
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA MOTRICIDADE

GABRIEL FELIPE MORETTO

**Tarefa postural prolongada na doença de Parkinson: efeito agudo e do
treinamento aeróbio**



JULHO
2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP FACULDADE DE CIÊNCIAS -
CAMPUS DE BAURU
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PESQUISA EM MOVIMENTO HUMANO (MOVI-LAB)**

**TAREFA POSTURAL PROLONGADA NA DOENÇA DE PARKINSON: EFEITO
AGUDO E DO TREINAMENTO AERÓBIO**

Aluno: Gabriel Felipe Moretto

Orientador: Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri

Co-orientadora: Profa. Dra. Natália Madalena Rinaldi

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência da Motricidade – Interunidades, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Motricidade, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Bauru

2020

M845t	<p>Moretto, Gabriel Felipe</p> <p>Tarefa postural prolongada na doença de Parkinson: efeito agudo e do treinamento aeróbio / Gabriel Felipe Moretto. -- Bauru, 2020 111 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru</p> <p>Orientador: Fabio Augusto Barbieri Coorientadora: Natália Madalena Rinaldi</p> <p>1. Doença de Parkinson. 2. Controle Postural. 3. Postura Prolongada. 4. Movimento Humano. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GABRIEL FELIPE MORETTO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 31 dias do mês de julho do ano de 2020, às 10:00 horas, no(a) Videoconferência - Google Meet, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FABIO AUGUSTO BARBIERI - Orientador(a) do(a) Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade / FC/UNESP/Bauru, Prof. Dr. LUIS MOCHIZUKI do(a) Escola de Artes, Ciências e Humanidades / Universidade de São Paulo - SP, Prof. Dr. RODRIGO VITORIO do(a) Docente credenciado no Programa de Ciências da Motricidade / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GABRIEL FELIPE MORETTO, intitulada **Tarefa postural prolongado na doença de Parkinson: efeito agudo e do treinamento aeróbio**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: **APROVADO**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. FABIO AUGUSTO BARBIERI



Prof. Dr. LUIS MOCHIZUKI



Prof. Dr. RODRIGO VITORIO



AGRADECIMENTOS

Iniciarei meus agradecimentos primeiramente à minha família, pois sem ela, acredito que não conseguiria ter forças para concluir mais uma etapa em minha vida. Mãe, você é meu pilar. A pessoa que me incentivou, me deu forças e é a pessoa que mais acreditou em mim, até mesmo quando nem eu mais acreditava. Muito obrigado por ser essa pessoa tão especial em minha vida, eu te amo.

Meu irmão Guilherme, que me ajudou em toda etapa da graduação e mestrado. Também me ajudou em tudo que eu precisei. Apesar de jovem, você é uma pessoa madura e tem um dom para me ouvir, me acalmar e me motivar. Se eu pudesse escolher outra família, escolheria vocês. Obrigado por ser essa pessoa incrível. Você é brilhante e tem um futuro promissor (apesar de cursar Fisioterapia na concorrência). Parabéns, “Cabeção”. Eu te amo.

A minha cachorra, Jay. Somente sua presença ao meu lado, me ajudou em todas as minhas crises de ansiedade. Nunca vou te esquecer.

Ao meu Pai, que apesar de todas nossas brigas e discussões sobre as decisões que eu tomei para meu futuro, quero dizer que eu estou concluindo mais uma etapa. Não importa o que tenha acontecido no passado, estamos bem novamente. Eu amo você.

A minha namorada Thais, que entrou na minha vida em um momento conturbado e que ficou ao meu lado além de me fez amadurecer muito. Você foi essencial neste processo e continua sendo na minha vida. São três anos que estamos juntos e sei que vivemos e vamos viver muitas coisas juntos ainda. Eu te amo demais, meu amor. Obrigado por me deixar fazer parte da sua vida e agradeço pelo carinho que toda sua família tem por mim.

Aos meus amigos André e Marina, vocês estão me acompanhando desde o início e eu sei o quanto vocês torcem por mim. Nunca vou esquecer de vocês.

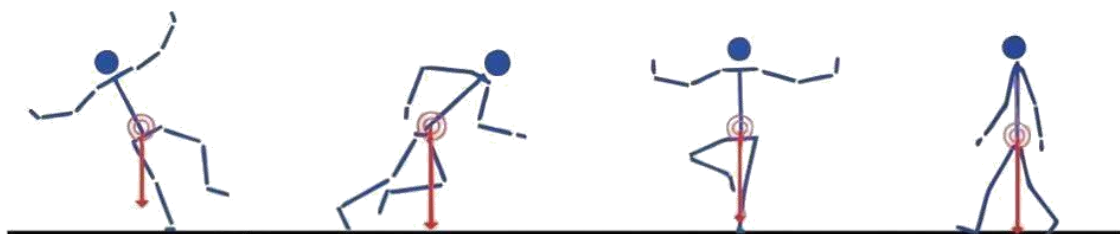
Ao meu orientador, Prof. Fabio. Agradeço a cada bronca, puxões de orelha e discussões acaloradas. Foram esses momentos que me fizeram amadurecer e sair da minha zona de conforto. Você abriu novas oportunidades durante meu período de graduação que eu não

imaginava ter. Durante o mestrado, me oportunizou um projeto, que para mim, foi um desafio. Isso me fez amadurecer e aprender muito. Ainda, quero deixar claro que te vejo não apenas como meu orientador, mas como um dos meus melhores amigos. Obrigado por toda esta etapa e parabéns pelo trabalho que você fez com nosso grupo de pesquisa. Você fez diferença na minha vida e vai fazer na vida de muitas pessoas.

Tiagão, Felipe e Lucas obrigado pela paciência. Vocês foram essenciais neste processo. Não vou esquecer toda ajuda e palavras de incentivo que me deram. Estão comigo desde o início e sei criamos um vínculo. Obrigado por tudo, meus amigos.

Aos meus amigos do MOVI-LAB, não tenho palavras para expressar todo meu agradecimento por vocês. Juntos, aprendemos bastante, brigamos, rimos e choramos. Nestes 5 anos de laboratório pude mudar minha visão que tive da Universidade. Obrigado por todas as vivências, vocês fizeram meus dias melhores.

Obrigado por terem feito parte da minha caminhada.



LABORATORIO DE PESQUISA EM MOVIMENTO HUMANO



ativa
PARKINSON
DEF - UNESP

Tarefa postural prolongada na doença de Parkinson: efeito agudo e do treinamento aeróbio

Resumo

Manter a postura vertical por longos períodos de tempo é uma tarefa comum no cotidiano das pessoas. Entretanto, este quadro pode ser mais agravado em populações que apresentam déficits no equilíbrio, como pessoas com Doença de Parkinson (DP). Analisar como uma tarefa postural prolongada afeta o controle postural em idosos com DP pode contribuir para o melhor entendimento das estratégias que essa população utiliza para a manutenção do equilíbrio. Ainda, intervenções físicas, como a prática de exercício aeróbio, podem amenizar os déficits causados pela doença no controle postural. Assim, o objetivo geral desta dissertação é investigar o efeito de uma tarefa postural de longa duração no controle postural em idosos com DP e analisar o efeito agudo de uma intervenção de 12 semanas de exercício físico aeróbio no controle da postura em tarefas posturais de longa duração em idosos com DP. Para entender os efeitos de uma tarefa postural de longa duração e os efeitos do exercício aeróbio neste tipo de tarefa, dois estudos foram desenvolvidos. O primeiro estudo teve o objetivo de analisar o efeito agudo de uma tarefa postural prolongada em idosos com DP. Vinte e três idosos com DP e 23 idosos saudáveis, que formaram o grupo controle, realizaram 3 tentativas de postura curta (60 segundos) antes de realizar uma tarefa postural prolongada de 15 minutos. Foram utilizadas 4 câmeras da Vicon Motion System para mensurar a oscilação corporal na frequência de 100Hz. Um único marcador reflexivo foi posicionado na segunda vértebra lombar (L2) para mensurar as seguintes variáveis nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML): amplitude, velocidade, root mean square (RMS), área de oscilação e o Detrended Fluctuations Analysis (DFA). Uma ANOVA one-way foi realizada para análise das tarefas de curta duração e uma ANOVA two-way com fator para grupo e momento. Os resultados encontrados mostraram que idosos com DP apresentam maiores amplitudes e velocidade de oscilação, RMS e valores de adaptabilidade nas direções AP e ML, porém, com redução na área de oscilação. Este estudo apontou que a tarefa postural prolongada em pé reduziu a adaptabilidade dos sistemas reguladores da postura em indivíduos com DP em comparação a idosos saudáveis e esse comportamento pode aumentar a chance de quedas devido a dificuldade em realizar ajustes posturais adequados por longos períodos devido aos déficits causados pela DP. O segundo estudo avaliou o efeito de uma intervenção de 12 semanas de exercício físico aeróbio na oscilação corporal durante uma tarefa postural prolongada em idosos com DP. Participaram do estudo 16 idosos com DP que realizaram o mesmo protocolo do estudo anterior para a avaliação postural antes e após realizar o protocolo de exercício aeróbio. Os equipamentos e variáveis analisadas foram iguais aos do estudo 1. Uma ANOVA two-way com fator para intervenção e momento foi realizada para analisar a tarefa postural prolongada. Após a intervenção, pacientes com DP diminuíram a velocidade e aumentaram a área de oscilação. A intervenção de exercício aeróbio contribuiu para alterar o comportamento postural de pacientes com DP de modo a manter uma postura com maior área de equilíbrio e possuindo maior controle da oscilação corporal.

Palavras-chave: Doença de Parkinson. Controle Postural. Postura Prolongada. Movimento Humano.

Prolonged postural task in Parkinson's disease: acute effect and aerobic training

Abstract

Maintaining a vertical posture for long periods of time is a common task in people's daily lives. However, this situation may be more aggravated in populations that have balance deficits, such as people with Parkinson's disease (pwPD). Analyzing the effect that a prolonged postural task has on pwPD can contribute to a better understanding of postural behavior and strategies that this population uses to maintain posture and whether interventions such as aerobic exercise can alleviate the deficits caused by the disease in the postural control. To understand the effects of the task of a prolonged stand task and the effects of aerobic exercise in this type of task, two studies were developed: the first aimed to analyze the acute effect of a prolonged postural task in pwPD. Thus, the general objective of this dissertation is to investigate the effect of a prolonged postural task on postural control in pwPD and to analyze the acute effect of a 12-week aerobic exercise intervention on posture control in prolonged standing tasks in elderly people with PD. To understand the effects of a long-term postural task and the effects of aerobic exercise on this type of task, two studies were developed. The first study aimed to analyze the acute effect of a prolonged stand task in elderly people with PD. 23 pwPD and 23 healthy elderly people who formed the control group made 3 trials at quiet posture (60 seconds) before performing a prolonged stand task of 15 minutes. 4 Vicon Motion System cameras were used to measure body oscillation at a frequency of 100Hz. A single reflective marker was placed on the second lumbar vertebra (L2) to measure the following variables in the anteroposterior (AP) and medial-lateral (ML) directions: amplitude, velocity, root mean square (RMS), oscillation area and non-linear as Detrended Fluctuations Analysis (DFA). A one-way ANOVA was performed to analyze a quiet stand tasks and a two-way ANOVA with factor for group and moment for prolonged stand. The results found showed that pwPD present greater amplitudes and oscillation velocity, RMS and adaptability values in the AP and ML directions, however, in a smaller oscillation area. This study pointed out that the prolonged standing postural task reduced the adaptability of the postural regulatory systems in individuals with PD compared to healthy elderly people and this behavior can increase the chance of falls due to the difficulty in making adequate postural adjustments for long periods due to deficits. caused by PD. The second study evaluated the effect of a 12-week aerobic exercise intervention on body sway during a prolonged postural task in pwPD. The study included 18 pwPD who made 3 quiet stand attempts followed by a prolonged 15-minute attempt before starting the intervention protocol and after performing the aerobic exercise protocol. The equipment and variables analyzed were the same as those in study 1. A one-way ANOVA was used to analyze short-term attempts and a two-way ANOVA with factor for intervention and moment was performed to analyze the prolonged postural task. The aerobic exercise intervention contributed to alter the postural behavior of patients with PD in order to maintain a posture with a greater balance area and with greater control of body sway.

Keywords: Parkinson's disease. Postural Control. Prolonged Posture. Human Movement.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Exemplo típico da oscilação corporal AP (A, B) e ML (C, D) e área de oscilação (E, F) do grupo DP e GC. O GC está representado pelos gráficos em preto e o grupo DP está representado pelos gráficos em cinza.....35
- Figura 1.2.** Médias e desvios padrão da interação grupo*momento nas variáveis área e DFA ML do marcador L2 durante tarefa postural prolongada. 39
- Figura 1.3.** Média e desvio padrão da oscilação corporal nas variáveis de amplitude AP, RMS AP e DFA ML do grupo DP e GC durante a tarefa de curta duração (1 min) antes da realização da tarefa postural prolongada. 41
- Figura 2.1.** Organograma dos procedimentos metodológicos realizados no estudo 2..... 53
- Figura 2.2.** Efeito principal de intervenção nas variáveis área e velocidade ML do marcador L2 durante tarefa postural prolongada..... 60

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1** Médias e desvios padrão de características gerais e parâmetros clínicos para o grupo DP e grupo controle. Os valores de P e F (entre parênteses) são apresentados na última coluna. Entre parênteses são apresentados os valores mínimo e máximo..... 34
- Tabela 1.2.** Média e desvio padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural prolongada durante os períodos iniciais, intermediários e finais para os participantes do grupo Parkinson e Grupo Controle. 37
- Tabela 1.3.** Médias e desvios padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural de curta duração antes da realização da tarefa postural prolongada. 40
- Tabela 2.1.** Médias e desvios padrão de características gerais e parâmetros clínicos dos indivíduos com Doença de Parkinson..... 57
- Tabela 2.2.** Médias e desvios padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural prolongada durante os períodos inicial, intermediário e final antes e após o protocolo de 12 semanas de intervenção de exercício aeróbio..... 59

Sumário

CAPÍTULO 1.....	13
1. Introdução geral e justificativa	14
1.1. Controle postural em tarefas de longa duração e o envelhecimento	15
1.2. Doença de Parkinson e controle postural	18
1.3. Efeitos do exercício físico no controle postural de pessoas com doença de Parkinson ..	20
1.4. Objetivos e delineamento do projeto.....	21
CAPÍTULO 2.....	23
2. Estudo 1 – Comportamento de idosos com Doença de Parkinson durante uma tarefa postural prolongada semi-restrita e efeito agudo na oscilação corporal	24
2.1. Introdução.....	26
2.2. Método.....	28
2.2.1. Participantes.....	28
2.2.2. Avaliação clínica e cognitiva.....	29
2.2.3. Tarefa postural de longa e de curta duração	30
2.2.4. Coleta e análise dos dados	31
2.2.5. Análise estatística	32
2.3. Resultados	33
2.3.1. Postura prolongada	34
2.3.2. Postura curta duração.....	40
2.4. Discussão.....	41
2.5. Conclusão	47
CAPÍTULO 3.....	48
3. Estudo 2 – Efeitos do exercício físico aeróbico no controle postural durante tarefa em pé de longa duração em idosos com Doença de Parkinson	49
3.1. Introdução.....	49
3.2. Método.....	50
3.2.1. <i>Participantes</i>	50
3.2.2. Procedimentos Experimentais	51
3.2.3. Protocolo de intervenção	53
3.2.4. Avaliação clínica e cognitiva.....	54
3.2.5. Coleta e análise dos dados	55
3.2.6. Análise estatística	56
3.3. Resultados	56
3.3.1. Tarefa postural prolongada	58
3.4. Discussão.....	61
3.5. Conclusão	64
CAPÍTULO 4.....	65
4. Considerações Finais.....	66
5. Referências bibliográficas.....	68
6. Atividades desenvolvidas durante o período de mestrado	76
ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	81
ANEXO 2 – SUBMISSÃO ARTIGO ESTUDO 1	84

CAPÍTULO 1

1. Introdução geral e justificativa

Em nossas atividades diárias permanecemos em posição bipodal ereta por longos períodos de tempo (LAFOND et al., 2009). Na maioria das vezes mantemos a postura por longos períodos para realizar outra tarefa concomitante, por exemplo, conversar com alguém na rua, trabalhar, ou ainda, realizar tarefas manuais, como manipular o celular. Entretanto, manter a postura ereta bipodal por longos períodos pode ser um desafio para o ser humano devido ao cansaço causado pela manutenção da posição (OGUTU; PARK, 2015). Este desafio pode ser maior para populações idosas que apresentam prejudicada a eficiência dos sistemas que controlam a postura (BURKE; BARNES, 2006). Esse quadro pode ser mais agravado em idosos que apresentam déficits no equilíbrio, como é o caso de idosos com Doença de Parkinson (DP).

Idosos com DP apresentam maior percepção e sintoma de fadiga muscular quando comparados a seus pares saudáveis, o que limita atividades de longa duração (WEN et al., 2012). Ainda, a DP causa uma série de déficits motores, como diminuição da força muscular (LATT et al., 2009), mobilidade (CHRISTOFOLETTI et al., 2016), equilíbrio (LANDERS et al., 2008) entre outros, e cognitivos, como atencionais e de memória (ALCOCK, 2015). Estes déficits aumentam as chances de desequilíbrios e quedas durante tarefas que exigem ajustes adequados para a manutenção do controle da postura, uma vez que aumenta a chance da pessoa responder a um estímulo externo de forma inadequada, dificultando a manutenção de uma postura prolongada (FREITAS et al., 2005a). Desta forma, entender o comportamento postural durante tarefas de longa duração em idosos com DP é importante para a sociedade, podendo diminuir o número de episódios de quedas, consequentemente os gastos com internações. Idosos com DP apresentam três vezes mais incidência de óbitos e internações causados por quedas devido ao desequilíbrio em tarefas posturais (BALASH et al., 2005). Além disso, verificar como intervenções físicas afetam a oscilação corporal de idosos com DP é interessante para melhorar a

qualidade de vida desta população e propor estratégias eficientes para melhorar o equilíbrio e evitar quedas em idosos com DP.

A prática de exercício físico proporciona uma melhora no controle postural (SCHLENSTEDT et al., 2015). A prática regular de exercício físico retarda os déficits motores e cognitivos causados pela doença, reduzindo o risco de quedas (LISTA; SORRENTINO, 2010). Ainda, o exercício físico regular estimula o sistema nervoso central (SNC) a iniciar o processo de neuroplasticidade (PAPEGAAIJ et al., 2014). Especificamente, o exercício físico aeróbio proporciona benefícios para o controle da postura, reduzindo a velocidade de oscilação do centro de pressão (COP) durante a postura quieta (DE OLIVEIRA et al., 2014). Entretanto, ainda não está esclarecido sobre o efeito de uma intervenção de exercício físico aeróbio para o controle da postura por longos períodos.

Dentro do contexto apresentado, o objetivo geral deste projeto é compreender o efeito agudo do comportamento de idosos com DP durante uma tarefa postural de longa duração através da oscilação corporal e verificar o efeito de um programa de exercício físico aeróbio sobre a oscilação corporal desta população. A seguir, serão apresentadas informações que justificam nosso estudo, bem como os objetivos específicos e o delineamento do estudo.

1.1. Controle postural em tarefas de longa duração e o envelhecimento

O controle postural para a manutenção da postura estável é regulado pela relação entre o centro de massa (CoM) e a base de apoio (MAKI; MCILROY, 1996). A postura é controlada pelo sistema musculoesquelético e pela integração dos sistemas reguladores da postura: visual, vestibular e somatossensorial. Estes sistemas contribuem para a estabilidade e orientação do corpo em relação às informações advindas do ambiente para a manutenção da posição ereta do corpo (HORAK; MACPHERSON, 2011). Durante tarefas posturais de curta duração (1 a 2 minutos), os sistemas têm uma tarefa relativamente fácil para integrar as informações e manter o controle postural. Entretanto, muitas vezes as pessoas realizam tarefas posturais que tem um longo período de tempo. Com isso, o sistema postural tem uma tarefa mais complexa para se

adaptar devido a constante necessidade de regular os ajustes posturais para evitar possíveis desequilíbrios e quedas.

Tarefas posturais de longa duração são definidas pela manutenção do controle postural frequente em pé sem pausa de descanso (FREITAS et al., 2005; LAFOND et al., 2009; WATERS; DICK, 2015). Não existe um tempo pré-definido para determinar que a tarefa postural é considerada de longa duração ou não. Fatores como a tarefa e a condição do indivíduo podem interferir neste sentido. Alguns autores relatam que uma tarefa postural por mais de 3 minutos é considerada de longa duração (JEHU et al., 2018). Por outro lado, alguns autores sugerem que permanência prolongada seria de manter-se por 2 a 4 horas na mesma posição postural sem descansar, como ocorre durante um expediente em pé no trabalho (BUCKLEY et al., 2015). Duarte e Zatsiorsky (1999) e Freitas (2005) consideraram 30 minutos para determinar uma tarefa postural prolongada para idosos por se tratar de atividades que são realizadas neste período de tempo e que necessitam de uma demanda dos sistemas controladores da postura. Assim, devido aos comprometimentos causados pela DP, parece que 30 minutos de tarefa postural é um tempo muito prolongado para esta população. Em estudos pilotos realizados pelo nosso grupo, 15 minutos foi um tempo adequado para testar uma tarefa postural prolongada sem colocar em risco os idosos com DP. Dessa forma, para este estudo, entendemos tarefa postural prolongada quando é mantida a mesma posição por 15 minutos.

Atividades no trabalho, na fila de banco e até mesmo durante os afazeres domésticos são exemplos de atividades que permanecemos em posição ereta por longos períodos. Para manter o controle postural durante muito tempo são realizados ajustes posturais. Por exemplo, adultos jovens aumentam a oscilação postural em tarefas posturais de longa duração (DUARTE; ZATSIORSKY, 2001). Esta estratégia é uma maneira que o sistema encontra para completar a tarefa com o mínimo de demanda energética, além de amenizar os desconfortos causados pela tarefa postural (DUARTE; ZATSIORSKY, 2001). Possivelmente o aumento da oscilação postural ocorreu pois os indivíduos utilizam transferência de peso de uma perna para outra

durante a execução da tarefa (DUARTE; ZATSIORSKY, 2001), diminuindo o desconforto causado pela manutenção da postura (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000). Entretanto, pessoas idosas utilizam uma estratégia diferente para controlar a postura em tarefas de longa duração.

Idosos saudáveis reduzem a oscilação postural em tarefas de longa duração (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011; RINGHEIM et al., 2015). Como idosos são incapazes de realizar ajustes posturais adequados por muito tempo (FREITAS et al., 2005; RINGHEIM et al., 2015), eles diminuem as transferências de peso de uma perna para outra (PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). De modo contrário aos idosos, adultos jovens ajustam a postura em um curto espaço de tempo durante tarefas posturais prolongadas, uma vez que não apresentam déficits nos sistemas reguladores da postura. Apesar de poucos estudos explicarem esta redução de ajustes posturais em idosos durante tarefa postural de longa duração, existem duas possíveis explicações.

