions to the Journal.

Sincerely,
Prof. Ricardo Nitrini
Editor-in-Chief, Dementia & Neuropsychologia
rnitrini@uol.com.br, demneuropsy@uol.com.br

Segundo Artigo

Cognitive-motor interactions in functional locomotion in patients with parkinson disease

Fernanda Freitag[1], Carolina de Oliveira Souza[1], Janini Chen[1], Débora Francato[1], Sonia Maria Dozzi Brucki[2], Egberto Reis Barbosa[2], Hsin Fen Chien[2], Alessandra Ferreira Barbosa Lee[2], Mariana Callil Voos[2]

1. Post-graduation student. Department of Neurology. Faculty of Medicine. University of São Paulo. São Paulo, Brazil.
2. PhD. Department of Neurology. Faculty of Medicine. University of São Paulo. São Paulo, Brazil.

Corresponding author: Mariana Callil Voos

Rua: Cipotânea, 51 – Cidade Universitária. CEP: 05360-000 – São Paulo – SP, Brazil. Telephone: Office: +5511 30917451

E-mail: marivoos@usp.br

ABSTRACT

INTRODUCTION: Parkinson Disease (PD) causes tremors, bradykinesia, muscle rigidity, postural and gait instability. Besides, several non-motor symptoms have been described, such as executive disfunction. When walking while talking, patients with PD have reduced gait velocity, shorter steps and more episodes of freezing.

OBJECTIVE: The present study aimed to compare the learning of patients with PD with healthy controls in a cognitive-motor locomotion task, the retention of this learning after one week and one month and the transfer to other cognitive and motor tasks.

METHOD: The control group (n=81) was aged 66.8 (SD 7.0, 31 males, 12.2 years of formal education) and the PD group (n=42) was aged 68.2 (SD 6.1, 27 males, 11.1 years of formal education). Participants were evaluated with Hoehn & Yahr, parts A and B of the Trail Making Test, part III of the Unified Parkinson´s Disease Rating Scale, Berg Balance Scale, Timed Up and Go Test. The Walking Executive Function Task (WEFT) had the same numbers and letters of the Trail Making Test, presented on a mat, on the floor, 17 times larger than in the paper and pencil test. The volunteer walked from one circle to the other, following the sequences of numbers (part A) and numbers and letters (part B). This task was practiced in three sessions (8 repetitions of each part in each session). Session 2 was performed after one week, and session 3 after one month.

RESULTS: The first trials of each WEFT training session (trials 1, 9 and 17) showed longer times than the subsequent trials of the same session ($p<0.001$). TMT times were shorter after WEFT training, mainly for part B, for both groups ($p<0.001$). Both groups also showed shorter TUG times after WEFT training.

CONCLUSION: Twenty-four repetitions of a cognitive-motor walking executive function task resulted in learning both for patients with PD and healthy controls. Patients with PD showed longer times, but relatively higher improvement than controls.

Keywords: Cognition; Parkinson’s Disease; Executive Function.

INTRODUCTION

In Parkinson Disease (PD), the degeneration of neurons of the compact zone of the *substantia nigra* in the midbrain results in decreased dopamine production, and dysfunction of the nigrostriatal pathway[1,2]. It is a typical movement disorder and, degenerative disorder where the symptoms continue to worsen gradually. PD is a highly variable disease, meaning that different patients have different combinations of symptoms, and those symptoms can be at varying severity levels. PD becomes apparent, as well as, tremors, bradykinesia, muscle rigidity, postural and gait instability[,3,4]. Besides, several non-motor symptoms have been described in patients with PD[5]. Even in early PD stages, patients can experience cognitive deficits, such in a executive function.

The executive function is required whenever action plans or motor responses are formulated. It encompasses cognitive flexibility and decision making, with great involvement of the frontal and prefrontal cortices. Neural networks involved in the attention – perception – memory – action cycles form units of executive processing[6,7]. In PD, the cognitive-motor dual task performance is disrupted. When walking while talking, patients with PD have reduced gait velocity, shorter steps and more episodes of freezing[8].

As most activities of daily living involve dual tasks, the training of cognitive-motor tasks is important for the rehabilitation of patients with PD. It is known that patients with PD improve their performance when they practice dual tasks. However, there is no consensus about how should patients with PD practice these tasks. Many studies have shown the importance of visual, auditory, verbal

and mnemonic cues (e.g. mental practice). Although cues help attention engagement during balance and gait tasks[9,10,11] they may compete with other cognitive components required in daily life dual- or multiple-tasks.

Studies reveal that rhythmic cues help PD patients to replace typical automatic gait control with a more conscious and perhaps, more discreet movement, making walking easier. In this case, increased cortical activity observed during directed movement would compensate for striatal dysfunction[12]. The use of this technique is associated with altered patterns of neural activity, more specifically, with improved activity in the lateral premotor cortex[13].

We hypothesized that patients with PD would show longer times and more difficulty learning a cognitive-motor task compared to healthy controls. However, as they could start the training with longer times, patients with PD could benefit more from the training, showing relatively higher improvement. The present study aimed to compare the learning of patients with PD with healthy controls in a cognitive-motor locomotion task, the retention of this learning after one week and one month and the transfer to other cognitive and motor tasks.

METHOD

The present study was approved by the Ethics Committee of Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (protocol n° 0511/11). The control group was constituted by caregivers, and professors and students of the university. The PD group consisted of patients is followed in

Hospital das Clínicas. The volunteers were invited by posters, advertisements in the university newspaper and in lectures and courses that were offered for the community. All volunteers read and signed the informed consent form.

The sample size was calculated as 80 for the control group and 40 for the PD group. Therefore, 100 people were assessed for the control group and 81 met inclusion criteria and 50 people were assessed for the PD group and 41 met inclusion criteria.

The inclusion criteria for both groups were being able to read and write, having normal or lens-corrected vision, being 60 – 85 years old. For the PD group, additional criteria were having a Hoehn & Yahr score 2 - 3, being able to perform the part B of Trail Making Test in up to 300 seconds. The exclusion criteria for both groups were performing below the cut-off scores of the Brazilian Portuguese version of the Mini Mental State examination, having uncontrolled cardiovascular, respiratory, or metabolic disease, having neurological, orthopedic, rheumatologic impairments, missing the second day of assessment.

The Mini Mental State examination[14,23] is a tool for cognitive screening. It contains questions grouped into seven categories, such as temporal orientation (5 points), spatial orientation (5 points), three words memorization (3 points), attention and calculation (5 points), three words recalling (3 points), language (8 points) and visual construction (1 point). The score can range from 0 to 30 points. Higher scores denote better performance. There are specific cutoff scores that consider the level of formal education. Participants who performed below the cutoff scores were excluded.

The Modified Hoehn & Yahr Staging Scale[15,17] was used as inclusion criteria (2 = bilateral involvement with no balance impairment; 2.5 = bilateral involvement, but still able to recover postural stability on pull test; 3 = Mild to moderate bilateral impairment, postural instability, but still able to live independently). Patients classified below or above these values were excluded.

The Trail Making [24] is a pencil and paper test. It consists of parts A and B and evaluates executive function. Part A requires the increasing sequential connection of numbers from 1 to 25, located in circles, randomly distributed in a sheet of paper. In part B, there is greater cognitive demand. A sequence of numbers and letters (1, A, 2, B, 3, C, etc.) must be followed. In both parts A and B there are 25 circles. The volunteer must connect the numerical or alphanumeric sequence in the shortest time possible and without removing the pencil from the paper. The test evaluates the ability to scan the numbers on the paper, motor agility, search strategies and target switching.

Participants of PD group were evaluated following the order: Hoehn & Yahr, parts A and B of the Trail Making Test, part III of the Unified Parkinson´s Disease Rating Scale, Berg Balance Scale, Timed Up and Go Test. The same protocol was performed by the control group, except by Hoehn & Yahr, and part III of the Unified Parkinson´s Disease Rating Scale.

Part III of the Unified Parkinson´s Disease Rating Scale[18] is the motor examination for patients with PD. It involves speech, facial expression, tremor at rest, action or postural tremor of hands, rigidity, finger taps, hand movements, leg agility, rising from a chair, posture, gait, postural balance, body bradykinesia. The

score in each item varies from 0 to 4, and higher values denote more severe impairment[17].

The Berg Balance Scale[19] evaluates the functional balance in 14 items about daily life activities, such as changing direction or climbing a step. Each item has five alternatives ranging from 0 to 4. The maximum score is 56. It only requires a watch and a ruler as equipment and takes approximately 15 min to perform. The points are based on the time at which a position can be maintained, on the distance at which the upper limb can reach in front of the body and on timed performances[20]. Scores below 48 denote a higher risk of falls.

The Timed Up and Go Test[21,22] evaluates the speed at which the individual stands from a chair, walks for three meters, turns, returns and sits again. The task must be performed as fast as possible. When the Timed Up and Go Test exceeds 14 seconds, there is a higher risk of falls.

After that, participants performed parts A and B of the Walking Executive Function Task[24]. This task is performed by walking on mats. The same numbers and letters of the Trail Making Test are presented on a mat, on the floor, and they are 17 times larger than in the paper and pencil test. The volunteer must walk from one circle to the other, following the sequences of numbers (part A) and numbers and letters (part B). The volunteer was asked to step with both feet on each circle, before moving on to the next number or letter. This was the trained task, therefore, were performed eight repetitions of each sequence (numerical, part A and alphanumerical, part B).

After one week, participants underwent another session of the Walking Executive Function Task practice. The same training was repeated. After one month, participants were reevaluated with parts A and B of the Trail Making Test and the Timed Up and Go Test. They also performed eight sequences of the Walking Executive Function Test to investigate retention.

