VIVIANE CAROLINA SALES

**Avaliação do efeito do treino de marcha em esteira com e sem
suspensão do peso corporal no equilíbrio de pacientes com doença de
Parkinson em uso de estimulação cerebral profunda**

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

Programa de Fisiopatologia Experimental
Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria
D'Andrea Greve

São Paulo

2014

VIVIANE CAROLINA SALES

**Avaliação do efeito do treino de marcha em esteira com e sem
suspensão do peso corporal no equilíbrio de pacientes com doença de
Parkinson em uso de estimulação cerebral profunda**

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

Programa de Fisiopatologia Experimental
Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria
D'Andrea Greve

São Paulo

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Sales, Viviane Carolina

Avaliação do efeito do treino de marcha em esteira com e sem suspensão do peso corporal no equilíbrio de pacientes com doença de Parkinson em uso de estimulação cerebral profunda / Viviane Carolina Sales. -- São Paulo, 2014.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Júlia Maria D'Andrea Greve.

Descritores: 1.Doença de Parkinson 2.Estimulação encefálica profunda
3.Fisioterapia 4.Equilíbrio postural 5.Marcha 6.Treinamentos de resistência
7.Desempenho psicomotor

USP/FM/DBD-392/14

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à todos os pacientes que participaram desse projeto, que apesar de suas limitações físicas e sociais compareceram às terapias. À todos os pacientes com alterações neurológicas, que atendi até hoje, pois são eles que me motivam à estudar e estar constantemente à procura da melhor opção de tratamento para as desordens do movimento.

Aos meus pais, que estão sempre ao meu lado, que me criaram com toda dedicação e amor, e que se importam imensamente com a minha felicidade e sonhos.

À minha avó Carmelinda, símbolo de garra, força, determinação e vontade. Alguém que me ensinou que sonhar é o que nos mantém vivos.

À Dra. Júlia, que me deu a imensa oportunidade de realizar o sonho de ser Mestre, e que sempre me acolheu com muita dedicação.

AGRADECIMENTO

Aos colegas do laboratório que me ajudaram, me apoiaram e estavam sempre presentes: Angélica, André, Marcelo, Edna, Adriana, Zé, Mara, Félix e Paulo.

À Natália, que se empenhou junto comigo nesse trabalho, partilhando as dúvidas, decisões e o atendimento aos pacientes.

Ao Paulo e Danielle, que estão juntos nesse projeto desde o começo.

Aos alunos, Gislene e Rodrigo, que dispuseram de seu tempo e boa vontade para me ajudarem, e que sempre estavam dispostos à aprender.

Aos profissionais do Instituto de Psiquiatria, que encaminharam os pacientes e tornaram esse projeto possível.

À todos os meus amigos que dividiram minhas ansiedades e expectativas, e em especial, à amiga Patrícia Franciulli que tem estado presente durante todo o processo de aprendizagem e que ajudou muito em minhas escolhas.

Aos meus Pais, Francisco e Ana, que sempre me deram apoio em minhas decisões.

Ao meu namorado, Alexandre, presente em todos os momentos me motivando e cuidando de mim.

Às minhas irmãs, Glenda e Jessica, e à minha segunda família, Tiago, João Alexandre e Rosana por me ajudarem à superar minhas dificuldades e torcerem por mim.

Se quiseses voar, é preciso tentar
É preciso cair muitas vezes,
Levantar muitas vezes,
Identificar o erro,
E continuar lutando...

Se quiseses voar,
É preciso garra,
É preciso força,
É preciso coragem...
Enfrentar o indesejável,
Transpor obstáculos!

Mas quando se aprende à voar,
Cada queda vale à pena,
Pois é possível ver de acima,
Avistar o horizonte,
Refrescar-se com a brisa,
É possível ir bem alto!

(Viviane Carolina Sales)

Esta dissertação ou tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão 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 Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

Lista de Abreviaturas e símbolos

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Summary

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1 Etiopatogenia e Quadro Clínico	4
3.2 Alterações do Equilíbrio e da Marcha.....	6
3.3 Tratamento Médico-Cirúrgico.....	10
3.4 Tratamento Fisioterapêutico.....	13
3.4.1 Treino de Marcha em Esteira.....	14
3.5 Avaliação Funcional.....	15
4. MÉTODOS.....	17
4.1 Tipo de estudo	17
4.2 Local do estudo	17
4.3 Casuística.....	17
4.4 Procedimentos.....	20
4.4.1. Avaliação Clínica Funcional.....	20
4.4.2. Avaliação Funcional Instrumentalizada.....	21
	23

4.4.3. Treinamento.....	
4.5 Análise Estatística.....	36
5. RESULTADOS.....	38
5.1 Velocidade de Marcha durante Treinamento em Esteira.....	38
5.2 Teste Time Up and Go.....	39
5.3 Escala de Berg.....	40
5.4 Posturografia Estática.....	41
6. DISCUSSÃO.....	44
6.1 Teste Time Up and Go.....	44
6.2 Escala de Berg.....	48
6.3 Posturografia Estática.....	49
6.4 Comparação TESS versus TECS.....	53
7. CONCLUSÕES.....	56
8. ANEXOS.....	57
Anexo A – Carta de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa.....	57
Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	58
Anexo C – Escala de Equilíbrio de BERG.....	65
9. REFERÊNCIAS.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC	<i>Activities-specific Balance Confidence Scale</i>
AmpX	Amplitude máxima no sentido médiolateral
AmpY	Amplitude máxima no sentido látero-lateral
AMTI	Advanced Mechanical Technology Inc.
AVD's	Atividade de vida diária
DBS	Estimulação cerebral profunda
BNDF	Fator neurotrófico derivado do cérebro
DP	Doença de Parkinson
CAPPesq	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
cm	Centímetro
cm/s	Centímetros por segundo
COP	Centro de pressão do pé
FOGQ	Questionário de Congelamento da Marcha
GDS	<i>Geriatric Depression Scale</i>
GNDF	Fator neurotrófico derivado da glia
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
H&Y	Classificação de Hoehn and Yahr
NB	Núcleos da Base
NPP	Núcleo pedúnculo-pontino
NST	Núcleo subtalâmico
OA	Olhos abertos
OF	Olhos fechados
PDQ-39	<i>Parkinson Disease Questionnaire</i>
RML	Região mesencefálica locomotora
SNr	Substância negra pars compacta
SPPB	<i>Short Physical Performance Battery</i>
TA	Treino de agilidade

TC	Treino de marcha convencional
TECS	Treinamento de marcha em esteira com suporte de peso corporal
TESS	Treinamento de marcha em esteira sem suporte de peso corporal
TMS	Estimulação magnética transcraniana
TUG	<i>Timed-up and go</i>
UPDRS	<i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>
Vmed	Velocidade média de deslocamento do centro de pressão do pé

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características da amostra.....	20
Tabela 2. Resultados das avaliações dos Testes Time-up and Go convencional, cognitivo e motor nas quatro fases de treino de marcha sem e com suporte de peso corporal.....	39
Tabela 3. Resultados das avaliações da Escala de Berg nas quatro fases de treino de marcha sem e com suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)	40
Tabela 4. Resultados das avaliações da Posturografia com os Olhos Abertos nas quatro fases de treino de marcha sem e com suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)	41
Tabela 5. Resultados das avaliações da Posturografia com os olhos fechados nas quatro fases de treino de marcha sem e com suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)	42
Tabela 6. Comparação estatística entre os resultados da posturografia estática com os olhos abertos e fechados em cada uma das fases de treinamento de marcha sem e com suporte de peso corporal. de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Circuito dos Núcleos da Base.....	5
Figura 2. Representação das regiões de implantação dos eletrodos da DBS	11
Figura 3. Fluxograma de inclusão dos pacientes.....	19
Figura 4. Plataforma de Força portátil AccuSway ^{Plus}	22
Figura 5. Cronograma das avaliações.....	24
Figura 6. Alongamento de flexores laterais do tronco.....	25
Figura 7. Alongamento de rotadores do tronco.....	25
Figura 8. Alongamento de Tríceps Sural	26
Figura 9. Alongamento de Cadeia Anterior.....	26
Figura 10a e 10b. Ponte – Fortalecimento de Glúteos e Abdominais.....	27
Figura 11a e b. Ponte Unipodal.....	27
Figura 12a e b. Fortalecimento de Flexores do Cotovelo e Adutores do Quadril.....	27
Figura 13a e b. Fortalecimento de Estabilizadores Escapulares e Abdutores do Quadril.....	28
Figura 14. Fortalecimento de Flexores plantares.....	28
Figura 15. Fortalecimento de Dorsi- flexores.....	29
Figura 16a e b. Treino do sentar e levantar.....	29
Figura 17a, b e c. Agachamento sem e com peso.....	30
Figura 18 a e b. Agachamento em rampa: maior ativação de cadeia posterior para manter a postura ortostática.....	31
Figura 19a e b. Agachamento Unipodal.....	31
Figura 19c e d. Agachamento Unipodal.....	32
Figura 20a. Apoio Bipodal com OA em superfície estável.....	33

Figura 20b. Apoio Bipodal com OF em superfície estável.....	33
Figura 20c. Apoio Bipodal com OA em superfície instável.....	33
Figura 21a. Apoio Tandem com OA em superfície estável.....	34
Figura 21b. Apoio Tandem com OA em superfície instável.....	34
Figura 22a. Apoio Unipodal com OA em superfície estável.....	34
Figura 22b. Apoio Unipodal com OA em superfície instável.....	34
Figura 23. Treino de Marcha em Esteira (TESS).....	35
Figura 24. Treino de Marcha com Suspensão Parcial do Peso Corporal (TECS).....	36

Resumo

Sales VC. **Avaliação do efeito do treino de marcha em esteira com e sem suspensão do peso corporal no equilíbrio de pacientes com Doença de Parkinson em uso de estimulação cerebral profunda** [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2014.

Introdução: Após a cirurgia de Estimulação Cerebral Profunda (DBS), pacientes com doença de Parkinson (DP) ainda apresentam alterações posturais e da marcha. Assim, intervenções adicionais são necessárias para reduzir a instabilidade postural e quedas. O treino de marcha em esteira é conhecido por melhorar parâmetros do equilíbrio e marcha de pacientes com DP; no entanto, o que ainda não se sabe é se há diferença entre o treino com e sem suspensão do peso corporal e se esses tipos de treinamento são capazes de potencializar os efeitos da DBS. **Objetivo:** A proposta deste estudo foi comparar os efeitos do treino em esteira, com e sem suspensão do peso corporal, em aspectos do equilíbrio de pacientes com DP após DBS. **Métodos:** Homens (n=6) e Mulheres (n=5) com DP (60.9± 10.6 anos) em uso de DBS bilateral em Núcleo Subtalâmico foram avaliados quanto o equilíbrio e mobilidade antes e após o tratamento, usando o *Time Up and Go test* (TUG) em três condições: convencional, cognitiva e motora; assim como, a Escala de Berg e a Posturografia Estática. Na fase 1, todos os sujeitos participaram de um programa de fisioterapia convencional associado à treino em esteira por 8 semanas (16 sessões). Após 6 semanas de período de *wash-out*, cada participante realizou o mesmo treino durante 8 semanas porém, o treino em esteira foi realizado com suspensão do peso corporal. **Resultados:** Após a fase 1 de treino em esteira sem suspensão, houve melhoras na performance do TUG cognitivo (pré: 15.7±1,8 s versus pós: 13.7±3.1 s; p=0.01) e um aumento do deslocamento corporal ântero-posterior e médio-lateral com os olhos fechados. Após a fase 2 de treino em esteira com suspensão do peso corporal, houve melhoras do TUG convencional (pré: 12.3±2.0 s versus pós: 10.7±1.7 s; p=0.01) e cognitivo (pré: 14.6±3.5 s versus pós: 12.5±1.6 s; p<0.05). Não houve mudanças significantes nos escores da Escala de Berg após ambas as fases. **Conclusão:** O treino de marcha em esteira com ou sem suspensão do peso corporal promove melhora do equilíbrio estático e dinâmico em pacientes com DP após a cirurgia de DBS. Ambos os métodos tem resultados similares; No entanto, o treino de marcha com suspensão do peso corporal parece ser uma opção potencialmente superior, uma vez que pacientes sentem-se mais seguros, e isso pode levar à um tipo de treino mais viável.

Descritores: Doença de Parkinson, Estimulação encefálica profunda, Fisioterapia, Equilíbrio postural, Marcha, Treinamento de resistência, Desempenho psicomotor

Summary

Sales VC. **Effects of partial body weight supported treadmill training and treadmill training on balance of Parkinson's disease patients submitted to Deep Brain Stimulation** [dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2014.

Background: After deep brain stimulation (DBS) surgery, patients with Parkinson's disease (PD) typically still present significant gait and postural stability problems, and thus additional interventions are needed to reduce slip and fall accidents and injuries. Treadmill training is known to improve balance and gait parameters in PD; however, what remains to be determined is the comparative effectiveness of treadmill training with support versus without and if they could potentiate DBS effects. **Objective:** The purpose of this study was to evaluate the comparative effectiveness of treadmill training, with and without body weight support, on balance outcomes among patients with PD after DBS. **Methods:** Male (n=6) and female (n=5) patients with PD (60.9± 10.6 years old) that were using bilateral subthalamic nucleus DBS were evaluated for balance and mobility prior to and following treatments, using Time Up and Go test (TUG) in three conditions: conventional, cognitive and motor, as well as the Berg Balance Scale and Static Posturography. In phase 1, all subjects participated in 8-weeks (16 sessions) of treadmill training in conjunction with conventional physiotherapy. After a six weeks period of wash-out, each patient then participated in a subsequent 8-weeks of treadmill training with partial body weight support. **Results:** After the phase 1 unsupported treadmill training, there were improvements on the cognitive TUG performance (pre: 15.7±1.8 sec versus post: 13.7±3.1 sec; p=0. 01) and an increase of anteroposterior and medio-lateral body oscillation with eyes closed. After the phase 2 body weight supported treadmill training, there were improvements in conventional (pre: 12.3±2.0 sec versus post: 10.7±1.7 sec; p=0. 01) and cognitive (pre: 14.6±3.5 sec versus post: 12.5±1.6 sec; p<0. 05) TUG performances. There were no significant changes in the Berg Balance Scale following either training protocol. **Conclusions:** Both unsupported and supported treadmill training improved static and dynamic balance in patients with PD after DBS surgery. Both methods had similar results; however, supported treadmill training seemed to be a potentially superior option, as patients tended to feel safer, and thus it may prove to be a more viable means of training.

Descriptors: Parkinson's Disease, Deep brain stimulation, Physiotherapy, Postural control, Gait, Resistance training, Psychomotor performance

1. Introdução

A doença de Parkinson (DP) é uma doença idiopática, degenerativa e de caráter progressivo. É decorrente da redução de dopamina nos núcleos da base (NB), causando perda gradual da velocidade e amplitude dos movimentos e do controle postural (Cakit et al., 2007; Frazzitta et al., 2009). Acomete pessoas acima de 60 anos, mas em 10% dos casos pode acometer também indivíduos mais jovens (20 a 50 anos) (Dexter e Jenner, 2013).