Primeiro, o quadro de fadiga muscular que os idosos apresentam devido ao declínio da massa muscular (BRYANTON; BILODEAU, 2017) parece prejudicar as modulações posturais durante tarefas posturais de longa duração. A estratégia de co-contração diminui a movimentação das articulações e facilita a manutenção da postura. Contudo, a maior ativação da musculatura devido à co-ativação dos músculos agonistas e antagonistas exige maior demanda energética (LATASH, 2018; MIAN et al., 2006; RINALDI et al., 2017). Com isso, aumentam as chances de desenvolver fadiga muscular com maior rapidez, prejudicando a realização da tarefa com segurança (HOUDIJK; BROWN; VAN DIEËN, 2015; MIAN et al., 2006). A co-contração muscular pode explicar ainda o fato de idosos realizarem menos transferências de pesos e com menor frequência entre membros inferiores em comparação aos adultos jovens saudáveis (GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011). A diminuição destas transferências de peso na população idosa reforça a teoria de que os sistemas controladores da postura não

conseguem adequar-se aos ajustes posturais e acabam por se tornar menos complexos e mais previsíveis (GOW et al., 2015; LIPSITZ, 2002).

Segundo, a utilização de um comportamento postural conservador para evitar quedas. Idosos saudáveis não alteram bruscamente o centro de massa mantendo-o distante dos limites de estabilidade (PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). Uma menor oscilação postural em idosos durante uma tarefa postural de longa duração representa uma adaptação funcional do seu sistema postural (DUARTE; STERNAD, 2008). O envelhecimento traz consigo déficits no equilíbrio, tornando-os mais previsíveis e menos adaptáveis e diminuindo a sua complexidade dos sistemas (GOW et al., 2015). A diminuição do índice de complexidade dos sistemas faz com que os idosos se adaptem de uma forma menos eficiente as constantes mudanças ambientais (DUARTE; STERNAD, 2008; GOW et al., 2015; LIPSITZ, 2002). Este quadro é ainda mais interessante em idosos com doenças neurodegenerativas, como a DP. Esta população apresenta maior instabilidade postural e risco de cair comparado a idosos neurologicamente saudáveis (BŁASZCZYK; ORAWIEC, 2011). As limitações advindas da doença causam déficits no controle postural de idosos com DP que podem afetar consideravelmente a eficiência do controle postural em tarefas de longa duração. Entretanto, este é o primeiro estudo que analisou o comportamento da oscilação postural de idosos com DP durante tarefa postural prolongada.

1.2. Doença de Parkinson e controle postural

A DP idiopática acomete 3,3% da população no Brasil com mais de 64 anos (BARBOSA et al., 2006). Ainda, não se sabe a causa da DP, porém, ela acomete indivíduos de todos os gêneros, raça e classe social. Ela aparece com a morte e disfunção dos neurônios dopaminérgicos na substância negra dos núcleos da base localizados no mesencéfalo (TAKAKUSAKI et al., 2004a). Os núcleos da base têm um papel importante na integração voluntária e autônoma no controle da postura (TAKAKUSAKI et al., 2004a).

Os primeiros sinais e sintomas motores da DP começam a surgir quando há degeneração de 50-70% das células dopaminérgicas (DJALDETTI; ZIV; MELAMED, 2006). Os sinais/sintomas característicos da DP são a rigidez muscular, tremor em repouso, déficits no controle postural, instabilidade postural, lentidão, déficits na locomoção e dificuldade para iniciar os movimentos. Ainda, os sintomas não-motores também são característicos na DP, como a déficits cognitivos, depressão e fadiga muscular (PARK; STACY, 2009). Apesar dos inúmeros sinais/sintomas que a DP apresenta, os que mais comprometem a qualidade de vida é dependência para se locomover e a limitação no controle postural que aumenta a instabilidade postural (HERMAN; GILADI; HAUSDORFF, 2013). Para este projeto será dada atenção para os déficits no controle postural e instabilidade postural, especialmente em tarefas de longa duração.

A morte dos neurônios dopaminérgicos prejudica as estruturas que ajustam o controle postural. Indivíduos com DP não conseguem fazer ajustes voluntários corretos devido à sobrecarga da circuitaria do tálamo (YELSHYNA et al., 2016). A diminuição dos níveis dopaminérgicos inibe os sistemas motores, dificultando uma resposta adequada para realização de ajustes posturais (OBESO et al., 2000). Com isso, há um aumento no risco de quedas quando é necessária uma rápida alteração da postura para executar uma tarefa (FREITAS et al., 2009). A instabilidade postural é comum na DP (PICKERING et al., 2007) e fica mais evidenciada nos estágios mais avançados da doença, principalmente quando ocorre acometimento bilateral (BARBIERI et al., 2016). Indivíduos com DP tendem a aumentar a oscilação postural e possuem maior dificuldade de realizar movimentos compensatórios para recuperar o equilíbrio do corpo devido aos comprometimentos nas estruturas cerebrais que causam os sinais e sintomas (BOSEK et al., 2005). Este quadro pode ser agravado em tarefas posturais de longa duração. Longos períodos em pé podem ser prejudiciais para pessoas com DP devido aos sintomas motores provenientes da doença, como a rigidez muscular e a bradicinesia e não-motores, como a fadiga muscular, acúmulo de sangue e dificuldade para realizar o retorno venoso dos membros

inferiores podem agravar a manutenção da postura ereta bipodal (FREITAS et al., 2005a). O estudo de tarefas posturais de longa duração pode proporcionar uma melhor representação do controle postural e diferenciar o comportamento de idosos neurologicamente saudáveis e com comprometimento neurológico (JEHU et al., 2018). Entender o comportamento de controle postural em idosos com DP durante uma tarefa postural prolongada é importante para buscar intervenções que beneficiem o controle postural, visto que é uma tarefa cotidiana e tem um alto risco de quedas. Ainda, compreender os efeitos do exercício físico regular nesta tarefa pode ser benéfico para esta população, uma vez que o exercício físico regular é um tratamento indicado para conter a progressão da DP.

1.3. Efeitos do exercício físico no controle postural de pessoas com doença de Parkinson

O exercício físico regular gera melhoras para a aprendizagem e desempenho comportamental recuperando a função dos circuitos dos núcleos da base em idosos com DP (PETZINGER et al., 2013). Além disso, melhora o desempenho durante as atividades de vida diária e aumenta a mobilidade (CRIZZLE; NEWHOUSE, 2006). Ainda, sabemos que a prática de exercício físico na população com DP traz melhorias da qualidade de vida, como a diminuição dos sintomas motores e não-motores, melhora das capacidades físicas (CANNING et al., 2015) e diminuição do medo de cair com aumento significativo do comprimento do passo (WAYNE et al., 2014). Existem inúmeras práticas de exercícios físicos para complementar o tratamento de idosos com DP. Exercícios resistidos, treinamento de equilíbrio e exercícios aeróbios aumentam a independência funcional e melhoram a qualidade de vida (AFSHARI; YANG; BEGA, 2017). Especificamente para o controle postural, o treinamento resistido gera aumento de força muscular nos membros inferiores, permitindo melhor controle da postura (SCHLENSTEDT et al., 2015). Intervenção com exercícios de equilíbrio, como o Tai Chi, reduz a instabilidade postural além de reduzir o medo de queda nos estágios leve e moderado da

doença (LI et al., 2007). Ainda, a prática de exercícios de equilíbrio traz melhoras da complexidade dos sistemas durante o controle postural desde a primeira sessão em idosos com DP (PASLUOSTA et al., 2017). De foco principal desta dissertação, o exercício físico de característica aeróbia também reduz a instabilidade postural em pessoas com DP (LI et al., 2007).

O exercício aeróbio em esteira em uma intensidade moderada por 8 semanas reduziu a oscilação postural durante uma tarefa de curta duração (KLAMROTH et al., 2016). Ainda, o exercício aeróbio em baixa intensidade traz melhoras da mobilidade e diminuição do medo de cair (PAILLARD et al., 2004). Durante a prática de exercício aeróbio, além de benefícios para o controle da postura, existem benefícios na capacidade cardiorrespiratória (NORTON; NORTON; SADGROVE, 2010). As melhoras cardiorrespiratórias podem ser representadas com a duração de tempo que um indivíduo recruta grandes grupos musculares para a execução de uma tarefa. Durante tarefas posturais de longa duração, esta capacidade é requerida para que a pessoa desempenhe eficientemente a tarefa. Desta forma, desenvolver a capacidade aeróbia do idoso com DP parece ser interessante para realizar tarefas posturais de longa duração.

1.4. Objetivos e delineamento do projeto

O objetivo geral do projeto foi compreender o controle postural de idosos com DP durante uma tarefa postural de longa duração, considerando o efeito de um programa de exercício físico aeróbio. Especificamente, este projeto tem os seguintes objetivos específicos: i) investigar o efeito de uma tarefa postural de longa duração no controle postural em idosos com DP; ii) analisar o efeito agudo de uma intervenção de 12 semanas de exercício físico aeróbio no controle da postura em tarefas posturais de longa duração em idosos com DP.

Para isso, dois estudos foram desenvolvidos. O primeiro estudo tem característica transversal e buscou compreender o comportamento postural através da oscilação corporal de idosos com DP durante uma tarefa postural bipodal de longa duração. O segundo estudo tem

característica longitudinal e analisou o efeito um protocolo de exercício físico de característica aeróbia de 12 semanas no controle postural durante uma tarefa postural bipodal de longa duração em idosos com DP.

CAPÍTULO 2

2. Estudo 1 – Comportamento de idosos com Doença de Parkinson durante uma tarefa postural prolongada semi-restrita e efeito agudo na oscilação corporal

Artigo submetido à revista Neuroherabilitation and Neural Repair

(versão em português traduzida pelo autor. A versão submetida em inglês esta em ANEXO 2)

Autores: Gabriel Felipe Moretto, Felipe Balistieri Santinelli, Tiago Penedo, Luis Mochizuki, Natália Madalena Rinaldi, Fabio Augusto Barbieri

RESUMO:

Objetivo: O objetivo deste estudo é investigar o controle postural de indivíduos com DP durante tarefas posturais prolongadas. Métodos: Vinte e seis indivíduos com DP e 25 idosos saudáveis realizaram a postura prolongada em pé por 15 min. Antes desse protocolo, esses indivíduos realizaram três tentativas de curta duração antes da tarefa prolongada (60s). Os dados de oscilação corporal foram captados pelo sistema Vicon Motion Capture, com 4 câmeras na frequência de amostragem de 100 Hz em ambas as tarefas. Os seguintes parâmetros de oscilação corporal foram calculados para as direções ântero-posterior (AP) e medial-lateral (ML): amplitude, velocidade, root mean square (RMS) e Detrended Fluctuations Analysis (DFA). A área de oscilação corporal também foi calculada. ANOVA two-way (grupo e momento) e ANOVA one-way (grupo) foram empregadas para comparar esses parâmetros nas tentativas prolongadas e de curta duração, respectivamente ($p < 0,05$). Resultados: o grupo DP apresentou menor área de oscilação, menor complexidade do sistema (valores mais altos de DFA) e maior e mais rápida oscilação corporal do que o grupo controle durante a tarefa prolongada em pé. Embora os grupos, em tarefas de curta duração, apresentem velocidade de oscilação semelhante (AP e ML) e área, esses parâmetros foram diferentes durante a tarefa prolongada em pé.

Conclusões: A tarefa prolongada em pé reduziu a adaptabilidade do sistema de controle postural de idosos com DP. Além disso, a tarefa prolongada em pé pode analisar melhor a adaptabilidade do sistema de controle postural na DP.

2.1. Introdução

Indivíduos com doença de Parkinson (DP) geralmente apresentam comprometimento do equilíbrio. Esse comprometimento aumenta a instabilidade, levando a um alto número de quedas nessa população (BALASH et al., 2005; LANDERS et al., 2008). No entanto, estudos de controle postural durante tarefas posturais quietas apresentaram achados contraditórios, indicando que essa população possui menor (DIETZ et al., 1993; HORAK; DIMITROVA; NUTT, 2005) ou maior (BEKKERS et al., 2014; DONÁ et al., 2016; JEHU et al., 2018) oscilação corporal do que seus pares neurologicamente saudáveis. O mesmo acontece com a simetria no controle postural. Por exemplo, nem todo indivíduo com DP mostra assimetria de controle de equilíbrio (BOONSTRA et al., 2014; GEURTS et al., 2011) e a assimetria postural está relacionada à complexidade da tarefa em pé (isto é, pés lado a lado vs tandem ou unipedal) (BERETTA et al., 2015). Esses achados contraditórios foram encontrados em tarefas de curta duração (de 15 a 60 s). Um estudo indicou que durações mais longas de tarefas podem descrever melhor a oscilação corporal e diferenciar o comportamento daqueles indivíduos com DP de grupos saudáveis (JEHU et al., 2018). Além disso, para detectar deficits nos ajustes posturais durante longos períodos é necessário a execução de uma tarefa prolongada em pé (DUARTE; STERNAD, 2008) especialmente para realizar análises não-lineares (por exemplo, Detrended Fluctuations Analysis - DFA) do sistema postural (LIPSITZ, 2002). De fato, uma melhor representação da adaptação do controle postural pode ser observada durante uma tarefa prolongada em pé (mais de 5 min) em indivíduos com DP. Mesmo assim, nenhum trabalho anterior estudou os efeitos de uma tarefa postural prolongada sobre a oscilação corporal em indivíduos com DP.

A degeneração dopaminérgica no cérebro, especialmente na substância negra, causada pela doença de Parkinson, prejudica os reflexos posturais e reduz os limites de estabilidade, prejudicando os ajustes posturais (BARBIERI et al., 2019a; BERETTA et al., 2015; BOONSTRA et al., 2016). As respostas posturais reduzidas em indivíduos com DP podem ser

explicadas devido à rigidez muscular e à contração excessiva dos músculos antagonistas durante o repouso (HORAK; NUTT; NASHNER, 1992). Essa rigidez também prejudica os ajustes posturais (VERVOORT et al., 2016). Além disso, o comprometimento das estruturas cerebrais afeta os movimentos compensatórios para recuperar o equilíbrio corporal na DP (BOSEK et al., 2005). Durante a realização de tarefas prolongadas, a fadiga intensificada pela DP (PARK; STACY, 2009; SANTOS et al., 2014) pode aumentar o desconforto musculoesquelético e a oscilação postural do corpo, que são respostas posturais necessárias para realizar a tarefa com o mínimo esforço (FREITAS et al., 2005). Portanto, estudar tarefas posturais de longa duração em pé pode esclarecer a adaptabilidade postural na DP.

Apesar da permanência em tarefas prolongadas ser uma atividade do cotidiano e um comportamento saudável (VAN DER PLOEG et al., 2014), essa postura pode aumentar o risco de falha do sistema músculo-esquelético (HALIM; OMAR, 2012; TÜCHSEN et al., 2005). A postura ereta prolongada desafia a resistência à fadiga (OGUTU; PARK, 2015), especialmente em indivíduos mais velhos. Os adultos jovens mudam constantemente o peso corporal entre os membros inferiores para variar a carga interna, reduzindo desconforto musculoesquelético e fadiga (RINGHEIM et al., 2015) enquanto os idosos reduzem a oscilação corporal em uma tarefa postural prolongada para evitar instabilidades e reduzir o custo energético (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000; DUARTE; STERNAD, 2008; FREITAS et al., 2005a; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). Esse comportamento apresenta menor mobilidade (CHRISTOFOLETTI et al., 2016; FREITAS et al., 2005a) e é uma estratégia mais conservadora para evitar alterações na base de suporte e quedas (PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). A utilização de uma menor quantidade de estratégias de transferência de peso usada na população idosa sugere que o controle da postura é prejudicado na transferência de peso e, por esse motivo, esses indivíduos escolhem uma estratégia menos complexa e mais previsível (GOW et al., 2015; LIPSITZ, 2002). Com base nesse contexto, pessoas com DP tendem a oscilar de forma desordenada e arriscada próximo à sua base de suporte, podendo não conseguir executar

movimentos compensatórios para recuperar a oscilação corporal, o que aumenta a instabilidade postural e, conseqüentemente, quedas (HORAK; FRANK; NUTT, 1996; JEHU et al., 2018). Esperamos que pessoas com DP apresentem um comportamento diferente de idosos saudáveis durante a permanência postural prolongada com menor oscilação corporal e com redução da complexidade do sistema de controle postural.

O objetivo deste estudo é investigar o efeito agudo do controle postural na DP durante uma tarefa prolongada em pé. Tanto indivíduos com DP quanto os neurologicamente saudáveis (grupo controle) realizaram uma tarefa postural prolongada semi-restrita por 15 minutos. Antes da tarefa postural prolongada, os pacientes com DP e o grupo controle realizaram três tentativas posturais de curta duração (60s). A oscilação corporal foi mensurada durante as duas tarefas. É esperado que os indivíduos com DP adotem uma estratégia mais conservadora reduzindo apresentando menor oscilação corporal (redução da amplitude e área de oscilação) bem como, redução na velocidade de oscilação e menor adaptabilidade dos sistemas posturais (valores de DFA) do que o grupo controle na tarefa postural prolongada, principalmente nos últimos 5 minutos. Ainda, acreditamos que as tarefas posturais prolongadas conseguirão diferenciar com mais clareza indivíduos com a Doença de Parkinson de idosos saudáveis comparados as tentativas de curta duração.

2.2. Método

2.2.1. Participantes

Participaram do estudo 26 idosos com DP idiopática e 25 idosos neurologicamente saudáveis que compuseram o grupo controle (GC). Os idosos com DP foram recrutados do projeto de extensão ATIVA PARKINSON da UNESP – Bauru. Os participantes forneceram o consentimento para participação no estudo através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 97193318.1.0000.5398).

Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão: idade superior a 60 anos, participantes que possuíam diagnóstico feito por um médico neurologista que certificasse que ele possuía a DP de acordo com os critérios determinados pelo Banco de Cérebro de Londres (HUGHES et al., 1992). Estar no estágio de I a III na escala de Hoehn e Yahr (HOEHN; YAHR, 1967) e não possuir declínio cognitivo (escore inferior a 24 no Mini Exame do Estado Mental) (ALMEIDA, 1998). Especificamente para o grupo. Ainda, como critério de inclusão, o participante do grupo DP deveria estar sob tratamento medicamentoso de no mínimo 3 meses sem sofrer alteração da medicação específica para a doença neste período e deveriam fazer uso do medicamento com 1 hora de antecedência antes da aquisição dos dados. Seriam excluídos da amostra os participantes que não conseguissem concluir o protocolo experimental.

2.2.2. *Avaliação clínica e cognitiva*

Os participantes do estudo foram avaliados por um avaliador experiente habilitado para a avaliação clínica e cognitiva a fim de coletar dados de caracterização da amostra. O avaliador realizou as avaliações de maneira detalhada para que fossem adquiridas o máximo de informações sobre a origem da doença para que ela seja de característica idiopática além de eliminar a influência de outras doenças que podem ser confundidas com a DP. O avaliador utilizou de ferramentas consideradas padrão ouro para a avaliação clínica de pacientes com DP: os aspectos clínicos dos participantes foram avaliados através da escala de Hoehn e Yahr (HOEHN; YAHR, 1967), UPDRS parte III motora (FAHN S; ELTON RL; MEMBERS OF THE UPDRS DEVELOPMENT COMMITTEE, 1987) e Mini-Exame do Estado Mental – MEEM para ambos os grupos (ALMEIDA, 1998). A escala de Hoehn & Yahr analisa o estágio em que a doença se encontra: indica se o participante possui comprometimento unilateral, unitaleral sem comprometimento axial, com comprometimento axial, comprometimento bilateral e nível da resposta dos reflexos posturais. A escala de H&Y varia de 0, onde não existe sinais ou sintomas da DP e 5, onde o indivíduo encontra-se acamado. De acordo com os testes do H&Y

será conhecido o estágio em que o participante se encontra por meio das restrições funcionais que o participante apresenta. Além dele, será realizado a UPDRS na subescala III que avalia o grau de acometimento motor através de exame de motricidade. O nível de acometimento é feito por pontuação sendo que quanto mais pontos o paciente obter nos escores do teste, maior o comprometimento motor que o participante possui. O Mini Exame do Estado Mental que é caracterizado por questões subdivididas em categorias: orientação temporal e local, escrita, atenção, cálculo, recordar palavras mencionadas, linguagem e capacidade para representar em desenho uma figura. Diferente da UPDRS, quanto maior a pontuação do MEEM, menor é o comprometimento cognitivo. A pontuação máxima é de 30 pontos e torna-se apto a participar do estudo indivíduos com escores iguais ou maiores que 24.

2.2.3. Tarefa postural de longa e de curta duração

A tarefa postural de longa e de curta duração foi realizada em apoio bipodal com os pés posicionados paralelamente e afastados na largura pélvica individual. Os participantes ficaram descalços e permaneceram em pé em frente a um monitor posicionado a dois metros de distância. Para garantir o posicionamento dos pés no mesmo local durante e entre as tentativas, os pés dos participantes foram desenhados em uma folha de papel pardo e fixados no chão. Foram realizadas três tentativas curtas de um minuto de duração antes de realizarem uma única tentativa de longa duração de 15 minutos. Durante as tentativas de curta duração, os participantes foram instruídos a permanecer o mais parado possível com os pés sobre o desenho fixado no chão, com os braços ao longo do corpo e deveriam olhar para um ponto preto projetado no monitor na altura da cabeça dos participantes. Diferente da instrução dada nas tentativas de curta duração, na tentativa de longa duração, os participantes foram instruídos a permanecer o mais confortável possível permitindo assim, transferir o peso de uma perna para outra desde que não retirassem os pés do desenho durante toda a tentativa. As tarefas posturais de longa duração são realizadas de maneira irrestrita em ambientes controlados para aproximar-

se do comportamento dos indivíduos durante a realização de tarefas do cotidiano. Ainda, para evitar que a tarefa se torna-se monótona, durante os 15 minutos da tarefa postural prolongada, os participantes foram instruídos a assistir um documentário intitulado: “Alimentos inteligentes”.

2.2.4. Coleta e análise dos dados

Os dados da oscilação corporal foram adquiridos por 4 câmeras do sistema Vicon Motion System (Bonita System Cameras) utilizando um único marcador passivo e reflexivo posicionado na segunda vértebra lombar (L2) para mensuração da oscilação corporal. Este protocolo é validado e já foi utilizado em outros estudos (CRUZ et al., 2018; GOMES; MORAES; BARELA, 2016). A oscilação corporal foi mensurada durante as tentativas prolongada e de curta duração. Para a análise dos dados da tarefa postural será criado um algoritmo no software MatLab (MathWorks Natick, MA, EUA). Os dados de oscilação corporal foram filtrados por filtro Butterworth de quarta ordem com uma frequência de corte de 5Hz.