RESULTS

The control group was aged 66.8 (SD 7.0, 31 males, 12.2 years of formal education) and the PD group was aged 68.2 (SD 6.1, 27 males, 11.1 years of formal education). T test showed that there was no significant difference between age (p=0.310) and education (p=0.132). Chi-square test showed that there were significantly more men in the PD group (p=0.006). Table 1 shows the clinical characteristics of the groups (age, number of years of formal education, MMSE scores, BBS scores).

Table 1: Clinical characteristics of control and PD groups

Group	Age	Sexo (M/F)	Education	MEEM	BERG
People with PD	68.2±6.1	26/15	11.1±4.4	27.1±2.0	45.2±9.7
Maximum	83.0		21.0	30.0	56.0
Minimum	54.0		6.0	24.0	24.0
P-value (T tests)	0.311		0.133	**0.011**	**<0.001**

Group	Age	Sexo (F/M)	Education	MEEM	BERG
Control	66.8±7.1	31/50	12.2±7.1	27.9±1.3	55.0±1.6
Maximum	85.0		20.0	30.0	56.0
Minimum	60.0		6.0	24.0	50.0

Legend: MEEM: Mini mental state examination; BERG: Berg Balance Scale

Figures 1 and 2 show the learning curves of WEFT. Trials 1 to 8 were performed in session 1. Trials 9 to 16 were performed in session 2, after one week. Trials 17 to 24 were performed in session 3, after one month (Figures 1 and 2). ANOVA showed an interaction between groups (PD and control) and trials (1 to 24, $F_{23, 2783}$=12.055; ES=0.484; p<0.001) in the times of part A of the Trail Making Test. Tukey post hoc tests showed significant differences between the first trials of each session (times of trials 1, 9 and 17 were longer than the subsequent trials of the same session, p<0.001 for all comparisons) for both groups. ANOVA showed an interaction between groups (PD and control) and trials (1 to 24, $F_{23, 2783}$=3.460; ES=0.376; p<0.001) in the times of part B of the Trail Making Test. Tukey post hoc tests showed significant differences between the first trials of each session (times of trials 1, 9 and 17 were longer than the subsequent trials of the same session, p<0.001 for all comparisons) for both groups.

Figure 1: Timed performance of the control and PD groups on part A of the Walking Executive Function Task.

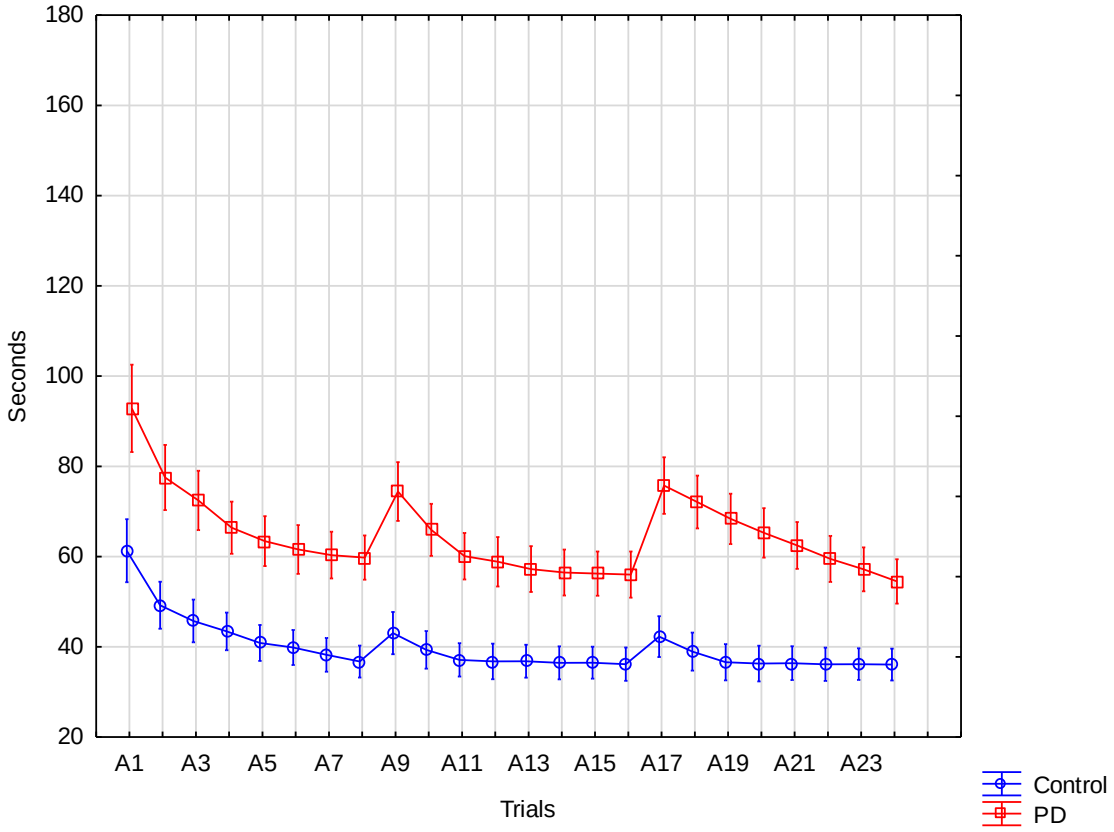


Figure 1: Timed performance (measured in seconds) of the control and PD groups on trials 1-24 (session 1: A1-A8, session 2: A9-A16, session 3: A17-A24) of part A of the Walking Executive Function Task. PD: Parkinson´s disease.

Figure 2: Timed performance of the control and PD groups on part B of the Walking Executive Function Task.

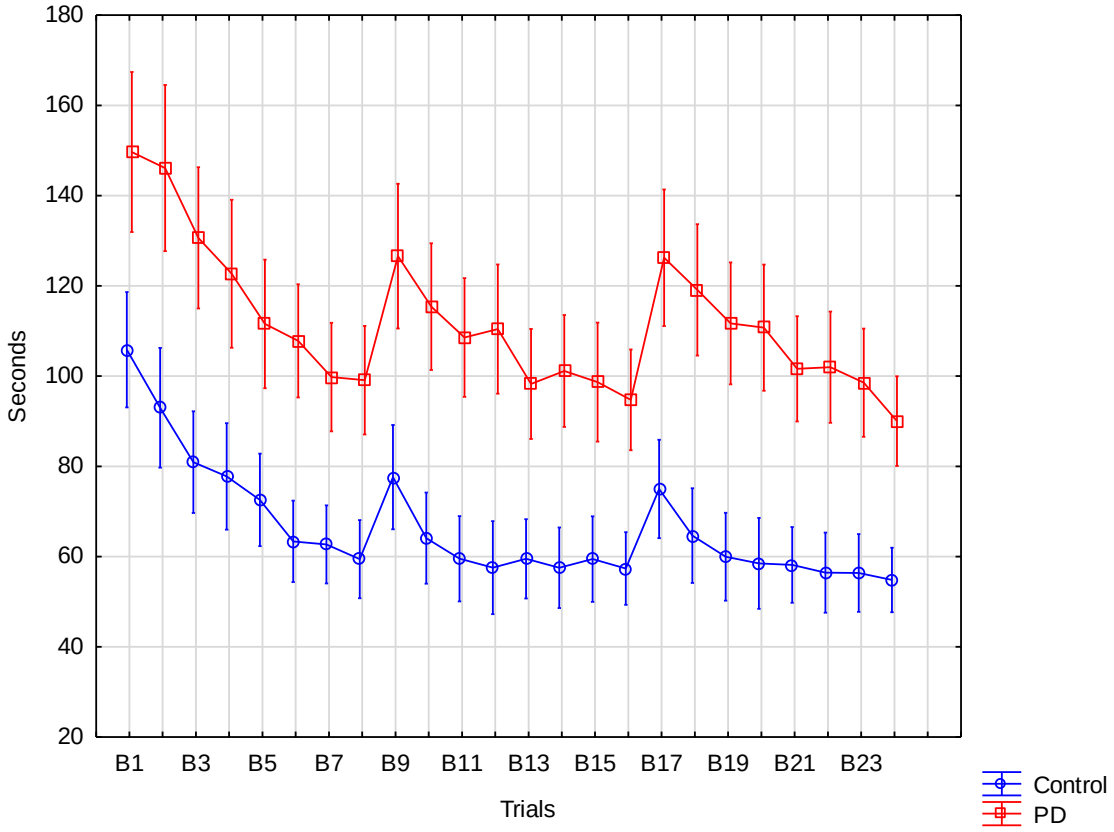


Figure 2: Timed performance (measured in seconds) of the control and PD groups on trials 1-24 (session 1: B1-B8, session 2: B9-B16, session 3: B17-B24) of part B of the Walking Executive Function Task. PD: Parkinson´s disease.

Regarding TMT scores, ANOVA showed an interaction between group and assessment ($F_{3,363}$=12.40; ES=0.613; p<0.001). Tukey post hoc tests showed significant differences between the assessments before and after WEFT training in TMTB for both groups (p<0.001) and between PD and control groups in all assessments of TMTB (p<0.001, Figure 3).

Figure 3: Timed performance of the control and PD groups on the Trail Making Test (TMTA and TMTB before and after the Walking Executive Function Task training).