O diagnóstico é clínico e a doença é caracterizada pela presença dos sinais cardinais (bradicinesia, tremor, rigidez) e instabilidade postural (Sajadi et al., 2006; Gazewood et al., 2013). As alterações da marcha como aumento da cadência, redução dos passos e diminuição da velocidade também estão presentes e se associam à maior frequência de quedas, o que reduz ainda mais a mobilidade e a qualidade de vida dos pacientes (Pelosin et al., 2009; Frazzitta et al., 2009; Werner e Gentile, 2010).

O tratamento inicial é medicamentoso, mas pode levar às discinesias e flutuações motoras (Limousin e Martinez-Torres, 2008; Muniz et al., 2012; Nantel et al., 2012). Os efeitos colaterais e a dificuldade de se conseguir uma relação dose-efeito adequada fazem com que a estimulação cerebral profunda (*deep brain stimulation* – DBS) seja um tratamento de escolha para alguns desses pacientes (Lozano e Mahant, 2004; Limousin e Martinez-Torres, 2008; Muniz et al., 2012).

DBS é a estimulação elétrica de tecidos dos núcleos da base por meio de microeletrodos implantados. É uma terapêutica invasiva, mas reversível e ajustável às necessidades de cada paciente, causando danos mínimos ao tecido cerebral (Lozano e Mahant, 2004; Bernabid et al., 2009). Ela promove melhora dos sinais cardinais da doença (Botzel e Kraft, 2010; Grabli et al., 2012) mas, seus efeitos nos sinais axiais como equilíbrio e marcha, ainda

são controversos (St.George et al., 2010; Nantel et al.,2012). Para promover melhora do equilíbrio e da marcha, intervenções fisioterapêuticas poderiam ser uma opção adjuvante, mas os estudos controlados deste tipo de intervenção em pacientes em uso de DBS são escassos (Botzel e Kraft, 2010).

Uma das alternativas é o treinamento em esteira com ou sem suporte de peso corporal, muito usado em pacientes com quadros neurológicos e que promove aumento da velocidade da marcha e largura do passo, além de melhorar o equilíbrio e controle postural (Cakit et al., 2007; Bello et al., 2008; Carda et al., 2012).

A falta de estudos controlados sobre fisioterapia na DP após DBS e os efeitos benéficos do treino em esteira apontam para a necessidade de se estudar melhor o efeito desse tipo de tratamento no equilíbrio e marcha dos pacientes com DP. A melhora conseguida com o uso da DBS poderia ser amplificada com programas de exercícios e o treinamento de marcha na esteira poderia ser útil na melhora dos sintomas axiais. Um estudo comparativo entre um programa de cinesioterapia convencional associado com treinamento de marcha em esteira com e sem suporte de peso, utilizando parâmetros quantitativos de avaliação da marcha e equilíbrio em pacientes com DP em uso de DBS pode ser útil para a indicação de um programa de fisioterapia mais eficiente.

2. Objetivos

2.1. Gerais

- Avaliar pacientes com a doença de Parkinson em uso de DBS antes e depois de dois programas de cinesioterapia convencional associado ao treinamento de marcha em esteira com (TECS) e sem suporte de peso corporal (TESS) em relação ao:
 - Controle postural estático medido na plataforma de força (posturografia) com olhos abertos e fechados
 - Controle postural dinâmico mensurado por testes clínicos: Escala de Berg e o teste *Timed-up and go* (TUG).

2.2. Específicos

- Avaliar a interferência da privação visual no equilíbrio, comparando parâmetros da posturografia com os olhos abertos e fechados;
- Avaliar se houve aumento da resistência durante o exercício, por meio da velocidade tolerada na esteira, pré e pós tratamento;
- Avaliar se o TECS é superior ao TESS.

3. Revisão da Literatura

3.1. Etiopatogenia e quadro clínico

A DP é a doença neurodegenerativa mais comum depois da doença de Alzheimer e sua etiologia é relacionada a fatores ambientais, genéticos, traumáticos e ao processo de envelhecimento biológico (Dexter e Jenner, 2013).

O diagnóstico é clínico e caracterizado pela presença dos sinais cardinais (bradicinesia, tremor, rigidez) e instabilidade postural, que inicialmente são assimétricos, mas que ao longo do tempo tornam-se bilaterais (Sajadi et al., 2006; Gazewood et al., 2013; Dexter e Jenner, 2013).

Além das desordens motoras, há ocorrência de alterações sensoriais, cognitivas, olfatórias, autonômicas, do sono e da fala. E as desordens cognitivas, como alterações nas funções executivas e mecanismo de atenção, agravam o quadro motor, pela dificuldade na escolha e priorização dos movimentos (Sailer et al., 2007; Lozano e Snyder, 2008; Shaw et al., 2011).

A DP idiopática ou primária é caracterizada por uma degeneração progressiva dos neurônios dopaminérgicos da substância negra pars compacta (SNr), com consequente diminuição da produção de dopamina e da ação inibitória dopaminérgica e excitatória colinérgica sobre as eferências estriatais, com efeitos no equilíbrio e atividade motora (Cakit et al., 2007; Frazzitta et al., 2009; Olanow, 2009). Há presença de anormalidades morfológicas, decorrentes da formação de corpos de Lewy nos neurônios dopaminérgicos residuais (Sajadi et al., 2006; Gazewood et al., 2013).

Há perda da ação inibitória do segmento lateral do globo pálido sobre o núcleo subtalâmico e uma ação hiperexcitatória do núcleo subtalâmico sobre o segmento medial do globo pálido, cujo resultado final será a redução da ação excitatória do tálamo sobre o córtex motor, causando acinesia, rigidez, tremor e alterações da postura e marcha (Brown et al., 2004; Hammond et al., 2007) - (Figura 1a e Figura 1b).

FONTE: Calabresi et al., 2009.

Figura 1 - Circuito dos Núcleos da Base. (a) condição fisiológica; (b) DP não tratada; vermelho – conexões inibitórias gabaérgicas; verde – conexões excitatórias Glutaérgicas; preto – conexões Dopaminérgicas.

Atualmente, a DP é considerada uma desordem multisistêmica, afetando tanto o sistema nervoso central quanto periférico pela presença de

corpos de Lewy em regiões não dopaminérgicas como o locus ceruleus, formação reticular, núcleos da rafe, núcleo motor dorsal do vago, núcleo basal de Meynert, amígdala e hipocampo (Dexter e Jenner, 2013).

3.2. Alterações do Equilíbrio e Marcha

O equilíbrio e a marcha (alterações axiais) são problemas importantes nas fases avançadas da doença e envolvem vários subsistemas sensório-motores, mas com patofisiologia ainda não esclarecida (Chastan et al., 2009b; St.George et al., 2010).

Grabli et al (2012) referem que as alterações axiais são decorrentes de disfunção colinérgica do núcleo pedúnculo-pontino (NPP), localizado na região mesencefálica locomotora (RML) com possível envolvimento de outros sistemas neuronais como o locus ceruleus, núcleo da rafe, córtex cerebral e cerebelo.

A perda gradual do controle postural (Chastan et al., 2009a,b) está relacionada ao aumento da bradicinesia e rigidez (Robertson et al.,2001), redução do sinergismo postural (Botzel e Kraft, 2010), dos ajustes posturais antecipatórios (Crenna et al.,2006) e perda da velocidade e coordenação das respostas posturais (Pinter et al.,1999) .

Há perda da atividade vestibular (orientação espacial), da integração sensório-motora e do sequenciamento automático de respostas motoras (Pinter et al., 1999; Grabli et al., 2012), que causam conflito no processamento das informações aferentes periféricas e aumento da dependência da informação visual (Colnat-Coulbois et al., 2005).

A instabilidade postural aumenta o risco e frequência de quedas (Liu et al., 2005; Chastan et al., 2009a; Botzel e Kraft, 2010) que contribuem para a maior incapacidade, morbidade, perda de qualidade de vida e mortalidade

(Nilsson et al., 2005; Colnat-Coulbois et al., 2005; St.George et al., 2010; Nantel et al., 2012).

A marcha e outros movimentos habituais dependem do equilíbrio e controle postural e estão relacionados com a atividade anti-gravitacional das vias espinhais locomotoras e dos comandos centrais do tronco encefálico (Crenna et al., 2006).

O início da marcha pelo estado transitório da passagem da postura ereta estática para marcha e pela execução dos passos (Muniz et al., 2012). O processo de iniciação da marcha envolve: 1) manutenção da postura ereta inicial; 2) ativação do ajuste postural antecipatório responsável pelo deslocamento anterior do corpo à frente para o primeiro passo; 3) execução do primeiro passo (Crenna et al., 2006).

As alterações de marcha estão associadas com a ação dos NB, via núcleo subtalâmico e projeções palidais para o núcleo pedúnculo-pontino, que inibem o tronco encefálico pelos neurônios gabaérgicos, enquanto as estruturas do córtex cerebral e sistema límbico tem ação excitatória sobre estas mesmas estruturas. Na DP, há aumento da inibição (ação dos NB) e diminuição da excitação (ação do córtex cerebral e sistema límbico) do tronco cerebral (Beuter e Modolo, 2009). A hiperexcitação das vias gabaérgicas inibem a região mesencefálica locomotora (RML) e o núcleo pedúnculo-pontino (NPP), causando alteração de marcha e aumento do tônus muscular axial (Grabli et al., 2012).

Os NB também são responsáveis pelas vias internas do movimento rítmico da marcha e pelos movimentos aprendidos (automáticos) que requerem pouca atenção cognitiva durante sua execução (Earhart e Williams, 2012), como a marcha e o movimento de se virar, e também regulam a amplitude e velocidade dos movimentos (Frazzita et al., 2009).

O desequilíbrio dos neurotransmissores causa distúrbios na integração sensório-motora com perda progressiva da flexibilidade e adaptabilidade das respostas locomotoras, ocorrendo dificuldade na modulação da marcha perante as necessidades de modificações e tornando-a estereotipada (Frazzita et al., 2009). Há uma perda do automatismo, que

precisa ser corrigido pelo aumento da atenção e controle cognitivo (Botzel e Kraft, 2010).

Na DP há diminuição da velocidade da marcha e largura do passo, hesitação no início da marcha, congelamento e festinação (Hill et al., 2013; Botzel e Kraft, 2010; Chastan et al., 2009a,b; Liu et al., 2005). O aumento de duração das fases iniciais, a redução das forças propulsivas e do deslocamento lateral do centro de massa na fase de apoio do membro são fatores que dificultam o início da marcha na DP (Muniz et al., 2012).

As quedas são frequentes e ocorrem em 51-68% dos pacientes, com 50% de recorrência e estão associadas com a medicação, gravidade da doença e progressão das desordens axiais e “freezing” da marcha (Nilsson et al., 2005; Grabli et al., 2012). As quedas estão associadas com fraturas de quadril e traumatismos cranianos e levam à maior dependência, perda de qualidade de vida e institucionalização (Chastan et al., 2009b; Grabli et al., 2012). A maioria das quedas está associada à perda do controle postural e ocorre nas situações de mudanças posturais, como virar e andar (Nilsson et al., 2009; Altug et al., 2011; Grabli et al., 2012). Também, ocorrem no início ou final da marcha ou durante a realização de dupla-tarefa motora e cognitiva (Chastan et al., 2009a; Grabli et al., 2012).

A levodopa melhora os aspectos motores da DP, mas causa tolerância, com perda de efetividade com o tempo de uso (Bello et al., 2008). Evidências mostram que a dopamina, DBS e fisioterapia convencional não são capazes de melhorar completamente as alterações motoras (Herman et al., 2009).

A deficiência de atenção e das funções executivas da DP também levam à instabilidade postural e perdas funcionais, que associadas com as perdas cognitivas agravam ainda mais as habilidades motoras. A maior demanda de controle cognitivo na realização das funções motoras automáticas (marcha e atividades da vida diária) piora de forma significativa o desempenho motor dos pacientes com DP (Morris et al., 2000; Yogev-Seligmann et al., 2005; Dromey et al., 2010; Brauer & Morris, 2010; Lord et

al.,2010; McIntyre et al., 2011; Nocera et al., 2013a). A execução de dupla-tarefas piora o equilíbrio, diminui a velocidade da marcha e o ritmo dos movimentos, aumentando o risco de quedas pela demanda dividida de atenção para executar as atividades motoras (Ho et al. 2002; Hausdorff et al.,2003; Rochester et al., 2004; Yogev-Seligmann et al., 2005; Bloem et al., 2006; Plotnik et al., 2009; Lapointe et al., 2010; Fuller et al., 2013; Panyakaew e Bhidayasiri, 2013).

Pessoas saudáveis usam a estratégia da postura primária, priorizando manter o equilíbrio enquanto executam a tarefa cognitiva (Yogev-Seligmann et al., 2012b,c), mecanismo afetado na DP, onde alguns pacientes, pelas perdas neuronais, priorizam a tarefa cognitiva aumentando o risco de quedas (Bloem et al., 2006).

Essas alterações encontradas na DP devem ser avaliadas e melhoradas pois, as atividades de vida diária nos ambientes domésticos e de trabalho exigem a habilidade de realizar múltiplas tarefas: andar, falar, ultrapassar obstáculos ou executar ações frente a imprevistos, que necessitam da interação dos aspectos motores com os cognitivos (Fok et al., 2010; Yogev-Seligmann et al., 2012a,b,c). A execução de dupla-tarefas é corriqueira nas situações cotidianas e dificuldades para realizá-las são frequentes na DP (Rochester et al., 2004; Canning et al.,2005). A execução das atividades de vida diária na DP, que envolvem dupla-tarefa, leva às quedas e incapacidades (Yogev-Seligmann et al., 2005; Bloem et al., 2006). Fuller et al (2013) referem que as atividades que envolvem dupla tarefa podem ser usadas para a detecção precoce de incapacidade, mesmo na ausência sinais clínicos.

O impacto da dupla-tarefa no risco de queda tem sido estudado. No entanto, as possibilidades de tratamento levando à melhora da dupla-tarefa e seu efeito na performance nas tarefas diárias não tem sido investigadas (Bloem et al.,2006).

3.3. Tratamento Médico – Cirúrgico

A medicação dopaminérgica é o tratamento de escolha na DP com mais ação nos sintomas motores, mas seu uso prolongado está associado com flutuações motoras e discinesias (Limousin e Martinez-Torres, 2008; Silberstein et al., 2009; Deiner e Hagen, 2009; Muniz et al., 2012). A dopamina diminui a ação talâmica sobre o córtex motor e reduz a acinesia e rigidez. A instabilidade postural não responde bem à dopamina, sugerindo que estas alterações são decorrentes de lesões em vias não dopaminérgicas (Colnat-Coulbois et al., 2005; Chastan et al., 2009a).

A falta de resposta terapêutica com o uso de levodopa (discinesias e flutuações motoras) e agravamento da incapacidade funcional é uma das principais indicações do uso da estimulação encefálica profunda nos núcleos da base (DBS) (Lozano e Mahant, 2004; Limousin e Martinez-Torres, 2008; Muniz et al., 2012; Nantel et al., 2012). A implantação do DBS é indicada para pacientes com complicações motoras graves, refratárias e com intolerância à medicação (Yamada et al., 2008; Silberstein et al., 2009; Bleuse et al., 2011).