Os parâmetros da oscilação corporal que foram mensurados nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) tanto para as tentativas curtas como para as tentativas de longa duração foram: amplitude, velocidade, root mean square (RMS) além da área de oscilação (95% da elipse) e da análise da variável não-linear como o *Detrended Fluctuations Analyses* (DFA). O DFA é calculado a partir da integração da série temporal original (tentativa). Em seguida, a série integrada é dividida em janelas de tamanho igual. A flutuação do RMS é então calculada a partir da equação:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^{\lfloor \frac{N}{n} \rfloor} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y(k) - y_n(k)]^2}$$

onde $F(n)$ é a magnitude da flutuação na janela n , N é o número total de pontos na série, $y(k)$ é a série temporal integrada no intervalo i e $y_n(k)$ é a coordenada y da linha reta segmentos. Esse

cálculo é realizado ao longo de todas as séries temporais para investigar a relação entre as flutuações e as janelas (DUARTE; STERNAD, 2008). O resultado do cálculo das flutuações é então plotado em um gráfico log-log e o coeficiente da inclinação é calculado (exponente escalável α). O α é caracterizado como *White noise* ($\alpha=0,5$), *Brownian noise* ($\alpha=1,5$) e *Pink noise* ($\alpha=1,0$) onde o *White noise* não representa adaptabilidade, o *Brownian noise* é caracterizado por não representar um comportamento muito complexo, enquanto o *Pink noise* reflete um sistema de complexidade otimizado para se adaptar as mais diversas situações (DUCHARME; VAN EMMERIK, 2018)

A tentativa de longa duração foi subdividida em 3 momentos: 5 minutos iniciais, 5 minutos intermediários e 5 minutos finais. Cada momento foi subdividido em 10 janelas de 30 segundos. Depois disso, foram calculadas as médias dos valores para cada variável nos três períodos. Esse janelamento foi feito para compreender em detalhes o comportamento dos participantes com DP e do GC no decorrer da tarefa. Já as tentativas de curta duração foram comparadas entre grupos (DP x GC). Para cada tentativa de curta duração, os dez primeiros segundos foram desconsiderados para o cálculo das variáveis pois é nesta etapa que ocorre a adaptação para a realização da tarefa.

2.2.5. *Análise estatística*

O nível de significância será mantido em $p<0,05$ para todas as análises e o programa SPSS 21.0 será utilizado para o tratamento estatístico. Será realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade de todas as variáveis de interesse empregadas no estudo. Ainda, o teste de Mauchly e teste de Levene foram realizados para verificação da esfericidade e homogeneidade dos dados respectivamente. As tentativas de curta duração foram analisadas por meio de ANOVA one-way com fator para grupo (DP x GC). Os parâmetros de oscilação corporal de longa duração foram analisados por meio de ANOVA two-way com fator para momento (5 minutos iniciais x 5 minutos intermediários x 5 minutos finais) e grupo (DP x GC).

Ainda foi utilizado o teste post hoc de Tukey, com níveis de significância ajustados quando interação significativa entre os fatores for apresentada.

2.3. Resultados

Dois participantes do grupo DP foram excluídos da amostra devido a não finalizar a tarefa postural prolongada de 15 minutos por relatar desconforto durante o protocolo experimental (um participante parou a tarefa nos 5 minutos enquanto o outro parou nos 9 minutos). Ambos foram excluídos devido não concluir a tentativa postural de longa duração. Ainda, houve um erro no software de aquisição de dados durante a coleta de três participantes (um participante do grupo DP e dois participantes do grupo controle. O software reiniciou durante a coleta dos três participantes impossibilitando que os dados fossem salvos. Estes participantes também foram excluídos da amostra restando 23 participantes que compuseram o grupo DP e 23 participantes que compuseram o grupo controle. Os participantes restantes realizaram as tarefas posturais prolongadas e de curta duração sem reportar desconforto ou fadiga entre e após as tarefas. Ambos os grupos foram similares em idade, altura, peso e testes cognitivos não apresentando nenhum declínio cognitivo. A tabela 1.1 apresenta as características antropométricas, cognitivas, escolaridade e estagiamento da doença dos idosos com DP e do características do grupo controle. Não houve diferença significativa entre os grupos para idade, estatura, massa corporal e MEEM. ($p > 0,05$).

Tabela 1.1 Médias e desvios padrão de características gerais e parâmetros clínicos para o grupo DP e grupo controle. Os valores de P e F (entre parênteses) são apresentados na última coluna. Entre parênteses são apresentados os valores mínimo e máximo.

	DP (n = 23)	GC (n = 23)	P
Idade (anos)	69 ± 8 (62 até 83)	67 ± 6 (63 até 83)	0,56 (F _(1,45) = 0,342)
Massa corporal (kg)	71,2 ± 16,3 (58 até 106)	75.9 ± 13.8 (47 até 97)	0,31 (F _(1,45) = 0,562)
Altura (m)	1,60 ± 0,10 (1,47 até 1,78)	1.62 ± 0.07(1.47 até 1.77)	0,46 (F _(1,45) = 0,50)
MEEM (pts)	26,6± 2,4 (24 até 30)	26,6 ± 1,8 (25 até 30)	0,94 (F _(1,45) = 1,049)
Tempo de doença (anos)	6 ± 3 (1 até 13)	-	-
Idade que a DP começou (anos)	62 ± 9 (47 até 79)	-	-
DDEL (mg/d)	472,83± 332,7 (0 até 1250)	-	-
H&Y	2,25 ± 0,5 (1 até 3)	-	-
UPDRS - III	24,73 ± 8,12 (19 até 36)	-	-

DDEL*: Dose diária equivalente a levodopa; H&Y* Hoehn & Yahr

2.3.1. *Postura prolongada*

A figura 1.1 ilustra a oscilação corporal (AP – Figura A, B e ML – Figura C, D) dos participantes com DP e GC durante a tarefa postural prolongada. A figura E, F ilustra a área de oscilação dos participantes com DP e GC.

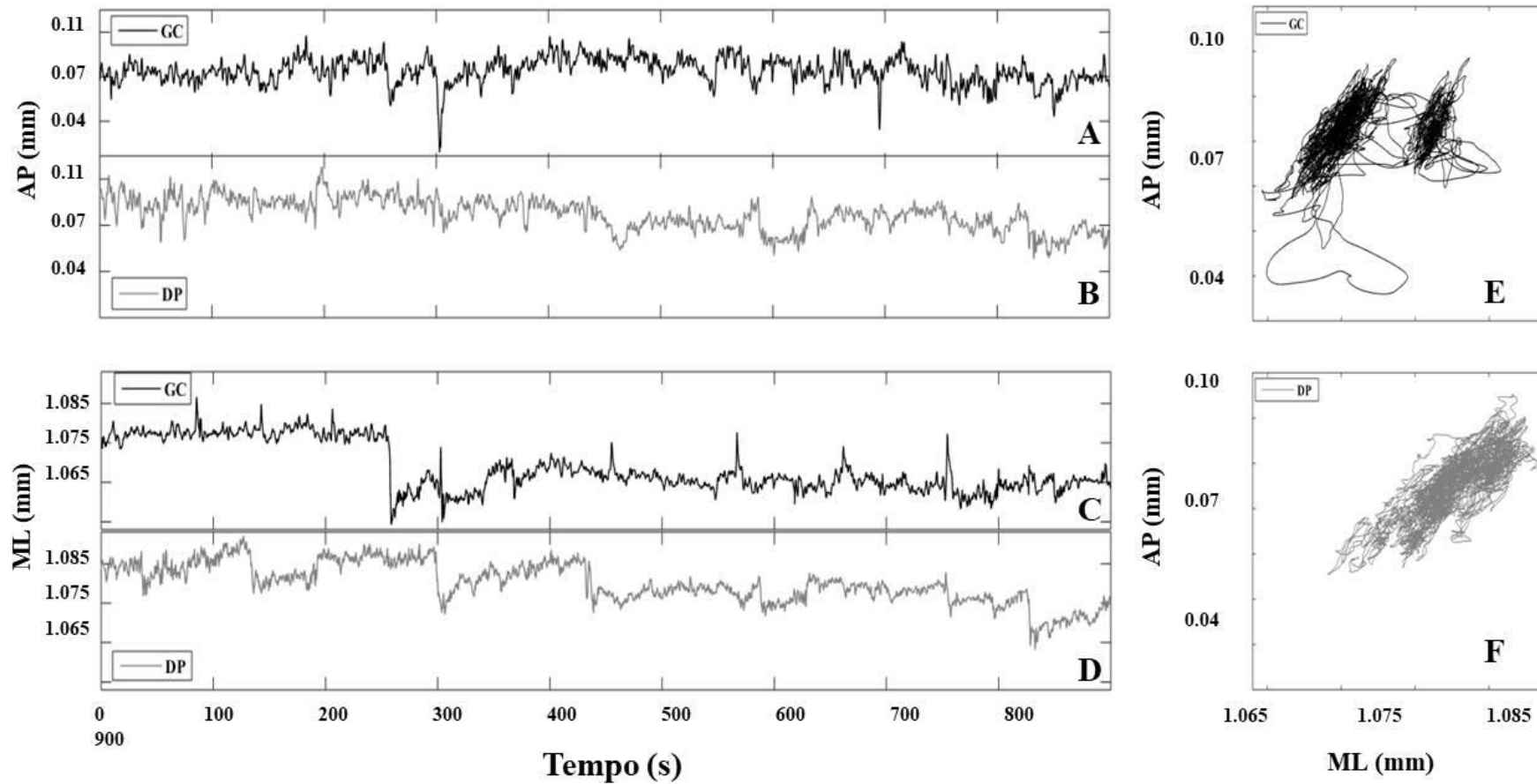


Figura 1.1. Exemplo típico da oscilação corporal AP (A, B) e ML (C, D) e área de oscilação (E, F) do grupo DP e GC. O GC está representado pelos gráficos em preto e o grupo DP está representado pelos gráficos em cinza.

Durante a análise da oscilação corporal através do marcador posicionado na vértebra L2 durante a tarefa postural prolongada, a ANOVA não apresentou efeito principal de momento em nenhuma das variáveis analisadas ($p > 0,05$). Entretanto, a ANOVA apresentou efeito principal de grupo para a maioria das variáveis: amplitude AP [$F(1,45) = 16,137$, $p < 0,001$] e ML [$F(1,45) = 16,308$, $p < 0,001$], velocidade AP [$F(1,45) = 10,347$, $p < 0,002$] e ML [$F(1,45) = 17,213$, $p < 0,002$], RMS AP [$F(1,45) = 17,410$, $p < 0,001$], e ML [$F(1,45) = 12,771$, $p < 0,001$], área [$F(1,45) = 94,002$, $p < 0,001$], DFA AP [$F(1,45) = 7,575$, $p < 0,009$] e ML [$F(1,45) = 6,355$, $p < 0,01$]. A tabela 1.2 apresenta os dados da tarefa postural prolongada do grupo DP e grupo Controle separados por momentos de análises (5 minutos, 10 minutos e 15 minutos).

Tabela 1.2. Média e desvio padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural prolongada durante os períodos iniciais, intermediários e finais para os participantes do grupo Parkinson e Grupo Controle.

	Parkinson			Grupo Controle			Fator Grupo	Interação Período*Grupo		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	F	p	F	p
Amplitude AP (cm)	2,78 ± 1,11	2,81 ± 1,18	2,79 ± 1,20	1,74 ± 0,51	1,74 ± 0,52	1,76 ± 0,58	F_(1,45) = 16,137	0,001	ns	ns
Amplitude ML (cm)	0,64 ± 0,30	0,64 ± 0,30	0,65 ± 0,31	0,36 ± 0,13	0,36 ± 0,14	0,38 ± 0,15	F_(1,45) = 16,308	0,001	ns	ns
Velocidade AP (cm/s)	0,47 ± 0,14	0,47 ± 0,15	0,47 ± 0,16	0,34 ± 0,13	0,35 ± 0,10	0,35 ± 0,10	F_(1,45) = 10,374	0,002	ns	ns
Velocidade ML (cm/s)	0,15 ± 0,05	0,14 ± 0,05	0,15 ± 0,05	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,03	F_(1,45) = 17,213	0,001	ns	ns
RMS AP (cm)	0,86 ± 0,38	0,85 ± 0,38	0,85 ± 0,43	0,49 ± 0,13	0,49 ± 0,15	0,50 ± 0,16	F_(1,45) = 17,410	0,001	ns	ns
RMS ML (cm)	0,22 ± 0,09	0,21 ± 0,09	0,21 ± 0,10	0,14 ± 0,04	0,13 ± 0,05	0,13 ± 0,05	F_(1,45) = 12,771	0,001	ns	ns
Área (cm²)	0,36 ± 0,06	0,33 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,55 ± 0,08	0,51 ± 0,08	0,49 ± 0,07	F_(1,45) = 94,002	0,001	F_(2,90) = 4,169	0,02
DFA AP	1,26 ± 0,13	1,25 ± 0,13	1,26 ± 0,14	1,17 ± 0,09	1,16 ± 0,10	1,17 ± 0,12	F_(1,45) = 7,575	0,009	ns	ns
DFA ML	1,22 ± 0,13	1,28 ± 0,14	1,26 ± 0,13	1,15 ± 0,09	1,15 ± 0,08	1,15 ± 0,08	F_(1,45) = 6,355	0,01	F_(2,90) = 5,606	0,007

ns*: valores não significantes (p>0,05).

O post hoc de Tukey apontou que apenas a variável área apresenta maiores valores para o grupo GC comparado ao DP ($p < 0,001$). Pacientes com DP apresentam maiores valores de amplitude AP ($p < 0,001$) e ML ($p < 0,001$), velocidade AP ($p < 0,002$) e ML ($p < 0,001$), RMS AP ($p < 0,001$) e ML ($p < 0,001$), DFA AP ($p < 0,009$) e ML ($p < 0,01$) comparado aos seus pares saudáveis. Em adição, verificou-se interação grupo*momento para as variáveis área [$F = 2,90 = 4,169$, $p < 0,02$] e DFA ML [$F = 2,90 = 5,606$, $p < 0,007$]. O *post hoc* indicou que a área do GC foi maior que a área do grupo DP em todos os períodos avaliados ($p < 0,001$ em todos os períodos). Apenas para o GC, o post hoc indicou que a área do período inicial foi maior que a área do período final ($p < 0,05$). Por outro lado, para o DFA ML, o grupo DP apresentou maiores valores que o grupo GC em todos os períodos (inicial, $p < 0,05$; intermediário, $p < 0,007$; final, $p < 0,01$). Ainda, apenas para o grupo DP, o DFA ML apresentou valores maiores nos períodos intermediários ($p < 0,001$) e finais ($p < 0,01$) quando comparados ao período inicial. A figura 1.2 representa as variáveis de interação grupo*momento das variáveis DFA ML e área de oscilação.

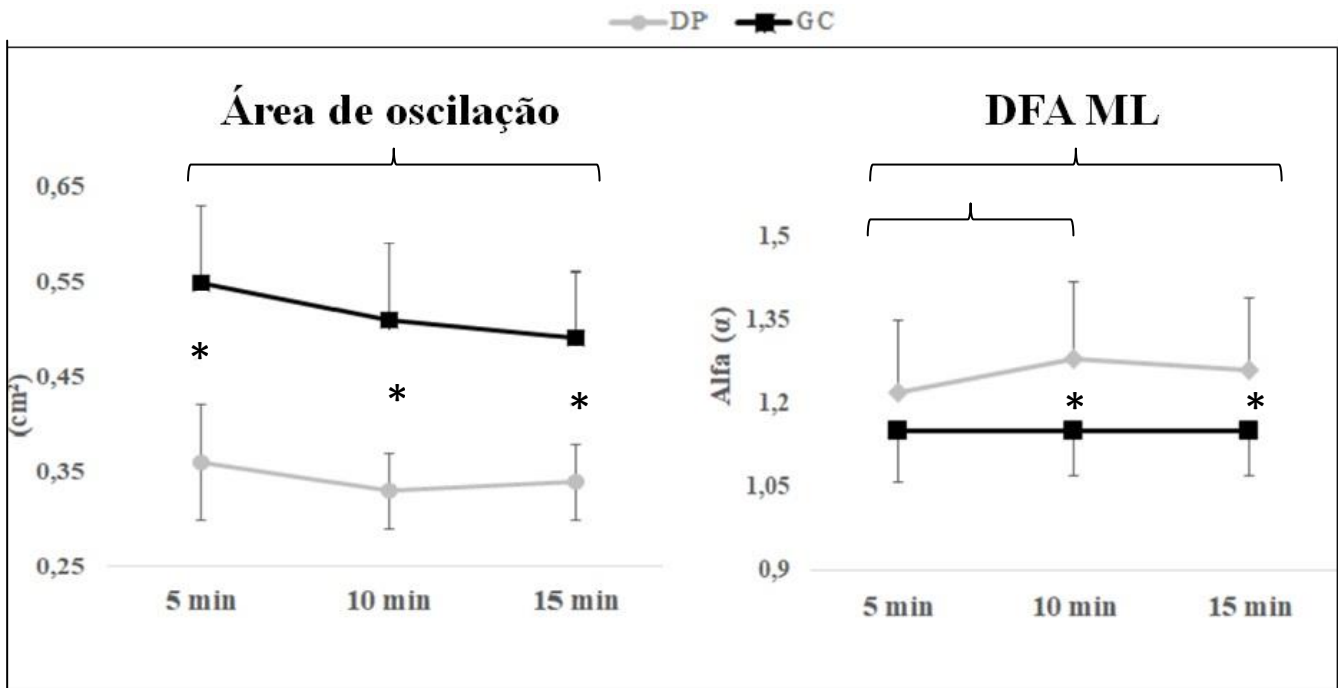


Figura 1.2. Médias e desvios padrão da interação grupo*momento nas variáveis área e DFA ML do marcador L2 durante tarefa postural prolongada.

2.3.2. Postura curta duração

Para a análise das tarefas de curta duração, a ANOVA apontou efeito principal de grupo, onde pacientes com DP apresentaram maiores valores na variável amplitude AP [$F=1,44 = 9,411$, $p<0,004$], RMS AP [$F=1,44 = 9,360$, $p<0,004$] e DFA ML [$F=1,44 = 19,122$, $p<0,001$]. A tabela 1.3 representa as médias dos grupos DP e GC durante a tarefa de curta duração. Ainda, a figura 1.3 traz os gráficos das variáveis diferença significativas entre os grupos.

Tabela 1.3. Médias e desvios padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural de curta duração antes da realização da tarefa postural prolongada.

	DP	GC	F valor	p valor
Amplitude AP (cm)	3,08 ± 0,66	2,49 ± 0,46	F_(1,44) = 9,411	0,004
Amplitude ML (cm)	0,41 ± 0,14	0,46 ± 0,17	ns	ns
Velocidade AP (cm/s)	0,43 ± 0,09	0,38 ± 0,08	ns	ns
Velocidade ML (cm/s)	0,10 ± 0,04	0,10 ± 0,02	ns	ns
RMS AP (cm)	0,66 ± 0,14	0,53 ± 0,09	F_(1,44) = 9,360	0,004
RMS ML (cm)	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,02	ns	ns
Área (cm²)	0,53 ± 0,22	0,78 ± 0,52	ns	ns
DFA AP	1,73 ± 0,09	1,65 ± 0,11	ns	ns
DFA ML	1,74 ± 0,09	1,63 ± 0,13	F_(1,44) = 19,122	0,001

ns*: valores não significantes ($p>0,05$).

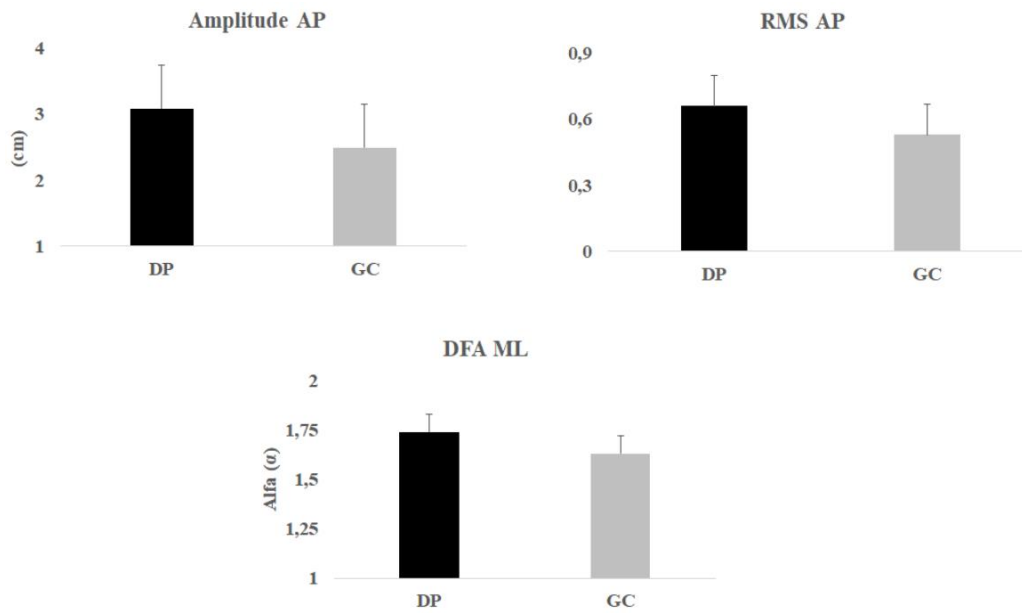


Figura 1.3. Média e desvio padrão da oscilação corporal nas variáveis de amplitude AP, RMS AP e DFA ML do grupo DP e GC durante a tarefa de curta duração (1 min) antes da realização da tarefa postural prolongada.

2.4. Discussão

O presente estudo teve o objetivo investigar o comportamento de idosos com DP durante uma tarefa postural prolongada semi-restrita através da oscilação corporal. A hipótese principal do estudo foi que o grupo DP reduziria a oscilação corporal e teriam a complexidade dos sistemas reguladores da postura menores que seus pares saudáveis. Uma parte de nossa hipótese foi confirmada. Realmente o grupo DP apresentou uma complexidade do sistema inferior ao GC além de apresentar uma área de oscilação corporal menor. Curiosamente, ao contrário de nossa primeira hipótese, os pacientes com DP realizaram a tarefa postural prolongada semi-restrita com maior amplitude e velocidade de oscilação nas direções AP e ML. Estes achados mostram que indivíduos com DP possuem uma dificuldade em realizar respostas adequadas durante longos períodos em pé além de possuir pouca adaptabilidade. Ainda, nossa segunda hipótese também foi confirmada. O grupo DP apresenta um comportamento diferente quando realiza tarefa postural de curta duração com maiores amplitudes de oscilação e tanto o grupo DP como o

controle apresentaram a adaptabilidade dos sistemas reduzidos durante as tentativas de curta duração. Contudo, valores de área de oscilação e de velocidade não apresentaram diferenças significativas nas tentativas curtas, porém, mostraram uma grande variação nas tentativas prolongadas, mostrando assim, que as tentativas prolongadas parecem ser um teste mais sensível para avaliar o controle postural de idosos com DP.