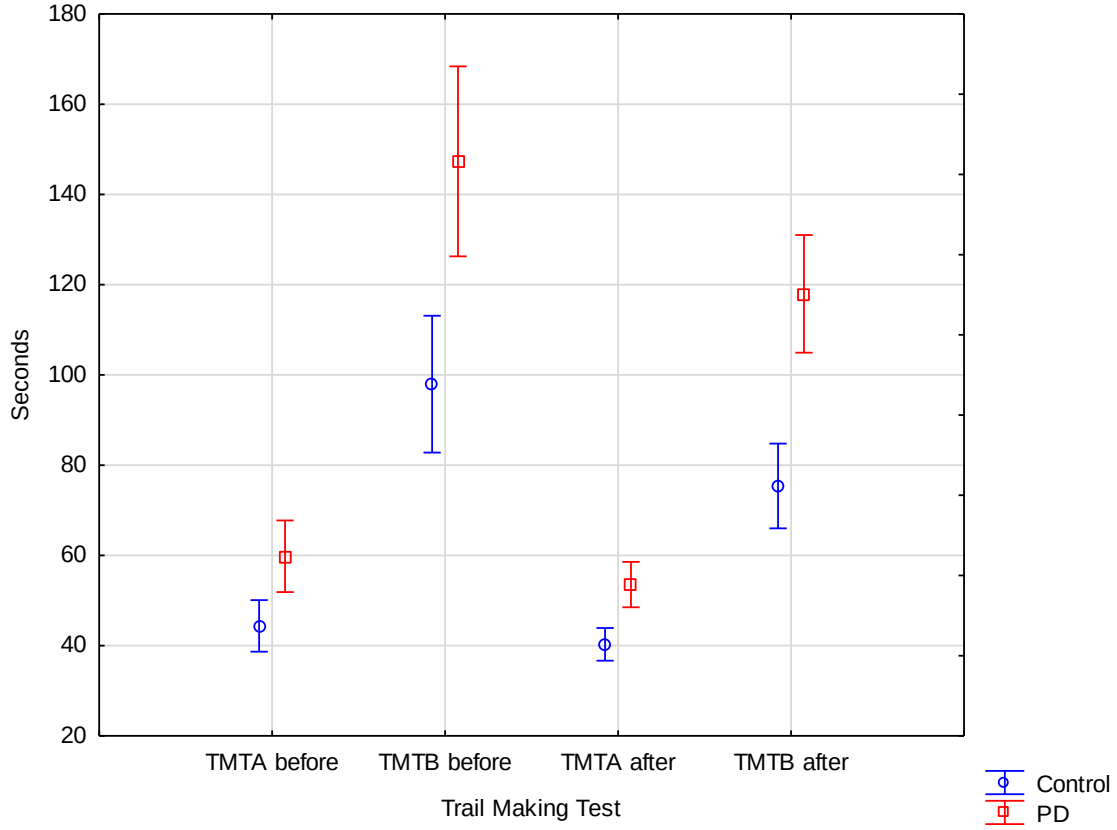


Figure 3: Timed performance (measured in seconds) of the control and PD groups on parts A and B of the Trail Making Test (TMTA and TMTB) before and after the Walking Executive Function Task training. PD: Parkinson´s disease.

In TUG testing, ANOVA showed an interaction between groups (PD and control) and assessments (before and after WEFT training, $F_{1,121}$=4.20; ES=0.666; p=0.043). For both groups, the times after were shorter than the times before WEFT training (p<0.001, Figure 4).

Figure 4: Timed performance of the control and PD groups on Timed Up and Go before and after WEFT training.

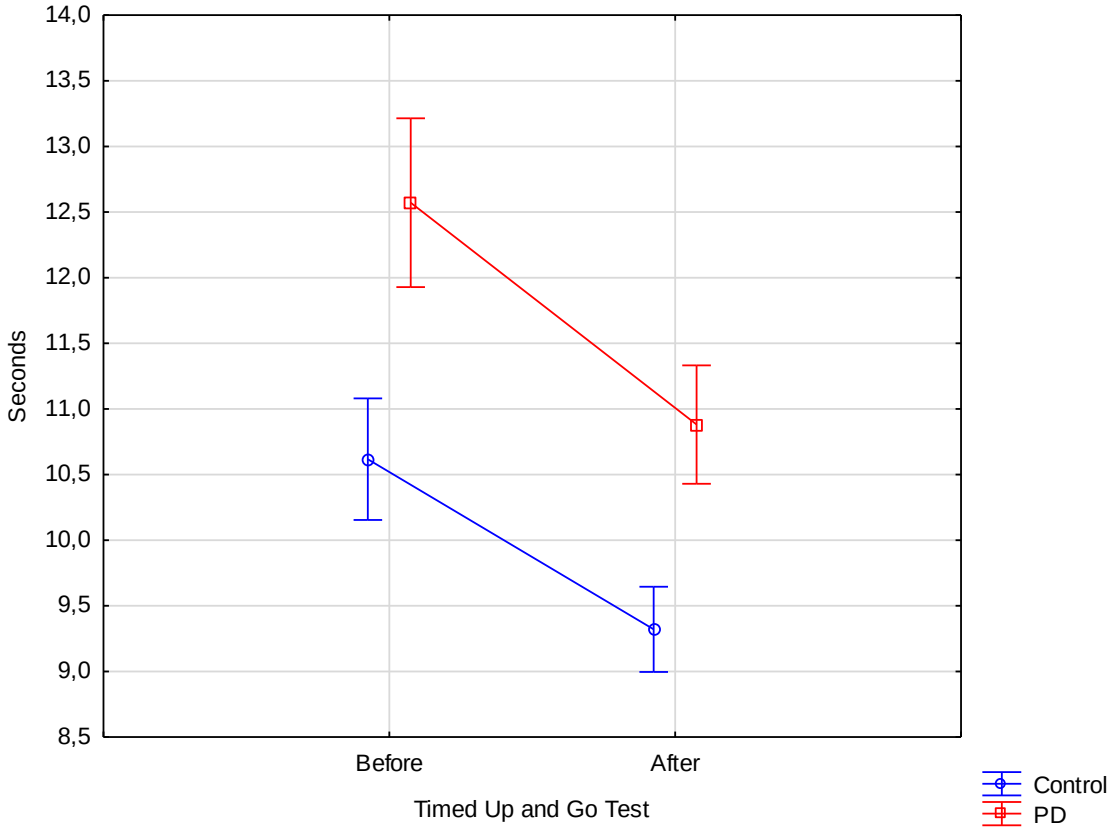


Figure 4: Timed performance (measured in seconds) of the control and PD groups on Timed Up and Go Test before and after the Walking Executive Function Task training.

DISCUSSION

The present study compared the learning of patients with PD with healthy controls in a cognitive-motor locomotion task, the retention of this learning after one week and one month and the transfer to other cognitive and motor tasks. Previous evidence showed that patients with PD have a poorer performance when performing in a cognitive and motor task simultaneously[25]. However, there is not a consensus about training protocols: number of repetitions per session, interval between sessions, training retention and transfer effects.

In the present study, we observed significant differences between patients with PD and controls. Patients with PD showed longer times in parts A and B of WEFT. Cognitive-motor training is fundamental for patients with PD, who present gait disturbances and falls[26] and executive dysfunction, even in the early stages[6]. Both groups were able to learn WEFT tasks. Individuals with PD were significantly slower in all phases of the learning process. However, they showed significant improvement on all sessions.

The intervals of one week and one month significantly affected the performances of both groups. The times were significantly longer in the first trials, but soon returned to the baseline reached on the previous session and even got shorter. After the training period, the times seemed to reach stability and consistence, and decrease variability. Therefore, after one week and after one month, the retention of learning was observed. Part B of WEFT seemed to be more difficult than part A and required more repetitions to stabilize performance (reach a plateau on the learning curve). Patients with PD were more affected by the intervals as their performance got relatively longer, compared to the healthy subjects. As we could observe improvement, retention and transfer, we believe that this model of cognitive-motor training (once a week practice) is appropriate for patients with PD. However, future studies should investigate other intervals (twice or three times a week) and employ more types of transfer tests.

A previous study showed that balance and gait training under dual task conditions was associated with a lower risk of falls in the elderly[27]. Cognitive-motor training can be beneficial for elderly, who also demonstrated improvement on executive function (TMT) and gait (BERG balance) after training[28]. Cognitive-

motor training enhances brain activation and optimizes cognitive reserves, as it changes functional and structural neural networks[29,30].

Patients with PD can improve their motor deficits, by developing strategies to shift their attention to meet motor and cognitive demands during cognitive-motor training[10]. The dual task training (executive function and gait simultaneous training) in individuals with PD is beneficial to improve gait speed and change of direction[31].

One study conducted by Rochester and collaborators[32] associated rhythmic cues with dual tasks to test the effects of training on motor learning among individuals with PD, establishing acquisition (simple task), automaticity (dual task), and retention of simple and dual tasks (follow-up). Training, including gait with cues, was implemented among 153 individuals with PD over the course of three weeks and changes in gait performance with three external rhythmic cues (auditory, visual and somatosensory) was measured during simple and dual tasks after training and during a six-week follow-up. Gait velocity, frequency, and stride length were recorded using an accelerometer. The gait velocity and stride length improved significantly in the three types of cues after training during simple and dual tasks and such an effect remained after six weeks. Similar with this study, where it also had retention of learning after one week and after one month of WEFT.

Dual-task training should be part of the rehabilitation process of patients with PD who show difficulty performing cognitive-motor tasks[29,30]. Besides, patients in the initial stages of PD should perform dual-task training to prevent or delay such deficits[29]. Visual cues have immediate effects on gait and many

studies showed that the effects were retained and associated to a higher quality of life in PD[32]. Our results may contribute develop new treatment protocols in clinical practice with patients with PD.

As limitations of this study, we must mention that we had a different number of men and women in each group and a lower number of patients with PD than controls. Besides, we did not register the number of falls before and after training. We followed the participants after one month and future studies should investigate the effects after longer follow-up periods and the transfer to other tasks involving activities of daily living and functional independence.

CONCLUSION

Twenty-four repetitions of a cognitive-motor walking executive function task resulted in learning both for patients with PD and healthy controls. Patients with PD showed longer times, but relatively higher improvement than controls.