A implantação da DBS reduz a dose de levodopa e promove melhora funcional, além de ser um tratamento reversível, modulável e que causa danos mínimos ao tecido cerebral (Lozano e Mahant, 2004; Bernabid et al., 2009; Silberstein et al., 2009; Bleuse et al., 2011) e tem sido usado para substituir a palidotomia e talamotomia nos últimos 20 anos (Limousin e Martinez-Torres, 2008).

DBS é a implantação estereotáxica de eletrodos quadripolares em áreas predeterminadas do encéfalo (Botzel e Kraft, 2010). Na DP tem sido usada no núcleo ventral intermédio, globo pálido, núcleo subtalâmico e núcleo pedúnculo pontino (Limousin e Martinez-Torres, 2008; Deiner e Hagen, 2009; Silberstein et al., 2009) (Figura 2).

FONTE: Beuter e Modolo, 2009

Figura 2 - Representação das regiões de implantação dos eletrodos da DBS – raios em amarelo.

Os principais mecanismos de ação descritos são: inibição da liberação de neurotransmissores e hormônios, redução da frequência de disparo neuronal e dessincronização das oscilações anormais (Bernabid et al., 2009); modulação de corpos celulares ou axônios da área estimulada (Johnsen et al., 2010); inibição da atividade desordenada dos núcleos da base, normalizando as conexões nervosas (Silberstein et al., 2009) e redução da hiperatividade do núcleo subtalâmico (NST), normalizando os movimentos (Botzel e Kraft, 2010).

A DBS reduz a inibição excessiva da região mesencefálica locomotora (RML) pela redução da atividade neural do núcleo subtalâmico (NST), e melhora a marcha pela ação sobre os sistemas somatossensorial, vestibular e visual (Chastan et al., 2009b; Hill et al., 2013). Promove mudanças do fluxo sanguíneo cerebral e metabolismo regional, segundo exames de imagem (Lozano e Mahant, 2004) e normaliza a atividade cortical relacionada ao controle do movimento, em particular, da área motora suplementar, além de

alterar a atividade metabólica no córtex sensorial de associação dos lobos parietal, occipital e temporal relacionados à marcha (Chastan et al., 2009b).

Os sintomas motores de bradicinesia, tremor e rigidez que alteram a postura e a marcha, que melhoram com a dopamina, também respondem à DBS (Botzel e Kraft, 2010; St.George et al., 2010; Nantel et al., 2012; Grabli et al., 2012).

Muitos autores referem melhora do controle postural e marcha com o uso da DBS (Robertson et al., 2001; Colnat-Coulbois et al., 2005; Nilsson et al., 2005; Vrancken et al., 2005; Guehl et al., 2006; St.George et al., 2010; Altug et al., 2011; Bleuse et al., 2011; Nantel et al., 2012), enquanto outros não relatam melhoras evidentes (Liu et al., 2005; Crenna et al., 2006; Guehl et al., 2006; McNeely et al., 2011). Alguns autores relatam piora do quadro motor como: aumento do índice de quedas, apesar de melhora inicial (St. George et al., 2010); piora do equilíbrio (Botzel e Kraft, 2010) e deterioração precoce dos sintomas axiais (Umemura et al., 2010 a,b).

As melhoras referidas na marcha são aumento da velocidade e largura do passo (Liu et al., 2005; St.George et al., 2010; McNeely et al., 2011; Hill et al., 2013), diminuição do tempo do desprendimento do pé (Robertson et al., 2001); maior alinhamento corporal (St.George et al., 2010) e redução do “freezing” (Chastan et al., 2009b), outros autores referem que não há aumento da cadência (Liu et al., 2005) ou do tempo de balanço e que a variabilidade do passo se mantém (St.George et al., 2010).

Estudos com seguimento mais longos (cinco a sete anos) mostram efetividade da DBS nos sinais cardinais da DP, mas, resultados piores na postura e marcha: regressão de progressos conseguidos e piora em relação ao quadro inicial (St.George et al., 2010; Muniz et al., 2010; Merola et al., 2011). Merola et al. (2011) referem que as melhoras na marcha e equilíbrio dadas pelo uso do DBS estão relacionadas à diminuição da rigidez e bradicinesia. A piora do equilíbrio e marcha, observada ao longo do tempo, pode estar relacionada aos sistemas não-dopaminérgicos (Muniz et al., 2012; Umemura et al., 2010 a,b). A flexibilidade, mobilidade do tronco,

alinhamento corporal, sinergias motoras, aptidões diretamente relacionadas com a manutenção do equilíbrio não melhoram com a implantação da DBS, mesmo quando associada com uso de altas doses de dopamina, mostrando que várias são as vias neuronais comprometidas na DP (Visser et al., 2008; St.George et al., 2010; Weiss et al., 2013).

A DBS age nas flutuações motoras e sinais cardinais, mas o efeito na marcha e estabilidade postural é inconsistente e não pode ser considerada um tratamento aplicável em todos os pacientes com DP havendo necessidade de se ter outras estratégias terapêuticas (Visser et al., 2008; Yamada et al., 2008; Botzel e Kraft, 2010; Umemura et al. 2010a,b; Grabli et al., 2012; Kim et al., 2013).

3.4. Tratamento Fisioterapêutico

A fisioterapia, associada à terapia medicamentosa, é o procedimento mais comum no tratamento das desordens do movimento da DP, sendo recomendada como um adjuvante da medicação, principalmente pelas reações adversas e diminuição do efeito terapêutico da mesma (Kurtals et al., 2008; Smania et al., 2010; Lau et al., 2011).

Revisões sistemáticas mostram que a fisioterapia é capaz de melhorar a mobilidade e aspectos motores, força muscular, equilíbrio, marcha, atividades da vida diária, funcionalidade e promover a melhora da qualidade de vida dos pacientes com DP (Goodwin et al., 2008; Tomlinson et al., 2012; Kara et al., 2012; Kim et al., 2013).

Estudos experimentais mostram promoção da neuroplasticidade, através de neurogênese e sinaptogênese, liberação de neurotrofinas e aumento dos níveis de “*brain-derived neurotrophic factor*” (BDNF) que parece ser o responsável primário por mediar os efeitos a longo prazo dos exercícios (Fisher et al., 2008; Ransmayr, 2011). Dentre os efeitos do BDNF

destacam-se a modulação dos receptores, a neuroproteção e reaquisição de funções motoras (Ransmayr, 2011).

3.4.1. Treino de Marcha em Esteira

O treino de marcha em esteira promove a melhora da marcha em pacientes com doenças neurológicas (Kim et al., 2013), mas há poucas evidências sobre o efeito na melhora do equilíbrio dos pacientes com DP (Bello et al., 2010; Kim et al., 2013). O treino de marcha com suporte de peso também promove melhora funcional, mas não há consenso em relação aos parâmetros de treinamento: tempo, suporte e velocidade (Threlkeld et al., 2003; Pohl et al., 2003).

Os benefícios com o treino da esteira podem ser alcançados sem necessidade de velocidades mais altas na esteira (Pohl et al., 2003; Shulman et al., 2013), apesar da necessidade de supervisão de um profissional capacitado, pois o treinamento domiciliar não promove os mesmos resultados (Canning et al., 2012).

Ransmayr (2011), descreve aspectos positivos desse tipo de treinamento. Outros autores demonstram: melhora dos parâmetros da marcha segundo o teste *Time Up and Go* e análises instrumentalizadas (Shulman et al., 2013; Yang et al., 2013; Canning et al., 2012; Carda et al., 2012; Frazzita et al., 2009; Pelosin et al., 2009; Kurtais et al., 2008; Fisher et al., 2008; Herman et al., 2007; Protas et al., 2005; Pohl et al., 2003). Melhora de reações posturais e do equilíbrio (Protas et al., 2005; Cakit et al., 2007), do desempenho em trocas posturais como sentar e levantar (Kurtais et al., 2008; Fisher et al., 2008), redução das quedas (Cakit et al., 2007) e melhora da qualidade de vida (Filippin et al., 2010; Pelosin et al., 2009). E alguns sugerem, promoção de neuroplasticidade ativo-dependente (Fisher et al., 2008).

Nos estudos com treino de marcha suspensa, os autores verificaram melhora da *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS) motora

(Ganesan et al, 2013; Miyai et al., 2002; Miyai et al.,2000); melhora do Controle Postural, com aumento dos limites de estabilidade e dos escores da escala de Berg (Ganesan et al., 2013); das atividades de vida diária, dos reflexos posturais, da velocidade da marcha e do número de passos (Miyai et al., 2002; Miyai et al.,2000) com manutenção dos resultados após 4 meses de tratamento (Miyai et al., 2002).

Há uma extensa variedade de protocolos de treinamento que são empregados, sendo esses realizados em apenas uma sessão (Bello et al.,2008) ou por mais de 4 semanas, com tempo médio de terapia de 30 a 45 minutos.

Os dois tipos de treinamento em esteira, com e sem suspensão, parecem promover benefícios significativos. Porém, não se sabe qual dos dois é superior e nenhum artigo os comparou efetivamente, apesar de Earhart & Williams (2012), em uma revisão sistemática, concluírem que não há diferenças nos resultados funcionais entre esses tipos de treinamento, apesar do colete ser importante para segurança.

3.5. Avaliação Funcional

Testes funcionais são importantes para quantificar e avaliar os resultados de uma intervenção terapêutica em relação aos objetivos (Smithson et al., 1998; Miyamoto et al., 2004; Mancini e Horak, 2010). Existe uma ampla variedade desses, e a escolha é importante, uma vez que alguns parecem ser mais sensíveis para determinadas patologias e/ou tipo de intervenção do que outros.

A *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS) é uma escala qualitativa usada para avaliar o equilíbrio e a marcha na evolução da DP (Cakit et al., 2007), mas pouco sensível para avaliação de tratamentos (Carda et al., 2012).

O *Time Up and Go* (TUG) é um teste clínico simples que mensura a mobilidade funcional, abordando vários aspectos da manutenção do

equilíbrio: sentar, levantar, virar e andar (Mancini e Horak, 2010) e a velocidade da marcha (Huang et al.,2011). Mostra correlação forte com a redução da mobilidade, risco de quedas e gravidade da DP (Nocera et al., 2013b) e moderada com a velocidade da marcha (Morris et al. 2001; Brusse et al.,2005). O aumento de um segundo nesse teste está associado com o aumento de 5,4% dos aspectos negativos relacionados à queda (Nocera et al,2013b).

A Escala de Berg avalia o equilíbrio estático e dinâmico da população idosa e é validada para uso no Brasil. Os testes são feitos na posição sentada, em pé e nas mudanças de posição, quantificando a capacidade de resposta automática do corpo frente a vários estímulos (Miyamoto et al., 2004; Mancini e Horak, 2010; Smania et al., 2010).

A posturografia estática é um método de avaliação que usa uma plataforma de força computadorizada que avalia o deslocamento do centro de pressão (COP) dentro da base de suporte do indivíduo (Baratto et al., 2002; Fioretti et al., 2004; Mancini e Horak, 2010; Duarte e Freitas,2010).

4. Métodos

4.1. Tipo de Estudo

Estudo prospectivo, longitudinal controlado.

4.2. Local do Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Estudo do Movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) localizado à Avenida Dr. Arnaldo, 455 - Cerqueira César – São Paulo.

O estudo foi analisado e aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) da Diretoria Clínica do HCFMUSP, em sessão de 07 de julho de 2010, sob o protocolo de nº 0105/10 (Anexo A). Todos os participantes foram devidamente informados sobre os procedimentos e etapas da pesquisa e assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

4.3. Casuística

Foram selecionados pacientes com a doença de Parkinson do Serviço de Neurologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo que foram submetidos ao tratamento cirúrgico de estimulação cerebral profunda de alta frequência do núcleo subtalâmico.

Crterios de Incluso

1. Pacientes com 18 anos ou mais;
2. Capazes de deambular 10 metros sem assistncia no momento da incluso;
3. Pacientes com diagnstico clnico de Doena de Parkinson idioptica estgio II e III na classificao de Hoehn and Yahr (H&Y) e que esto em uso da estimulao cerebral profunda;
4. Medicao e parmetros da Estimulao estveis;
5. Mini-Mental ≥ 25 (Schmit et al., 2006);
6. Sem condies mdicas pr-existentes no controladas (diabetes descompensada, hipertenso arterial, pneumo ou cardiopatia sintomtica);
7. Sem histria anterior de isquemia miocrdica primria ou secundria, insuficincia cardaca congestiva, arritmia cardaca ou bloqueio de ramo refratrio ao tratamento.
8. No realizar nenhum outro tratamento concomitante com drogas experimentais para DP ou tratamento fisioteraputico;
9. No ter realizado treino em esteira nos ltimos seis meses anteriores avaliao inicial;
10. Pacientes intelectualmente aptos para compreender e assinar o termo de consentimento e realizar os procedimentos de avaliao funcional e treinamento.

Crterios de excluso

1. No realizar 80% das sesses de tratamento agendadas
2. Grave congelamento de movimentos (*freezing*), que impedisse a realizao da avaliao inicial ou dos procedimentos mesmo em uso de DBS.

29 pacientes encaixavam-se nos crterios de incluso, mas 12 no foram includos pela impossibilidade de frequentar o tratamento. Restaram 17

pacientes para a intervenção, dos quais 11 concluíram o tratamento (Figura 3). Após inclusão, foram excluídos seis pacientes:

- Avaliação inicial: um paciente pela presença de *freezing* grave
- Treinamento: dois pacientes por complicações com DBS e reinternação;
- Três pacientes pelas dificuldades de transporte até o hospital para o tratamento.

Figura 3 - Fluxograma de inclusão dos pacientes.

A amostra final foi constituída por 11 indivíduos, sendo seis do sexo masculino e cinco do sexo feminino, com idade média de $60,9 \pm 10,6$ (41-72) anos, Mini-Mental de $27,2 \pm 1,2$ (26 - 30), com diagnóstico de DP há 20 ± 7 (12 - 39) anos e operados há 20 ± 4 (12 - 24) meses.

Tabela 1 – Características da amostra

Pacientes	Idade (anos)	Sexo	H&Y	Duração Doença (anos)	Tempo Uso DBS (meses)
1	53	M	2	12	12
2	65	M	2,5	19	24
3	65	F	3	16	24
4	68	M	2	12	24
5	66	F	2,5	39	23
6	41	F	2	27	12
7	60	F	2,5	21	24
8	66	M	2,5	23	16
9	72	M	2,5	20	24
10	43	M	2,5	15	22
11	71	M	2,5	23	18

H&Y: Classificação Hoehn and Yahr; DBS: estimulação cerebral profunda.

4.4. Procedimentos

Avaliações

Os pacientes incluídos foram agendados para a avaliação e orientados a usar calçados e trajas confortáveis. No primeiro dia, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e fizeram a avaliação clínica funcional inicial. Todas as avaliações em todas as fases do tratamento a mesma forma e pelo mesmo examinador.