Pacientes com DP apresentaram comportamento diferente de idosos saudáveis durante a tarefa postural prolongada. Neste tipo de tarefa, o grupo DP reduziu a área de oscilação e a adaptabilidade do sistema enquanto as variáveis de velocidade e amplitude de oscilação aumentaram comparado ao GC. Isso ocorreu em ambas as direções e durante toda a tentativa. Em tarefas prolongadas espera-se que os indivíduos realizem ajustes posturais em curtos espaços de tempo (por volta de 1 a 2 minutos) assim como fazem adultos jovens para que possa responder de forma eficaz as possíveis perturbações ou desconforto causado pela tarefa para concluí-la com o máximo de eficiência e o mínimo de desconforto e fadiga (DUARTE; ZATSIORSKY, 1999, 2000; FREITAS et al., 2005; ZHANG; DRURY; WOOLLEY, 1991). Entretanto, o envelhecimento parece reduzir a adaptabilidade dos sistemas reguladores da postura, fazendo com que os indivíduos deixem de realizar com frequência os ajustes posturais e conseqüentemente diminuem a área de oscilação (DUARTE; STERNAD, 2008). Pessoas com DP apresentam respostas posturais inadequadas e atrasadas devido aos prejuízos nos reflexos posturais (BARBIERI et al., 2019; BERETTA et al., 2015; BOONSTRA et al., 2016) e nas estruturas cerebrais (BOSEK et al., 2005), os efeitos da tarefa postural prolongada foram exacerbados reduzindo ainda mais as alterações posturais. Essa redução na oscilação corporal é considerada uma estratégia conservadora para executar a tarefa postural prolongada (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). Apesar de uma maior velocidade de oscilação permitir responder a um estímulo com maior rapidez e conseqüentemente aumentar a oscilação para realizar o ajuste, acreditamos que nesta tarefa, isso não ocorre devido ao comprometimento nas estruturas causada pela doença em indivíduos com DP (BOSEK et al.,

2005). Além disso, o aumento da velocidade de oscilação durante a tarefa postural prolongada bipodal é um efeito relacionado ao envelhecimento (PRIETO et al., 1996). O aumento da velocidade de oscilação em uma posição quieta reflete o declínio relacionado a idade e no atraso do processamento e ativação muscular que prejudicam mecanismos de feedback prejudicando os ajustes posturais (VSETECKOVÁ; DREY, 2013). Dessa forma, parece existir uma relação entre as adaptações durante as tarefas posturais prolongadas e a Doença de Parkinson. Ainda, a combinação de redução da área de oscilação com maior velocidade e amplitude de oscilação mostra que o grupo DP realiza ajustes posturais inadequadas para permanecer por longos períodos em pé. Esses ajustes sub-ótimos podem gerar uma falha do sistema de controle postural em responder a uma perturbação externa aumentando a chance de queda. A adaptabilidade postural comprometida pode ser explicada dessa forma em indivíduos com DP. O grupo DP apresentou um comportamento Brownian Noise ($\alpha = 1,28$) característico por ser um comportamento mais restrito e aleatório, e conseqüentemente pouco adaptável (PENG et al., 1995; RHEA et al., 2015). A redução da adaptabilidade em indivíduos com DP parece indicar que eles evitam explorar o limite de estabilidade durante tarefas posturais prolongadas devido a dificuldade em adaptar-se as complexas alterações posturais.

Duarte e Zatsiorsky (1999) associaram a adaptabilidade do sistema controlador da postura as variáveis que representam o comportamento durante a tarefa prolongada. São elas: *shifting* (deslocamento rápido da posição média de oscilação de uma região para outra) *drifting* (deslocamento contínuo e lento da posição média da oscilação) e *fidgiting* (rápido e grande deslocamento da oscilação seguido de um retorno para uma posição próxima da que estava). Apesar de não termos calculado essas variáveis, podemos explicar nossos achados da baixa adaptabilidade do grupo DP devido a um número reduzido de *shiftings* e *fidgetings*, porém, com um número maior de *drifting*. Portanto, as pessoas com DP evitam alterar a área de oscilação de uma região para outra (ver a Figura 1.1F), mantendo o deslocamento contínuo da oscilação, representado pela maior variabilidade da oscilação (RMS) no grupo DP, mas na mesma posição,

o que reduziu a área de oscilação. Além disso, a maior amplitude da oscilação pode sugerir que o grupo DP tentou modificar a posição da oscilação (mudanças de fidgeting), que é uma estratégia comum durante manutenção da postura prolongada (FREITAS et al., 2005; LAFOND et al., 2009; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011), porém, devido aos sinais e sintomas causados pela doença, como a rigidez, o sistema dessa população adotou uma estratégia mais segura voltando para a mesma posição de oscilação. A diminuição dessas transferências de peso entre os membros inferiores reforça a adaptabilidade reduzida dos sistemas de controle de postura no grupo DP uma vez que não conseguem adaptar-se aos ajustes e acabam tornando-se menos complexos e mais previsíveis. A redução da adaptabilidade durante a tarefa postural prolongada parece ajudar a entender o alto número de quedas na DP. Por outro lado, embora indivíduos neurologicamente saudáveis também apresentem efeitos do envelhecimento no sistema de controle postural, eles apresentaram um sistema de controle da postura mais adaptável quando comparado ao grupo DP durante uma tarefa prolongada. Os valores de DFA para o GC também apresentou semelhanças a outros estudos (DUARTE; STERNAD, 2008). O GC pareceu realizar a migração de área de oscilação para outro ponto (shiftings) (ver Figura 1.1E).

O comportamento do sistema de controle postural em tarefas posturais prolongadas em apoio bipodal pode ser explicado pelo feedback disfuncional do controle contínuo e intermitente. O feedback contínuo contribui para os ajustes do Centro de Massa através de uma resposta motora adequada (PETERKA, 2000, 2002). O feedback intermitente regula respostas corretivas pré-programadas desencadeadas por eventos (como a necessidade de realizar um ajuste) o que pode explicar um atraso significativo no processamento neural (BOTTARO et al., 2005; GAWTHROP et al., 2011, 2014). Indivíduos com DP possuem déficits no núcleo pedúnculo pontino e nas vias reticuloespinais responsáveis pelo controle do feedback contínuo e intermitente (PERERA et al., 2018). A falha de processamento em uma área necessita de compensações por outros sistemas. Por exemplo, uma falha no controle contínuo, como o

aumento da amplitude e variabilidade (RMS) da oscilação requer uma ação compensatória do sistema intermitente com maior velocidade de oscilação e o contrário também é certo, uma falha no controle intermitente exige mais do controle contínuo, mostrando que existe uma interação entre os dois sistemas de controle durante tarefas posturais prolongadas em pé em pessoas com DP.

Apesar da interação entre os sistemas, eles parecem não funcionar corretamente na DP o que pode dificultar o controle em tarefas posturais prolongadas além de dificultar os ajustes, podendo aumentar o desequilíbrio por correções posturais inadequadas e ocasionar quedas. Ainda, o controle de feedback contínuo e intermitente é controlado pelo sistema somatossensorial (TANABE et al., 2016) o que também está prejudicado em pessoas com DP uma vez que possuem déficits sensoriais e proprioceptivos (BENATRU; VAUGOYEAU; AZULAY, 2008; HORAK; DIMITROVA; NUTT, 2005) e que ficam mais evidentes em tarefas posturais mais desafiadoras devido a exacerbação dos ajustes corporais (BERETTA et al., 2015). Também houve um efeito durante a tarefa postural prolongada nos últimos 5 minutos para ambos os grupos. Houve uma redução da área de oscilação no grupo controle e aumento do valor do DFA na direção ML para o grupo DP. Esses achados são diferentes dos encontrados em trabalhos anteriores que mantêm a área de oscilação igual ao início e sem alterações nos valores da complexidade do sistema (DUARTE; STERNAD, 2008; FREITAS et al., 2005). Essas diferenças podem estar relacionadas ao tempo da tentativa. Enquanto os estudos acima possuíam a duração da tentativa prolongada de 30 minutos, a tarefa postural deste trabalho tem a duração de 15 minutos. Devido aos déficits causados pela DP, a tentativa teve a duração reduzida para 15 minutos a fim de evitar comprometimento do grupo de pacientes com DP devido a exacerbação da fadiga e mobilidade reduzida. Mesmo com a duração da tentativa de 15 minutos, 2 participantes não conseguiram concluir a tentativa prolongada. Ainda, podemos sugerir que essa modificação para ambos os grupos nos 5 minutos finais pode ter ocorrido devido a fadiga muscular. O grupo DP reduziu a adaptabilidade enquanto o GC adotou uma postura mais rígida,

diminuindo a área de oscilação. Essas alterações podem ser entendidas como um meio encontrado para concluir a tarefa, porém, podem contribuir significativamente para ocorrer queda durante a tarefa. Os efeitos da fadiga muscular no controle postural já estão bem esclarecidos na literatura (BARBIERI et al., 2019b; PAPA; FOREMAN; DIBBLE, 2015; SANTINELLI et al., 2019; SANTOS et al., 2014).

Por fim, ao observar as tentativas de curta duração, nota-se que existe diferença de comportamento entre as tentativas de curta e as tentativas de longa duração. Enquanto nas tarefas prolongadas o sistema precisa estar em constante ajuste, nas tarefas de curta duração realizadas com a instrução de ficar o mais parado possível parece não necessitar de grande complexidade dos sistemas. Ambos os grupos não foram diferentes em velocidade AP e ML, área e amplitude ML e a tarefa não parece necessitar de grande adaptabilidade para ser realizada. Ainda, o comportamento do olhar apresenta características diferentes durante as tarefas longas e curtas. Em tarefas prolongadas os indivíduos mantinha o olhar fixo em um ponto projetado no monitor, mostrando uma diferença comparado as tentativas prolongadas onde os participantes realizavam constantes alterações de fixação do olhar em busca de informações visuais relevantes para a execução da tarefa, podendo influenciar o comportamento postural durante a manutenção postural. Apesar destas limitações, acreditamos que a tarefa postural prolongada proporciona uma melhor representação do controle postural além de conseguir distinguir com maior clareza indivíduos com DP de seus pares saudáveis. (JEHU et al., 2018).

Mesmo com descobertas interessantes deste estudo, as interpretações devem ser analisadas cuidadosamente. Primeiro, não analisamos os tipos de alterações nos dados de oscilação proposto por Duarte e Zatsiorsky (1999) (fidget, shift e drift), o que poderia melhorar nossa compreensão do controle postural durante uma tarefa prolongada em indivíduos com DP. No entanto, este é o primeiro estudo que analisou os efeitos da postura prolongada nessa população. Segundo, os participantes realizaram a tarefa postural prolongada em pé, com a posição imóvel dos pés. Esta instrução pode aumentar o desconforto musculoesquelético e a

fadiga. Embora nenhum indivíduo tenha relatado, esse aspecto deve ser considerado em nossos achados.

2.5. Conclusão

Este estudo apontou que a tarefa postural prolongada em pé reduziu a adaptabilidade dos sistemas reguladores da postura em indivíduos com DP em comparação a idosos saudáveis. O grupo DP apresentou um comportamento arriscado durante a manutenção da postura por longos períodos aumentando a amplitude e velocidade em uma área reduzida. Esse comportamento pode aumentar a chance de quedas devido a dificuldade em realizar ajustes posturais adequados por longos períodos devido aos déficits causados pela DP. Além disso, a tarefa postural prolongada em pé pode dar uma visão mais detalhada do comportamento de pacientes com DP em relação a idosos saudáveis.

CAPÍTULO 3

3. Estudo 2 – Efeitos do exercício físico aeróbio no controle postural durante tarefa em pé de longa duração em idosos com Doença de Parkinson

3.1. Introdução

A prática regular de exercício físico é benéfica para idosos com DP (CRIZZLE; NEWHOUSE, 2006; EARHART; FALVO, 2013; FIORELLI et al., 2019). Os estudos na literatura são consistente e indicam que o exercício físico aeróbio em intensidade moderada ou alta, aliado ao tratamento medicamentoso, traz efeitos benéficos aos sinais e sintomas da DP. Entre os benefícios, podemos citar a melhora dos parâmetros da marcha (ARCOLIN et al., 2015), cognição (FIORELLI et al., 2019), depressão (SAJATOVIC et al., 2017), fadiga (LIMA; SCIANNI; RODRIGUES-DE-PAULA, 2013) e postura (CAKIT et al., 2007; GOODWIN et al., 2008).

O exercício aeróbio apresentam benefícios significativos para o controle postural em idosos com DP (GOODWIN et al., 2008; SCHLENSTEDT et al., 2015). Os principais benefícios estão relacionados ao processo de neuroplasticidade do cérebro (SMITH; ZIGMOND, 2003). Ainda, o exercício aeróbio também parece amenizar sintomas da doença, reduzindo a dificuldade de respostas para realizar ajustes posturais (BURKE; BARNES, 2006). Outros efeitos que podem estar relacionado aos benefícios para o controle postural são a melhora da função executiva e aprendizagem e da capacidade aeróbia (DUCHESNE et al., 2015). Desta forma, o treinamento aeróbio com intensidade alta em pacientes com DP mostra-se eficaz para reduzir a instabilidade postural (CAKIT et al., 2007).

Apesar de benefícios satisfatórios para a melhora da marcha, redução da instabilidade postural e diminuição de sintomas não-motores, ainda não se sabe com clareza o efeito do exercício aeróbio no controle da postura em idosos com DP, especialmente em tarefas de longa duração. Idosos com DP possuem um comportamento arriscado enquanto realizam uma tarefa postural prolongada reduzindo a área e aumentando a velocidade de oscilação comparado aos

seus pares saudáveis (Estudo 1). Desta forma, entender o efeito do exercício aeróbio no controle postural durante tarefa de longa duração pode contribuir para a promoção de programas de exercícios mais eficazes para o equilíbrio e controle postural em indivíduos com DP, uma vez que tarefas prolongadas podem ser mais sensíveis que tarefas posturais curtas para determinar as estratégias de controle do equilíbrio em pessoas com DP (Estudo 1). Além disso, apesar da literatura apresentar possíveis benefícios do exercício aeróbio para o controle postural, há duas limitações importantes nos estudos: i) analisaram o controle postural através de testes motores e não com equipamentos finos sendo que desta forma não olharam efetivamente possíveis estratégias para o controle postural; ii) as avaliações utilizadas foram realizadas em tarefas de curta duração, não explorando a capacidade de adaptação do sistema postural, como ocorre em uma tarefa postural prolongada.

Diante do exposto, o objetivo do estudo é analisar o efeito de uma intervenção de 12 semanas de exercício físico aeróbio no controle da postura de longa duração em idosos com DP. Nossa hipótese é a de que o exercício aeróbio irá melhorar a neuroplasticidade e além de efeitos positivos na musculatura, como a resistência muscular, facilitando a realização da tarefa postural. Com isso, o idoso com DP deverá reduzir a oscilação para diminuir o gasto energético e conseqüentemente, o risco de desequilíbrio por ajustes inadequados, uma vez que conseguirá confiar em seus sistemas responsáveis pelo equilíbrio.

3.2. Método

3.2.1. Participantes

Participaram do estudo 21 participantes com DP, recrutados do Projeto de extensão ATIVA PARKINSON - UNESP- Bauru. Os participantes foram informados sobre os objetivos e o protocolo experimental do estudo e forneceram o consentimento para participação através de sua assinatura ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 97193318.1.0000.5398).

Os critérios de inclusão foram similares aos do Estudo 1: ter idade superior a 60 anos, possuir diagnóstico da DP fornecido por um médico neurologista de acordo com os critérios determinados pelo Banco de Cérebro de Londres (HUGHES et al., 1992), apresentar estágio de I a III na escala de Hoehn e Yahr (HOEHN; YAHR, 1967) e não possuir declínio cognitivo (escore inferior a 24 no Mini Exame do Estado Mental- MEEM) (ALMEIDA, 1998). Ainda, como critério de inclusão, o participante do grupo DP deveria estar sob tratamento medicamentoso há pelo menos 3 meses sem sofrer alteração da medicação específica para a doença neste período. Os participantes que não conseguiram concluir o protocolo experimental (frequência mínima de presença nas sessões de treinamento de 70% e realizar os 15 minutos da postura prolongada) foram excluídos do estudo.

3.2.2. *Procedimentos Experimentais*

Os participantes deveriam comparecer duas vezes ao laboratório, antes de iniciar o protocolo de intervenção de 12 semanas de exercício aeróbio e após o término da intervenção. Em ambas visitas, os participantes foram agendados de acordo com o horário da sua medicação. Este procedimento foi realizado para que todos estivessem no estado ON da medicação dopaminérgica no momento da avaliação postural e foi definido como uma hora após a primeira dose diárias da medicação antiparkinsoniana.

Inicialmente, os participantes realizaram a tarefa postural de longa duração. Ela foi realizada em apoio bipodal com os pés posicionados paralelamente e afastados na largura pélvica individual. Os participantes realizaram a postura prolongada descalços e permaneceram em pé em frente a um monitor posicionado a dois metros de distância. Para garantir o posicionamento dos pés no mesmo local, o contorno dos pés dos participantes foi desenhado em uma folha de papel pardo e fixados no chão. Os participantes foram instruídos a permanecer o mais confortável possível, permitindo assim, transferir o peso de uma perna para outra desde que não retirassem os pés do desenho durante toda a tentativa. Foi realizada uma única tentativa de

longa duração de 15 minutos para mensuração do controle postural. Ainda, para evitar que a tarefa se torna-se monótona, durante os 15 minutos da tarefa postural prolongada, os participantes assistiram a um documentário intitulado: “Alimentos inteligentes”. Após o término da tarefa postural prolongada, os participantes realizaram os testes clínicos e cognitivos.

Finalizado o primeiro dia de avaliação, foi iniciado o protocolo de intervenção de 12 semanas de exercício físico aeróbio, onde os participantes realizaram as atividades em grupo (ver protocolo de intervenção na figura 2.1). Após o término da intervenção, os participantes foram agendados para retornar para o laboratório para a reavaliação da postura. A avaliação postural foi igual ao do primeiro dia para observar o efeito da intervenção de 12 semanas de exercício físico. Abaixo, a figura 2.1 mostra um organograma dos procedimentos metodológicos realizados no estudo 2.

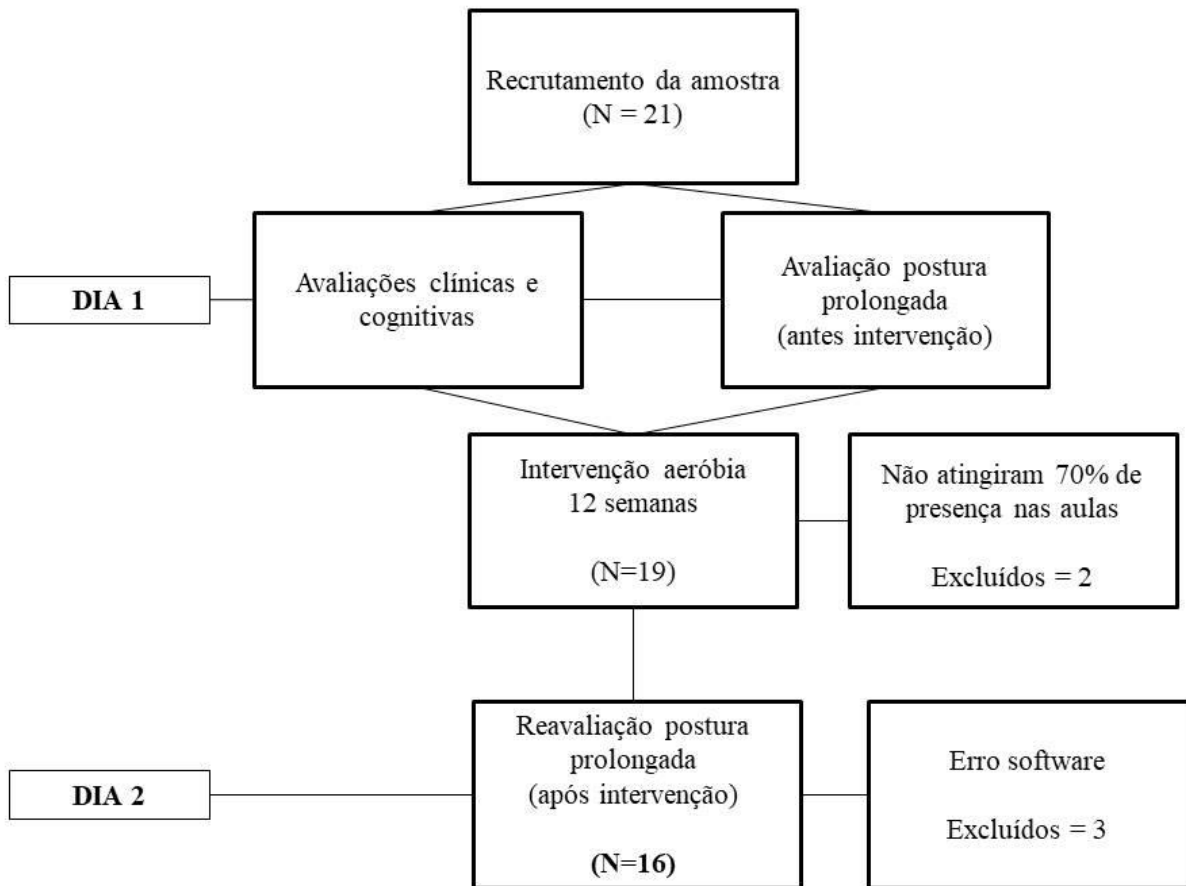


Figura 2.1. Organograma dos procedimentos metodológicos realizados no estudo 2.

3.2.3. Protocolo de intervenção

Os participantes aptos a participar do estudo foram submetidos a um protocolo de intervenção com exercício aeróbio. O protocolo de exercício aeróbio teve a duração total de 12 semanas com aulas sendo realizadas duas vezes por semana, totalizando 24 sessões de exercício. Cada sessão tinha o tempo médio de 50 minutos.

Todas as sessões foram supervisionadas por um profissional de Educação Física. Além disso, as sessões contavam com a participação de estagiários dos cursos de fisioterapia, biomedicina, enfermagem e terapia ocupacional que auxiliavam os participantes durante o período das atividades, uma vez que alguns deles encontravam-se em estágios mais avançados da doença, onde já apresentam leve comprometimento do equilíbrio. Cada estagiário era responsável por no máximo dois participantes. Em casos específicos de participantes com

freezing da marcha, discinesia e instabilidade postural, estes eram acompanhados individualmente para que os riscos de acidente como quedas fossem evitadas.

A intensidade das sessões foi controlada pela Percepção Subjetiva de Esforço (PSE 6-20), sendo indicado ao participante que nível de PSE eles deveriam manter em cada fase da sessão. As sessões foram estruturadas da seguinte maneira: alongamento e aquecimento (duração de 5 minutos) onde alongavam a musculatura e iniciavam uma tarefa dupla para que os participantes iniciassem o andar acelerado (escala 9 na PSE) enquanto respondiam questões simples, por exemplo: 5+5; 8-3, nome de animais com a letra “c”, nome de frutas vermelhas, etc). Em seguida, iniciava a parte principal, especificamente o treinamento aeróbio (25 a 30 minutos), onde um circuito era elaborado com arcos, cones e steps para aumentar a dificuldade da tarefa (escala 14-17 na PSE). No final de cada sessão era realizada a volta à calma (10 minutos) com atividades respiratórias. Foram incluídos no estudo apenas os participantes que atingiram a frequência mínima de 70%. Todos os participantes foram instruídos a manter as suas atividades de vida diárias e a não se envolver em nenhum outro protocolo de treinamento durante a intervenção.