REFERENCES

1. MICHEL, P. P., TOULORGE, D., GUERREIRO, S., and HIRSCH, E. C. **Specific needs of dopamine neurons for stimulation in order to survive: implication for Parkinson disease**. *FASEB (2013) J.* 27, 3414–3423. doi: 10.1096/fj.12-220418
2. KALIA, L. V., and LANG, A. E. Parkinson's disease. *Lancet* (2015) 386, 896–912. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61393-3
3. ULLO, J. G. **Applied Biomechatronic Using Mathematical Models**. Elsevier, Academic Press. (2018)
4. BHAT, S.; ACHARYA, U. R.; HAGIWARA, Y., DADMEHR, N.; ADELI, H. **Parkinson's disease: Cause factors, measurable indicators, and early diagnosis.** Computers in Biology and Medicine (2018) 102: 234-241 doi: 10.1016/ j.compbiomed.2018.09.008.
5. HINDLE, J. V.; MARTYR, A.; CLARE, L. **Cognitive reserve in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis.** Parkinsonism and Related Disorders 20 (2014) 1 e 7.
6. VASCONCELLOS L.F.R, PEREIRA J.S. **Parkinson's disease dementia: Diagnostic criteria and risk factor review.** Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, vol. 37, 2015.
7. PETERSON, D. S.; KING, L. A.; COHEN, R. G.; HORAK, F. B. **Cognitive Contributions to Freezing of Gait in Parkinson Disease: Implications for Physical Rehabilitation.** Phys Ther. 2016 May; 96(5): 659–670. doi: 10.2522/ptj.20140603
8. FUSTER, J. M. **Cortex and mind: unifying cognition.** New York: Oxford University Press, 2003.
9. SPRINGER, S.; GILADIN, N.; PERETZ, C.; YOGEV, G.; SIMON, E.; HAUSDORFF, J.M. **Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function.** Mov Disord. 2006;21(7):950-7.
10. ROCHESTER, L.; BURN, D.J.; WOODS, G.; GODWIN, J.; NIEUWBOER, A. **Does auditory rhythmical cueing improve gait in people with Parkinson's disease and cognitive impairment? UH feasibility study.** Mov Disord. 2009;24(6):839–45.
11. BRAUER, S.G.; WOOLLACOTT, M.H.; LAMONT, R.; CLEWETT, S.; O'SULLIVAN, J.; SILBURN, P.; MELLICK, G.D.; MORRIS, M.M. **Single and dual task gait training in people with Parkinson's Disease: a protocol for a randomised controlled trial.** BMC Neurology. 2011;11:90.
12. VITORIO, R.; LIRANI-SILVA, E.; PIERUCCINI-FARIA, F.; MORAES, R.; GOBBI, L.T.B.; ALMEIDA, Q.J. **Visual cues and gait improvement in Parkinson's disease: which piece of information is really important?** Neuroscience. 2014;277:273-80.
13. YOUNG, W.R.; RODGER, M.W.; CRAIG, C.M. **Auditory observation of stepping actions can cue both spatial and temporal components of gait in Parkinson's disease patients.** Neuropsychologia. 2014;57:140-53.
14. BRUCKI, S. M. D.; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, P. H. F.; OKAMOTO, I. H. **Sugestões para uso do Mini Exame do Estado Mental no Brasil.** Arquivos de Neuropsiquiatria, v. 61, n.3B, p. 777-781, 2003.
15. GOETZ, C. G.; POEWE, W.; RASCOL, O.; SAMPAIO, C.; STEBBINS, G. T.; COUNSELL, C.; GILADI, N.; HOLLOWAY, R. G.; MOORE, C. G.; WENNING, G. K.; YAHR, M. D.; SEIDL, L. **Movement Disorder Society Task Force report on**

the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. Mov. Disord. 2004 Sep;19(9):1020-8.

16. VOOS, MC; CUSTÓDIO, EB; MALAQUIAS, J. **Relationship of executive function and educational status with functional balance in older adults.** J Geriatr Phys Ther. 2011;34(1):11-8.
17. MELLO, M. P .B.; BOTELHO, A. C. G. **Correlação das escalas de avaliação utilizadas na doença de Parkinson com aplicabilidade na fisioterapia.** Fisioter. Mov., Curitiba, v. 23, n. 1, p. 121-127, jan./mar. 2010.
18. GOETZ C.G., TILLEY B.C., SHAFTMAN S.R., STEBBINS G.T., *et al.* **Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale Presentation and Clinimetric Testing Results Movement Disorders.** Vol. 23, No. 15, 2008, pp. 2129–2170.
19. BERG, K. O.; NORMAN, K. E. **Functional assessment of balance and gait. Clinics in Geriatrics.** Medicine, v. 12, n. 4, p. 705-723, 1996.
20. SCALZO, P. L.; NOVA, I. C.; PERRACINI, M. R.; SACRAMENTO, D. R. C.; CARDOSO, F.; FERRAZ, H. B.; TEIXEIRA, A. L. **Validação da versão brasileira da Escala de Equilíbrio de Berg para pacientes com a doença de Parkinson.** Arq. Neuro-Psiquiatr. vol.67 no.3b São Paulo Sept. 2009.
21. BARRY, E.; GALVIN, R.; KEOGH C.; HORGAN, F.; FAHEY, T. **Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta- analysis.** BMC Geriatr, 2014. doi: 10.1186/1471-2318-14-14
22. PODSIADLO D., RICCHARDSON S. **The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons.** J Am Geriatr Soc. 1991 Feb;39(2):142-8.
23. FOLSTEIN M.F., FOLSTEIN S.E., MCHUGH P.R. **Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician.** Journal of psychiatric research, vol. 12, pag. 189-198, 1975.
24. VOOS, MC. **A influência da idade e da escolaridade na execução e no aprendizado de uma tarefa cognitivo-motora** [Tese de Doutorado]. São Paulo: Instituto de Psicologia; 2010. 99 p.
25. BARBOSA, AF; CHEN, J; FREITAG, F; VALENTE, D; SOUZA, CO; VOOS, MC; CHIEN, HF. **Gait, posture and cognition in Parkinson's disease.** Dement. Neuropsychol. vol.10 no.4 São Paulo, 2016.
26. GINIS, P., NIEUWBOER A., DORFMAN M., FERRARI A., GAZIT E., CANNING C.G., ROCCHI L., CHIARI L., HAUSDORFF J.M., MIRELMAN A. **Feasibility and effects of home-base smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial.** Journal Elsevier, Parkinsonism and Related Disorders 22 (2016) 28-34.
27. VOELCKER-REHAGE C; STRONGE AJ; ALBERTS JL. **Age-related Differences in Working Memory and Force Control under Dual-task Conditions.** Aging, Neuropsychology, and Cognition, 13:366–384, 2006. Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 1382-5585/05 print; 1744-4128 online DOI: 10.1080/138255890969339.
28. CUSTÓDIO EB, JÚNIOR JM, VOOS MC. **Relationship between cognition (executive function and spatial perception) and balance in low educational status elderly.** Fisioterapia e Pesquisa, São Paulo, v.17, n.1, p.46-51, jan/mar. 2010 ISSN 1809-2950.
29. ROCHESTER, L.; BAKER, K.; HETHERINGTON, V.; JONES, D.; WILLEMS, A.M.; KWAKKEL, G, *et al*. **Evidence for motor learning in Parkinson's disease: Acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues.** Brain Res. 2010;1319:103-11.

30. FERNANDES, A.; ROCHA, N.; SANTOS, R.; TAVARES, J.M.R.S. **Effects of dual-task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study.** Somatosensory & Motor Research. 2015;32(2):122-7.
31. FERNANDES, A.; SOUZA, A.S.P.; ROCHA, N.; TAVARES, J.M.R.S. **Parkinson's disease and cognitive-motor dual-task: is motor prioritization possible in the early stages of the disease?** Journal of Motor Behavior. 2016;48(4): 377-83.
32. MAK, M.; HALLETT, M. **Effect of cued training on motor evoked potential and cortical silent period in people with Parkinson's disease.** Clin Neurophysiol. 2013;124:545-50.

Artigo publicado

Revista Dementia & Neuropsychologia - ISSN 1980-5764

Dement. neuropsychol. vol.10 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2016

http://dx.doi.org/10.1590/s1980-5764-2016dn1004005

Gait, posture and cognition in Parkinson's disease

Received: September 09, 2016; Accepted: November 13, 2016

Marcha, postura e cognição na doença de Parkinson

Alessandra Ferreira Barbosa[1,3], Janini Chen[2,3], Fernanda Freitag[2,3], Debora Valente[2,3], Carolina de Oliveira Souza[2,3], Mariana Callil Voos[1,3], Hsin Fen Chien[2,3,4]

[1]Physical Therapy, Occupational Therapy and Speech Therapy Department, University of São Paulo School of Medicine, São Paulo, SP, Brazil.

[2]Movement Disorders Clinic of Hospital das Clinicas of the Department of Neurology. University of São Paulo School of Medicine, São Paulo, SP, Brazil.

[3]ReMove. Rehabilitation of Movement Disorders Research Group.

[4]Institute of Orthopedics and Traumatology of Hospital das Clínicas of University of São Paulo School of Medicine, São Paulo, SP, Brazil.

ABSTRACT

Gait disorders and postural instability are the leading causes of falls and disability in Parkinson's disease (PD). Cognition plays an important role in postural control and may interfere with gait and posture assessment and treatment. It is important to recognize gait, posture and balance dysfunctions by choosing proper assessment tools for PD. Patients at higher risk of falling must be referred for rehabilitation as early as possible, because antiparkinsonian drugs and surgery do not improve gait and posture in PD.

Key words: gait; cognition; Parkinson's disease; fall; gait assessment

RESUMO

Distúrbios da marcha e perda de controle postural são as causas principais de queda e incapacidade na doença de Parkinson (DP). A alteração cognitiva desempenha um papel importante para a perda do controle postural e aumenta o risco de quedas; ela também interfere no cuidado e tratamento dos distúrbios da marcha. É importante reconhecer os transtornos da marcha, postura e equilíbrio escolhendo instrumentos de avaliação adequados para identificar os pacientes que tem maior risco de quedas e referi-los para reabilitação o mais precocemente possível, porque os medicamentos e a cirurgia não melhoram a marcha, nem a postura de pacientes com DP.