4.4.1. Avaliação Clínica Funcional

Teste “*Time Up and Go*” (TUG)

Este teste avalia mobilidade e equilíbrio. O paciente deve levantar-se de uma cadeira com 46 cm de altura do assento até o chão com braços,

colocados a 65 cm de altura, andar três metros, virar, voltar para a cadeira e sentar-se novamente (Yelnik e Bonan, 2008). O tempo de realização da tarefa é cronometrado e registrado em segundos (Podsiadlo e Richardson, 1991). O teste foi realizado em três condições:

- Convencional – tarefa simples, conforme descrição acima;
- Dupla-tarefa Cognitiva – durante a tarefa simples era solicitado responder perguntas de cálculo matemático (subtração);
- Dupla-tarefa motora – durante a tarefa simples carregava uma bandeja com um copo com água (Shumway-Cook et al., 2000).

Cada uma das condições foi repetida três vezes com um período de descanso auto-ajustado para cada paciente entre os testes. O parâmetro usado foi a média dos três testes de cada condição. Todos os pacientes foram orientados a andar na sua velocidade regular e não falar com outras pessoas durante o teste.

Escala de Equilíbrio de Berg (Berg Balance Scale) (Anexo C).

É composta por 14 itens. Cada item tem cinco alternativas (variação de 0 a 4 pontos). Zero é a incapacidade de realizar a tarefa e quatro quando consegue realizar sem limitações. A pontuação máxima é de 56 pontos. A pontuação entre zero e 20 significa deficiência de equilíbrio, 21 a 40 equilíbrio aceitável e de 41 a 56 bom equilíbrio (Yelnik e Bonan, 2008).

4.4.2. Avaliação Funcional Instrumentalizada

Posturografia Estática

Essa ferramenta analisa o equilíbrio postural por meio do registro das forças de reação do solo e a oscilação do corpo na posição ortostática, vista pelo movimento do COP.

Os participantes permaneceram sobre uma plataforma de força portátil [modelo AccuSway^{Plus}, Advanced Mechanical Technology Inc. (AMTI), Watertown, Massachusetts] medindo 50 x 50 cm (Figura 4). Foram registradas as forças (F) e os momentos (M) em três direções (médio-lateral – X, anteroposterior – Y e vertical – Z). As posições do COP foram determinadas pelos registros obtidos na direção anteroposterior e médiolateral.

Para aquisição dos dados, a plataforma de força foi conectada a um amplificador de sinal, caixa de interface (PJB-101) que estava ligado a um computador por meio de um cabo RS-232 e os dados foram coletados e armazenados utilizando o *software* Balance Clinic®, configurado na frequência de 100 Hz com um filtro passa-baixa de quarta ordem Butterworth e frequência de corte de 10 Hz.

Figura 4 - Plataforma de Força portátil AccuSway^{Plus}

Posicionamento

Todos voluntários subiram descalços na plataforma e adotaram uma base de suporte sem ultrapassar a largura dos quadris, que foi mantida em todas as coletas. Foram feitas marcações dos pés, sobre uma folha de papel fixada na plataforma; foram marcados quatro pontos em cada pé: hálux,

cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e medial. Posteriormente, era feito o registro da base de apoio aplicando uma força de 10 lbs em cada um dos pontos marcados na folha de papel. Os voluntários permaneciam em pé sobre a plataforma, com apoio bipodálico, com calcanhares afastados na posição marcada na folha de papel, braços no prolongamento do corpo, cabeça imóvel e com o olhar fixo em um ponto.

Avaliação na plataforma de força

Após o posicionamento e orientação, foi dado o comando verbal de início do teste, que só se iniciava efetivamente, cinco segundos após, para descartar as oscilações iniciais. Foram realizados três testes de olhos abertos e três de olhos fechados. A duração de cada teste foi de 60 segundos. No final do teste os dados eram salvos e a plataforma zerada, antes do novo teste. Os resultados foram dados pela média aritmética dos três testes realizados em cada condição e processados automaticamente pelo programa de análise Balance Clinic®.

Os parâmetros da posturografia usados foram:

- Amplitude média (Amp): distância percorrida pelo COP no sentido mediolateral (AmpX) e anteroposterior (AmpY) (cm).
- Velocidade média (Vm): distância total percorrida pelo COP dividida pelo tempo de coleta, medida em centímetros por segundo.

4.4.3. Treinamento

Após as avaliações iniciais os indivíduos foram submetidos às seguintes intervenções:

1. Fase 1- Treinamento em esteira (TESS) associado com cinesioterapia regular durante oito semanas, 2 sessões por semana e duração média da sessão de 90 minutos.

2. Remissão (“wash-out”) – todos pacientes permaneceram seis semanas sem intervenção para evitar “efeito de carregamento” e foram reavaliados.
3. Fase 2 - Treinamento em esteira com suspensão parcial de peso corporal (TECS) associado à cinesioterapia regular durante oito semanas, 2 sessões por semana e duração média da sessão de 90 minutos.

Para avaliar os efeitos de cada uma das fases de tratamento, os pacientes fizeram quatro avaliações (Figura 5):

1. Avaliação 1 - (pré-tratamento TESS) - uma semana antes do TESS
2. Avaliação 2 - (pós-tratamento TESS) – dois dias após final do TESS
3. Remissão – seis semanas
4. Avaliação 3 - (pré-tratamento TECS) – uma semana antes TECS
5. Avaliação 4 –(pós-tratamento TECS) – dois dias após final TECS

Figura 5 – Cronograma das avaliações.

Programa de exercícios

O programa de cinesioterapia regular foi realizado de acordo com as orientações da Associação Canadense da Doença de Parkinson (Parkinson Society Canada) e experiência profissional. As terapias eram individuais e todos os pacientes realizavam os mesmos exercícios na mesma sequência.

O programa foi executado por dois fisioterapeutas devidamente treinados e que seguiram o protocolo estabelecido:

- Parte 1 - duração de 15 minutos. Exercícios para flexibilidade, por meio de alongamentos para membros inferiores, cintura escapular, membros superiores e tronco. Cada exercício era realizado em três séries de 30 segundos.

Figura 6 – Alongamento de flexores laterais do tronco

Figura 7 – Alongamento de rotadores do tronco

Figura 8 – Alongamento de Tríceps Sural

Figura 9- Alongamento Cadeia Anterior

- Parte 2 - duração de 15 minutos. Exercícios de fortalecimento muscular para membros inferiores e superiores; cintura escapular e tronco. Cada exercício era realizado em três séries de 15 repetições.

a)

b)

Figura 10a e Figura 10b – Ponte: fortalecimento de Glúteos e Abdominais.

a)

b)

Figura 11a e Figura 11b - Ponte Unipodal

a)

b)

Figura 12a e Figura 12b – Fortalecimento de Flexores do Cotovelo e Adutores do Quadril

a)

b)

Figura 13a e Figura 13b – Fortalecimento de Estabilizadores Escapulares e Abdutores do Quadril

Figura 14 – Fortalecimento Flexores plantares

Figura 15 – Fortalecimento de Dorsiflexores

a)

b)

Figura 16a e Figura 16b – Treino do sentar e levantar

a)

b)

c)

Figura 17a, Figura 17b e Figura 17c – Agachamento sem e com peso livre

a)

b)

Figura 18a e Figura 18b – Agachamento em rampa: maior ativação de cadeia posterior para manter a postura ortostática

a)

b)

Figura 19a e Figura 19b – Agachamento Unipodal

c)

d)

Figura19c e Figura 19d – Agachamento Unipodal

- Parte 3 - duração de 15 minutos. Exercícios para equilíbrio estático que estimulem as estratégias do quadril, joelho, tornozelo e tronco. Exercícios em pé em apoio bipodal, tandem e unipodal com olhos abertos em superfície estável. Para aumentar o grau de dificuldade, quando o paciente permanecia estável na postura, os exercícios eram realizados:
 - Com olhos fechados, em superfícies estáveis e/ou instáveis (espuma)
 - E/ou associados às tarefas cognitivas (tarefas de fluência verbal – nomeação de animais, cores, frutas, países e cálculos de subtração).

Cada exercício foi realizado em duas séries de um minuto, levando em consideração que no apoio tandem e unipodal, o exercício era repetido duas vezes com o pé direito e duas vezes com o pé esquerdo atrás.

a)

b)

c)

Figura 20a - Apoio Bipodal com OA em superfície estável; **Figura 20b** - Apoio Bipodal com OF em superfície estável; **Figura 20c** - Apoio Bipodal com OA em superfície instável.

a)

b)

Figura 21a - Apoio Tandem com OA em superfície estável; **Figura 21b** - Apoio Tandem com OA em superfície instável.

a)

b)

Figura 22a - Apoio Unipodal com OA em superfície estável; **Figura 22b** - Apoio Unipodal com OA em superfície instável.

- Parte 4 - duração de 30 minutos. Treino de marcha:
 - Fase 1 - o treino era feito em esteira sem suporte de peso (TESS).
 - Fase 2 - treino em esteira com suporte de peso (TECS). A suspensão de peso corporal inicial foi de 30%, reduzido à 20% após a 6ª sessão e à 10% após a 11ª sessão. Esta redução de suporte de peso foi usada, porque promove menos alteração dos parâmetros temporoespaciais e cinemáticos da marcha (Threlkeld et al., 2003).

Sempre ao início de cada treino, os pacientes eram orientados a segurar nas barras laterais ou anteriores, e eram estimulados a soltar as mãos, quando se sentiam seguros e conseguiam manter o ritmo do passo, e orientados à fazer movimentos dos membros inferiores mais amplos, usando a parte da frente da esteira como pista visual. Durante uma parte da sessão de treinamento de marcha, a terapeuta dialogava com o paciente estimulando a dupla-tarefa motora e cognitiva.

A velocidade da esteira foi auto-ajustada, nas duas fases, como confortável para o paciente, com aumentos progressivos durante o treinamento.

Figura 23 – Treino de Marcha em Esteira (TESS)

Figura 24 – Treino de Marcha com Suspensão Parcial do Peso Corporal (TECS)

4.5. Análise Estatística

Todos os dados das avaliações foram armazenados e analisados no programa SPSS 20.0.

A análise descritiva da amostra foi feita pela média, desvio padrão, mediana, valores mínimos e máximos.

Foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para verificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal.

Os valores da velocidade-média em esteira, TUG e Escala de Berg foram identificados como paramétricos e os da posturografia estática como não-paramétricos.

Para a análise dos efeitos pré e pós-tratamento e para fazer a comparação entre o TESS e o TECS foi utilizado o Teste T de Student nas variáveis paramétricas e o Teste de Wilcoxon para as variáveis não-paramétricas.

Na comparação entre as avaliações posturográficas com os olhos abertos e fechados foi utilizado o teste de Wilcoxon.

Para todos os resultados foi utilizado um limiar de significância de $p \leq 0,05$.

5. Resultados

5.1. Velocidade de marcha durante o treinamento em esteira

A média de velocidade de marcha durante o treinamento no TESS foi de $1,9 \pm 0,6$ (1,2 - 3,5) km/h. A velocidade atingida pelos pacientes na primeira sessão foi de $1,45 \pm 0,4$ (1,0 – 1,9) km/h e na última de $2,32 \pm 0,9$ (1,4 – 4,0) km/h, apresentando um aumento significativo da velocidade após o tratamento ($p=0,008$).

No grupo TECS, a média de velocidade de marcha durante o treinamento foi de $2,0 \pm 0,56$ (1,5 - 3,0) km/h. Na primeira sessão, foi de $1,63 \pm 0,3$ (1,1 – 2,0) km/h e na última de $2,40 \pm 0,8$ (1,5 – 3,6) km/h, apresentando um aumento significativo da velocidade após o tratamento ($p=0,008$).

Não houve diferença entre na velocidade de treinamento do TESS e o TECS ($p= 0,44$).

5.2. Teste Time-up and Go (TUG)

Tabela 2 – Resultados das avaliações dos Testes Time-up and Go (TUG) convencional, cognitivo e motor nas quatro fases de treino de marcha sem (TESS) e com (TECS) suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)

	Pré TESS	Pós TESS		Pré TECS	Pós TECS		TESS X TECS
	Média (dp)	Média (dp)	P	Média (dp)	Média (dp)	P	P- valor
TUG convencional	11.8 (2.1)	11.4 (2.6)	0.25	12.3 (2.0)	10.7 (1.7)	0.01*	0.28
TUG cognitivo	15.7 (1.8)	13.7 (3.1)	0.01*	14.6 (3.5)	12.5 (1.6)	0.05*	0.26
TUG dupla-tarefa motora	13.9 (3.0)	13.3 (3.8)	0.19	13.3 (3.0)	11.9 (1.6)	0.14	0.15

Teste T de Student. * $p \leq 0,05$. dp: desvio padrão.

Os efeitos do TESS foram avaliados pela comparação dos resultados Pré TESS com os Pós TESS. Não houve diferenças do TUG convencional ($p=0,25$) e dupla - tarefa motora ($p=0,19$), mas houve redução significativa do TUG cognitivo ($p=0,01$) após TESS.

Os efeitos do TECS foram avaliados pela comparação dos resultados Pré TECS com os Pós TECS. Houve redução significativa do TUG convencional ($p=0,01$) e TUG cognitivo ($p=0,05$), mas não houve do TUG dupla-tarefa motora ($p=0,14$) após TECS.

Na comparação entre os resultados pós TESS e TECS, não houve diferença significativa do TUG convencional, cognitivo e dupla-tarefa motora.

5.3. Escala de Berg

Tabela 3 – Resultados das avaliações da Escala de Berg nas quatro fases de treino de marcha sem (TESS) e com (TECS) suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)

	Pré TESS	Pós TESS		Pré TECS	Pós TECS		TESS X TECS
	Média (dp)	Média (dp)	P	Média (dp)	Média (dp)	P	P- valor
Berg	50.7 (3.0)	51.9 (3.1)	0.22	50.0 (4.4)	51.7 (1.6)	0.18	0.83

Test T de Student. * $p \leq 0,05$. dp: desvio padrão.

Após o TESS (Pré X Pós TESS) não houve diferenças nos valores da escala de Berg ($p=0,22$), assim como após o TECS ($p=0,18$) (Pré X Pós TECS).

Quando comparado o efeito pós TESS com o pós TECS não houve diferença significativa ($p = 0,83$).

5.4. Posturografia Estática

Tabela 4 – Resultados das avaliações da Posturografia com os Olhos Abertos nas quatro fases de treino de marcha sem (TESS) e com (TECS) suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)

	Pré TESS	Pós TESS		Pré TECS	Pós TECS		TESS Xs TECS
	Mediana	Mediana	P	Mediana	Mediana	P	P- valor
Olhos Abertos							
AmpX (cm)	1.34	1.54	0.13	2.24	2.43	0.79	0.24
AmpY (cm)	1.60	3.24	0.11	2.98	2.75	0.79	0.47
Vmed (cm/s)	0.70	0.98	0.37	1.04	1.01	0.37	0.42

Teste de Wilcoxon. $*p \leq 0,05$. AmpX= amplitude máxima no sentido médiolateral; AmpY= amplitude máxima no sentido látero-lateral; Vmed= velocidade média de deslocamento do centro de pressão do pé. cm: centímetro, cm/s: centímetros por segundo.

TESS (Pré X Pós TESS) - não houve mudança significativa das variáveis analisadas na posturografia estática com os olhos abertos.