3.2.4. Avaliação clínica e cognitiva

Os participantes do estudo foram avaliados por um avaliador experiente e habilitado para a avaliação clínica e cognitiva em pessoas com DP. O avaliador utilizou de ferramentas consideradas padrão ouro para a avaliação clínica de pacientes com DP: os aspectos clínicos dos participantes foram avaliados através da escala de Hoehn e Yahr (HOEHN; YAHR, 1967), UPDRS parte III motora (FAHN S; ELTON RL; MEMBERS OF THE UPDRS DEVELOPMENT COMMITTEE, 1987) e o MEEM (ALMEIDA, 1998). A escala de Hoehn & Yahr analisa o estágio em que a doença se encontra: indica se o participante possui comprometimento unilateral, unilateral sem comprometimento axial, com comprometimento axial, comprometimento bilateral e nível da resposta dos reflexos posturais. A escala de H&Y

varia de 0, onde não existe sinais ou sintomas da DP, até 5, onde o indivíduo encontra-se acamado. De acordo com os testes do H&Y foi conhecido o estágio em que o participante se encontra por meio das restrições funcionais que o mesmo apresenta. Além dele, foi realizado a UPDRS na subescala III que avalia o grau de acometimento motor através de exame de motricidade. Uma maior na UPDRS III indicar maior comprometimento motor. O MEEM que é caracterizado por questões subdivididas em categorias: orientação temporal e local, escrita, atenção, cálculo, recordar palavras mencionadas, linguagem e capacidade para representar em desenho uma figura. Diferente da UPDRS, quanto maior a pontuação do MEEM, mais preservada é a capacidade cognitiva. A pontuação máxima é de 30 pontos e tornava-se apto a participar do estudo indivíduos com escores iguais ou maiores que 24.

3.2.5. Coleta e análise dos dados

Os dados da oscilação corporal foram adquiridos por 4 câmeras do sistema Vicon Motion System (Bonita System Cameras) utilizando um único marcador passivo e reflexivo posicionado na segunda vértebra lombar (L2) para mensuração da oscilação corporal. Este protocolo é validado e já foi utilizado em outros estudos (CRUZ et al., 2018; GOMES; MORAES; BARELA, 2016). A oscilação corporal foi mensurada durante a tentativa prolongada. Para a análise dos dados da tarefa postural foi criado um algoritmo no software MatLab (MathWorks Natick, MA, EUA). Os dados de oscilação corporal foram filtrados por filtro Butterworth de quarta ordem com uma frequência de corte de 5Hz.

Os parâmetros da oscilação corporal mensurados nas direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) foram: amplitude, velocidade, root mean square (RMS) além da área de oscilação (95% da elipse) e da análise da variável não-linear como o *Detrended Fluctuations Analyses* (DFA). A tentativa de longa duração foi subdividida em 3 momentos: 5 minutos iniciais, 5 minutos intermediários e 5 minutos finais. Cada momento foi subdividido em 10 janelas de 30 segundos. Depois disso, foram calculadas as médias dos valores para cada variável

nos três períodos. Esse janelamento foi feito para compreender em detalhes o comportamento dos participantes com DP no decorrer da tarefa.

3.2.6. *Análise estatística*

O nível de significância foi mantido em $p < 0,05$ para todas as análises e o SPSS 21.0 foi utilizado para o tratamento estatístico. Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade de todas as variáveis de interesse empregadas no estudo. Ainda, teste de Mauchly e teste de Levene foram realizados para verificação da esfericidade e homogeneidade dos dados, respectivamente. Os efeitos do exercício físico para as tentativas de longa duração foram analisados através de ANOVA two-way com fator para intervenção (antes e após) e momento (5 minutos iniciais x 5 minutos intermediários x 5 minutos finais). Ainda foi utilizado o teste post hoc de Tukey, com níveis de significância ajustados quando interação significativa entre os fatores for indicada.

3.3. Resultados

Três participantes não atingiram o mínimo de presença nas aulas para serem incluídos na amostra e por essa razão foram excluídos da amostra. Ainda, dois participantes foram excluídos devido erro durante a aquisição da reavaliação (software desligou), sendo assim 16 participantes foram incluídos na análise dos dados. A tabela 2.1 apresenta os dados antropométricos, gênero, escolaridade e dados clínicos dos idosos com DP que participaram das 12 semanas de intervenção. Durante as 24 aulas, apesar dos participantes estarem acompanhados de estagiários durante as atividades, três quedas ocorreram durante o protocolo. Apesar das quedas, não houve lesão e os participantes continuaram a participação no protocolo.

Tabela 2.1. Médias e desvios padrão de características gerais e parâmetros clínicos dos indivíduos com Doença de Parkinson

Participantes	Gênero	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Altura (m)	MEEM (pts)	H&Y	Escolaridade (anos)	tempo de doença (anos)	Dosagem levodopa mg/dia
1	M	62	81	1,69	30	2	11	11	1000
2	F	75	54	1,52	24	2,5	3	4	500
3	M	60	105	1,65	29	1,5	15	1	375
4	M	63	93	1,73	27	2	15	14	750
5	M	69	81	1,77	26	1	15	8	750
6	M	62	47	1,62	28	2,5	8	10	500
7	M	66	73	1,70	25	3	8	5	750
8	F	63	71	1,48	29	2	8	6	250
9	F	82	68	1,61	27	2	4	3	125
10	M	81	79	1,67	27	2	8	5	750
11	M	66	91	1,73	27	2,5	8	11	500
12	F	72	56	1,74	25	2	8	10	750
13	F	64	54	1,55	25	2,5	6	5	750
14	M	76	81	1,57	30	2	7	7	250
15	F	79	48	1,45	25	2	0	1	375
16	F	64	57	1,57	28	2,5	8	7	1250
Média	9 M/ 7 F	68,37	71,18	1,62	27	2,12	8,25	6,75	601,56
Desvio Padrão		8,32	17,35	0,09	1,89	0,46	4,20	3,73	296,57

3.3.1. Tarefa postural prolongada

A tabela 2.2 apresenta os valores da oscilação corporal durante a tarefa postural prolongada dos participantes com DP antes e após o protocolo de intervenção de 12 semanas. A ANOVA não apresentou efeito principal para momento em nenhuma das variáveis analisadas ($p > 0,05$). Entretanto, a ANOVA apresentou efeito principal para intervenção para as variáveis de velocidade ML [$F(1,15) = 13,842, p < 0,01$] e de área de oscilação [$F(1,15) = 22,921, p < 0,001$]. O post hoc indicou que a velocidade no sentido ML reduziu após o protocolo de exercício aeróbio de 12 semanas ($p < 0,01$). Contrário ao efeito para a velocidade, a área de oscilação aumentou após o protocolo de exercício aeróbio ($p < 0,001$). A ANOVA não apresentou interação intervenção*momento em nenhuma variável ($p > 0,05$).

Tabela 2.2. Médias e desvios padrão da oscilação corporal durante a tarefa postural prolongada durante os períodos inicial, intermediário e final antes e após o protocolo de 12 semanas de intervenção de exercício aeróbio.

	Antes			Depois			Momento	Intervenção		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	F	p	F	p
Amplitude AP (cm)	2,82 ± 0,89	2,87 ± 0,95	2,85 ± 0,99	2,86 ± 1,06	2,85 ± 1,08	2,85 ± 1,07	ns	ns	ns	ns
Amplitude ML (cm)	0,58 ± 0,22	0,59 ± 0,21	0,59 ± 0,21	0,54 ± 0,19	0,55 ± 0,22	0,54 ± 0,22	ns	ns	ns	ns
Velocidade AP (cm/s)	0,48 ± 0,10	0,48 ± 0,11	0,48 ± 0,11	0,47 ± 0,11	0,47 ± 0,11	0,48 ± 0,11	ns	ns	ns	ns
Velocidade ML (cm/s)	0,14 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,04	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,03	ns	ns	F_(1,15) = 13,842	0,01
RMS AP (cm)	0,85 ± 0,25	0,81 ± 0,29	0,83 ± 0,29	0,91 ± 0,34	0,88 ± 0,33	0,87 ± 0,31	ns	ns	ns	ns
RMS ML (cm)	0,22 ± 0,08	0,22 ± 0,09	0,22 ± 0,09	0,25 ± 0,14	0,23 ± 0,13	0,21 ± 0,10	ns	ns	ns	ns
Área (cm²)	0,25 ± 0,03	0,24 ± 0,04	0,25 ± 0,04	0,35 ± 0,08	0,35 ± 0,10	0,35 ± 0,09	ns	ns	F_(1,15) = 22,921	0,001
DFA AP	1,24 ± 0,09	1,27 ± 0,13	1,25 ± 0,09	1,26 ± 0,06	1,25 ± 0,07	1,25 ± 0,05	ns	ns	ns	ns
DFA ML	1,23 ± 0,12	1,25 ± 0,11	1,25 ± 0,11	1,26 ± 0,06	1,25 ± 0,06	1,24 ± 0,06	ns	ns	ns	ns

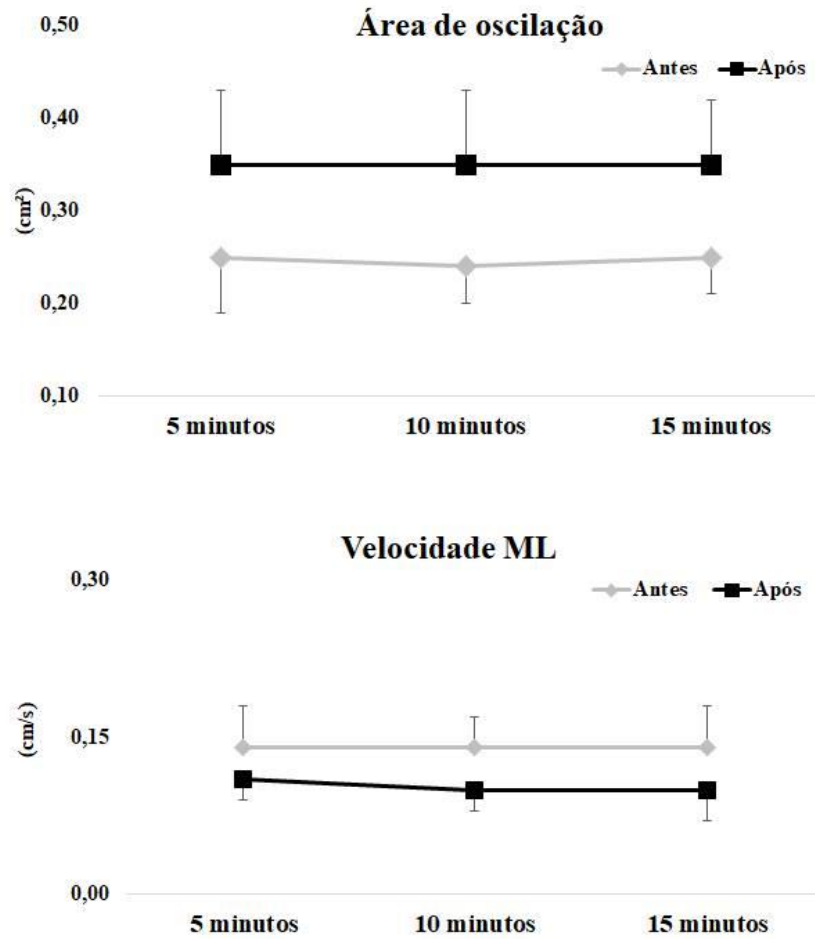


Figura 2.2. Efeito principal de intervenção nas variáveis área e velocidade ML do marcador L2 durante tarefa postural prolongada

3.4. Discussão

O estudo teve o objetivo de investigar o efeito de um protocolo de intervenção de 12 semanas de exercício aeróbio no controle postural de idosos com DP durante uma tarefa postural de longa duração. Os resultados mostraram que os indivíduos com DP não modificaram a adaptabilidade do controle postural (e.g., valores do DFA sem alteração) após o protocolo de intervenção de exercício físico. Por outro lado, a intervenção realizada pelos indivíduos com DP parece contribuir para modificar do comportamento no controle postural, aumentando a oscilação corporal e diminuindo a velocidade de oscilação no sentido ML, confirmando em parte a nossa hipótese. A seguir serão apresentadas justificativas para explicar os achados apresentados neste estudo.

Após a intervenção com exercício físico de característica aeróbia, os participantes diminuíram a velocidade e aumentaram a área de oscilação corporal. Exercícios de característica aeróbia estimulam a redução do estresse oxidativo (COTMAN; BERCHTOLD; CHRISTIE, 2007), além de favorecer o processo de neuroplasticidade e aumento do número de conexões sinápticas (HIRSCH; FARLEY, 2009), o que parece favorecer a melhora do controle postural. Ainda, a intervenção pôde favorecer a integração sensório-motora que facilitou uma resposta mais dinâmica e precisa. Isso pode ser explicado pelo processo de neuroplasticidade desenvolvido pela intervenção que apesar das áreas deterioradas pela doença, consegue responder de forma mais eficiente com a prática regular de exercício (BURKE; BARNES, 2006; SMITH; ZIGMOND, 2003).

O treinamento aeróbio proporcionou uma mudança no comportamento. Essa modificação pode ter ocorrido devido a diminuição dos sinais e sintomas da doenças que permitiu uma resposta refinada do controle postural permitindo que idosos com DP pudessem explorar a área de oscilação com maior controle da velocidade, possibilitando ajustes mais precisos no decorrer da tarefa postural. (BORYSIUK et al., 2018). Ainda, o exercício aeróbio ativa áreas corticais e

subcorticais com respostas semelhantes aos efeitos observados pelo uso de medicamentos antiparkinsonianos (ALBERTS et al., 2011). Dessa forma, o exercício contribui significativamente para amenizar os sinais e sintomas motores e não-motores provenientes da doença (GOODWIN et al., 2008) facilitando e adequando o controle da postura para a realização da tarefa. No caso, o aumento da área de oscilação pode estar relacionado a redução da rigidez muscular, o que permite realizar ajustes posturais deixando de adotar uma postura extremamente restrita e conservadora.

Antes da intervenção proposta, a oscilação restrita em uma área pequena e com grande velocidade, evidencia o sintoma de rigidez muscular, característico da doença (TAKAKUSAKI et al., 2004). Esse comportamento torna a tarefa arriscada devido ao aumento da chance do centro de massa sair para fora da base de suporte desequilibrando o indivíduo (WINTER, 1995) sem que haja tempo para realizar ações corretivas e ocasione uma queda. Idosos DP possuem dificuldade em ajustar a postura em curtos espaços de tempo devido a dificuldade em realizar movimentos corretivos. Após a intervenção, a redução da velocidade de oscilação facilita a manutenção da oscilação dentro da base de suporte, dificultando sair dos limites de estabilidade (WINTER, 1995). Dessa forma, a diminuição da velocidade permite manter uma oscilação mais segura. Ainda, após a intervenção houve um aumento da área de oscilação corporal. Essa estratégia, pode ser uma forma do sistema realizar ajustes posturais de modo mais sucinto, permitindo transferências de peso entre os membros inferiores de forma mais discreta devido a redução da velocidade ML. Esse comportamento contribui para a manutenção do centro de massa dentro dos limites de estabilidade reduzindo o risco de quedas e da necessidade de precisar fazer um ajuste brusco e rápidos para recuperar o equilíbrio. Em tarefas posturais prolongadas, adultos jovens mantêm constantes ajustes realizando a transferência de peso de uma perna para outra em um curto espaço de tempo. Esse comportamento é o considerado adequado durante tarefas posturais prolongadas para amenizar situações de desconforto (DUARTE; ZATSIORSKY, 1999; FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Indivíduos com DP possuem um atraso em realizar respostas posturais devido a degeneração das estruturas responsáveis pelo controle postural (BOSEK et al., 2005). Esse atraso pode aumentar a chance de quedas nesta população pois esses déficits nas estruturas cerebrais podem dificultar a obtenção e processamento de informações para realizar os ajustes adequados (ADKIN; FRANK; JOG, 2003). Ainda, além do atraso da obtenção e processamento da informação, pacientes com DP possuem dificuldade na execução do movimento (ALEXANDER; CRUTCHER, 1990; MAKI; MCILROY, 1996). A organização e execução do movimento durante a manutenção da postura, se não for bem elaborada, pode resultar em um ajuste sub-ótimo (ARUIN; SHIRATORI; LATASH, 2001), dificultando a realização de movimentos corretivos e compensatórios, aumentando a chance de quedas (DUNCAN et al., 2012).. Apesar de não analisarmos as variáveis que mensuram as estratégias de oscilação por longos períodos proposta por Duarte e Zatsiorsky (1999), o aumento da área de oscilação com a diminuição da velocidade ML sugere que os indivíduos com DP passaram a realizar essa transferência de peso, de forma mais suave, a fim de amenizar o desconforto causado pela manutenção da postura, como a fadiga muscular (PAPA; HASSAN; BUGNARIU, 2016). Mesmo não mensurando a fadiga muscular, estudos anteriores relatam que os ajustes posturais em adultos, durante a realização de uma postura prolongada, são realizados para diminuí-la (FREITAS et al., 2005). Pacientes com DP parecem adotar um comportamento diferente após a realização da intervenção buscando fazer ajustes para sanar esses déficits.

Algumas limitações estão presentes neste estudo: i) não foram avaliadas variáveis de oscilação propostas por Duarte e Zatsiorsky (1999) durante a tarefa postural prolongada (fidget, shift e drift) que facilitaria a compreensão do comportamento postural antes e após o protocolo de intervenção com exercício aeróbio em indivíduos com a DP; ii) não incluímos um grupo controle para avaliar o efeito que o protocolo de exercício teria sobre o controle postural de indivíduos saudáveis e também não houve um grupo controle de pacientes que não realizaram o protocolo de exercício. Contudo, a ausência do grupo controle de pacientes com DP que não

realizaram a intervenção pode ser justificada pelo prejuízo que este grupo teria devido a restrição da prática de exercício físico durante um longo período e, ainda, o alto controle dos critérios para a participação do estudo pode garantir que os resultados obtidos são consequente do treinamento e não de outra intervenção; iii) Da mesma forma que o estudo 1, os participantes realizaram a tarefa postural prolongada com os pés imóveis no chão que poderia contribuir para desconforto e fadiga muscular; iv) Apesar de nosso protocolo de exercício aeróbio trazer benefícios ao controle da postura, outros tipos de intervenção podem trazer melhores resultados e devem ser avaliados em futuros estudos.

3.5. Conclusão

Em conclusão, o protocolo de exercício aeróbio de 12 semanas parece modificar o comportamento de idosos com DP durante uma tarefa postural prolongada. Este é o primeiro estudo que avaliou o efeito do treinamento aeróbio no controle postural prolongado e dessa forma sugerimos novos estudos randomizados clínicos para comprovar o benefício do exercício aeróbio para o controle da postura prolongada.

CAPÍTULO 4

4. Considerações Finais

Os resultados encontrados nesta dissertação permitem contribuir cientificamente para futuros trabalhos que buscam compreender o controle postural de idosos com DP em situações que exigem a manutenção postural por longos períodos. Dessa forma, os principais achados e possíveis aplicações práticas foram destacados a seguir.

O presente trabalho evidenciou a diferença de comportamento que idosos saudáveis e indivíduos com DP apresentam durante uma tarefa postural prolongada de 15 minutos. Evidenciamos os riscos que uma tarefa de longa duração pode acarretar pessoas com déficits no equilíbrio, como é o caso de pessoas com DP. Apesar de estudos consistentes abordando controle da postura curta em idosos com DP, nossos resultados apontaram que esse comportamento não é o mesmo durante tarefas posturais prolongadas. A análise da postura prolongada torna-se mais aprofundada e robusta permite uma visão mais detalhada do controle postural quando comparada as tarefas posturais curtas. Tarefas posturais prolongadas além de elucidar o comportamento postural de pacientes com DP mostra que esta é uma tarefa desafiadora e arriscada para esta população, pois seus mecanismos responsáveis por realizar ajustes posturais corretos estão comprometidos. É claro na literatura que idosos saudáveis adotam uma postura mais conservadora e com maiores chances de fadiga e desconforto durante a tarefa prolongada quando comparados a adultos jovens, porém, ainda não havia dados de pessoas com DP mantendo a postura por longos períodos. Idosos com DP realizam uma postura ainda mais arriscada e com maiores chances de quedas durante a manutenção postural prolongada.

A intervenção de exercício aeróbio parece modificar o comportamento postural de idosos com DP durante uma tarefa postural prolongada. Apesar do treinamento apresentar resultados positivos para a melhora do controle postural devemos nos atentar para o fato de que este estudo não teve a participação de um grupo controle e devemos ter um cuidado ao observar seus

resultados. Este estudo foi o primeiro passo para analisar o efeito do exercício físico aeróbio para o controle postural de idosos com DP. Novos estudos randomizados podem contribuir para esclarecer os resultados encontrados nesta dissertação e contribuir significativamente para a melhora da qualidade de vida de pessoas com DP e comprometimento no equilíbrio.

Concluimos que idosos com DP apresentam um comportamento arriscado durante tarefas posturais prolongadas oscilando mais que rápido e com maior frequência em uma área menor que idosos saudáveis. Além disso, um protocolo de intervenção de exercício aeróbio pode ser uma ferramenta que futuramente auxiliará no tratamento da doença amenizando déficits no equilíbrio.

5. Referências bibliográficas

- ADKIN, A. L.; FRANK, J. S.; JOG, M. S. **Fear of falling and postural control in Parkinson's disease***Movement Disorders*, 2003.
- AFSHARI, M.; YANG, A.; BEGA, D. Motivators and Barriers to Exercise in Parkinson's Disease. **Journal of Parkinson's Disease**, 2017.
- ALBERTS, J. L. et al. **It is not about the bike, it is about the pedaling: Forced exercise and Parkinson's disease***Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2011.
- ALCOCK, L. Influence of visual contrast and prominence of task-relevant stimuli on obstacle negotiation in fallers with and without Parkinson's disease. n. JUNE, 2015.
- ALEXANDER, G. E.; CRUTCHER, M. D. **Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing***Trends in Neurosciences*, 1990.
- ALMEIDA, O. P. Mini mental state examination and the diagnosis of dementia in Brazil. **Arquivos de neuropsiquiatria**, v. 56, n. 3B, p. 605–612, 1998.
- ARCOLIN, I. et al. Intensive cycle ergometer training improves gait speed and endurance in patients with Parkinson's disease: A comparison with treadmill training. **Restorative Neurology and Neuroscience**, 2015.
- ARUIN, A. S.; SHIRATORI, T.; LATASH, M. L. The role of action in postural preparation for loading and unloading in standing subjects. **Experimental Brain Research**, 2001.
- BALASH, Y. et al. Falls in outpatients with Parkinson's disease: Frequency, impact and identifying factors. **Journal of Neurology**, v. 252, n. 11, p. 1310–1315, 2005.
- BARBIERI, F. A. et al. Human Movement Science Effects of disease severity and medication state on postural control asymmetry during challenging postural tasks in individuals with Parkinson's disease. **Human Movement Science**, v. 46, p. 96–103, 2016.
- BARBIERI, F. A. et al. Postural control, falls and Parkinson's disease: Are fallers more asymmetric than non-fallers? **Human Movement Science**, 2019a.
- BARBIERI, F. A. et al. Effects of ankle muscle fatigue and visual behavior on postural sway in young adults. **Frontiers in Physiology**, 2019b.
- BARBOSA, M. T. et al. Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: A community-based survey in Brazil (the Bambuí Study). **Movement Disorders**, v. 21, n. 6, p. 800–808, 2006.
- BEKKERS, E. M. J. et al. The Contribution of Proprioceptive Information to Postural Control in Elderly and Patients with Parkinson's Disease with a History of Falls. **Frontiers in Human Neuroscience**, 2014.