Palavra-chave: marcha; cognição; doença de Parkinson; queda; avaliação da marcha

INTRODUCTION

Patients with Parkinson disease's (PD) experience 62% more falls than patients with other neurological diseases. Falls are correlated with multiple factors, including postural, gait and cognitive dysfunction. Postural control and gait dysfunction may occur in early stages of PD and are characterized by postural instability, reduced arm swing, shorter path length, and loss of disassociated arm and trunk movements during gait.

Postural control requires the integration of three systems: visual, somatosensory and vestibular; and adaptation to continuous environmental changes.[1] However, this control may be disrupted by concurrent performance of a cognitive or another motor task.[2] According to Hausdorff et al.,[3] attention deficits lead to major changes in gait variability and stability. When PD patients accomplish a predetermined combined gait task, they are more likely to reduce walking speed and stride length and exhibit more freezing episodes, compared to performing single tasks. Single tasks are controlled by the basal ganglia, which are affected in PD. Dual tasks activate the frontal brain area and require voluntary/conscious control.[4]

Postural balance is not a static condition, but a dynamic activity that requires constant neuromuscular responses.[5] This also holds true both in resting posture and while moving the body, e.g. walking, which involves shifting the center of gravity. Environmental demands must be identified by processing sensory inputs.[6]

Balance disturbances result from shifts in the center of gravity which may have an internal (e.g. natural oscillation of the body, limb movement) or external

(a sudden push or braking car) origin. In this context, when there are deficits in the interpretation and integration of sensory systems, in planning the right responses or in the recruitment of the correct muscles to keep the center of gravity within the support base limits, the individual becomes susceptible to falls.[5,7]

The interaction between sensory, cognitive and motor systems is very important in PD patients. The disease can disrupt all these systems and, consequently, increase the risk of falls.[8,9] Postural instability is a motor manifestation of multiple causes and decreases the quality of life of PD patients. Also, it is not easily treatable by antiparkinsonian drugs and/or surgery.[10,11] Christofoletti et al.[9] investigated which factors are important predictors of gait disturbance and reduced mobility and noted that the major predictor of disability was poor postural balance.

Cognitive impairment, often manifested initially as executive dysfunction, affects both integration of sensory information and the motor planning required for maintaining balance, especially in dynamic activities such as walking.[12] Therefore, appropriate assessment of gait and balance impairments are imperative and should also include the evaluation of executive function. Detection of cognitive and gait disturbances in PD patients may improve the quality of life of this population and reduce their risk of falls by earlier intervention and adequate therapeutic strategies.

POSTURE AND GAIT MOTOR ASSESSMENT IN PD

There are several rating scales, questionnaires, and timed tests that assess posture, gait and balance of PD patients, but few include more complex tasks that reflect environmental demands. We recommend careful

choice of measurement instruments and the association of two or more tests for better evaluation of PD gait and balance.[7,8,13] Table 1 summarizes the instruments outlined below.

Table 1 Questionnaires, Instruments and Clinical Tests for Balance and Posture Assessment in PD.

Questionnaire/Instrument/Clinical Test	**Domain**
1. Static and Dynamic Computerized Posturography	Static and Dynamic Balance/Posture
1a. Dynamic Computerized Posturography	Dynamic Balance/Posture
1b. Sensory Organization Test (SOT)	Static Balance/Posture
1c. Multidirectional body movements on force platform	Dynamic Balance
1d. Balance Master System	Dynamic Balance
2. Timed Up and Go test	Gait (rising, walking, turning)
3. Berg Balance Scale	Static and Dynamic Balance
4. MiniBESTest	Static and Dynamic Balance/Gait

The assessment of static and dynamic balance, with or without the association of a cognitive task, is of great importance. Computerized posturography is an exam that assesses, using a force platform, the reaction forces that the body exerts on the ground and the trajectory of the center of pressure (COP). The information provided indicates the patient's neuromuscular responses under the several conditions cited above. This technology can be used under different conditions, e.g. open eyes, visual and/or vestibular deprivation, narrow base of support and with a cognitive or motor task concomitantly.

Several studies have sought to elucidate the static balance of PD patients using posturography technology, but results remain controversial.[14-17] Some authors reported that PD patients show higher COP oscillation compared with age-matched healthy volunteers. Other authors have shown that PD patients

oscillated less or within the same range as the control group. It is difficult to compare these studies since they have employed different methodologies concerning PD staging, freezing frequency, falls history, measurement instruments, variables and tasks.[10,18,19]

Nevertheless, more studies seem to agree that, in the presence of sensory disturbances, patients with PD have higher COP sway, and, consequently, greater postural instability.[8,10,20-22] A recent study by our group[10] found that PD patients oscillated more than controls even under basal condition (open eyes). However, this oscillation was higher when the patient experienced vision deprivation. Static balance was also assessed under dual task conditions, in a standing position, and with a verbal fluency task. We noted that the association of the cognitive task resulted in higher disruption of balance compared to sensory disturbance without the association of a cognitive task. These results were consistent with the findings of Marchese et al.[23] The authors associated the standing position with a cognitive task (subtraction), comparing to baseline and to a dual motor task (standing and performing a finger sequence simultaneously). Fernandes et al.[22] published a similar study and replicated these results. They demonstrated that a cognitive task exposed the patient to greater instability, even in static postures.

While this effect has been seen under static posture conditions, higher cognitive demands, such as verbal fluency, arithmetic or an activity that requires more complex motor planning, can also influence performance on dynamic balance tasks.[7] Dynamic posturography measures how patients respond to mechanical or sensory disturbances. It is possible to identify responses during a predetermined task, assessing motor skills and balance, or only observing responses to external disturbance. The assessment of postural instability represents a major challenge for science, because it includes several complex systems. When sensory integration is altered, and/or cognitive function is impaired, motor responses become ineffective, leading to postural control dysfunction.[24]

The Sensory Organization Test (SOT) is a postural control assessment method. It entails the manipulation of visual, vestibular and proprioceptive neuromuscular information and evaluates how these systems respond. It is composed of six conditions for the triad of balance: vestibular, multisensory or physiological abnormalities. This technique involves tilting the surface or the visual surroundings under six conditions. The first three conditions provide a basic measurement of stability, standing with eyes open or closed on a static force plate surface, with visual surroundings moving or fixed. In conditions four to six, the patient experiences the disruption of somatosensory information, with a moving platform surface.[25]

The use of SOT in association with the MiniBESTest can identify 47% more deficits in anticipatory postural control, postural responses and gait, and sensory integration than the use of SOT assessment alone. This finding suggests the importance of retaining posturographic methods to evaluate balance.[7] Another possibility for assessing dynamic stability is by evaluating responses after platform surface movements. It is possible to analyze COP displacement (as in static posturography) and assess ankle and hip balance strategies, integrated with electromyography. In one study, dynamic testing showed a decrease in the number of falls with increased sensorimotor strategies in 12 patients after bilateral deep brain stimulation (DBS) of the subthalamic nucleus.[26] It was also confirmed that trunk movements and muscle activity were equally present in PD patients and age-matched controls. However, in the PD group, leg muscle responses, and also medial deltoid and masseter activities were increased.[27]

Dynamic posturography measures balance while the patient is standing on a platform with a cylindrical base of support. The main objective of this method is to continuously compensate self-induced disturbances. One study showed that patients with poor performance in functional balance tests also had higher body sway and poorer reactive postural responses on posturography compared to patients that had normal adjustments on the pull test, which denoted a close relationship between clinical tests and posturography.[16] Multidirectional body movements on the force platform is another useful technique for assessing the

risk of falls in PD. In one study, patients stood on a fixed platform surface and moved their body in several directions, without stepping, following the directions established by the computer screen monitor, known as Limit of Stability (LOS). Patients with a history of falls had lower reaction time and velocity. The performance on LOS was correlated with the performance on functional tests, including the Unified Parkinson Disease Rating Scale, Timed Up and Go test, and Berg Balance Scale (BBS).[17]

The Balance Master System is a computerized posturography instrument designed for balance assessment. It evaluates body oscillations under different conditions (in orthostatic position to assess the LOS, SOT, to perform tasks related to daily activities and movement skills: sit-to-stand, tandem walk, turn, step over a box). It is also possible to develop a training sequence for therapeutic purposes to challenge patient's limitations. Abilities requiring strength, balance, mobility and cognitive processing to perform certain tasks, such as stepping over, are a challenge for PD patients.[28,29]

The Timed Up and Go test is an appropriate tool for assessment of functional mobility and focuses more on executive function, compared to the BBS and Dynamic Gait Index (DGI) questionnaires.[31] TUG measures the time required to perform a sequence of activities, including the sit-to-walk, transfer, straight walking, turning and the walk-to-sit. The Dual task TUG has been shown as a good assessment for measuring gait and executive function. According to Christofoletti et al.,[32] the performance of PD patients is influenced by dual tasks, when the ability to adapt to environmental changes is affected.

The Berg Balance Scale is widely used to assess dynamic and static balance in elderly populations.[33] BBS is extensively used to assess balance in PD patients, with good validity and reproducibility. However, in some cases, high scores on BBS do not assure normal gait parameters in dual tasks, nor the absence of freezing.

The MiniBESTest[34] assesses balance using 14 tasks including the TUG, Push and Reach test, gait speed, negotiating obstacles, and turning. According

to Mak et al.,[35] scores lower than 19 are good predictors of recurrent and future falls in PD patients.

The choice of proper clinical balance assessment instruments and their association with static and/or dynamic postural tests contributes to better identification of patients with higher risk of falls. But which tests should be chosen? Bloem et al.[36] reviewed many clinical tests for the Movement Disorders Society Rating Scales Committee. Although there are several instruments that adequately assess freezing of gait and balance confidence in PD, most clinical rating scales for gait, balance, and posture perform suboptimally. The authors recommend future development of a PD-specific, easily-administered, comprehensive gait and balance scale that separately assesses all relevant constructs with good clinimetric properties.