TECS (Pré X Pós TECS) – não houve mudança significativa das variáveis analisadas na posturografia estática com os olhos abertos.

TESS X TECS - não houve diferenças nas variáveis da posturografia estática com os olhos abertos.

Tabela 5 – Resultados das avaliações da Posturografia com os olhos fechados nas quatro fases de treino de marcha sem (TESS) e com (TECS) suporte de peso corporal de pacientes com Doença de Parkinson (DP) em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)

	Pré TESS	Pós TESS		Pré TECS	Pós TECS		TESS X TECS
	Mediana	Mediana	P	Mediana	Mediana	P	P- valor
Olhos							
Fechados							
AmpX (cm)	1.38	3.28	0.01*	2.33	2.07	0.72	0.42
AmpY (cm)	2.15	3.71	0.04*	3.22	3.16	0.79	0.47
Vmed (cm/s)	1.21	1.22	0.18	1.24	1.20	0.53	0.59

Teste de Wilcoxon. * $p \leq 0,05$. AmpX= amplitude máxima no sentido médiolateral; AmpY= amplitude máxima no sentido látero-lateral; Vmed= velocidade média de deslocamento do centro de pressão do pé. cm: centímetro, cm/s: centímetros por segundo.

TESS (Pré X Pós TESS) - aumento significativo das amplitudes ânteroposterior (AmpY, $p=0,04$) e médiolateral (AmpX, $p=0,01$) e as demais variáveis não apresentaram diferença na posturografia com os olhos fechados.

TECS (Pré X Pós TECS) - não houve diferença dos parâmetros na posturografia estática com os olhos fechados.

TESS x TECS - não houve diferença nas variáveis da posturografia estática com os olhos fechados.

Tabela 6 - Comparação estatística entre os resultados da posturografia estática com os olhos abertos (AO) e fechados (OF) em cada uma das fases de treinamento de marcha dos pacientes com Doença de Parkinson (DP) sem e com suporte de peso em uso de estimulação cerebral profunda (DBS)

	Pré TESS	Pós TESS	Pré TECS	Pós TECS
	OA x OF	OA x OF	OA x OF	OA x OF
	P-value	P-value	P-value	P-value
AmpX (cm)	0,42	0,00*	0,07	0,72
AmpY (cm)	0,32	0,03*	0,07	0,85
Vmed (cm/s)	0,13	0,00*	0,05*	0,01*

Teste de Wilcoxon. * $p \leq 0,05$. AmpX= amplitude máxima no sentido médio-lateral; AmpY= amplitude máxima no sentido látero-lateral; Vmed= velocidade média de deslocamento do centro de pressão do pé. cm: centímetro, cm/s: centímetros por segundo.

Pré TESS (inicial – pré-tratamento) - sem diferença na comparação da posturografia com os olhos abertos e fechados.

Pós TESS – houve aumento das variáveis: AmpX ($p=0,00$), AmpY ($p=0,03$) e Vmed ($p=0,00$) com os olhos fechados e não houve diferença para as demais variáveis na comparação da posturografia com olhos abertos e fechados.

Pré TECS (pós-período de remissão do tratamento) – Vmed ($p=0,05$) com os olhos fechados na comparação da posturografia com os olhos abertos e fechados.

Pós TECS – houve aumento da Vmed ($p=0,01$) com os olhos fechados na comparação da posturografia com os olhos abertos e fechados.

6. Discussão

Os resultados do presente estudo não mostraram diferença significativa entre treino em esteira sem (TESS) e com (TECS) suporte de peso corporal nos pacientes com DP em uso de DBS.

Quando se avaliou, de forma isolada, o treino em esteira sem suporte de peso (TESS) observou-se melhora no TUG cognitivo e mudança de alguns aspectos da posturografia estática: aumento da amplitude de deslocamento ânteroposterior e médiolateral com os olhos fechados, mas não com os olhos abertos. Na avaliação do TECS houve redução do TUG convencional e cognitivo, porém não se observou efeito na posturografia estática. O teste de Berg não se modificou com nenhuma das intervenções. O tamanho da amostra pode ser o maior fator nestes resultados que mostraram que houve melhora com o treinamento mas sem uma superioridade de um sobre o outro.

6.1 Teste Time-up and Go (TUG)

O TUG avalia várias tarefas: sentar e levantar, virar-se e caminhar (Mancini e Horak, 2010) e a velocidade de realização das mesmas. A melhora de desempenho possivelmente está associada com a melhora da marcha, visto que foi este o treinamento realizado. Os outros componentes do teste também podem ter melhorado, mas pode-se afirmar que houve melhora dos sintomas axiais da DP com o treinamento referido, que são menos sensíveis à medicação e DBS (Liu et al., 2005; Crenna et al., 2006; Guehl et al., 2006; McNeely et al., 2011).

A associação do DBS (ação preferencial nas vias dopaminérgicas) e treino de marcha em esteira (efeitos mais difusos e menos específicos nas

vias dopaminérgicas) pode justificar a melhora observada, uma vez que a ação conjunta dessas terapêuticas consegue agir nas diferentes vias neurais (Visser et al., 2008; Yamada et al., 2008; Botzel e Kraft, 2010; Nantel et al., 2012; Grabli et al., 2012; Kim et al., 2013).

A redução do tempo do TUG convencional no grupo TECS e TUG cognitivo em ambos os grupos, pode estar relacionada ao aumento da velocidade de marcha (diminuição do tempo de duplo apoio e largura do passo), efeito direto do treinamento na esteira, mas também pode estar associada à melhora do equilíbrio e controle motor, caracterizada pela maior facilidade de preparação e execução dos movimentos de sentar, virar e levantar. O aumento da velocidade da marcha e largura do passo após treino de marcha em esteira, também foi vista por outros autores que realizaram sessões únicas ou protocolos de treinamento na esteira (Pohl et al., 2003; Bello et al., 2008 a; Protas et al., 2005; Herman et al., 2007; Frazzita et al., 2009; Shulman et al., 2013), fator que reforça a melhora de desempenho do TUG. O treino de marcha pode atuar na preparação e execução do movimento e Hong & Earhart (2008) descrevem o efeito positivo do treinamento de marcha em esteira sem suporte de peso no movimento de virar-se, reduzindo o risco de quedas, que é maior nessa atividade do que a marcha em linha reta.

A literatura é pródiga em mostrar que treino de marcha em esteira com e sem suporte de peso aumenta a velocidade da marcha, a largura do passo, a amplitude de movimento do quadril e tornozelo e diminui o tempo de duplo apoio. Em testes funcionais há aumento da distância percorrida, da força dos membros inferiores e maior simetria nos movimentos de levantar e sentar e melhora dos escores da UPDRS motora (Miyai et al., 2000; Miyai et al., 2002; Fisher et al., 2008; Ransmayr, 2011), reforçando a hipótese de que a melhora do TUG se deve ao aumento da velocidade de realização dos movimentos.

A comparação direta dos resultados desse estudo com os demais faz-se difícil pela grande variabilidade dos métodos de avaliação. De 24 artigos

revisados sobre treino em esteira na DP, apenas três usaram o TUG convencional (Pelosin et al., 2009; Carda et al., 2012; Yang et al., 2013) e um quarto (Kurtais et al., 2008) utilizou uma variante desse teste. Nenhum utilizou o TUG com dupla tarefa cognitiva ou motora ou fez o treino com suporte de peso. Os resultados deste presente estudo diferem pois apenas o TECS melhorou o TUG. As principais diferenças entre o presente estudo e os demais é número de sessões semanais (três vezes contra duas do presente estudo) e maior tempo de treinamento na esteira (40 minutos contra 30 minutos do atual estudo), mas com menor número de sessões (12 sessões contra 16 sessões deste estudo). Pode se especular se o menor número de sessões semanais interferiu nos resultados, ainda que outros fatores precisem ser considerados: gravidade e uso do DBS, que poderiam proporcionar uma condição clínica inicial melhor e portanto, mais difícil de ser aferida pelo TUG convencional. Pelo tamanho da amostra não foi possível estabelecer vantagens do TECS sobre o TESS, mas pode se especular se o fato dos pacientes terem uma expressiva melhora dos sinais cardinais da doença com o DBS, um estímulo mais intenso (maior velocidade), ainda que mais seguro, não é mais eficiente para promover a melhora do desempenho no TUG.

A maioria dos estudos com treino de marcha em esteira na DP relata melhora dos parâmetros temporais da marcha e do equilíbrio, mas nenhum avaliou o efeito do treinamento na execução de dupla-tarefa cognitiva e/ou motora. A avaliação da dupla-tarefa, um dos diferenciais deste estudo, seria mais sensível nos pacientes em uso de DBS, pois essa promove maior dificuldade na execução da tarefa. De novo, a não melhora do TUG convencional após o treinamento com esteira sem suporte de peso, pode ser atribuído à menor sensibilidade do teste numa condição inicial melhor do paciente com DBS. A maior velocidade e sensação de segurança do TECS pode ter contribuído para a melhora do TUG.

A realização de dupla-tarefa cognitiva e motora interfere no controle postural, principalmente pela divisão dos recursos cognitivos e motores

(Benatru et al, 2008; Fuller et al, 2013) e pela associação com o tipo de ambiente (Conradsson et al., 2012). Dupla tarefa cognitiva ou motora é comum nas atividades do dia a dia e tem estreita relação com o risco de quedas (Yogev-Seligmann et al., 2012a,b,c).

A perda do automatismo de marcha na DP aumenta a necessidade de controle motor voluntário (Ho et al., 2002; Rochester et al., 2004; Yogev-Seligmann et al., 2005; Plotnik et al., 2009; Dromey et al., 2010; Lord et al., 2010). A maior demanda de atenção durante a marcha gera a divisão dos recursos cognitivos disponíveis com saturação das funções do lobo frontal e pior desempenho da tarefa motora ou cognitiva e maior risco de desequilíbrios e quedas (Morris et al., 2003; Lord et al., 2010; Bello e Fernandez-Del-Olmo, 2012; Hausdorff e Giladi, 2012; Yogev-Seligmann et al., 2012b,c; Wild et al., 2013; Nocera et al., 2013; Fuller et al., 2013).

A diminuição do TUG cognitivo após o treinamento, no presente estudo sugere redução de utilização dos recursos atencionais e melhora no desempenho. Possivelmente o aumento da velocidade e da largura do passo são os fatores mais prováveis de melhora levando ao maior automatismo na execução da marcha.

A não melhora de desempenho da dupla tarefa motora mostra, no entanto, que o treinamento não foi capaz de diminuir a demanda atencional para a execução de duas tarefas motoras, ato que pode estar relacionado à fisiopatologia da DP, pela sobrecarga de demanda motora em um sistema de controle deficiente. Rochester et al.,2004; Bloem et al.,2006; Brauer e Morris, 2010 referem que a dupla tarefa motora seria mais simples que a cognitiva, mas esta afirmação pode ser contestada pelos resultados obtidos no presente estudo.

O efeito benéfico do treinamento em esteira, possivelmente se deva ao aumento do condicionamento físico geral dos pacientes com DP causado pelo maior tempo de estímulo, repetição do movimento, motivação do paciente, fazendo com que a melhora motora permita ganhos na dupla-tarefa cognitiva, mas sem conseguir ter efeito na dupla-tarefa motora.

6.2. Escala de Berg

A Escala de Berg avalia o equilíbrio através da execução de várias tarefas funcionais, mas os dois treinamentos não modificaram os resultados, dados discordantes dos de Cakit et al. (2007), que estudaram o efeito do treino em esteira associado com exercícios de alongamento e mobilidade em 21 pacientes com DP e referem melhora dos valores da Escala de Berg e associada com melhora da marcha. No estudo atual, os pacientes apresentaram índices iniciais maiores da Escala de Berg (Pré TESS: $50,72 \pm 3,06$ e Pré TECS: $50,00 \pm 4,40$), enquanto Cakit et al. (2007) mostraram valores de $37,0 \pm 9,4$, fator que pode justificar a discrepância de resultados dos dois estudos. Este melhor desempenho pode estar associado aos efeitos benéficos do DBS.

Ganesan et al (2013) avaliaram três grupos de pacientes com DP: grupo controle sem intervenção, grupo com treino de marcha convencional e grupo com TECS (sessões de 30 minutos, quatro vezes/semana durante quatro semanas) e mostraram melhora da escala de Berg, UPDRS motora, índice de equilíbrio dinâmico, limites de estabilidade e teste de Tinetti nos grupos que treinaram. O grupo TECS mostrou melhores resultados em todos os parâmetros avaliados, exceto na escala de Berg, fato que sugere, que possivelmente, a melhora da marcha e dos automatismos são mais importantes na melhora do equilíbrio, afetando menos os parâmetros de equilíbrio estático, que são mais avaliados na escala de Berg.

King et al (2013) também referem que a escala de Berg não foi sensível para avaliar o efeito de um treino de marcha em esteira sem suporte de peso comparado com um treino funcional e de agilidade. Sugerem que o tamanho da amostra (20 pacientes em cada grupo) pode ter interferido e que sua aplicação seria mais útil em amostras maiores. O tamanho amostral do presente estudo também pode ter contribuído para a falta de sensibilidade da escala de Berg

Esta menor sensibilidade da escala de Berg pode ser devida ao grande número de aspectos envolvidos no equilíbrio: integração sensorial, ajustes posturais antecipatórios, agilidade motora e redução dos limites de estabilidade (Conradsson et al., 2012), que podem não ser avaliados de forma adequada pelos testes pela compensação entre os domínios, que podem mascarar deficiências, sugerindo que outras escalas complementares ou mais específicas podem ser necessárias. Smania et al. (2010) recomendam o uso de várias escalas de avaliação do equilíbrio pela limitação das escalas comumente usadas.

6.3. Posturografia Estática

Duarte e Freitas (2010) referem que o equilíbrio é a capacidade do corpo se deslocar na direção anteroposterior e mediolateral mantendo o COP dentro dos limites máximos de estabilidade. Os limites de estabilidade são definidos por um cone imaginário projetado a partir da base de suporte dos pés que contém o COP, fator determinante para a manutenção do equilíbrio (Kara et al., 2012). Quando o corpo ultrapassa esses limites, estratégias posturais são recrutadas e quando insuficientes há ocorrência de quedas. Assim, quanto menores os limites de estabilidade e mais lentas as respostas, maiores serão as propensões às quedas.

As amplitudes de deslocamento, medidas na posturografia estática, determinam o máximo de deslocamento do COP (em centímetros) no sentido anterior e posterior no eixo Y (AmpY) e para as laterais esquerda e direita no eixo X (AmpX). A velocidade de deslocamento do COP também é determinante na manutenção do equilíbrio.

Após o TESS, houve aumento da amplitude de deslocamento anteroposterior e mediolateral com os olhos fechados, ou seja, aumento dos limites de estabilidade, que pode estar relacionado com a melhora do equilíbrio.

Este dado é bastante controverso na literatura, pois muitos autores consideram que o aumento do deslocamento pode indicar piora da estabilidade e maior risco de queda (van Wegen et al., 2001; Rocchi et al., 2004; Colnat-Coulbois et al., 2005; Liu et al., 2005; Schmit et al., 2006; Martinolli et al., 2007; Chastan et al., 2008; Benatru et al., 2008; Ebersbach e Gunkel, 2011; Nantel et al., 2012). Maurer et al (2004) referem que maior deslocamento do COP não significa, necessariamente, piora da estabilidade e maior risco de quedas.