- BENATRU, I.; VAUGOYEAU, M.; AZULAY, J. P. **Postural disorders in Parkinson's disease***Neurophysiologie Clinique*, 2008.
- BERETTA, V. S. et al. Challenging postural tasks increase asymmetry in patients with Parkinson's disease. **PLoS ONE**, v. 10, n. 9, p. 1–11, 2015.
- BŁASZCZYK, J. W.; ORAWIEC, R. Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: Sway ratio analysis. **Human Movement Science**, v. 30, n. 2, p. 396–404, 2011.
- BOONSTRA, T. A. et al. Balance asymmetry in Parkinson's disease and its contribution to freezing of gait. **PLoS ONE**, 2014.
- BOONSTRA, T. A. et al. Asymmetries in reactive and anticipatory balance control are of similar magnitude in Parkinson's disease patients. **Gait and Posture**, 2016.
- BORYSIUK, Z. et al. Effect of six-week intervention program on postural stability measures and muscle coactivation in senior-aged women. **Clinical Interventions in Aging**, 2018.
- BOSEK, M. et al. Degradation of postural control system as a consequence of Parkinson's disease and ageing. **Neuroscience Letters**, v. 376, n. 3, p. 215–220, 2005.
- BOTTARO, A. et al. Body sway during quiet standing: Is it the residual chattering of an intermittent stabilization process? **Human Movement Science**, 2005.
- BRYANTON, M.; BILODEAU, M. The role of thigh muscular efforts in limiting sit-to-stand capacity in healthy young and older adults. **Aging Clinical and Experimental Research**, 2017.
- BUCKLEY, J. P. et al. The sedentary office: An expert statement on the growing case for change towards better health and productivity. **British Journal of Sports Medicine**, 2015.
- BURKE, S. N.; BARNES, C. A. **Neural plasticity in the ageing brain***Nature Reviews Neuroscience*, 2006.
- CAKIT, B. D. et al. The effects of incremental speed-dependent treadmill training on postural instability and fear of falling in Parkinson's disease. **Clinical Rehabilitation**, v. 21, n. 8, p. 698–705, 2007.
- CANNING, C. G. et al. Exercise for falls prevention in Parkinson disease: a randomized controlled trial. **Neurology**, v. 84, n. 3, p. 304–12, 2015.
- CHRISTOFOLETTI, G. et al. Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease. **Human Movement Science**, 2016.
- COTMAN, C. W.; BERCHTOLD, N. C.; CHRISTIE, L. A. **Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation***Trends in Neurosciences*, 2007.
- CRIZZLE, A. M.; NEWHOUSE, I. J. **Is physical exercise beneficial for persons with Parkinson's disease?***Clinical Journal of Sport Medicine*, 2006.
- CRUZ, C. F. et al. Parkinson's disease does not alter automatic visual-motor coupling in postural control. **Neuroscience Letters**, 2018.

DE OLIVEIRA, M. R. et al. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: A randomized controlled trial. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 59, n. 3, p. 506–514, 2014.

DIETZ, V. et al. Balance control in Parkinson's disease. **Gait and Posture**, 1993.

DJALDETTI, R.; ZIV, I.; MELAMED, E. The mystery of motor asymmetry in Parkinson's disease. **Lancet Neurology**, v. 5, n. 9, p. 796–802, 2006.

DONÁ, F. et al. Changes in postural control in patients with Parkinson's disease: a posturographic study. **Physiotherapy**, v. 102, n. 3, p. 272–9, 2016.

DUARTE, M.; HARVEY, W.; ZATSIORSKY, V. M. Stabilographic analysis of unconstrained standing. **Ergonomics**, v. 43, n. 11, p. 1824–1839, 2000.

DUARTE, M.; STERNAD, D. Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing. **Experimental Brain Research**, v. 191, n. 3, p. 265–276, 2008.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. **Motor control**, 1999.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. On the fractal properties of natural human standing. **Neuroscience letters**, v. 283, n. 3, p. 173–176, 2000.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Long-range correlations in human standing. **Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics**, v. 283, n. 1–2, p. 124–128, 2001.

DUCHARME, S. W.; VAN EMMERIK, R. E. A. Fractal dynamics, variability, and coordination in human locomotion. **Kinesiology Review**, 2018.

DUCHESNE, C. et al. Enhancing both motor and cognitive functioning in Parkinson's disease: Aerobic exercise as a rehabilitative intervention. **Brain and Cognition**, v. 99, p. 68–77, 2015.

DUNCAN, R. P. et al. Accuracy of fall prediction in parkinson disease: Six-month and 12-month prospective analyses. **Parkinson's Disease**, 2012.

EARHART, G. M.; FALVO, M. J. Parkinson disease and exercise. **Comprehensive Physiology**, 2013.

FAHN S; ELTON RL; MEMBERS OF THE UPDRS DEVELOPMENT COMMITTEE. Unified Parkinson's Disease Rating Scale. **Recent developments in Parkinson's disease**, v. 2, p. 153–63, 1987.

FIORELLI, C. M. et al. Differential Acute Effect of High-Intensity Interval or Continuous Moderate Exercise on Cognition in Individuals With Parkinson's Disease. **Journal of Physical Activity and Health**, p. 1–8, 2019.

FREITAS, P. B. DE et al. Effects of joint immobilization on standing balance. **Human Movement Science**, v. 28, n. 4, p. 515–528, 2009.

FREITAS, S. M. S. F. et al. Age-related changes in human postural control of prolonged

standing. **Gait and Posture**, v. 22, n. 4, p. 322–330, 2005.

GALLAGHER, K. M.; NELSON-WONG, E.; CALLAGHAN, J. P. Do individuals who develop transient low back pain exhibit different postural changes than non-pain developers during prolonged standing? **Gait and Posture**, 2011.

GAWTHROP, P. et al. Intermittent control: A computational theory of human control. **Biological Cybernetics**, 2011.

GAWTHROP, P. et al. Intermittent control models of human standing: Similarities and differences. **Biological Cybernetics**, 2014.

GEURTS, A. C. H. et al. Assessment of postural asymmetry in mild to moderate Parkinson's disease. **Gait and Posture**, 2011.

GOMES, M. M.; MORAES, R.; BARELA, J. A. Coupling between visual information and body sway in adults with Down syndrome. **Research in Developmental Disabilities**, 2016.

GOODWIN, V. A. et al. **The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis** **Movement Disorders**, 2008.

GOW, B. J. et al. **Multiscale entropy analysis of center-of-pressure dynamics in human postural control: Methodological considerations** **Entropy**, 2015.

HALIM, I.; OMAR, A. R. Development of prolonged standing strain index to quantify risk levels of standing jobs. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 2012.

HERMAN, T.; GILADI, N.; HAUSDORFF, J. M. Neuroimaging as a window into gait disturbances and freezing of gait in patients with Parkinson's disease. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 13, n. 12, 2013.

HIRSCH, M. A.; FARLEY, B. G. Exercise and neuroplasticity in persons living with Parkinson's disease. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, 2009.

HOEHN, M. M.; YAHR, M. D. Parkinsonism : onset, progression, and mortality Parkinsonism: onset, progression, and mortality. **Neurology**, v. 17, n. 5, p. 427–442, 1967.

HORAK, F. B.; DIMITROVA, D.; NUTT, J. G. Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. **Experimental Neurology**, 2005.

HORAK, F. B.; FRANK, J.; NUTT, J. Effects of dopamine on postural control in parkinsonian subjects: scaling, set, and tone. **Journal of neurophysiology**, v. 75, n. 6, p. 2380–2396, 1996.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural Orientation and Equilibrium. In: **Comprehensive Physiology**. [s.l: s.n.].

HORAK, F. B.; NUTT, J. G.; NASHNER, L. M. Postural inflexibility in parkinsonian subjects. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 111, n. 1, p. 46–58, 1992.

HOUDIJK, H.; BROWN, S. E.; VAN DIEËN, J. H. Relation between postural sway magnitude and metabolic energy cost during upright standing on a compliant surface. **Journal of Applied Physiology**, 2015.

- HUGHES, A. J. et al. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases. **Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry**, v. 55, n. 3, p. 181–184, 1992.
- JEHU, D. A. et al. Medication and trial duration influence postural and pointing parameters during a standing repetitive pointing task in individuals with Parkinson's disease. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, 2018.
- KLAMROTH, S. et al. Immediate effects of perturbation treadmill training on gait and postural control in patients with Parkinson's disease. **Gait and Posture**, 2016.
- LAFOND, D. et al. Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. **Gait and Posture**, v. 29, n. 3, p. 421–427, 2009.
- LANDERS, M. R. et al. Postural instability in idiopathic parkinson's disease: Discriminating fallers from nonfallers based on standardized clinical measures. **Journal of Neurologic Physical Therapy**, 2008.
- LATASH, M. L. **Muscle coactivation: Definitions, mechanisms, and functions** **Journal of Neurophysiology**, 2018.
- LATT, M. D. et al. Clinical and physiological assessments for elucidating falls risk in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, 2009.
- LI, F. et al. Tai Chi-based exercise for older adults with Parkinson's disease: A pilot-program evaluation. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 15, n. 2, p. 139–151, 2007.
- LIMA, L. O.; SCIANNI, A.; RODRIGUES-DE-PAULA, F. Progressive resistance exercise improves strength and physical performance in people with mild to moderate Parkinson's disease: A systematic review. **Journal of Physiotherapy**, 2013.
- LIPSITZ, L. A. Dynamics of stability: The physiologic basis of functional health and frailty. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2002.
- LISTA, I.; SORRENTINO, G. **Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline** **Cellular and Molecular Neurobiology**, 2010.
- MAKI, B. E.; MCILROY, W. E. Postural control in the older adult. **Clinics in geriatric medicine**, v. 12, n. 4, p. 635–658, 1996.
- MIAN, O. S. et al. Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. **Acta Physiologica**, 2006.
- NORTON, K.; NORTON, L.; SADGROVE, D. **Position statement on physical activity and exercise intensity terminology** **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2010.
- OBESO, J. A. et al. Pathophysiology of the basal ganglia in Parkinson's disease. **Trends in Neurosciences**, v. 23, p. S8–S19, 2000.
- OGUTU, J.; PARK, W. The relationship between perceived discomfort of static posture holding and posture holding time. **Work**, v. 52, n. 1, p. 19–30, 2015.

PAILLARD, T. et al. Effects of brisk walking on static and dynamic balance, locomotion, body composition, and aerobic capacity in ageing healthy active men. **International Journal of Sports Medicine**, 2004.

PAPA, E. V.; FOREMAN, K. B.; DIBBLE, L. E. Effects of age and acute muscle fatigue on reactive postural control in healthy adults. **Clinical Biomechanics**, 2015.

PAPEGAAIJ, S. et al. **Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture** *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2014.

PARK, A.; STACY, M. **Non-motor symptoms in Parkinson's disease**. *Journal of Neurology. Anais...* 2009

PASLUOSTA, C. F. et al. Acute neuromuscular adaptations in the postural control of patients with Parkinson's disease after perturbed walking. **Frontiers in Aging Neuroscience**, 2017.

PENG, C. K. et al. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. **Chaos**, 1995.

PERERA, T. et al. Balance control systems in Parkinson's disease and the impact of pedunculopontine area stimulation. **Brain**, 2018.

PETERKA, R. J. Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis. **Biological Cybernetics**, 2000.

PETERKA, R. J. Sensorimotor integration in human postural control. **Journal of Neurophysiology**, 2002.

PETZINGER, G. M. et al. **Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease** *The Lancet Neurology*, 2013.

PICKERING, R. M. et al. A meta-analysis of six prospective studies of falling in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 22, n. 13, p. 1892–1900, 2007.

PRADO, J. M.; DINATO, M. C. M.; DUARTE, M. Age-related difference on weight transfer during unconstrained standing. **Gait and Posture**, v. 33, n. 1, p. 93–97, 2011.

PRIETO, T. E. et al. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 1996.

RHEA, C. K. et al. Interpretation of postural control may change due to data processing techniques. **Gait and Posture**, 2015.

RINALDI, M. et al. Increased lower limb muscle coactivation reduces gait performance and increases metabolic cost in patients with hereditary spastic paraparesis. **Clinical Biomechanics**, 2017.

RINGHEIM, I. et al. Postural strategy and trunk muscle activation during prolonged standing in chronic low back pain patients. **Gait and Posture**, v. 42, n. 4, p. 584–589, 2015.

SAJATOVIC, M. et al. A randomized trial of individual versus group-format exercise and self-

- management in individuals with Parkinson's disease and comorbid depression. **Patient Preference and Adherence**, 2017.
- SANTINELLI, F. B. et al. Postural Control Complexity and Fatigue in Minimally Affected Individuals with Multiple Sclerosis. **Journal of Motor Behavior**, 2019.
- SANTOS, P. C. R. DOS et al. Effects of Physical Activity Levels on Fatigue Perception in Patients with Parkinson's Disease and Neurologically Healthy Individuals. **Health**, 2014.
- SCHLENSTEDT, C. et al. Resistance versus balance training to improve postural control in Parkinson's disease: A randomized rater blinded controlled study. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, 2015.
- SMITH, A. D.; ZIGMOND, M. J. **Can the brain be protected through exercise? Lessons from an animal model of parkinsonism** *Experimental Neurology*, 2003.
- SUHAILA M. SANTOS , RUBENS A. DA SILVA, M. B. T.; ISABELA A. ALMEIDA , LÚCIO B. DE MELO, H. B. F. Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **European Journal of physical and rehabilitation Medicine**, 2017.
- TAKAKUSAKI, K. et al. **Role of basal ganglia-brainstem pathways in the control of motor behaviors** *Neuroscience Research*, 2004a.
- TAKAKUSAKI, K. et al. Role of basal ganglia-brainstem systems in the control of postural muscle tone and locomotion. **Progress in Brain Research**, v. 143, n. 03, p. 231–237, 2004b.
- TANABE, H. et al. Effect of intermittent feedback control on robustness of human-like postural control system. **Scientific Reports**, 2016.
- TÜCHSEN, F. et al. Prolonged standing at work and hospitalisation due to varicose veins: A 12 year prospective study of the Danish population. **Occupational and Environmental Medicine**, 2005.
- VAN DER PLOEG, H. P. et al. Standing time and all-cause mortality in a large cohort of Australian adults. **Preventive Medicine**, 2014.
- VERVOORT, G. et al. Progression of postural control and gait deficits in Parkinson's disease and freezing of gait: A longitudinal study. **Parkinsonism and Related Disorders**, 2016.
- VSETECKOVÁ, J. J.; DREY, N. What is the role body sway deviation and body sway velocity play in postural stability in older adults? **Acta medica (Hradec Králové) / Universitas Carolina, Facultas Medica Hradec Králové**, 2013.
- WATERS, T. R.; DICK, R. B. Evidence of health risks associated with prolonged standing at work and intervention effectiveness. **Rehabilitation nursing : the official journal of the Association of Rehabilitation Nurses**, v. 40, n. 3, p. 148–65, 2015.
- WAYNE, P. M. et al. Complexity-based measures inform effects of tai chi training on standing postural control: Cross-sectional and randomized trial studies. **PLoS ONE**, 2014.
- WEN, H.-B. et al. Epidemiology and clinical phenomenology for Parkinson's disease with pain and fatigue. **Parkinsonism & Related Disorders**, v. 18, p. S222–S225, 2012.

WINTER, D. A. **Human balance and posture control during standing and walking***Gait and Posture*, 1995.

YELSHYNA, D. et al. Compensatory postural adjustments in Parkinson's disease assessed via a virtual reality environment. **Behavioural Brain Research**, v. 296, p. 384–392, 2016.

ZHANG, L.; DRURY, C. G.; WOOLLEY, S. M. Constrained standing: Evaluating the foot/floor interface. **Ergonomics**, v. 34, n. 2, p. 175–192, 1991.

6. Atividades desenvolvidas durante o período de mestrado

Após concluir a graduação, me candidatei a uma vaga no PPGCM e de primeiro momento não obtive êxito. Dei sequência a minha preparação para prestar a avaliação novamente. Neste período, busquei me engajar nas pesquisas do laboratório em que fazia parte desde a graduação (MOVI-LAB) e comecei a buscar por pesquisas que eram de meu interesse para que fosse me familiarizando cada vez mais com a área de pesquisa. Em 2018, fui selecionado para uma das vagas disponíveis na pós-graduação com uma proposta de trabalhar com o controle postural. Apesar de não ser o que mais me interessava, resolvi aceitar o desafio e sair da minha zona de conforto (pois gostaria de trabalhar com marcha e dicas visuais). Percebi que este projeto me fez ver a pós-graduação de uma outra forma. Deixou de ser um estudo que acabou tornando-se um desafio. Pude trocar experiências com meus colegas de laboratórios que foram sempre muito solícitos em me ajudar a resolver os problemas que surgiam no decorrer do caminho. Também amadureci muito. Percebi que eu deveria ser o protagonista e não um mero coadjuvante. Sempre recebi apoio e mesmo tomando decisões erradas no decorrer do processo (que faz parte e acontece mesmo sem querer) acredito que estou conseguindo colocar em prática tudo que fui treinado durante esta etapa.

Conheci e aprendi a manusear equipamentos de pesquisa, como as câmeras para análises da cinemática, plataforma de força, célula de carga, EMG e EEG. Além de participar de coletas dos mais variados tipos.

Principalmente após a qualificação, com as sugestões da banca e do meu orientador, pude me organizar para estruturar meu projeto e ali, pela primeira vez as decisões tomadas estavam dando resultados e bem satisfatórios. Tive muita insegurança em momentos que não era necessário e sempre buscava por ordens, pois estava ali para aprender. Apesar disso, a pós-graduação é um espaço de formação e minhas escolhas foram as que me moldaram no que sou hoje. Acredito que deveria ter sido mais independente em minhas tomadas de decisões e seguir o

que eu achava que era correto antes de receber uma chamada de atenção por ter esperado. Ainda, apresento dificuldade em juntar minhas ideias no papel e me faço difícil de entender. Preciso aprimorar minha escrita científica para que possa ser melhor compreendido. Também preciso criar mais confiança no que sei e não deixar aceitar tudo que me é imposto sem que seja discutido e meu ponto de vista seja ouvido.

Gostaria de destacar também que, apesar das dificuldades, sinto que evolui muito sobre o desenvolvimento de artigos científicos. Praticar a escrita propiciou um ganho significativo para a estruturação de ideias e teorias. Sei que preciso melhorar muito a forma de escrever, porém, a vivência e oportunidade dada pela escrita científica, bem como, ajudar meus colegas em trabalhos em que fui co-autor ou apenas para contribuição intelectual ou na estruturação de resumos para congressos me fez ter uma nova visão de como elaborar um trabalho / artigo / dissertação.

Também gostaria de deixar registrado sobre as experiências de congressos científicos. Mesmo trabalhoso e necessário alguns sacrifícios para ir, é muito válido. Tive oportunidades de conversar com autores citados em minha dissertação e discutir sobre resultados encontrados que possibilitou e contribuiu para meu crescimento dentro da área científica.

Acredito ter sido uma experiência muito satisfatória o período que passei no mestrado, pois pude amadurecer tanto meu pessoal, como meu profissional. Agradeço imensamente ao meu orientador e meu grupo de pesquisa. Os ensinamentos aprendidos e as amizades conquistadas serão pontos que levarei além dos muros do trabalho, levarei para a minha vida.

Abaixo apresentarei meus trabalhos realizados durante meu período no mestrado

Artigos publicados

FERNANDES, B. ; BARBIERI, F.A.; ARTHUSO, F.Z.; ARAÚJO-SILVA, F. ; **MORETTO, G.F.** ; IMAIZUMI, L.F.I. ; NGOMANE, A.Y.; GUIMARAES, G.V.; CIOLAC, E.G. . High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Individuals With

Parkinson's Disease: Hemodynamic and Functional Adaptation. *Journal of Physical Activity & Health*, v. 17, p. 85-91, 2020.

PEREIRA, V.A.I ; POLASTRI, P.F. ; SIMIELI, L. ; RIETDYK, S. ; IMAIZUMI, L.F.I. ; **MORETTO, G.F.** ; PENEDO, T. ; RODRIGUES, S.T. ; BARBIERI, F.A. . Parkinson's patients delay fixations when circumventing an obstacle and performing a dual cognitive task. *GAIT & POSTURE*, v. 73, p. 291-298, 2019.

PENEDO, TIAGO ; POLASTRI, PAULA FÁVARO ; RODRIGUES, SÉRGIO TOSI ; SIMIELI, LUCAS ; BAPTISTA, ANDRÉ MACARI ; **MORETTO, GABRIEL FELIPE** ; IMAIZUMI, LUIS FELIPE ITIKAWA ; SANTINELLI, FELIPE BALISTIERI ; BARBIERI, FABIO AUGUSTO . Influence of obstacle color on locomotor and gaze behaviors during obstacle avoidance in people with Parkinson's disease. *EXPERIMENTAL BRAIN RESEARCH*, v. 236, p. 3319-3323, 2018.

BARBIERI, FABIO AUGUSTO; POLASTRI, PAULA FAVARO ; GOBBI, LILIAN TERESA BUCKEN ; SIMIELI, LUCAS ; PEREIRA, VINICIUS IGNÁCIO ALOTA ; BAPTISTA, ANDRÉ MACARI ; **MORETTO, GABRIEL FELIPE** ; FIORELLI, CAROLINA MENEZES ; IMAIZUMI, LUIS FELIPE ITIKAWA ; RODRIGUES, SÉRGIO TOSI . Obstacle circumvention and eye coordination during walking to least and most affected side in people with Parkinson's disease. *BEHAVIOURAL BRAIN RESEARCH*, v. 346, p. 105-114, 2018.

Artigos submetidos

MORETTO, G.F.; SANTINELLI, F.B.; PENEDO, T.P; MOCHIZUKI, L.; RINALDI, N.M.; BARBIERI, F.A. .Prolonged standing tasks affects adaptability of postural control in people with Parkinson's disease (ESTUDO 1).

SIMIÉLI, L.; MORETTO, G. F.; SILVEIRA, A.P.B.; PEREIRA, V.A.I.; COSTA, E.C.; BARBIERI, F.A. . Phobia situations increase body sway in young adults. (submetido à Human Movement).

MORETTO, G. F.; FRASEN, J.; SANTINELLI, F.B.; PENEDO, T.; IMAIZUMI, L.F.I.; SILVA, F.A.; BRITO, M.B.; RODRIGUES, S.T.; BARBIERI, F.A. Young adults do not use implicit visual cues while walking to avoid an obstacle. (submetido a Experimental brain Research)

GOTARDI, G. C. ; BARBIERI, F. A.; SIMÃO, R. O.; PEREIRA, V.A.I.; BAPTISTA, A. M.; IMAIZUMI, L. F. I.; MORETTO, G. F.; NAVARRO, M.; POLASTRI, P. F.; RODRIGUES, S. T. Parkinson's disease affects gaze behavior and performance of drivers (submetido a Ergonomics).

Participação em eventos científicos

- IX Congresso Brasileiro de Comportamento Motor

- Apresentação de trabalho: “Efeito da dica implícita durante uma tarefa de desviar de obstáculo”

- Comissão de Recepção

- VI Jornada de Estudos da Doença de Parkinson

- Apresentação de trabalho: “ Influência de uma Tarefa Postural de Longa Duração no controle postural de idosos com Doença de Parkinson.”