THE INFLUENCE OF EDUCATION IN PD

The concept of an education-augmented cognitive reserve has been extensively investigated in studies focusing on dementia, normal aging, and PD.[37] However, few studies have explored the relationship between education and motor outcomes. The possible mechanisms that might explain this relationship include: (1) greater education-associated cerebral volumes that are more resilient to neurodegenerative changes; (2) more efficient recruitment of alternative brain networks that may be used for neurological function; or (3) enhanced brain repair/recovery mechanisms.[37]

Kotagal et al.[38] conducted a cross-sectional clinical imaging study of 142 subjects with PD. All subjects underwent [^{11}C] dihydrotetrabenazine PET to confirm nigrostriatal dopaminergic denervation and also brain MRI to estimate adjusted cortical gray matter volume (GMV). After adjusting for possible confounders, including cognitive and dopaminergic covariates, as well as nonspecific neurodegeneration covariates (age, disease duration, and total adjusted cortical GMV), lower years of education remained a significant predictor of higher total MDS-UPDRS motor scores. Educational level was inversely

associated with white matter (WM) hyperintensities. Higher educational attainment is associated with lower severity of motor impairment in PD, and this association may reflect an extranigral protective effect upon WM integrity.

These results are also consistent with previous studies that have shown inverse correlations between balance performance in PD and educational attainment.[39,40] Souza et al.[40] investigated the influence of educational status (number of years of formal education) on executive function tasks and balance. PD patients and healthy elderly controls were asked to perform the Trail Making Test (TMT) and BBS. Participants with lower educational status (both PD and control groups) performed worse on the TMT Part B than those with higher educational status. Within the PD group, the less-educated patients scored worse on the BBS than the more-educated group. This finding may be attributed to higher cognitive reserve in those patients with PD who had more years of formal education.

Cognitive enrichment fosters the development of neuroplasticity, which permits the maintenance of cognitive function even in a person with brain pathology. Cognitive resources, such as visual perception, memory, divided attention, coordination, motor sequencing, and executive function, help to reduce the risk of falls and to compensate for balance impairment in older adults.[41,42]

Voos et al.[41] demonstrated that, in healthy elderly people, both poor executive function performance (assessed by the TMT) and Low Educational Status (assessed by self-reported years of formal education) may be related to lower functional balance scores on BBS. According to the literature, the influence of formal education on executive function is well established.[39-43] If educational status influences the development of executive function during lifespan, and executive function is related to balance and gait,[43-45] it follows that educational status may also have some influence on balance and gait.

CHOLINESTERASE INHIBITOR AND PD GAIT

The pedunculopontine nucleus (PPN) is located in the caudal mesopontine tegmentum and provides the majority of cholinergic inputs to the thalamus, with projections to the striatum, cerebellum, and brainstem. It also has connections with the basal ganglia nuclei, specifically the substantia nigra, subthalamic nucleus, and globus pallidus interna. The PPN and nucleus basalis of Meynert degenerate in PD and the cholinergic loss is associated with cognitive impairment. PD dementia and dementia with Lewy Bodies present fluctuation in conciousness, which can be improved by cholinesterase inhibitors (CI). This fact suggests that cholinergic loss participates in the cognitive spectrum associated with Lewy body deposition and a-synuclein accumulation.[46]

Falls are related to cognition and may be caused by similar neurochemical disturbances. Evidence from imaging studies supports the idea that degeneration of the cholinergic system in PD may be responsible for a number of motor and non-motor symptoms, including cognitive dysfunction, depression, falls and postural instability. Moreover, cholinergic degeneration may also be associated with gait dysfunction. Greater postural instability, which is related to falls, is correlated with worse scores on tests associated with attention and executive function. The interaction between attention and gait may be observed during dual tasking and is endorsed by reports of CI reducing the risk of falls in PD patients.[46]

In animal models, cholinergic-striatal disruption of attentional-motor pathways in the basal forebrain is a major cause of falls. The association between cortical and subcortico-mesencephalic cholinergic deficits in patients with PD without dementia with high-level gait disorders (such as freezing of gait), postural instability, falls, coupled with dysexecutive syndrome and apathy, require further research.[47]

Gait speed in PD is also correlated with cholinergic function. Bohnen et al.,[48] observed that a PD subgroup with preserved cortical cholinergic innervations displayed no significant slowing of gait speed compared with non-PD control subjects. The multisystem hypocholinergic effect on gait speed was driven by basal forebrain but not by PPN-thalamic denervation effects, and the latter is associated with postural control. Alterations in cognitive function are

linked to gait disturbances, while gait speed reduction predicted cognitive decline in initially unimpaired older adults. According to the authors, the mechanism of slowing of gait in PD can be conceptualized as a clinical state, in which preattentive striatal degradation is initially supplemented by increasing cognitive control mediated by cortical cholinergic mechanisms. As compensatory cholinergic systems degenerate, gait speed is reduced.

Recent trials with high-dose rivastigmine in non-demented PD patients indicated that the drug can improve gait stability and might reduce the frequency of falls. However, the drug had no significant effects on episodes of freezing of gait or on the neuropsychological outcomes assessed.[49] This finding contradicts a previous meta-analysis conducted by Pagano et al.,[50] in which CI proved an effective treatment for cognitive impairment in patients with PD but failed to reduce the risk of falls. This class of medications impacted positively on global assessment and behavioral disturbance without significantly affecting motor function scales. In fact, an earlier double-blind, placebo-controlled study of PD patients with pre-dementia apathy showed that rivastigmine treatment was associated with a lower overall apathy score and caregiver burden, as well as greater intellectual curiosity and action initiation.[51]

Future trials might answer the question of how falls relate to cholinergic and attention function. Many researchers have investigated the effect of PPN stimulation in PD patients because of previous reports of motor benefits. Mestre et al.[52] reported their result of long-term unilateral PPN DBS and showed an initial benefit of PPN stimulation for PD gait-related symptoms but after 4 years this improvement was not sustained. The authors highlighted some limitations to their findings including technical issues and outcome assessment. However, to what extent does degeneration of PPN cholinergic neurons affect gait disturbances in PD? Moreover, the correlations between the various patterns of cholinergic denervation and clinical phenotypes in PD have not been studied.

IMPLICATIONS FOR REHABILITATION IN PD

Nocera et al.[30] conducted a study in which PD patients performed a 10-week home exercise program targeting abdominal muscles. The program included squats, calf raises, and step-up exercises. The authors showed significant improvement in four to six SOT conditions, with unstable surface in eyes open and closed conditions. Patients improved balance with home exercise, contributing to maintaining postural stability and reducing the risk of falls. Therefore, focusing on motor training can also improve dual-task performance and balance.

The dual task can influence and, consequently, the risk of falls in PD patients. Firstly, there was the assumption that when the patient performed two simultaneous cognitive and motor tasks, performance would be impaired and there would be an increase in the number of falls. Therefore, such situations were avoided in therapy sessions. However, recent studies have shown that the subcomponents of these activities can serve as cues, helping patients in their locomotion. Mirelman et al.[53] trained PD patients on a treadmill associated with virtual reality. They found a positive impact when patients performed both training tasks simultaneously, with decreased risk of falls and greater gait stability. This result favors dual task training in PD patients.

Plotnik et al.[54] demonstrated that cognitive-motor complexity act together to control gait in PD patients suffering from fluctuations in motor responses. There was a pronounced effect of dual task conditions on gait variability, asymmetry and bilateral coordination. Other studies report that there is improvement of mobility and cognitive function, as well as a reduction in the risk of falls, when motor and cognitive activities are integrated. These affirmations emphasize the importance of dual-task training and the development of gait rehabilitation programs. Moreover, dual tasks are part of our activities of daily living.[55,56]

Strategies to improve gait depend on the ability to use attention and mental images, which rely on cognitive ability. These strategies include visual and auditory cues.[57] Recent studies show the benefits of these cues for decreasing the risk of falls and reinforce the hypothesis that patients with PD require more attention for motor task performance.

In conclusion, rehabilitation contributes to the improvement of gait and falls prevention. When using the cues, there is explicit, semantic and episodic memory (declarative) demand to compensate for the loss of the implicit memory, which is affected in PD. Many studies have also shown benefits of combined cueing (auditory and visual cues). Positive motor impact has been observed in gait parameters (length, time and cadence).[58]

REFERENCES

1. Stolze H, Klebe S, Zechlin C, Baecker C, Friege L, Deuschl G. Falls in frequent neurological diseases--prevalence, risk factors and aetiology. J Neurol. 2004;251:79-84. [Links]

2. Mak MK. Reduced step length, not step length variability is central to gait hypokinesia in people with Parkinson's disease. Clin Neurol Neurosurg 2013;115(5):587-90. [Links]

3. Hausdorff JM, Balash J, Giladi N. Effects of cognitive challenge on gait variability in patients with Parkinson's disease. J Geriatr Psychiatry Neurol. 2003;16(1):53-8. [Links]

4. Brauer SG, Woollacott MH, Lamont R, Clewett S, O'Sullivan J, Silburn P, Mellick GD, Morris ME. Single and dual task gait training in people with Parkinson's disease: a protocol for a randomised controlled trial. BMC Neurol. 2011 27;11:90. [Links]

5. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age Ageing. 2006;35:7-11. [Links]

6. Brooke-Wavell K, Perrett LK, Howarth PA, Haslam RA. Influence of the visual environment on the postural stability in healthy older women. Gerontology. 2002;48(5):293-7. [Links]

7. Gera G, Freeman DL, Blackinton MT, Horak FB, King L. Identification of Balance deficits in people with Parkinson Disease; is the Sensory Organization Test Enough? Int J Phys Med Rehabil. 2016;4(1). pii: 322. [Links]

8. Rossi M, Soto A, Santos S, Sesar A, Labella T. A Prospective Study of Alterations in Balance among Patients with Parkinson's Disease. European Neurology. Eur Neurol. 2009;61(3):171-6. [Links]