Possivelmente, na DP, o aumento do deslocamento do COP pode levar à melhora do equilíbrio, pois a rigidez e lentidão dos movimentos associados com uma base de suporte pequena pode aumentar o risco de quedas. Alguns pacientes podem assumir uma estratégia compensatória para manter o equilíbrio estático, caracterizada por aumento da rigidez dos músculos dos membros inferiores e tronco, reduzindo assim o deslocamento corporal e levando à desestabilização em condições dinâmicas (Fioretti et al., 2004; Hagiwara et al., 2004; Ebersbach e Gunkel, 2011). A rigidez axial leva a uma perda da flexibilidade corporal e diminui o deslocamento no sentido mediolateral (Van Wegen et al., 2001; Hagiwara et al., 2004; Basta et al., 2013), porém é uma estratégia compensatória ineficiente, que reduz os graus de liberdade para realização dos movimentos voluntários e as respostas posturais compensatórias (Basta et al., 2013).

Dessa maneira, pode-se assumir que os pacientes estudados apresentavam, inicialmente, uma estratégia determinada pela rigidez e que o treino de marcha na esteira foi capaz de melhorar a amplitude de movimentos, possivelmente pela menor rigidez axial, aumentando a amplitude de deslocamento do COP.

O aumento do deslocamento mediolateral pode estar relacionado com a manutenção do ritmo de transferência e descarga de peso em cada perna durante o treino de marcha e o deslocamento anteroposterior pelo movimento de translação da esteira (Ganesan et al., 2013), que trazem a

melhora do equilíbrio pela maior capacidade de executar movimentos com mudança de direção e giro.

King et al. (2013) compararam o efeito do TESS versus um treino de agilidade (TA) no deslocamento do COP, mas não mostraram diferenças entre os grupos. Os autores acham que a maior oscilação aumenta o risco de quedas e refutam a hipótese de que a maior oscilação significa melhora do equilíbrio.

As controvérsias entre o aumento e diminuição do deslocamento postural e estabilidade postural podem ser devidas às características de cada amostra (Hagiwara et al., 2004). No presente estudo foram incluídos pacientes com DP em uso de DBS e que no momento da inclusão estavam com índice funcional H & Y II e III e que poderiam ser mais hipocinéticos que os do estudo de King et al. (2013), cujo critério de inclusão era apenas a capacidade de deambular independente.

Smania et al (2010) e Kara et al (2012) referem aumento do deslocamento do COP, após diferentes tipos de treinamento com exercícios. Ambos associam o maior deslocamento com a melhora do equilíbrio e diminuição do risco de quedas, principalmente quando os parâmetros da posturografia estática são comparados com avaliações clínicas e relatos do paciente. Ganesan et al (2013) avaliaram o efeito do treino de marcha em esteira com suporte de peso pela posturografia dinâmica e mostraram melhora dos índices de equilíbrio dinâmico (índice geral, laterolateral e mediolateral) dos limites de estabilidade. A avaliação dinâmica do equilíbrio mostrou resultados mais consistentes na DP.

O deslocamento anteroposterior e mediolateral da posturografia estática são avaliados dentro da margem de manutenção de equilíbrio do paciente, isto é, durante a avaliação os pacientes permanecem na mesma posição e no presente estudo nenhum dos pacientes se desequilibrou ou necessitaram de apoio por medo de cair, mas mesmo assim, houve aumento do deslocamento do COP, com o equilíbrio mantido. A ampliação dos

limites de estabilidade, dada pelo maior deslocamento do COP não parece estar clinicamente associado com maior desequilíbrio e quedas.

O equilíbrio é uma aptidão complexa, que depende da integração de vários sistemas corporais e é mais do que o deslocamento do COP na posturografia estática. Seria recomendável usar o deslocamento do COP como determinante dos limites de estabilidade e associá-lo com outras avaliações, principalmente em situações dinâmicas, como marcha, levantar-se, mudar de posição e virar-se, para poder falar em equilíbrio e risco de quedas, semelhante às avaliações de Ganesan et al (2013).

O TECS do presente estudo não mostrou aumento do deslocamento do COP como visto no TESS, fato que pode ser explicado pela menor demanda de controle do equilíbrio, associado com o suporte de peso, isto é, seria um treinamento com menos demanda de equilíbrio e poderia estar aquém do nível de estímulo, neste grupo de pacientes. King et al. (2013) referem que a marcha em esteira sem o uso das mãos é mais desafiante e aumenta o estímulo para treinamento de equilíbrio. O uso do colete no TECS aumentou a sensação de segurança dos pacientes e exigiu menos ajustes posturais, diminuindo a eficiência do treino para melhora do equilíbrio.

Quando se compara as respostas com olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF), observa-se que na avaliação inicial não houve diferenças. Após o TESS, os deslocamentos mediolateral e anteroposterior e velocidade de oscilação foram maiores com os OF, assim como a velocidade de oscilação após o TECS. Possivelmente a diminuição da rigidez promovida pelo treinamento esteja na base destas melhoras do deslocamento e velocidade. O aumento da velocidade de oscilação pode ser um dos maiores fatores de melhora, pois permite que as correções posturais sejam mais rápidas e efetivas.

Na DP, a informação visual é considerada importante para a manutenção da estabilidade postural e equilíbrio (Hagiwara et al., 2004; Conradsson et al., 2012; Kara et al., 2012; Mirelman et al., 2013), apesar de alguns autores discordarem desta relação e acharem que as oscilações do

COP independem da visão (van Wegen et al., 2001; Schmit et al., 2006; Lee et al., 2012).

Chastan et al (2008) referem que a oscilação do COP é maior com os olhos fechados, e referem que a visão é importante na manutenção do equilíbrio, mas Frenklach et al. (2009) afirmam que maior deslocamento do COP na postura estática com os olhos fechados não parece estar relacionado à aumento do risco de queda. Houve menor deslocamento do COP com os olhos abertos, também no presente estudo quando comparado com os OF. Porém, o maior deslocamento com os olhos fechados, não causou desequilíbrios e medo de cair. O aumento de deslocamento com os OF pode estar relacionado à melhora dos demais fatores de controle do equilíbrio (propriocepção e labirinto), e pode ser devido à diminuição da rigidez.

O tamanho amostral pode ter sido insuficiente para demonstrar as diferenças nos outros parâmetros da posturografia estática e pode ser que diferentes respostas ocorram em diferentes fases da doença e sejam mais dependentes das características motoras de cada indivíduo.

6.4. Comparação do TESS versus TECS

Quando comparando as duas intervenções não houve diferenças significantes e o presente trabalho parece ser o primeiro a compará-las. Há estudos que comparam TESS com treino de marcha suspensa robotizada (Carda et al., 2012) e TECS com fisioterapia convencional (Miyai et al., 2000; Miyai et al., 2002; Fisher et al., 2008; Ganesan et al., 2013) mas nenhum comparando TESS à TECS.

Nossos achados corroboram os de Earhart e Williams (2012), que relataram que não há diferenças significantes em estudos que usam ou não suspensão do peso corporal, embora o colete seja importante para

segurança. Ganesan et al. (2013) também relatam que é possível que os efeitos do TECS sejam similares ao TESS.

Apesar da não diferença entre o TESS e o TECS, foi possível observar que os pacientes que tinham mais rigidez e alguns episódios de *freezing*, se saíram melhor no treino suspenso, uma vez que o colete proporcionava mais segurança, mais tempo de treino sem apoio das mãos e com maior estímulo para o controle postural. Sugerindo assim, que TESS seja mais indicado para pacientes nas fases mais iniciais da doença e o TECS fases mais avançadas.

O treino em esteira associado à fisioterapia convencional, duas vezes por semana promoveu melhora de aspectos estáticos e dinâmicos do equilíbrio, apesar da maioria dos trabalhos, referir a necessidade de se fazer o programa três vezes por semana (Herman et al., 2007).

O treino em esteira é seguro, aplicável e eficaz na melhora da marcha e mobilidade, podendo ser usado como um adjuvante do tratamento fisioterapêutico, para melhorar a capacidade física, estabilidade da marcha e provavelmente reduzir o risco de quedas e promover melhora da qualidade de vida (Herman et al., 2009). É de fácil acesso e traz benefícios indiretos, como melhora da função intestinal e condicionamento aeróbico, informações subjetivas dos pacientes desta amostra. Alguns estudos referem melhora da neuroplasticidade em estudos experimentais com animais (Yoon et al., 2007; Vuckovic et al., 2010; Al-Jarrah et al., 2010; Lau et al., 2011; Yang et al., 2013).

O treino na esteira exige um alto nível de atenção pelo risco de queda, fazendo com que os pacientes tenham que focar sua atenção na largura do passo (Pelosin et al., 2009) e na execução da tarefa motora (Earhart e Williams, 2012). A esteira imprime um ritmo de marcha (Pelosin et al., 2009), força o paciente a aumentar a largura e regularidade do passo (Cakit et al., 2007; Bello e Fernandez-Del-Olmo, 2012) e estimula os sistemas somatossensorial e vestibular (Herman et al., 2009). A frente e laterais da esteira, bem como a movimentação regular age como uma pista externa ativando as vias cerebelo-premotoras alternativas (Kurtais et al.,

2008; Bello *et al.*, 2010; Luessi *et al.*, 2012; Earhart e Williams, 2012; Bello e Fernandez-Del-Olmo, 2012). Há aprendizado motor (Herman *et al.*, 2007) e há uma provável ativação do circuito locomotor automático - padrão de geração central (Kurtais *et al.*, 2008; Bello *et al.*, 2008; Bello *et al.*, 2010; Bello e Fernandez-Del-Olmo, 2012). O TECS também promove os mesmos efeitos com mais segurança (Threlkeld *et al.*, 2003; Ganesan *et al.*, 2013).

A especificidade para indicação do DBS reduziu o tamanho da amostra, fato que limita a avaliação dos resultados, mas não difere de outros estudos com intervenção fisioterapêutica, que mostram casuísticas reduzidas.

7. Conclusões

O treino de marcha em esteira sem suporte de peso (TESS) promoveu melhora do equilíbrio estático e dinâmico em pacientes com DP.

O treino de marcha em esteira com suporte de peso (TECS) promoveu melhora do equilíbrio dinâmico desses pacientes.

A escala de Berg não foi sensível para detectar as mudanças promovidas pelos treinamentos.

A velocidade da esteira tolerada pelos pacientes aumentou significativamente após o TESS e TECS.

O TECS não é superior ao TESS.

8. Anexos

Anexo A – Carta de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa

APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 07/07/2010, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 0105/10, intitulada: **"AVALIAÇÃO QUANTITATIVA EM PACIENTES PARKINSONIANOS SUBMETIDOS A ESTIMULAÇÃO CEREBRAL PROFUNDA: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE OS SINTOMAS MOTORES E NÃO MOTORES"** apresentado pelo Departamento de **NEUROLOGIA**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa [Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: **Prof.Dr. Manoel Jacobsen Teixeira**
 Pesquisador (a) Executante: **Dr. Daniel Clampl de Andrade**

CAPPesq, 12 de Julho de 2010

PROF. DR. CLAUDIO LEONE
 Vice-Presidente da Comissão Ética para Análise
 de Projetos de Pesquisa

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
 Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo Rua
 Ovídio Pires de Campos, 225, 5º andar - CEP 05403 010 - São Paulo - SP Fone: 011 3068 6442 Fax: 011
 3069 6492 e-mail: cappesq@hcnnet.usp.br / secretariacappesq2@hcnnet.usp.br

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU
RESPONSÁVEL LEGAL**

NOME:

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº :

SEXO : M ☐ F ☐

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

ENDEREÇO Nº

APTO: BAIRRO:

CIDADE CEP:

TELEFONE: DDD (.....)

1. RESPONSÁVEL LEGAL

.....

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

.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M F

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

ENDEREÇO: Nº APTO:

.....BAIRRO:

CIDADE:CEP:

TELEFONE:(.....).....

....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Análise tridimensional da marcha e avaliação funcional de pacientes com a doença de Parkinson e estimulação cerebral profunda antes e após um programa de cinesioterapia regular com treinamento em esteira com e sem suporte parcial de peso.

PESQUISADOR :

.....

CARGO/FUNÇÃO: INSCRIÇÃO

CONSELHO REGIONAL Nº

UNIDADE DO HCFMUSP:

.....

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO X RISCO MÉDIO ☐

RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

Observação: o risco da pesquisa é mínimo, pois ela inclui somente a realização de testes para análise de marcha, controle postural e função.

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 3 anos

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

1 - Desenho do estudo e objetivo(s): Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que visa analisar os benefícios proporcionados por um programa de exercícios que objetivam melhorar a força e alongamento dos músculos do corpo e equilíbrio durante a caminhada e outras atividades da vida diária; e por um treino em esteira ergométrica, que será realizado de duas formas: com uso de um colete que irá suspendê-lo e assim diminuir o peso sobre suas pernas e de forma habitual, sem uso de colete. Os benefícios que ocorrerão serão observados antes e após o período de exercícios e treino em esteira por meio de avaliação da caminhada e por meio de testes que avaliam o equilíbrio; além disso, o estudo poderá auxiliar em descobrir outros benefícios relacionados aos movimentos do corpo de pacientes que passaram pela cirurgia que utiliza a técnica de estimulação cerebral profunda. Esta trata-se de uma cirurgia em que um pequeno fio é colocado em uma área do cérebro e conectado a um marca-passo e que hoje é realizada de forma corriqueira e faz parte das possibilidades de tratamento da doença de Parkinson. Após esta cirurgia, como ainda existem algumas limitações quanto à rigidez, “movimentos involuntários” e qualidade da caminhada, a realização por esses pacientes de um processo de reabilitação que inclui programa de exercícios e treino do andar em uma esteira ergométrica é muito importante para melhorar ainda mais a qualidade de vida.

2 - Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros;

As avaliações da caminhada serão agendadas em uma sessão nos períodos da manhã ou tarde no laboratório de estudos do movimento da Universidade Nove de Julho, localizado na Rua Vergueiro, 495 e terá duração de duas horas. No dia dessa avaliação, inicialmente serão feitas

algumas medidas do seu corpo (como tornozelos, pernas, joelhos e coxas). Em seguida serão fixadas bolinhas com fita adesiva em alguns pontos do pé, perna, coxa e parte de baixo das costas do seu corpo, em ambos os lados. Após esses procedimentos, você deverá caminhar sobre um percurso, situado no chão de um laboratório que possui câmeras que filmarão o seu modo de andar. As imagens colhidas nesse laboratório não serão divulgadas e servirão para entender melhor o movimento da caminhada e assim fornecer dados para a pesquisa em questão. Durante todo o exame, o indivíduo você terá que vestir-se com roupas leves (short para homens e para mulheres) para melhor acesso aos pontos em que serão fixadas as bolinhas com fita adesiva.