- XI Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana

- Apresentação de trabalho: “Adultos jovens não utilizam a dica visual implícita durante uma tarefa de desvio de obstáculo”

- VI Encontro Paulista de Comportamento Motor

- Apresentação de trabalho: “Efeito de 12 semanas de exercício aeróbio no controle postural de idosos com DP.”

Ensino

Durante o período de mestrado realizei o estágio em docência superior na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Campus Bauru) na disciplina de “Processo de Produção do Conhecimento Científico II - 2o semestre / 2018 período noturno, sob supervisão do Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri.

Foi uma experiência enriquecedora pois tive a oportunidade dentro da pós-graduação de lecionar uma disciplina. Acredito ser um ponto chave conseguir ministrar uma boa aula na área acadêmica pois você torna-se responsável pela formação do futuro profissional. Acredito ser uma experiência válida.

Extensão

Particpei desde a graduação (2016) até o presente momento do projeto de extensão: “Programa de atividade física sistematizada para pacientes com Doença de Parkinson – ATIVA PARKINSON” vinculado ao Laboratório de Pesquisa em Movimento Humano (MOVI-LAB) da UNESP, Câmpus de Bauru. O projeto de extensão esteve diretamente ligado à minha dissertação, de onde recrutei os participantes para a pesquisa e desenvolvi o protocolo de intervenção. Ainda, busquei a troca de experiências com os pacientes e com os estagiários que passaram ela Extensão. Consegui debater sobre pontos específicos vivenciados no projeto por meio das reuniões e discussões de artigos para que juntos pudéssemos organizar e intervir com base científica.

ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Efeito agudo de uma tarefa postural prolongada no controle postural e a influência de 12 semanas de treinamento aeróbio no controle postural de idosos com Doença de Parkinson

Pesquisador: Fabio Augusto Barbieri

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 97193318.1.0000.5398

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.315.490

Apresentação do Projeto:

O projeto se apresenta de forma adequada, com suficiente fundamentação teórico-metodológica e respeitando as diretrizes que balizam a ética na pesquisa envolvendo seres humanos.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme anuncia o proponente da pesquisa, seu objetivo primário é "Avaliar o efeito que uma tarefa postural de longa duração tem sobre pacientes com DP" (Doença de Parkinson) e seu objetivo secundário é "Analisar o efeito de 12 semanas de exercício aeróbio para a melhora do controle da postura em idosos com DP".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequados no projeto e TCLE.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Relevante científica e socialmente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados e dentro das normas éticas estabelecidas pela Resolução 466/12.

Recomendações:

Inserir dados de localização e contato do CEP no TCLE.

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro: CENTRO

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-9400

Fax: (14)3103-9400

E-mail: cepesquisa@fc.unesp.br

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO



Continuação do Parecer: 3.315.490

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto considerado aprovado por estar em conformidade com os parâmetros legais, metodológicos e éticos analisados pelo colegiado deste CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1320925_E2.pdf	01/04/2019 10:06:56		Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto.pdf	20/11/2018 14:57:55	Fabio Augusto Barbieri	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_DP.pdf	29/08/2018 14:45:34	Fabio Augusto Barbieri	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_estudo1_e_2.pdf	28/08/2018 15:52:09	Fabio Augusto Barbieri	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BAURU, 09 de Maio de 2019

Assinado por:
Mário Lázaro Camargo
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: CENTRO **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-9400 **Fax:** (14)3103-9400 **E-mail:** cepesquisa@fc.unesp.br



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: Tarefa postural prolongada no controle postural em idosos com Doença de Parkinson: Efeito agudo e de 12 semanas de treinamento aeróbio			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 50			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 4. Ciências da Saúde			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: Fabio Augusto Barbieri			
6. CPF: 223.676.818-48		7. Endereço (Rua, n.º): Rua Capitão Gomez Duarte, 3030 Jardim Brasil apto 1013 BAURU SAO PAULO 17011180	
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: (19) 9341-3247	10. Outro Telefone:	11. Email: barbieri_rc@hotmail.com
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do paramProjeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao paramProjeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.			
Data: <u>12</u> / <u>11</u> / <u>2018</u>		 Assinatura	
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
12. Nome: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO		13. CNPJ: 48.031.918/0028-44	14. Unidade/Orgão: Faculdade de Ciências e Engenharia
15. Telefone: (14) 3103-6087	16. Outro Telefone:		
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.			
Responsável: <u>Prof. Dr. Jair Lopes Júnior</u>		CPF: <u>376533.001-97</u>	
Cargo/Função: <u>Diretor da Faculdade de Ciências</u>		 Prof. Dr. Jair Lopes Júnior Diretor da Faculdade de Ciências UNESP/Bauru Assinatura	
Data: <u>12</u> / <u>11</u> / <u>2018</u>			
PATROCINADOR PRINCIPAL			
Não se aplica.			

ANEXO 2 – SUBMISSÃO ARTIGO ESTUDO 1

Neurorehabilitation & Neural Repair

Neurorehabilitation & Neural Repair

Prolonged standing task affects adaptability of postural control in people with Parkinson's disease

Journal:	<i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Research Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Moretto, Gabriel; UNESP - Univ Estadual Paulista, Physical Education Santinelli, Felipe; UNESP - Univ Estadual Paulista, Physical Education Penedo, Tiago; UNESP - Univ Estadual Paulista, Physical Education Mochizuki, Luis; University of São Paulo, School of Arts, Sciences and Humanities Rinaldi, Natalia; Federal University of Espirito Santo, Department of Sports Barbieri, Fabio; UNESP - Univ Estadual Paulista, Physical Education
Keyword:	Parkinson's disease, postural control, human movement, prolonged standing
Abstract:	<p>The aim of this study is to investigate the postural control in people with Parkinson's disease (pwPD) during prolonged standing task.</p> <p>Methods: Twenty-six pwPD and 25 neurologically healthy individuals performed constrained prolonged standing for 15 min. Before this protocol, these individuals performed three quiet standing trials (60 s). Motion capture recorded the body sway (Vicon Motion Capture system, 100 Hz sampling frequency) in both standing tests. The following body sway parameters were calculated for the anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) directions: amplitude, velocity, root-mean-square (RMS) and detrended fluctuations analysis (DFA). The body sway area was also calculated. Two-way ANOVAs (group and time) and one-way ANOVA (group) was employed to compare these parameters for the prolonged standing and quiet standing, respectively ($p < 0.05$).</p> <p>Results: pwPD presented smaller sway area less system complexity (higher DFA-values), and larger and faster body sway than control group during prolonged standing task. Although groups, for quiet standing, presented similar sway velocity (AP and ML) and area, these parameters were different during prolonged standing task.</p> <p>Conclusions: Prolonged standing task reduced adaptability of postural control system in pwPD. Besides, prolonged standing task may better analyze the adaptability of postural control system in pwPD.</p>

<http://mc.manuscriptcentral.com/nnr>

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

(1) Article title:

Prolonged standing task affects adaptability of postural control in people with Parkinson's disease

(2) Authors' names, degrees, and affiliations:

Gabriel Felipe Moretto^a - Master student

Felipe Balistieri Santinelli^a - Master student

Tiago Penedo^a - PhD student

Luis Mochizuki^b - PhD

Natalia Madalena Rinaldi^c - PhD

Fabio Augusto Barbieri^a - PhD

^a Human Movement Research Laboratory (MOVI-LAB), Department of Physical Education, Graduate Program in Movement Science, São Paulo State University (UNESP), Bauru, Brazil

^b Laboratory of Physical Activity Sciences, School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

^c Center of Physical Education and Sports, Department of Sports, Federal University of Espírito Santo, Vitória, Brazil

(3) Corresponding author: Fabio Augusto Barbieri

São Paulo State University - UNESP, Human Movement Research Laboratory – MOVI-LAB - Department of Physical Education, Address: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Postal Code: 17033-360 - Bauru, SP.

Telephone: + 55 14 3103-9438

E-mail: barbieri_rc@hotmail.com

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

(4) Word count: 3130

Number of figures: 2

Number of tables: 3

(5) Prolonged posture in Parkinson's disease

Abstract

Objective: The aim of this study is to investigate the postural control in people with Parkinson's disease (pwPD) during prolonged standing task.

Methods: Twenty-six pwPD and 25 neurologically healthy individuals performed constrained prolonged standing for 15 min. Before this protocol, these individuals performed three quiet standing trials (60 s). Motion capture recorded the body sway (Vicon Motion Capture system, 100 Hz sampling frequency) in both standing tests. The following body sway parameters were calculated for the anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) directions: amplitude, velocity, root-mean-square (RMS) and detrended fluctuations analysis (DFA). The body sway area was also calculated. Two-way ANOVAs (group and time) and one-way ANOVA (group) was employed to compare these parameters for the prolonged standing and quiet standing, respectively ($p < 0.05$).

Results: pwPD presented smaller sway area less system complexity (higher DFA-values), and larger and faster body sway than control group during prolonged standing task. Although groups, for quiet standing, presented similar sway velocity (AP and ML) and area, these parameters were different during prolonged standing task.

Conclusions: Prolonged standing task reduced adaptability of postural control system in pwPD. Besides, prolonged standing task may better analyze the adaptability of postural control system in pwPD.

Key Words: Parkinson's disease, postural control, human movement, prolonged standing.

Introduction

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

People with Parkinson's disease (pwPD) usually have balance impairment. This symptom increases the instability, leading to a high number of falls in this population ^{1,2}. However, postural control studies during upright quiet standing task have been presented contradictory findings, indicating these population has smaller ^{3,4} or larger ⁵⁻⁷ body sway than their neurologically healthy pairs. The same happens for symmetry in postural control. For example, not all pwPD shows balance control asymmetry ^{8,9} and the postural asymmetry is related to the upright standing task complexity (i.e. side-by-side feet vs tandem or unipedal) ¹⁰. These contradictory findings may be due to standing trials short duration (from 15 s to 60 s). A study indicated that longer trials durations might better depict body sway and discriminate those with Parkinson's disease and controls ⁷. In addition, to detect the postural control failure to properly respond on long time scales demands prolonged standing task ¹¹, especially for complex analysis (e.g. detrended fluctuations analyses - DFA) of the postural system ¹². Indeed, a better postural control adaptability representation may be observed during prolonged standing trial (more than 5 min) in pwPD. Nevertheless, no previous work has studied the effects of long-standing periods on body sway in pwPD.

The dopaminergic degeneration in the brain, especially in substantia nigra, caused by Parkinson's disease impairs postural reflexes and reduces stability limits, making postural adjustments more difficult ^{10,13,14}. The reduced postural responses in pwPD can be explained due to muscle stiffness and excessive antagonist muscles contraction during standing ¹⁵. This rigidity also impairs postural adjustments ¹⁶. In addition, brain structures impairments affect the compensatory movements to regain body balance in pwPD ¹⁷. During prolonged standing, the intensified self-reported fatigue by pwPD ^{18,19} can increase musculoskeletal discomfort and postural body sway, which are postural responses to do the

1
2
3 task with minimal effort (FREITAS et al., 2005). Therefore, studying during prolonged
4
5 standing may clarify the postural adaptability in pwPD.
6

7
8 Despite prolonged standing is an usual daily activity and a healthy behavior ²¹, such
9
10 posture can increase a musculoskeletal system failure risk ^{22,23}. Prolonged upright posture
11
12 challenges resistance to fatigue ²⁴, especially in the older peoples. Young adults constantly
13
14 shift body weight between feet to variate internal load, musculoskeletal discomfort and
15
16 fatigue ²⁵, while the older people reduce body sway in a prolonged postural task to avoid
17
18 instabilities and reduce energetic cost ^{11,20,26,27 11,20,26,28}. This behavior suggests less
19
20 mobility ^{20,29} and a more conservative strategy to avoid support base alteration and falls ²⁷.
21
22 Less weight transfer strategy used in older population suggests that posture control is
23
24 impaired for weight transfer and chooses a less complex and more predictable strategy ^{12,30}.
25
26 Based on this context, as pwPD tend to sway within and outside their base of support, they
27
28 may be unable to perform compensatory movements to regain body sway, which increases
29
30 instability and falls ^{7,31}, we expect pwPD would exacerbate the behavior presented by the
31
32 older people during prolonged standing, reducing further the body sway and complexity of
33
34 postural control system.
35
36
37
38
39

40 The purpose of this study is to investigate the postural control in pwPD during
41
42 prolonged standing task. Both pwPD and neurologically healthy individuals (control
43
44 group) performed prolonged standing in semi-restricted basis for 15 minutes. Prior the
45
46 prolonged protocol, these individuals performed three quiet standing trials (60 s). The body
47
48 sway was measured in prolonged and quiet standing trials. We expected pwPD would
49
50 show smaller body sway (sway area) and complexity (DFA values) than control group in
51
52 the prolonged standing task, mostly in its last 5 minutes. In addition, we expected postural
53
54 control adaptability in pwPD would be different between quiet and prolonged standing
55
56
57
58
59
60

1
2
3 trials (e.g. short standing trials would show higher body sway, while prolonged standing
4
5 trials would show reduced body sway).
6
7

8 9 10 ***Method***

11 12 ***Participants***

13
14 The study included 26 pwPD and 25 neurologically healthy individuals (Table 1).
15
16 The inclusion criteria for both groups were: over 60 years old, not having orthopedic
17
18 problems that impossibility to perform the experimental protocol and not present cognitive
19
20 decline (score greater than 24 points Mini Mental State Examination - MMSE) ³². For
21
22 pwPD, the following inclusion criteria were applied: i) diagnosis of idiopathic PD
23
24 according to UK Brain Bank criteria ³³, ii) Hoehn and Yahr stage I to III ³⁴, and iii) stable
25
26 medication for at least 3 months prior to the visit. Participants who did not complete the
27
28 entire experimental protocol would still be excluded from the sample. The local
29
30 University's ethical committee approved the study (#: 97193318.1.0000.5398). Informed
31
32 consent was obtained from all participants. PwPD were evaluated under effects of
33
34 dopaminergic medication (i.e. one hour after taking antiparkinsonian medication).
35
36
37
38
39
40
41

42 ***Clinical and cognitive assessment***

43
44 Participants were assessed by an experienced evaluator for clinical and cognitive
45
46 assessment. The clinical aspects and motor impairments of pwPD were assessed using the
47
48 Hoehn & Yahr scale and Unified Parkinson's Disease Assessment Scale - UPDRS III ³⁵,
49
50 respectively. The cognitive aspect of both groups was assessed using the MMSE.
51
52
53
54
55

56 ***Prolonged postural task***

57
58 Participants stood in the upright posture for 15 minutes with parallel feet at the hip
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

width. They were barefoot, staring at a display two meters ahead. To keep the foot position between trials, participants had their feet drawn on a sheet. The participants were instructed to stay as comfortable as possible (freely move the body), but not step off the sheet placed on the floor. The participants watched a TV documentary during the task. A semi-restricted task was used to approach diary tasks.

Quiet standing task

The participants performed three quiet standing trials (60 s) before the prolonged standing task. For quiet standing, the participant was asked to remain as still as possible, with his arms along his body and looking fixedly at a projected point, at the height of his head, on the monitor (head's height).

Data analysis

The body sway data was measured by four cameras (Vicon Motion System® system, Bonita System Cameras) with 100 Hz sampling frequency. A single passive and reflective marker positioned on the second lumbar vertebra (L2) was used to measure the body sway. This is a validated protocol used by previous studies^{36,37}. Body sway was measured during prolonged standing and quiet standing tasks. An Matlab script (MathWorks Natick, MA, EUA, 2015) was used for data analysis. Body sway displacement was low-pass filtered with a fourth-order Butterworth filter with 5 Hz cut-off frequency.

The following parameters of body sway, for anterior-posterior (AP) and medial lateral (ML) directions were analyzed: amplitude, velocity and root mean square (RMS). In addition, the area (95% of the ellipse) and non-linear variables by Detrended Fluctuations Analyses (DFA) were analyzed.

For the DFA, a fourth-order low-pass Butterworth filter with 5 Hz cutoff frequency was used. DFA is calculated from the integration of the original time series. Then, the integrated series is divided into windows of equal size. The RMS fluctuation is calculated from equation below, where $F(n)$ is the fluctuation magnitude in window n , N is the total number of points in the series, $y(k)$ is the time series integrated between i and $y_n(k)$ is the y coordinate of the straight-line segments.

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [y(k) - y_n(k)]^2}$$

This calculation is performed over all-time series to investigate the relationship between fluctuations and windows¹¹. These fluctuations are plotted on a log-log graph and the slope coefficient is calculated (scalable exponent α). The α can be white ($\alpha=0.5$), brownian ($\alpha=1.5$) or pink noise ($\alpha = 1.0$). White noise means no adaptability, brownian noise means not very complex behavior, and pink noise means a complexity system, been optimized to adapt for a series of situations³⁸.

The body sway during prolonged postural task was divided in three 5-min-long phases: early, middle, and late. Then, each phase was analyzed by 10 non-overlapped 30-s moving window. Then, each variable average in the three periods were calculated. For quiet standing, the first 10 s was removed.

Statistical analysis

The level of significance was $p < 0.05$ for all analyses and the SPSS 21.0 software was used for statistical analysis. The Shapiro-Wilk test confirmed all variables have normal distribution. The Mauchly test and Levene's test were performed to verify the sphericity and data homogeneity, respectively. For prolonged standing, the two-way

1
2
3 analysis of variance (ANOVA) was applied to compare the body sway parameters across
4 phase (early, middle and late) and group (pwPD and control group). For quiet standing,
5 one-way ANOVA was applied to compare the same parameters between groups (pwPD
6 and control group). Tukey's post hoc test was used, with significance levels adjusted when
7 significant interaction between factors was indicated in both analyzes.
8
9
10
11
12
13
14
15
16

17 **Results**

18
19 Two pwPD did not complete the prolonged standing task. They did stop the test
20 before 15 minutes (one participant stood for 5 minutes and the other for 9 minutes). We did
21 not include these participants in the study. We had also problems measure one pwPD and
22 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
23 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
24 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
25 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
26 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
27 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
28 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
29 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
30 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
31 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
32 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
33 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
34 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
35 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
36 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
37 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
38 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
39 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
40 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
41 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
42 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
43 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
44 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
45 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
46 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
47 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
48 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
49 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
50 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
51 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
52 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
53 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
54 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
55 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
56 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
57 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
58 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
59 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and
60 two controls individuals (the software turned off, deleting their data). Thus, 23 pwPD and

*** Table 1 near here ***

42 **Prolonged standing task**

43
44 Figure 1 illustrates the body sway (AP – Figure 1A, 1B and ML – Figure 1C, 1D)
45 for pwPD and control group during prolonged standing task. In addition, Figure 1E and 1F
46 illustrate sway area for both groups.
47
48
49
50

51 We found no phase effects (early, middle and late - $p > 0.05$). On the other hand,
52 pwPD showed higher values of AP and ML amplitude, velocity, RMS and DFA-values,
53 and reduced sway area compared to control group during prolonged standing (Table 2).
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

There was group vs phase interaction for sway area and ML DFA-values. For pwPD, prolonged standing task increased ML DFA-values during middle ($p<0.001$) and late ($p<0.01$) phases compared the early phase (Figure 2). For control group, prolonged standing task reduced sway area during the late phase compared to early phase ($p<0.05$).

*** Figure 1 near here ****

*** Table 2 near here ****

*** Figure 2 near here ****

Short duration standing task

During the short standing trials, pwPD showed higher values for AP amplitude and RMS and ML DFA compared to control group (Table 3).

*** Table 3 near here ****

Discussion

The main hypothesis of the study was pwPD would reduce body sway and the sway complexity during prolonged standing compared to neurologically healthy individuals. Our results confirmed this hypothesis. PwPD reduced body sway (smaller sway area) and postural control complexity (higher DFA-values) compared to control group during prolonged standing. However, pwPD presented larger and faster sway than the control group. These findings suggest a postural control failure to properly respond in pwPD

1
2
3 during prolonged standing and reduced adaptability. On the other hand, we found small
4
5 effect in late phase during prolonged standing in both groups, which contradicts our first
6
7 hypothesis. The second hypothesis, postural control adaptability in pwPD would be
8
9 different between short and prolonged standing trials, was also confirmed. Despite short
10
11 and prolonged standing trials present some similar parameters for short standing trials,
12
13 amplitude and velocity sway were different between groups for prolonged standing. Both
14
15 groups presented the smallest complexity during quiet standing. These findings indicate
16
17 prolonged standing test was more sensitive for pwPD to describe postural control
18
19 adaptability. In the following paragraphs, we presented interpretations for the prolonged
20
21 standing effect on postural adaptability in pwPD, and explanations for the different effects
22
23 between short and prolonged standing trials.
24
25
26
27
28
29
30

31 ***Postural adaptability in people with Parkinson's disease during prolonged standing task***

32
33 In prolonged standing, pwPD presented the smallest sway area and complexity and
34
35 the fastest and largest sway. This effect remained for all prolonged standing intervals
36
37 (phases of task). Young adults showed sway size variability within the prolonged standing
38
39 to avoid musculoskeletal discomfort and fatigue ^{20,39,40}. Aging reduces the adaptability of
40
41 postural control, decreasing the postural shifts, and consequently the body sway (sway
42
43 area) ¹¹. Since pwPD show reduced postural responses due to reflexes impairments ^{10,13,14}
44
45 and brain structures alterations ¹⁷, pwPD enhances the prolonged standing effects reducing
46
47 the postural changes. Less postural changes and sway area are conservative strategies in
48
49 prolonged standing ^{28,41}. Besides, faster sway during prolonged standing in pwPD is an
50
51 aging-related effect ^{42,43}, meaning a decline in the neural processing and delayed muscle
52
53 activation, which affects the feedback and feedforward control and decreases the sway ⁴⁴.
54
55
56
57
58 This adaptation during prolonged standing seems Parkinson's disease-related.
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

A smaller sway area and faster sway is a sub-optimal postural change necessary to stand for a prolonged period. For pwPD, this sub-optimal response may cause a postural control failure to respond to an external perturbation and may result in a fall. This behavior explains the reduced sway complexity during prolonged standing task in pwPD because their sway presented a brownian noise, suggesting less adaptable postural behavior ^{45,46}. The pwPD's reduced adaptability indicates they have not explored the limits of stability during prolonged standing due to their inability to deal with the complex balance challenges, such as neurologically healthy older adults ¹¹. Duarte and Zatsiorsky (1999) addressed three postural changes: shifting (fast average sway position displacement from a region to other), fidgeting (fast and relatively large sway displacement followed by a return to the same position) and drifting (slow continuous average sway position displacement). Despite we did not calculated these postural changes, we suggest the lower complexity in pwPD as result of less shifting and fidgeting, but more drifting. Thus, pwPD did not move the sway position from a region to other (see Figure 1F), keeping a continuous sway displacement, caused by a higher sway variability around the same average position, leading a smaller sway area. In addition, a larger sway amplitude suggests pwPD tries to fidget the body, a common postural strategy during prolonged standing ^{20,28,39,47}, but pwPD's impairments pushes the postural control to a safety strategy dumping the body sway. Less weight transfers reinforces the nature of postural control in pwPD: reduced adaptability, less complex and more predictable. The reduced adaptability explains the high number of falls in pwPD. Although neurologically healthy individuals have also presented aging effects on postural control, they presented a more adaptable control during prolonged standing, matching their DFA-values to other studies ¹¹. They fidget the body sway position to adapt for the prolonged standing task (see Figure 1E). This is a compensatory adjustment during prolonged standing task ^{20,39,40}.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

During prolonged standing in pwPD, postural control presents dysfunctional feedback from continuous and intermittent control. Continuous feedback controller regulates the control variable state (center of mass position) continuously updating the output (motor response) ^{48,49}, using information from three time domains (present, past and future) regarding the control variable error to shape the output ⁵⁰. Intermittent feedback controller regulates pre-programmed corrective responses using triggered episodic ballistic events, which better account for the variable feedback delays from neural processing ⁵¹⁻⁵³. Parkinson's disease impairs the pedunculopontine nucleus and reticulospinal pathways, which are responsible to control continuous and intermittent feedback ⁵⁴. A system failure in pwPD leads to compensatory overdrive of another system. For example, a continuous control failure, such as increased amplitude and variability sway, requires a compensatory overdrive from intermittent system, such as faster sway, or a failure in intermittent control reduces sway and sway changes, requiring more from continuous system. These two systems increase interactions during prolonged standing; but this interaction seems to be dysfunctional in pwPD, increasing postural instability and falling risk. The continuous and intermittent control are regulated by feedback from somatosensory system ⁵⁵; but pwPD has sensory and perceptual deficits ^{3,56}, exaggerating mechanical body adjustments during challenging postural tasks ¹⁰.