9. Christofoletti G, McNeely ME, Campbell MC, Duncan RP, Earhart GM. Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease. Hum Mov Sci. 2016;49:308-14. [Links]

10. Barbosa AF, Souza C de O, Chen J, Francato DV, Caromano FA, Chien HF, et al. The competition with a concurrent cognitive task affects posturographic measures in patients with Parkinson disease. Arq Neuropsiquiatr. 2015;73(11):906-12. [Links]

11. Lawson RA, Yarnall AJ, Duncan GW, Breen DP, Khoo TK, Williams-Gray CH, et al. Cognitive decline and quality of life in incident Parkinson's disease: The role of attention. Parkinsonism Relat Disord. 2016;27:47-53. [Links]

12. Lord S, Rochester L, Hetherington V, Allcock LM, Burn D. Executive dysfunction and attention contribute to gait interference in 'off' state Parkinson's Disease. Gait Posture. 2010;31(2):169-74. [Links]

13. Doná F, Aquino CC, Gazzola JM, Borges V, Silva SM, Ganança FF, et al. Changes in postural control in patients with Parkinson's disease: a posturographic study. Physiotherapy. 2016;102(3):272-9. [Links]

14. Horak FB, Nutt JG, Nashner LM. Postural inflexibility in parkinsonian subjects. J Neurol Sci. 1992;111(1):46-58. [Links]

15. Frenklach A, Louie S, Koop MM, Bronte-Stewart H. Excessive Postural Sway and the Risk of Falls at Different Stages of Parkinson's Disease. Mov Disord. 2009;24(3):377-85. [Links]

16. Ebersbach G, Gunkel M. Posturography reflects clinical imbalance in Parkinson's disease. Mov Disord. 2011;26(2):241-6. [Links]

17. Johnson L, James I, Rodrigues J, Stell R, Thickbroom G, Mastaglia F. Clinical and posturographic correlates of falling in Parkinson's disease. Mov Disord. 2013;28(9):1250-6. [Links]

18. Fioretti S, Guidi M, Ladislao L, Ghetti G. Analysis and reliability of posturographic parameters in Parkinson patients at an early stage. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2004;1:651-4. [Links]

19. Rocchi L, Chiari L, Cappello A, Horak FB. Identification of distinct characteristics of postural sway in Parkinson's disease: A feature selection procedure based on principal component analysis. Neurosci Lett. 2006;394(2):140-5. [Links]

20. Ickenstein GW, Ambach H, Klöditz A, Koch H, Isenmann S, Reichmann H, Ziemssen T. Static posturography in aging and Parkinson's disease. Front Aging Neurosci. 2012;4:20. [Links]

21. Lee JM, Koh SB, Chae SW, Seo WK, Kwon DY, Kim JH, et al. Postural Instability and Cognitive Dysfunction in Early Parkinson's Disease. Can J Neurol Sci. 2012;39(4):473-82. [Links]

22. Fernandes A, Sousa AS, Couras J, Rocha N, Tavares JM. Standing balance in individuals with Parkinson's disease during single and dual-task conditions. Gait Posture. 2015;42(3):323-8. [Links]

23. Marchese R, Bove M, Abbruzzese G. Effect of cognitive and motor tasks on postural stability in Parkinson's disease: A posturographic study. Mov Disord. 2003;18(6):652-8. [Links]

24. Furman JM, Baloh RW, Barin K, Hain TC, Herdman S, Horst RK, Parker SW. Assessment: posturography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment

Subcommittee of the American Academy of Neurology Neurology. 1993;43(6):1261-4. [Links]

25. Nashner LM. Computerized dynamic posturography. In G. P. Jacobson CW, Newman, & JM Kartush (Eds.), Handbook of balance function testing. San Diego, CA: Singular; 1993: 280-334. [Links]

26. Colnat-Coulbois S, Gauchard GC, Maillard L, Barroche G, Vespignani H, Auque J, Perrin PP. Bilateral subthalamic nucleus stimulation improves balance control in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2005;76(6):780-7. [Links]

27. Visser JE, Oude Nijhuis LB, Janssen L, Bastiaanse CM, Borm GF, Duysens J, Bloem BR. Dynamic posturography in Parkinson's disease: diagnostic utility of the "first trial effect". Neuroscience. 2010;168(2): 387-94. [Links]

28. NeuroCom International Inc. Instructions for use: Balance Master System operator's manual, Version 8.1, 2003. [Links]

29. Nocera JR, Horvat M, Ray CT. Impaired step up/over in persons with Parkinson's disease. Adapt Phys Activ Q. 2010;27(2):87-95. [Links]

30. Nocera J, Horvat M, Ray CT. Effects of home-based exercise on postural control and sensory organization in individuals with Parkinson disease. Parkinsonism Relat Disord. 2009; 15(10):742-5. [Links]

31. Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Properties of the 'timed up and go' test: more than meets the eye. Gerontology. 2011;57(3):203-10. [Links]

32. Christofoletti G, Andrade LP, Beinotti F, Borges G. Cognition and dual-task performance in older adults with Parkinson's and Alzheimer's disease. Int J Gen Med. 2014;7:383-8. [Links]

33. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. Can J Public Health. 1992;83 Suppl 2:S7-11. [Links]

34. Franchignoni F, Horak F, Godi M, Nardone A, Giordano A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. J Rehabil Med. 2010;42(4):323-31. [Links]

35. Mak MK, Auyeung MM. The mini-BESTest can predict parkinsonian recurrent fallers: a 6-month prospective study. J Rehabil Med. 2013;45(6):565-71. [Links]

36. Bloem BR, Marinus J, Almeida Q, Dibble L, Nieuwboer A, Post B, et al. Measurement instruments to assess posture, gait, and balance in Parkinson's disease: Critique and recommendations. Mov Disord. 2016;31(9):1342-55. [Links]

37. Scarmeas N, Stern Y. Cognitive reserve: implications for diagnosis and prevention of Alzheimer's disease. Curr Neurol Neurosci Rep. 2004;4:374-380. [Links]

38. Kotagal V, Bohnen NI, Muller M, Koeppe RA, Frey KA, Langa KM, Albin RL. Educational Attainment and Motor Burden in Parkinson's Disease. Mov Disord. 2015;30:567-71. [Links]

39. Souza C de O, Voos MC, Fonoff FC, et al. Relation between educational status and motor scales (UPDRS-III, Berg Balance Scale and time Up and Go Test) in individuals with Parkinson's disease. Mov Disord. 2012;Suppl 1:328. [Links]

40. Souza C de O, Voos MC, Francato DV, Chien HF, Barbosa ER. Influence of educational status on executive function and functional balance in individuals with Parkinson disease. Cogn Behav Neurol. 2013;26:6-13. [Links]

41. Voos MC, Custodio EB, Malaquias M Jr. Relationship of executive function and educational status with functional balance in older adults. J Geriatr Phys Ther. 2011;34:11-18. [Links]

42. Yogev S, Hausdorf JM, Giladi N. The role of executive function and attention in gait. Mov Disord. 2008;23:329-42. [Links]

43. Tun PA, Lachman ME. Age differences in reaction time and attention in a national telephone sample of adults: education, sex, and task complexity matter. Dev Psychol. 2008;44:1421-9. [Links]

44. Van Iersel MB, Kessels RPC, Bloem BR, Verbeek AL, Olde Rikkert MG. Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. J Gerontol. 2008;63:1344-9. [Links]

45. Hirota C, Watanabe M, Tanimoto Y, Kono R, Higuchi Y, Kono K. A cross-sectional study on the relationship between the Trail Making Test and mobility- related functions in community-dwelling elderly. Nippon Ronen Igakkai Zasshi. 2008;45:647-54. [Links]

46. Yarnall A, Rochester L, Burn DJ. The interplay of cholinergic function, attention, and falls in Parkinson's disease. Mov Disord. 2011;26(14): 2496-503. [Links]

47. Moreau C, Devos D, DefebvreL. Acetylcholinesterase inhibitors and gait: a steadying hand? Lancet Neurol. 2016;15(3):232-3. [Links]

48. Bohnen NI, Frey KA, Studenski S, Kotagal V, Koeppe RA, Scott PJ, et al. Gait speed in Parkinson disease correlates with cholinergic degeneration. Neurology. 2013;81(18):1611-6. [Links]

49. Henderson EJ, Lord SR, Brodie MA, Gaunt DM, Lawrence AD, Close JC, et al. Rivastigmine for gait stability in patients with Parkinson's disease (ReSPonD): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial. Lancet Neurol. 2016;15(3):249-58. [Links]

50. Pagano G, Rengo G, Pasqualetti G, Femminella GD, Monzani F, Ferrara N, Tagliati M. Cholinesterase inhibitors for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2015;86(7):767-73. [Links]

51. Devos D, Moreau C, Maltête D, Lefaucheur R, Kreisler A, Eusebio A, et al. Rivastigmine in apathetic but dementia and depression-free patients with Parkinson's disease: a double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2014;85(6): [Links]

52. Mestre TA, Sidiropoulos C Hamani C, Poon YY, Lozano AM, Lang AE, Moro E. Long-term double-blinded unilateral pedunculopontine area stimulation in Parkinson's disease. Mov Disord. 2016;31(10):1570-4. [Links]

53. Mirelman A, Maidan I, Herman T, Deutsch JE, Giladi N, Hausdorff JM. Virtual Reality for Gait Training: Can It Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease? J Gerontol A BiolSci Med Sci. 2011;66A(2):234-40. [Links]

54. Plotnik M, Giladi N, Dagan Y, Hausdorff JM. Postural instability and fall risk in Parkinson's disease: impaired dual tasking, pacing, and bilateral coordination of gait during the "ON" medication state. Exp Brain Res. 2011;210:529-38. [Links]