As avaliações do equilíbrio serão agendadas em uma sessão nos períodos da manhã ou tarde no laboratório do estudo do movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo, localizado na Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, no Laboratório do Estudo do HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

Movimento Humano, 2º andar (Ala C) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas. Para avaliar o equilíbrio, você realizará um teste em que realizará atividades de ficar em pé sem apoio ou com auxílio e outro, que iniciará sentado em uma cadeira, levantará, caminhará 3 metros, contornará um obstáculo, voltará e sentará na cadeira.

Após passar pela avaliação da caminhada e os testes de equilíbrio, você será agendado para sessões de fisioterapia que terão duração de 8 semanas e acontecerão duas vezes por semana, em dias alternados. Em cada sessão, será realizado um programa de exercícios com duração de no mínimo 30 minutos, que terá como objetivo melhorar a força e alongamento dos músculos do corpo, bem como o equilíbrio durante a caminhada e outras atividades da vida diária; seguidos de 30 minutos de treino de caminhada em uma esteira ergométrica, o qual será de forma habitual, utilizando a velocidade de caminhada do dia a dia.

Após este período, você será agendado para reavaliações da caminhada e do equilíbrio nos mesmos locais. Em seguida a estas reavaliações, você ficará por 4 semanas sem programa de exercícios e treino de esteira. Posteriormente a esse período, você será agendado para outras sessões de fisioterapia que também terão duração de 8 semanas e acontecerão duas vezes por semana, em dias alternados.

Em cada sessão, será realizado um programa de exercícios com duração de no mínimo 30 minutos, que terá como objetivo melhorar a força e alongamento dos músculos do corpo, bem como o equilíbrio durante a caminhada e outras atividades da vida diária; seguidos de 30 minutos de treino de caminhada em uma esteira ergométrica com uso de um colete que irá suspendê-lo para diminuir o peso sobre as pernas e assim facilitar o movimento do andar. Após este período, você será novamente agendado para outras reavaliações da caminhada e o equilíbrio nos mesmos locais.

3 - Relações dos procedimentos rotineiros e como são realizados. Não há relação de procedimentos rotineiros.

4 – Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos dos itens 2 e 3.

Todos os testes descritos acima são realizados sem cortes ou intervenções invasivas e não geram riscos ao participante.

5 – Benefícios para o participante.

A pesquisa não trará benefícios diretos aos participantes.

6 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar.

Todos os procedimentos serão aplicados de forma padronizada com todos os participantes.

7 – Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de

eventuais dúvidas. O principal investigador é a Dra. Julia Maria D'Andrea Greve, que pode ser encontrada na Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, no Laboratório do Estudo do Movimento Humano, 2º andar (Ala C) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas, onde estará disposição às quintas-feiras pela manhã, das 8:00 as 11:00 horas, ou pelo telefone (011) 2661-60-41. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – Tel.: 2661-6442; Ramais 16, 17, 18 ou 20 - E-mail: cappesq@hcnet.usp.br;

8 - É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

9 - Direito de confidencialidade - As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

10 - Ao paciente reserva-se o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa;

11 - Despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo avaliações e tratamento. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

12 - O pesquisador compromete-se a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo” Análise tridimensional da marcha e avaliação funcional de pacientes com a doença de Parkinson e estimulação cerebral profunda antes e após de programa de cinesioterapia regular com treinamento em esteira com e sem suporte parcial de peso”.

**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP**

Eu, discuti com a Dra. Julia Maria D'Andrea Greve e as fisioterapeutas Natália Mariana Silva Luna e Viviane Carolina Sales sobre a minha decisão em participar desse estudo. Ficou claro para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanente. Também foi esclarecido que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do 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 benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal Data / /

Assinatura da testemunha Data / /

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto.

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data / /

Anexo C – Escala de Equilíbrio de BERG

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 1 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 parte 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 sem 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 e/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 1 minuto com segurança
- (3) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 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 estendido permanecendo em pé

Instruções: Levante o braço a 90º. 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 90º. 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 menos
- (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)

9. Referências

Al-Jarrah M, Jamous M, Zailaey KA & Bweir SO. Endurance exercise training promotes angiogenesis in the brain of chronic/progressive mouse model of Parkinson's Disease. *NeuroRehabilitation*. 2010; 26: 369–73.

Altug F, Acar F, Acar G, Cavlak U. The Influence of Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation on Physical, Emotional, Cognitive Functions and Daily Living Activities in Patients with Parkinson's Disease. *Turkish Neurosurgery*. 2011; 21(2): 140-6.

Baratto L, Morasso PG, Re C, Spada G. A new look at posturographic analyses in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. *Motor Control*. 2002; 6:246-70.

Basta D, Rossi-Izquierdo M, Soto-Varela A, Ernst A. Mobile Posturography: Posturographic Analysis of Daily-Life Mobility. *Otol Neurotol*. 2013; 34:282-91.

Bello O, Fernandez-Del-Olmo M. How Does the Treadmill Affect Gait in Parkinson's Disease?. *Current Aging Science*. 2012; 5: 28-34.

Bello O, Marquez G, Camblor M, Fernandez-Del-Olmo M. Mechanisms involved in treadmill walking improvements in Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2010; 32:118–23.

Bello O, Sanchez JA, Fernandez-del-Olmo M. Treadmill Walking in Parkinson's Disease Patients: Adaptation and Generalization Effect. *Mov Disord*. 2008; 23 (9): 1243-9.

Benatru, Vaugoyeau M, Azulay JP. Postural disorders in Parkinson's disease. *Neurophysiol Clin*. 2008; 38: 459-65.

Bernabid AL, Chabardes S, Mitrofanis J, Pollak P. Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus for the treatment of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2009; 8: 67–81.

Beuter A, Modolo J. Delayed and lasting effects of deep brain stimulation on locomotion in Parkinson's disease. *Chaos*. 2009; 19: 026114.

Bleuse S, Delval A, Blatt JL, Derambure P, Destée A, Defebvre L. Effect of bilateral subthalamic nucleus deep brain stimulation on postural adjustments during arm movement. *Clin Neurophysiol*. 2011; 122: 2032–35.

Bloem BR, Grimbergen YAM, Dijk Gv & Munneke M. The “posture second” strategy: A review of wrong priorities in Parkinson's disease. *J Neurol Sci*. 2006; 248: 196-204.

Botzel K, Kraft E. Strategies for treatment of gait and posture associated deficits in movement disorders: The impact of deep brain stimulation. *Restor Neurol and Neurosci*. 2010; 28: 115–22.

Brauer SG, Morris ME. Can people with Parkinson's disease improve dual tasking when walking?. *Gait Posture*. 2010; 31: 229–33.

Brown P, Mazzone P, Oliviero A, Altibrandi MG, Pilato F, Tonali PA, Di Lazzaro V. Effects of stimulation of the subthalamic area on oscillatory pallidal activity in Parkinson's disease. *Exp Neurol*. 2004; 188: 480–90.

Brusse KJ, Zimdars S, Zalewski KR, Steffen TM. Testing Functional Performance in People With Parkinson Disease. *Phys Ther*. 2005; 85:134-141.

Cakit BD, Saracoglu M, Genc H, Erdem HR, Inan L. The effects of incremental speed-dependent treadmill training on postural instability and fear of falling in Parkinson's disease. *Clin Rehabil.* 2007; 21(8): 698-705.

Calabresi P, Mercuri NB, Di Filippo M. Synaptic plasticity, dopamine and Parkinson's disease: one step ahead. *Brain.* 2009; 132: 285-7.

CANADA. Parkinson Society of Canada. **Exercises for people with Parkinson's.** 2010.

Canning CG. The effect of directing attention during walking under dual-task conditions in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2005; 11: 95–9.

Canning CG, Allen NE, Dean CM, Goh L, Fung VSC. Home-based treadmill training for individuals with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* 2012; 26(9): 817–26.

Carda S, Invernizzi M, Baricich A, Comi C, Croquelois A, Cisari C. Robotic Gait Training Is not Superior to Conventional Treadmill Training in Parkinson Disease: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012; 26(9): 1027–34.

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; 23(3): 366–72.

Chastan N, Do MC, Bonneville F, Torny F, Bloch F, Westby GWM, Dormont, Agid Y & Welter ML. Gait and Balance Disorders in Parkinson's Disease:

Impaired Active Braking of the Fall of Centre of Gravity. *Mov Disord.* 2009a; 24 (2): 188–95.

Chastan N, Westby GWM, Yelnik J, Bardinet E, Do MC, Agid Y, Welter ML. Effects of nigral stimulation on locomotion and postural stability in patients with Parkinson's disease. *Brain.* 2009b; 132: 172–84.

Crenna P, Carpinella I, Rabuffetti M, Rizzone M, Lopiano L, Lanotte M, Ferrarin M. Impact of subthalamic nucleus stimulation on the initiation of gait in Parkinson's disease. *Exp Brain Res.* 2006; 172: 519–32.

Colnat-Coulbois S, Gauchard GC, Maillard L, Barroche G, Vespignani H, Auque J, Perrin P. Bilateral subthalamic nucleus stimulation improves balance control in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2005; 76: 780–7.

Conradsson D, Löfgren N, Ståhle A, Hagströmer M, Franzén E. A novel conceptual framework for balance training in Parkinson's disease-study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Neurology.* 2012, 12: 111.

Deiner S, Hagen J. Parkinson's Disease and Deep Brain Stimulator Placement. *Anesthesiology Clin.* 2009; 27: 391–415.

Dexter DT, Jenner P. Parkinson disease: from pathology to molecular disease mechanisms. *Free Radic Biol Med.* 2013; 62: 132–44.

Dromey C, Jarvis E, Sondrup S, Nissen S, Foreman KB, Dibble LE. Bidirectional interference between speech and postural stability in individuals with Parkinson's disease. *International Journal of Speech-Language Pathology.* 2010; 12(5): 446–54.

Duarte M; Freitas SMS. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para a avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010; 14(3): 183-92.

Earhart GM; Williams AJ. Treadmill Training for Individuals With Parkinson Disease. *Phys Ther.* 2012; 92: 893-7.

Ebersbach G; Gunkel M. Posturography Reflects Clinical Imbalance in Parkinson's Disease. *Mov Disord.* 2011; 26 (2): 241-46.

Fisher BE, Wu AD, Salem GJ et al. The effect of exercise training in improving motor performance and corticomotor excitability in people with early Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89: 1221-9.

Filippin NT, Lobo da Costa PH, Mattioli R. Effects of treadmill-walking training with additional body load on quality of life in subjects with Parkinson's disease. *Rev Bras Fisioter.* 2010; 14(4): 344-50.

Fioretti S, Guidi M, Ladislao L and Ghetti G. Analysis and Reliability of Posturographic Parameters in Parkinson Patients at an Early Stage. In: Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. San Francisco, CA, USA. September 2004.

Fok P, Farrell M, McMeeken J. Prioritizing gait in dual-task conditions in people with Parkinson's. *Hum Mov Sci.* 2010; 29: 831-42.

Fok P, Farrell M, McMeeken J. The effect of dividing attention between walking and auxiliary tasks in people with Parkinson's disease. *Hum Mov Sci.* 2012; 31: 236-46.

Foreman KB, Addison O, Kim HS, Dibble LE. Testing Balance And Fall Risk In Persons With Parkinson Disease, An Argument For Ecologically Valid Testing. *Parkinsonism Relat Disord.* 2011; 17(3): 166-71.

Frazzitta G, Maestri R, Uccellini D, Bertotti G, Abelli P. Rehabilitation treatment of gait in patients with Parkinson's disease with freezing: a comparison between two physical therapy protocols using visual and auditory cues with or without treadmill training. *Mov Disord*. 2009; 24(8):1139-43.

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.

Fuller RL, Winkle EPV, Anderson KE, Gruber-Baldini AL, Hill T, Zampieri C, Weiner WJ, Shulman LM. Dual task performance in Parkinson's disease: A sensitive predictor of impairment and disability. *Parkinsonism Relat Disord*. 2013; 19: 325-8.

Ganesan M, Sathyaprabha TN, Gupta A, Pal PK. Effect of Partial Weight-Supported Treadmill Gait Training on Balance in Patients With Parkinson Disease. *PMR*. 2014; 6(1): 22-33.

Gazewood JD, Richards DR, Clebak K. Parkinson Disease: An Update. *Am Fam Physician*. 2013; 87(4): 267-73.

Goodwin VA, Richards SH, Taylor RS, Taylor AH, Campbell JL. The Effectiveness of Exercise Interventions for People with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Mov Disord*. 2008; 23(5): 631–40

Grabli D, Karachi C, Welter ML, Lau B, Hirsch EC, Vidailhet M, François C. Normal and pathological gait: what we learn from Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2012; 83: 979-85.

Guehl D, Dehail P, de Seze MP, Cuny E, Faux P, Tison F, Barat M, Bioulac B, Burbaud P. Evolution of postural stability after subthalamic nucleus

stimulation in Parkinson's disease: a combined clinical and posturometric study. *Exp Brain Res*. 2006; 170: 206–15.

Hagiwara N, Hashimoto T, Sotaniemi KA, Virranniemi M, Myllyla VV & Ikeda SI. Static Balance Impairment and Its Change After Pallidotomy in Parkinson's Disease. *Mov Disord*. 2004; 19 (4): 433-69.

Hammond C, Bergman H, Brown P. Pathological synchronization in Parkinson's disease: networks, models and treatments. *Trends in Neurosciences* 2007; 30: 357–64.

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.

Herman T, Giladi N, Gruendlinger L, Hausdorff JM. Six Weeks of Intensive Treadmill Training Improves Gait and Quality of Life in Patients With Parkinson's Disease: A Pilot Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007. 88: 1154-8.

Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Treadmill training for the treatment of gait disturbances in people with Parkinson's disease: a mini-review. *J Neural Transm*. 2009; 116: 307–18.

Hill KK, Campbell MC, McNeely ME et al. Cerebral blood flow responses to dorsal and ventral STN DBS correlate with gait and balance responses in Parkinson's disease. *Exp Neurol*. 2013; 241: 105–12.

Ho AK, Iansek R, Bradshaw JL. The Effect of a Concurrent Task on Parkinsonian Speech. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2002; 24(1): 36-47.

Hong M; Earhart GM, 2008. Rotating treadmill training reduces freezing in Parkinson disease: Preliminary observations. *Parkinsonism Relat Disord*. 2008; 14: 359–63.

Huang SL, Hsieh CL, Wu RM, Tai CH, Lin CH, Lu WS. Minimal Detectable Change of the Timed "Up & Go" Test and the Dynamic Gait Index in People With Parkinson Disease. *Phys Ther*. 2011; 91: 114-121.

Johnsen EL, Sunde N, Mogensen PH, Østergaard K. MRI verified STN stimulation site – gait improvement and clinical Outcome. *Eur J Neurol*. 2010; 17: 746–53.

Kara B, Genc A, Colakoglu BD, Cakmur R. The effect of supervised exercises on static and dynamic balance in Parkinson's disease patients. *NeuroRehabilitation*. 2012; 30: 351–7.

Kim SD, Allen NE, Canning CG & Fung VSC. Postural Instability in Patients with Parkinson's Disease: Epidemiology, Pathophysiology and Management. *CNS Drugs*. 2013; 27: 97–112.