The last important issue is the small effect in late phase during prolonged standing in both groups. Just smaller sway area for control group and increased ML DFA-values for pwPD were observed, which gives small support to our hypothesis. Previous studies found effects after prolonged standing in older and younger adults ^{20,28,40}. In these studies, prolonged standing last 30 min, while we measured for 15 min. Concerning pwPD ability to stand for such long time, we were conservative (even two pwPD were unable to finish the prolonged standing task). Probably, more participants would have failed if prolonged

1
2
3 standing last more than 15 min. On the other hand, we suggest the postural control changes
4
5 in the late phase reflects fatigue. While control group constrained body sway, pwPD
6
7 reduced further adaptability. These changes increase the falling risk, but it can also be
8
9 understood as adjustments to deal with the task. The fatigue effects on postural control
10
11 were observed in different populations⁵⁷⁻⁵⁹. Nevertheless, these studies induced fatigue by
12
13 exercise and not by the standing task. So, the effects on postural control may be interpreted
14
15 according to the task nature.
16
17
18
19
20

21 ***Short vs prolonged standing task in people with Parkinson's disease***

22
23
24 The sway nature during short and prolonged standing trials is not the same. While
25
26 during short standing, the participants stood as still as possible, during prolonged standing,
27
28 they could freely move the body but not the feet. In addition, prolonged standing is a
29
30 challenger task than short standing because the postural control has continuously to shift
31
32 the bodyweight, to change postures, and to balance to not fall²⁸. Maybe pwPD tightly
33
34 controlled the posture for 60 s without great efforts. Quiet standing with all sensory
35
36 information available does not demand postural adaptation. The postural control has short
37
38 and long latencies responses which are just available during the prolonged standing. As a
39
40 consequence, for quiet standing, when just the short latencies responses are possible, the
41
42 aging effect equalize both groups, inducing similar velocity (AP and ML), sway area, ML
43
44 amplitude and RMS, and AP DFA-values. Therefore, prolonged standing trials may afford
45
46 a better representation of postural control in pwPD and may better discriminate between
47
48 neurologically healthy individuals and those with Parkinson's disease.
49
50
51
52
53
54
55

56 ***Limitation***

57
58
59
60

1
2
3 Despite the interesting results, data interpretation should be cautioned. First, we did
4 not analyze the postural changes (shifting, fidgeting and drifting), which could improve our
5 understanding of postural control during prolonged standing task in pwPD. However, this
6 is the first study about prolonged standing in pwPD, which was more exploratory. Thus,
7 we suggest future studies should evaluate the postural changes in prolonged standing.
8 Second, the participants performed the prolonged standing with fixed feet position. This
9 instruction could increase the musculoskeletal discomfort and fatigue. Although no reports
10 about it, this aspect should be considered in our findings.
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

24 ***Conclusion***

25
26 We can conclude prolonged standing task reduced adaptability of postural control
27 in pwPD compared to neurologically healthy individuals. PwPD reduced body sway and
28 increased sway velocity during prolonged standing. In addition, prolonged standing task
29 may better analyze the adaptability of postural control in pwPD. Therefore, we
30 recommend: 1) pwPD should be careful to stand for prolonged periods, 2) postural control
31 adaptability in pwPD should be investigate during prolonged standing task, and not during
32 quiet standing trials.
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

45 ***Acknowledgements***

46
47 This work was supported by the Brazilian Federal Agency for Support and
48 Evaluation of Graduate Education (CAPES) [Finance Code 001].
49
50
51
52

53 ***Conflict of interests***

54
55 The Author's declares that there is no conflict of interest
56
57
58
59
60

References

1. Balash Y, Peretz C, Leibovich G, et al. Falls in outpatients with Parkinson's disease: Frequency, impact and identifying factors. *J Neurol* 2005; 252: 1310–1315.
2. Landers MR, Backlund A, Davenport J, et al. Postural instability in idiopathic parkinson's disease: Discriminating fallers from nonfallers based on standardized clinical measures. *J Neurol Phys Ther*. Epub ahead of print 2008. DOI: 10.1097/NPT.0b013e3181761330.
3. Horak FB, Dimitrova D, Nutt JG. Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. *Exp Neurol*. Epub ahead of print 2005. DOI: 10.1016/j.expneurol.2004.12.008.
4. Dietz V, Zijlstra W, Assaiante C, et al. Balance control in Parkinson's disease. *Gait Posture*. Epub ahead of print 1993. DOI: 10.1016/0966-6362(93)90018-V.
5. Doná F, Aquino CC, Gazzola JM, et al. Changes in postural control in patients with Parkinson's disease: a posturographic study. *Physiotherapy* 2015; 1–8.
6. Bekkers EMJ, Dockx K, Heremans E, et al. The Contribution of Proprioceptive Information to Postural Control in Elderly and Patients with Parkinson's Disease with a History of Falls. *Front Hum Neurosci*. Epub ahead of print 2014. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00939.
7. Jehu DA, Cantù H, Hill A, et al. Medication and trial duration influence postural and pointing parameters during a standing repetitive pointing task in individuals with Parkinson's disease. *PLoS One*; 13. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0195322.
8. Geurts ACH, Boonstra TA, Voermans NC, et al. Assessment of postural asymmetry in mild to moderate Parkinson's disease. *Gait Posture*. Epub ahead of print 2011. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.09.018.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

9. Boonstra TA, Van Vugt JPP, Van Der Kooij H, et al. Balance asymmetry in Parkinson's disease and its contribution to freezing of gait. *PLoS One*. Epub ahead of print 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0102493.
10. Beretta VS, Gobbi LTB, Lirani-Silva E, et al. Challenging postural tasks increase asymmetry in patients with Parkinson's disease. *PLoS One* 2015; 10: 1–11.
11. Duarte M, Sternad D. Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing. *Exp Brain Res* 2008; 191: 265–276.
12. Lipsitz LA. Dynamics of stability: The physiologic basis of functional health and frailty. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. Epub ahead of print 2002. DOI: 10.1093/gerona/57.3.B115.
13. Boonstra TA, van Kordelaar J, Engelhart D, et al. Asymmetries in reactive and anticipatory balance control are of similar magnitude in Parkinson's disease patients. *Gait Posture*. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.08.014.
14. Barbieri FA, Carpenter M, Beretta VS, et al. Postural control, falls and Parkinson's disease: Are fallers more asymmetric than non-fallers? *Hum Mov Sci*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1016/j.humov.2018.10.008.
15. Horak FB, Nutt JG, Nashner LM. Postural inflexibility in parkinsonian subjects. *J Neurol Sci* 1992; 111: 46–58.
16. Vervoort G, Bengevoord A, Strouwen C, et al. Progression of postural control and gait deficits in Parkinson's disease and freezing of gait: A longitudinal study. *Park Relat Disord*. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2016.04.029.
17. Bosek M, Grzegorzewski B, Kowalczyk A, et al. Degradation of postural control system as a consequence of Parkinson's disease and ageing. *Neurosci Lett* 2005; 376: 215–220.

- 1
2
3 18. Santos PCR dos, Barbieri FA, Orcioli-Silva D, et al. Effects of Physical Activity
4 Levels on Fatigue Perception in Patients with Parkinson's Disease and
5 Neurologically Healthy Individuals. *Health (Irvine Calif)*. Epub ahead of print 2014.
6 DOI: 10.4236/health.2014.621331.
7
- 8
9
10
11
12 19. Park A, Stacy M. Non-motor symptoms in Parkinson's disease. In: *Journal of*
13 *Neurology*. 2009. Epub ahead of print 2009. DOI: 10.1007/s00415-009-5240-1.
14
- 15
16
17 20. Freitas SMSF, Wieczorek SA, Marchetti PH, et al. Age-related changes in human
18 postural control of prolonged standing. *Gait Posture* 2005; 22: 322–330.
19
- 20
21
22 21. Van der Ploeg HP, Chey T, Ding D, et al. Standing time and all-cause mortality in a
23 large cohort of Australian adults. *Prev Med (Baltim)*. Epub ahead of print 2014.
24 DOI: 10.1016/j.ypmed.2014.10.004.
25
- 26
27
28 22. Halim I, Omar AR. Development of prolonged standing strain index to quantify risk
29 levels of standing jobs. *Int J Occup Saf Ergon*. Epub ahead of print 2012. DOI:
30 10.1080/10803548.2012.11076917.
31
- 32
33
34
35 23. Tüchsen F, Hannerz H, Burr H, et al. Prolonged standing at work and hospitalisation
36 due to varicose veins: A 12 year prospective study of the Danish population. *Occup*
37 *Environ Med*. Epub ahead of print 2005. DOI: 10.1136/oem.2005.020537.
38
- 39
40
41
42 24. Ogutu J, Park W. The relationship between perceived discomfort of static posture
43 holding and posture holding time. *Work* 2015; 52: 19–30.
44
- 45
46
47 25. Ringheim I, Austein H, Indahl A, et al. Postural strategy and trunk muscle activation
48 during prolonged standing in chronic low back pain patients. *Gait Posture* 2015; 42:
49 584–589.
50
- 51
52
53 26. Duarte M, Zatsiorsky VM. On the fractal properties of natural human standing.
54 *Neurosci Lett* 2000; 283: 173–176.
55
- 56
57
58 27. Prado JM, Dinato MCM, Duarte M. Age-related difference on weight transfer
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- during unconstrained standing. *Gait Posture* 2011; 33: 93–97.
28. Prado JM, Dinato MCM, Duarte M. Age-related difference on weight transfer during unconstrained standing. *Gait Posture* 2011; 33: 93–97.
29. Christofolletti G, McNeely ME, Campbell MC, et al. Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease. *Hum Mov Sci*. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1016/j.humov.2016.08.007.
30. Gow BJ, Peng CK, Wayne PM, et al. Multiscale entropy analysis of center-of-pressure dynamics in human postural control: Methodological considerations. *Entropy*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.3390/e17127849.
31. Horak FB, Frank J, Nutt J. Effects of dopamine on postural control in parkinsonian subjects: scaling, set, and tone. *J Neurophysiol* 1996; 75: 2380–2396.
32. Almeida OP. Mini mental state examination and the diagnosis of dementia in Brazil. *Arq Neuropsiquiatr* 1998; 56: 605–612.
33. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, et al. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55: 181–184.
34. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism : onset, progression, and mortality
Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology* 1967; 17: 427–442.
35. Fahn S, Elton RL. The Unified Parkinson's Disease Rating Scale. In: *Recent Developments in Parkinson's Disease, Vol. 2., Florham Park, NJ: Macmillan Healthcare Information,*. 1987. Epub ahead of print 1987. DOI: 10.1300/J155v04n01_02.
36. Gomes MM, Moraes R, Barela JA. Coupling between visual information and body sway in adults with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1016/j.ridd.2016.08.011.

- 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
37. Cruz CF, Piemonte MEP, Okai-Nobrega LA, et al. Parkinson's disease does not alter automatic visual-motor coupling in postural control. *Neurosci Lett*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1016/j.neulet.2018.08.050.
 38. Ducharme SW, van Emmerik REA. Fractal dynamics, variability, and coordination in human locomotion. *Kinesiol Rev*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1123/kr.2017-0054.
 39. Duarte M, Zatsiorsky VM. Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. *Motor Control*. Epub ahead of print 1999. DOI: 10.1123/mcj.3.1.12.
 40. Duarte M, Harvey W, Zatsiorsky VM. Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics* 2000; 43: 1824–1839.
 41. Freitas PB de, Freitas SMSF, Duarte M, et al. Effects of joint immobilization on standing balance. *Hum Mov Sci* 2009; 28: 515–528.
 42. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, et al. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng*. Epub ahead of print 1996. DOI: 10.1109/10.532130.
 43. Wiesmeier IK, Dalin D, Maurer C. Elderly use proprioception rather than visual and vestibular cues for postural motor control. *Front Aging Neurosci* 2015; 7: 97.
 44. Vsetecková JJ, Drey N. What is the role body sway deviation and body sway velocity play in postural stability in older adults? *Acta Medica (Hradec Kralove)*. Epub ahead of print 2013. DOI: 10.14712/18059694.2014.19.
 45. Peng CK, Havlin S, Stanley HE, et al. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*. Epub ahead of print 1995. DOI: 10.1063/1.166141.
 46. Rhea CK, Kiefer AW, Wright WG, et al. Interpretation of postural control may

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- change due to data processing techniques. *Gait Posture*. Epub ahead of print 2015.
DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.01.008.
47. Lafond D, Champagne A, Descarreaux M, et al. Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait Posture* 2009; 29: 421–427.
48. Peterka RJ. Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis. *Biol Cybern*. Epub ahead of print 2000. DOI: 10.1007/s004220050587.
49. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. Epub ahead of print 2002. DOI: 10.1152/jn.2002.88.3.1097.
50. Johan Åström K, Murray RM. *Feedback systems: An introduction for scientists and engineers*. 2010. Epub ahead of print 2010. DOI: 10.5860/choice.46-2107.
51. Bottaro A, Casadio M, Morasso PG, et al. Body sway during quiet standing: Is it the residual chattering of an intermittent stabilization process? *Hum Mov Sci*. Epub ahead of print 2005. DOI: 10.1016/j.humov.2005.07.006.
52. Gawthrop P, Loram I, Gollee H, et al. Intermittent control models of human standing: Similarities and differences. *Biol Cybern*. Epub ahead of print 2014. DOI: 10.1007/s00422-014-0587-5.
53. Gawthrop P, Loram I, Lakie M, et al. Intermittent control: A computational theory of human control. *Biol Cybern*. Epub ahead of print 2011. DOI: 10.1007/s00422-010-0416-4.
54. Perera T, Tan JL, Cole MH, et al. Balance control systems in Parkinson's disease and the impact of pedunculopontine area stimulation. *Brain*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1093/brain/awy216.
55. Tanabe H, Fujii K, Suzuki Y, et al. Effect of intermittent feedback control on robustness of human-like postural control system. *Sci Rep*. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1038/srep22446.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

56. Benatru I, Vaugoyeau M, Azulay JP. Postural disorders in Parkinson's disease. *Neurophysiologie Clinique*. Epub ahead of print 2008. DOI: 10.1016/j.neucli.2008.07.006.
57. Santinelli FB, Barbieri FA, Pinheiro CF, et al. Postural Control Complexity and Fatigue in Minimally Affected Individuals with Multiple Sclerosis. *J Mot Behav*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1080/00222895.2019.1567458.
58. Papa E V., Hassan M, Bugnariu N. The Effects of Performance Fatigability on Postural Control and Rehabilitation in the Older Patient. *Current Geriatrics Reports* 2016; 5: 172–178.
59. Barbieri FA, Penedo T, Simieli L, et al. Effects of ankle muscle fatigue and visual behavior on postural sway in young adults. *Front Physiol*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.3389/fphys.2019.00643.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

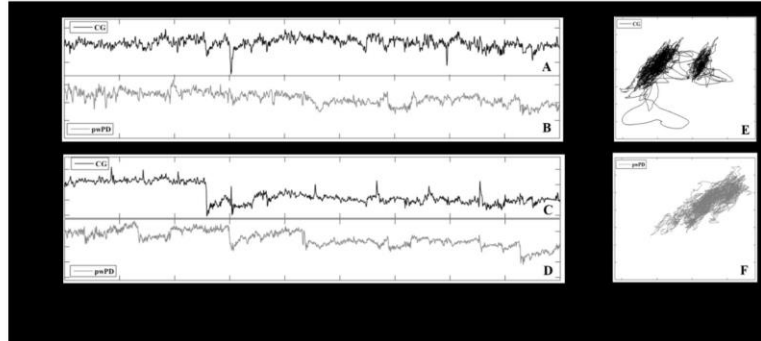


Figure 1. A typical example of the AP (A, B) and ML (C, D) body sway and area of sway (E, F) for pwPD and control group. PwPD (B, D, F) are represent with gray lines and control group (A, C, E) with black lines. AP - anteriorposterior; ML - medial-lateral.

404x181mm (150 x 150 DPI)

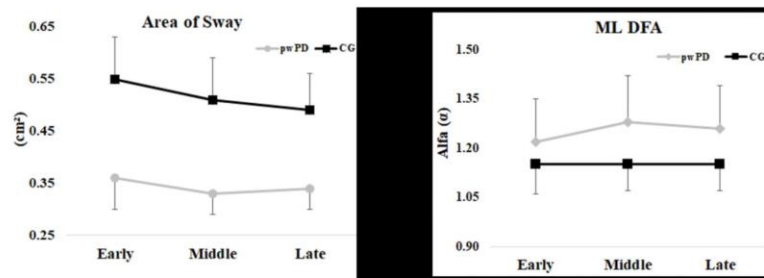


Figure 2. Group and phase interaction for area of sway (A) and ML DFA (B) (means and standard deviations). pwPD - people with Parkinson's disease; CG - control group; ML - medial-lateral; DFA - detrend fluctuation analysis.

243x87mm (150 x 150 DPI)

Table 1. Means and standard deviations of general characteristics and clinical parameters

for pwPD and control group. and F (in blankets) values are presented in the last column.

In parenthesis are shown the minimum and maximum values.

	pwPD (n = 23)	control group (n = 23)	p-values
Age (year)	69 ± 8 (62 to 83)	67 ± 6 (63 to 83)	0.56 (F _{1,45} =0.3)
Body mass (kg)	71.2 ± 16.3 (58 to 106)	75.9 ± 13.8 (47 to 97)	0.31 (F _{1,45} =0.5)
Height (m)	1.60 ± 0.10 (1.47 to 1.78)	1.62 ± 0.07 (1.47 to 1.77)	0.46 (F _{1,45} =0.6)
MMSE (pts)	26.6 ± 2.4 (24 to 30)	26.6 ± 1.8 (25 to 30)	0.94 (F _{1,45} =1.04)
Disease duration (year)	6 ± 3 (1 to 13)	-	-
Age at disease onset (year)	62 ± 9 (47 to 79)	-	-
LEDD (mg/d)	472.8 ± 332.7 (0 to 1250)	-	-
H&Y	2.2 ± 0.5 (1 to 3)	-	-
UPDRS – III	24.7 ± 8.1 (19 to 36)	-	-

MMSE – mini mental state exam; LEDD – Levodopa equivalent daily dose.

Table 2. Means and standard deviations of body sway parameters during prolonged standing task according to group and phase. The last columns present F-values and p-values for group, phase and interaction comparisons.

	pwPD			control group			group		phase	Interaction group*phase	
	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late	F-values	p-values	p-values	F-values	p-values
AP amplitude (cm)	2.78 ± 1.11	2.81 ± 1.18	2.79 ± 1.20	1.74 ± 0.51	1.74 ± 0.52	1.76 ± 0.58	F_{1,45}=16.13	0.001	ns	ns	ns
ML amplitude (cm)	0.64 ± 0.30	0.64 ± 0.30	0.65 ± 0.31	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.14	0.38 ± 0.15	F_{1,45}=16.30	0.001	ns	ns	ns
AP velocity (cm/s)	0.47 ± 0.14	0.47 ± 0.15	0.47 ± 0.16	0.34 ± 0.13	0.35 ± 0.10	0.35 ± 0.10	F_{1,45}=10.37	0.002	ns	ns	ns
ML velocity (cm/s)	0.15 ± 0.05	0.14 ± 0.05	0.15 ± 0.05	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.03	F_{1,45}=17.21	0.001	ns	ns	ns
AP RMS (cm)	0.86 ± 0.38	0.85 ± 0.38	0.85 ± 0.43	0.49 ± 0.13	0.49 ± 0.15	0.50 ± 0.16	F_{1,45}=17.41	0.001	ns	ns	ns
ML RMS (cm)	0.22 ± 0.09	0.21 ± 0.09	0.21 ± 0.10	0.14 ± 0.04	0.13 ± 0.05	0.13 ± 0.05	F_{1,45}=12.77	0.001	ns	ns	ns
Area of sway (cm ²)	0.36 ± 0.06	0.33 ± 0.04	0.34 ± 0.04	0.55 ± 0.08	0.51 ± 0.08	0.49 ± 0.07	F_{1,45}=34.02	0.001	ns	F_{2,90}=4.16	0.02
AP DFA (α)	1.26 ± 0.13	1.25 ± 0.13	1.26 ± 0.14	1.17 ± 0.09	1.16 ± 0.10	1.17 ± 0.12	F_{1,45}=7.57	0.009	ns	ns	ns
ML DFA (α)	1.22 ± 0.13	1.28 ± 0.14	1.26 ± 0.13	1.15 ± 0.09	1.15 ± 0.08	1.15 ± 0.08	F_{1,45}=6.35	0.01	ns	F_{2,90}=5.60	0.007

RMS – root mean square; DFA – detrend fluctuation analysis.

Table 3. Means and standard deviations of body sway parameters during short standing task for pwPD and control group. The last columns present F-values and p-values for group comparison.

	pwPD	control group	F-values	p-values
AP amplitude (cm)	3.08 ± 0.66	2.49 ± 0.46	F_{1,44}=9.41	0.004
ML amplitude (cm)	0.41 ± 0.14	0.46 ± 0.17	ns	ns
AP velocity (cm/s)	0.43 ± 0.09	0.38 ± 0.08	ns	ns
ML velocity (cm/s)	0.10 ± 0.04	0.10 ± 0.02	ns	ns
AP RMS (cm)	0.66 ± 0.14	0.53 ± 0.09	F_{1,44}=9.36	0.004
ML RMS (cm)	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.02	ns	ns
Area of sway (cm²)	0.63 ± 0.32	0.68 ± 0.52	ns	ns
AP DFA (α)	1.73 ± 0.09	1.65 ± 0.11	ns	ns
ML DFA (α)	1.74 ± 0.09	1.63 ± 0.13	F_{1,44}=19.12	0.001

pwPD – people with Parkinson’s disease; AP – anteriorposterior; ML – medial-lateral;

RMS – root mean square; DFA – detrend fluctuation analysis.