55. Mirelman A, Rochester L, Reelick M, Nieuwhof F, Pelosin E, Abbruzzese G, et al. V-TIME: a treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults: study design of a randomized controlled Trial. BMC Neurology. 2013;13:15. [Links]

56. Wild LB, Lima DB, Balardin JB, Rizzi L, Giacobbo BL, Oliveira HB, et al. Characterization of cognitive and motor performance during dual-tasking in healthy older adults and patients with Parkinson's disease. J Neurol. 2013;260:580-9. [Links]

57. Iansek R, Danoudis M, Bradfield N. Gait and cognition in Parkinson's disease: implications for rehabilitation. Rev Neurosci. 2013;24(3): 293-300. [Links]

58. Nanhoe-Mahabier W, Delval A, Snijders AH, Weerdesteyn V, Overeem S, Bloem BR. The possible price of auditory cueing: influence on obstacle avoidance in Parkinson's disease. Mov Disord. 2012;27(4):574-8. [Links]

Resumo apresentado em forma de pôster no IX Congresso Sul Brasileiro de Geriatria e Gerontologia

Tema: Envelhecimento, Sociedade e Funcionalidade: Repensando Metas e Práticas

De 02/07/2015 a 04/07/2015

Local: Joinville, Santa Catarina

Site: www.sulbrasileirosbgg.com.br

Desempenho de idosos saudáveis e com doença de Parkinson em uma tarefa cognitivo-motora

INTRODUÇÃO: Dentre as principais doenças que acometem os idosos, está a doença de Parkinson (DP). Quando aproximadamente 80% dos neurônios da substância negra são perdidos, a DP torna-se mais evidente e pode manifestar sinais como tremor, bradicinesia, rigidez articular, alteração postural e da

marcha, disfunção visuoespacial, de memória, linguagem e de função executiva. **OBJETIVO:** Comparar o desempenho e aprendizagem de idosos saudáveis e com DP em uma tarefa cognitivo-motora. **METODOLOGIA:** Participaram do estudo 32 idosos com DP e 80 idosos saudáveis. Foi utilizado o Trail Making Test (TMT) parte a e b na avalição inicial. Na parte A, função motora, cada indivíduo traçou uma sequência de números, e na parte B, função executiva, ligou números com letras do alfabeto. Criamos um tapete com o mesmo trajeto, o Teste de Deambulação Funcional (TDF), no qual os pacientes foram orientados a deambular na mesma sequência do TMT, todos foram recomendados a realizar 8 repetições na primeira semana, e 8 na semana seguinte. Calculamos o delta cognitivo, eliminando o componente motor e ressaltando a função executiva. **RESULTADOS:** A média dos deltas cognitivos do TMT (TMT b – TMT a) foi 54,37 ± 45,80 segundos no grupo controle e 73,46 ± 40,39 segundos no grupo DP. O delta cognitivo do TDF no grupo controle foi 44,38 ± 27,22 segundos e para o grupo DP foi 52,09 ± 35,04 segundos. Após a segunda semana de treino, a média do grupo controle foi 33,81± 26,04 segundos e no grupo DP foi 44,40 ± 35,32 segundos. **DISCUSSÃO:** O grupo controle foi melhor do que o com DP, entretanto foi observado que ambos os grupos melhoraram o seu desempenho cognitivo e motor com as repetições. Podemos afirmar que houve aprendizado das tarefas e melhora do desempenho motor nas atividades. **CONCLUSÃO:** Além de mostrar a importância da repetição nas tarefas cognitivo–motoras para se ter uma avaliação fidedigna do aprendizado, compreendemos que estas tarefas melhoram a marcha, o equilíbrio, a flexibilidade mental, evitam quedas, entre outros. Assim, acreditamos que os nossos resultados possam contribuir para a avaliação e tratamento na prática clínica de diversos profissionais da área de reabilitação.

Resumo apresentado de forma oral no XXVII Congresso Brasileiro de Neurologia

Data: de 27.08.2016 até 31.08.2016

Local: Expominas - Centro de Feiras de Minas Gerais George Norman Kutova

Informações Adicionais:

http://abneuro.org.br/conteudos/exibir/27/diretoria

http://www.neuro2016.com.br

Promoção: Academia Brasileira de Neurologia

Realização: Academia Brasileira de Neurologia e CCM Worldwide Medical Congresses

Health elderly learning and with parkinson`s diseases in a task motor-cognitive

INTRODUCTION: Among the major diseases that affect the elderly, it is Parkinson's disease (PD). When approximately 80% of the substantia nigra neurons die, the PD becomes more evident and may show signs such as tremor, bradykinesia, joint stiffness, postural changes and gait, visuospatial dysfunction, memory, language and execution**. OBJECTIVE:** To compare the performance of two cognitive-motor training sessions with one week interval to check if there was learning. **METHODS:** The study included 32 elderly patients with PD and 80 health elderly. Was used the Trail Making Test (TMT), in Part A, motor function, the people must trace the sequence of numbers, and part B, execution and cognition, connect the number with a letter of the alphabet, these tests were performed once. We create a carpet with the same path, in which the patient was instructed to walk, this is called Functional Walk Test (FWT), which were performed 8 repetitions in the first week, and 8 the following week**. RESULTS:** The average time of all tests in both groups decreased with each repetition. In the control group, the first realization of FWT Part A was 61.0 seconds passed a week, the time dropped down to 42.5 seconds. The PD group began in 85.5 seconds and the following week evolved to 71.9 seconds. In Part B of the test, for the control group the first lap was 105.4 seconds. After one week, the average dropped down to 76.3 seconds. For the PD group started with an average of 141.3 seconds the following week, started in 126.5 seconds**. DISCUSSION:**

analyzing both FW T part A and B, it can be observed that the decreased time as increasing the number of repetitions, that is very relevant in cognitive-motor regard, because with a shorter time, a better performance and a memorization effective. This is very important when dealing with patients with Parkinson due to the typical slow in these patients. These data show the importance of the repetition of activities in clinical terms to improve the function of these individuals. **CONCLUSION:** In addition to showing the importance of repetition of motor cognitive tasks to have a reliable evaluation of the learning of patients, we believe that our results may contribute to the evaluation and treatment in clinical practice of many rehabilitation professionals.

Apresentação em forma de pôster no 7ª Reunião do Departamento Científico de Transtornos do Movimento da ABN

Data: 25 a 27 de agosto de 2017.

Is cognitive-motor dual task training effective in patients with Parkinson's disease? Systematic review

INTRODUCTION: People with Parkinson disease (PD) face motor disorders, such as reduction of gait speed/step length and freezing when they are performing a simultaneous cognitive task. Some authors suggest that these patients can improve balance and gait if they practice on dual task condition, e.g. associated to cognitive tasks (involving verbal fluency, visual and/or auditory integration, memory etc). However, dividing attention can be challenging for PD patients and increase falls risk. **OBJECTIVES:** To select studies that evaluated PD patients before and after dual task training; to investigate whether performing balance and gait tasks associated to cognitive tasks would improve or impair performance. **METHOD:** This systematic review was carried out by two researchers, who performed the data search and analysis independently and blindly. Three other experienced researchers were consulted in case of doubts.

Studies that did not discuss gait training were excluded. Initially, 229 studies were found. Ten of them were selected and they are summarized in the following table.

Table 1 – Articles

Authors	**Title**	**Main findings**
Mirelman *et al.*, 2011a	Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with PD?	Speed on single and double tasks improved after training. The walking speed with obstacles has improved. Track test times (parts A and B) improved. Gains in measures of functional performance and retention effects were observed one month later.
Mirelman *et al.*, 2011b	Audio-biofeedback training for posture and balance in patients with PD.	The balance improved and a trend was observed in Timed Up and Go. The training had a positive influence on psychosocial aspects as assessed by the PDQ-39 quality of life questionnaire and the level of depression assessed by the Scale of Geriatric Depression.
Dowling *et al.*, 2013	**Feasibility of adapting a classroom balance training program to a video game platform for people with PD.**	It demonstrated viability in the use of gait and balance games for people with Parkinson's disease.
McKee *et al.*, 2013	The effects of adapted tango on spatial cognition and disease severity in PD.	Tango participants improved the severity of the disease and spatial cognition compared to participants in education. They also improved balance and executive function.
Vanderbossche et al., 2013	Impaired implicit sequence learning in PD	The severity of the freeze correlated positively with the double task

	patients with freezing of gait.	performance. Extensive training helps to acquire new motor activities and reduces functional cognitive load by improving freezing.
Hackney & McKee, 2014	Community-based adapted tango dancing for individuals with PD and older adults.	Participants improved mobility (measured with the Timed Up and Go Test, Tandem Stance, Berg Balance Scale, walking speed).
Esculier et al., 2014	Corticomotor excitability in Parkinson's disease during observation, imagery and imitation of action: effects of rehabilitation using wii fit and comparison to healthy controls.	During imitation, both groups reduced potential motors in quadriceps and soleus. Subjects with PD improved their dual task capacity by considering changes in observation and imitation.
Fernandes et al., 2015	Effects of dual-task training on balance and executive functions in PD: a pilot study.	The results suggest that dual task training compared to single task training were better for static postural control, except for anteroposterior balance with closed eyes.
Strouwen et al., 2016	Training dual tasks together or apart in PD: results from the duality trial.	Consecutive and integrated dual task training led to similar and sustained improvements in walking speed without increasing the risk of falls.
Ginis et al., 2016	Feasibility and effects of home-based smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with PD: a pilot randomized controlled trial.	Both groups improved gait speed in the single and double task in the post-test and thereafter. The group of smartphones significantly improved the balance (MiniBESTest) in the post-test and maintained the quality of life (SF-36 physical health) in the follow-up, while the control group worsened.

RESULTS: Studies showed improvement after dual task training, reduced the risk of falls, increased gait stability, cognitive, motor and postural improvement. **CONCLUSION:** Dual task training is beneficial for patients with PD. However, it is important to develop standardized and effective programs for dual task training.