King LA, Salarian A, Mancini M, Priest KC, Nutt J, Serdar A, Wilhelm J, Schlimgen J, Smith M, Horak FB. Exploring Outcome Measures for Exercise Intervention in People with Parkinson's Disease. *Parkinson's Disease*. 2013; Article ID 572134: 1-9.

Kurtais Y, Kutlay S, Tur BS, Gok H, Akbostanci C. Does Treadmill Training Improve Lower-Extremity Tasks in Parkinson Disease? A Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med*. 2008; 18 (3): 289-91.

Lapointe LL, Stierwalt JAG, Maitland CG. Talking while walking: Cognitive loading and injurious falls in Parkinson's disease. *International Journal of Speech-Language Pathology*. 2010; 12(5): 455–9.

Lau Y-S, Patki G, Das-Panja K, Le W-D, Ahmad SO. Neuroprotective effects and mechanisms of exercise in a chronic mouse model of Parkinson's disease with moderate neurodegeneration. *Eur J Neurosci.* 2011; 33(7): 1264–74.

Lee JM, Koh SB, Chae SW, Seo WK, Kwon DY, Kim JH, Oh K, Baik JS, Park KW. Postural Instability and Cognitive Dysfunction in Early Parkinson's Disease. *Can J Neurol Sci.* 2012; 39 (4): 473-82.

Limousin P, Martinez-Torres I. Deep Brain Stimulation for Parkinson's Disease. *Neurotherapeutics: The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics.* 2008; 5: 309–19.

Liu W, McIntire K, Kim SH, Zhang J, Dascalos S, Lyons KE, Pahwa R. Quantitative assessments of the effect of bilateral subthalamic stimulation on multiple aspects of sensorimotor function for patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2005; 11: 503–8.

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: 169–74.

Lozano AM, Mahant N. Deep brain stimulation surgery for Parkinson's disease: mechanisms and consequences. *Parkinsonism Relat Disord.* 2004; 10: S49–S57.

Lozano AM & Snyder BJ. Deep brain stimulation for parkinsonian gait disorders. *J Neurol.* 2008; 255: 30–1.

Luessi F, Mueller LK, Breimhorst M, Vogt T. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease during treadmill walking at multiple velocities. *J Neurol Sci.* 2012; 314: 78–82

Mancini M, Horak FB. The relevance of balance clinical assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010; 46: 239-48.

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: 652–8

Matinolli M, Korpelainen JT & Korpelainen R. Postural Sway and Falls in Parkinson's Disease: A Regression Approach. *Mov Disord*. 2007. 22 (13): 1927–1935.

Maurer C, Mergner T, Peterka RJ. Abnormal resonance behavior of the postural control loop in Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2004; 157: 369–76.

McIntyre CC, Richardson SJ, Frankemolle AM, Varga G, Noecker AM, Alberts JL. Improving Postural Stability via Computational Modeling Approach to Deep Brain Stimulation Programming. In: 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011.

McNeely ME, Hershey T, Campbell MC, Tabbal SD, Karimi M, Hartlein JM, Lugar HM, Revilla FJ, Perlmutter JS, Earhart GM. Effects of deep brain stimulation of dorsal versus ventral subthalamic nucleus regions on gait and balance in Parkinson disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2011; 82 (11): 1250–5.

Merola A, Zibetti M, Angrisano S, Rizzi L, Ricchi V, Artusi CA, Lanotte M, Rizzone MG and Lopiano L. Parkinson's disease progression at 30 years: a study of subthalamic deep brain-stimulated Patients. *Brain*. 2011; 134: 2074–84.

Mirelman A, Rochester L, Reelick M, Nieuwhof F, Pelosin E, Abbruzzese G, Dockx K, Nieuwboer A, 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.

Miyai I, Fujimoto Y, Yamamoto H, Ueda Y, Saito T, Nozaki S, Kang J. Long-term effect of body weight-supported treadmill training in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83(10): 1370-3.

Miyai I, Fujimoto Y, Ueda Y, Yamamoto H, Nozaki S, Saito T, Kang J. Treadmill training with body weight support: its effect on Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81: 849-52.

Miyamoto ST, Junior IL, Berg KO, Ramos LR, Natour J. Brazilian version of the Berg balance scale Brazilian Journal of Medical and Biological Research. *Braz J Med Biol Res*. 2004; 37: 1411-21.

Morris M, Iansek R, Smithson F, Huxham F. Postural instability in Parkinson's disease: a comparison with and without a concurrent task. *Gait Posture*. 2000; 12: 205–16.

Morris S, Morris ME, Iansek R. Reliability of Measurements Obtained With the Timed "Up & Go" Test in People With Parkinson Disease. *Phys Ther*. 2001; 81: 810-8.

Muniz AMS, Liu W, Liu H, Lyons KE, Pahwa R, and J. Nadal J. Gait initiation evaluation after deep brain stimulation for Parkinson's disease: a 7-year follow-up. In: 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31 - September 4, 2010.

Muniz AMS, Nadal J, Lyons KE, Pahwa R, Liu W. Long-term evaluation of gait initiation in six Parkinson's disease patients with bilateral subthalamic stimulation. *Gait Posture*. 2012; 35: 452–7.

Nantel J, McDonald JC, Bronte-Stewart H. Effect of medication and STN-DBS on postural control in subjects with Parkinson's Disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2012; 18: 285-9.

Nilsson MH, Fransson PA, Jarnlo GB, Magnusson M, Rehnström S. The effects of high frequency subthalamic stimulation on balance performance and fear of falling in patients with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2009; 6(13): 301-8.

Nilsson MH, Tornqvist AL & Rehnström S. Deep-brain stimulation in the subthalamic nuclei improves balance performance in patients with Parkinson's disease, when tested without anti-parkinsonian medication. *Acta Neurol Scand*. 2005; 111: 301–8.

Nocera JR, Roemmich R, Elrod J, Altmann LJP, Hass CJ. Effects of cognitive task on gait initiation in Parkinson disease: Evidence of motor prioritization?. *JRRD*. 2013a; 50(5): 699-708.

Nocera JR, Stegemoller EL, Malaty IA, Okun MS, Marsiske M, Hass CJ, National Parkinson Foundation Quality Improvement Initiative Investigators. Using the Timed Up & Go Test in a Clinical Setting to Predict Falling in Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013b; 94: 1300-5.

Olanow CW, Stern MB, Sethi, K. The Scientific and Clinical Basis for the Treatment of Parkinson Disease. *Neurology*. 2009; 72: S1–136.

Panyakaew P, Bhidayasiri R. The spectrum of preclinical gait disorders in early Parkinson's disease: subclinical gait abnormalities and compensatory

mechanisms revealed with dual tasking. *J Neural Transm.* 2013; 120: 1665-72.

Pelosin E, Faelli E, Lofrano F et al. Effects of treadmill training on walking economy in Parkinson's disease: a pilot study. *Neurol Sci.* 2009; 30: 499-504.

Picelli A, Melotti C, Origano F et al. Robot-Assisted Gait Training in Patients With Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012; 26(4): 353-61.

Pinter MM, Murg M, Alesch F, Freundl B, Hellscher RJ, Binder H. Does Deep Brain Stimulation of the Nucleus Ventralis Intermedius Affect Postural Control and Locomotion in Parkinson's Disease?. *Mov Disord.* 1999; 14(6): 958-63.

Plotnik M, Giladi N, Hausdorff JM. Bilateral coordination of gait and Parkinson's disease: the effects of dual tasking. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2009; 80: 347-50.

Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up and go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *JAGS.* 1991; 39: 142-8.

Pohl M, Rockstroh G, Ruckriem S, Mrass G, Mehrholz J. Immediate Effects of Speed-Dependent Treadmill Training on Gait Parameters in Early Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84: 1760-6.

Protas EJ, Mitchell K, Williams A, Qureshy H, Caroline K, Lai, EC. Gait and step training to reduce falls in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2005; 20: 183-90.

Ransmayr G. Physical, occupational, speech and swallowing therapies and physical exercise in Parkinson's disease. *J Neural Transm.* 2011; 118: 773–81.

Robertson LT, Horak FB, Anderson VC, Burchiel KJ, Hammerstad JP. Assessments of Axial Motor Control during Deep Brain Stimulation in Parkinsonian Patients. *Neurosurgery.* 2001; 48(3): 544-52.

Rocchi L, Chiari L, Capello A, Gross A, Horak FB. Comparison between subthalamic nucleus and globus pallidus internus stimulation for postural performance in Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2004; 19: 172–83.

Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, Wegen EV. Attending to the Task: Interference Effects of Functional Tasks on Walking in Parkinson's Disease and the Roles of Cognition, Depression, Fatigue, and Balance. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85: 1578-85.

Sajadi AA, Samaei SA, Rashidy-Pour A. Intra-hippocampal microinjections of anisomycin did not block glucocorticoid-induced impairment of memory retrieval in rats: an evidence for non-genomic effects of glucocorticoids. *Behav Brain Res.* 2006; 173(1): 158-62.

Sailer A, Cunic DI, Paradiso GO et al. Subthalamic nucleus stimulation modulates afferent inhibition in Parkinson disease. *Neurology.* 2007; 68: 356-63.

Schmit JM, Riley MA, Sahay ADA, Shear PK, Shockley KD & Pun RYK. Deterministic center of pressure patterns characterize postural instability in Parkinson's disease. *Exp Brain Res.* 2006; 168: 357–367

Shaw JA, Huffman JL, Frank JS, Jog MS, Adkin AL. The effects of skill focused instructions on walking performance depend on movement constraints in Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2011; 33(1): 119-23.

Shulman LM, Katzel LI, Ivey FM, Sorkin JD, Favors K, Anderson KE, Smith BA, Reich SG, Weiner WJ, Macko, RF. Randomized Clinical Trial of 3 Types of Physical Exercise for Patients With Parkinson Disease. *Jama Neurol*. 2013; 70 (2): 183-90.

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.

Silberstein P, Bittar RG, Boyle R, Cook R, Coyne T, O'Sullivan D, Pell M, Peppard R, Rodrigues J, Silburn P, Stell R, Watson P, Australian DBS Referral Guidelines Working Group. Deep brain stimulation for Parkinson's disease: Australian referral guidelines. *J Clin Neurosci*. 2009; 16: 1001–8.

Smania N, Corato E, Tinazzi M, Stanzani C, Fiaschi A, Girardi P, Gandolfi M. Effect of Balance Training on Postural Instability in Patients With Idiopathic Parkinson's Disease. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010; 24(9): 826–34.

Smithson F, Morris ME, Iansek R. Performance on Clinical Tests of Balance in Parkinson's Disease. *Phys Ther*. 1998; 78: 577-92.

St. George RJ, Nutt JG, Burchiel KJ, Horak FB. A meta-regression of the long-term effects of deep brain stimulation on balance and gait in PD. *Neurology*. 2010; 75: 1292–9.

Threlkeld AJ, Cooper LD, Monger BP, Craven AN, Haupt HG. Temporospacial and kinematic gait alterations during treadmill walking with body weight suspension. *Gait Posture*. 2003; 17: 235-45.

Tomlinson CL, Patel S, Meek C, Herd CP, Clarke CE, Stowe R, Shah L, Sackley C, Deane KHO, Wheatley K, Ives N. Physiotherapy intervention in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2012; 345: 345:e5004.

Umemura A, Oka Y, Okita K, Toyoda T, Matsukawa N, Yamada K. Predictive factors affecting early deterioration of axial symptoms after subthalamic nucleus stimulation in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2010a; 16: 582-4.

Umemura A, Oka Y, Okita K, Yamawaki T, Yamada K. Effect of subthalamic deep brain stimulation on postural abnormality in Parkinson disease: Clinical article. *J Neurosurg*. 2010b; 112: 1283-8.

Van Wegen EE, van Emmerik RE, Wagenaar RC & Ellis T. Stability Boundaries and Lateral Postural Control in Parkinson's Disease. *Motor Control*. 2001; 254-269.

Visser JE, Allum JHJ, Carpenter MG, Esselink RAJ, Dowsey PL, Honegger F, Borm GF, Bloem BR. Effect Of Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation On Axial Motor Control And Protective Arm Responses In Parkinson's Disease. *Neuroscience*. 2008; 157: 798–812.

Vrancken AMPM, Allum JHJ, Peller M, Visser JE, Esselink RAJ, Speelman JD, Siebner HR, Bloem BR. Effect of bilateral subthalamic nucleus stimulation on balance and finger control in Parkinson's disease. *J Neurol*. 2005; 252 : 1487–94.

Vuckovic MG, Li Q, Fisher B, Nacca A, Leahy RM, Walsh JP, Mukherjee J,

Williams C, Jakowec MW, Petzinger GM. Exercise Elevates Dopamine D2 Receptor in a Mouse Model of Parkinson's Disease: In Vivo Imaging with [18F]Fallypride. *Mov Disord*. 2010; 25(16): 2777–84.

Weiss D, Walach M, Meisner C, Fritz M, Scholten M, Breit S, Plewnia C, Bender B, Gharabaghi A, Wachter T, Kruger R. Nigral stimulation for resistant axial motor impairment in Parkinson's disease? A randomized controlled trial. *Brain*. 2013; 136: 2098–2108.

Wild LB, Lima DB, Balardin JB, Rizzi L, Giacobbo BL, Oliveira HB, Argimon, ILL, Peyre´-Tartaruga, LA, Rieder CRM, Bromberg E. 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.

Werner WG e Gentile AM. Improving gait and promoting retention in individuals with Parkinson's disease: a pilot study. *J Neurol*. 2010; 257: 1841-47.

Yamada K, Goto S, Hamasaki T & Kuratsu J-I. Clinical Article: Effect of bilateral subthalamic nucleus stimulation on levodopa-unresponsive axial symptoms in Parkinson's disease. *Acta Neurochir (Wien)*. 2008; 150: 15–22.

Yang YR, Tseng CY, Chiou SY, Liao KK, Cheng SJ, Lai KL, Wang RY. Combination of rTMS and Treadmill Training Modulates Corticomotor Inhibition and Improves Walking in Parkinson Disease: A Randomized Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013; 27(1): 79–86.

Yelnik A.; Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin*. 2008; 38(6): 439-45.

Yogev-Seligmann G, Giladi N, Brozgov M & Hausdorff JM. A Training Program to Improve Gait While Dual Tasking in Patients With Parkinson's Disease: A Pilot Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012a; 93: 176-81.

Yogev G, Giladi N, Peretz C, Springer S, Simon ES, Hausdorff JM. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: Which aspects of gait are attention demanding?. *Eur J Neurosci*. 2005; 22: 1248-56.

Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. Do We Always Prioritize Balance When Walking? Towards an Integrated Model of Task Prioritization. *Mov Disord*. 2012b; 27 (6): 765-70.

Yogev-Seligmann G, Rotem-Galili Y, Dickstein R, Giladi N, Hausdorff JM. Effects of explicit prioritization on dual task walking in patients with Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2012c; 35: 641–6.

Yoon MC, Shin MS, Kim TS, Kim BK, Ko IG, Sung YH, Kim Sb, Lee HH, Kim HP, Kim CJ. Treadmill exercise suppresses nigrostriatal dopaminergic neuronal loss in 6-hydroxydopamine-induced Parkinson's rats. *Neurosci Lett*. 2007; 423: 12–17.