


UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO



Maria Eduarda Parcianello Cabeleira

**Membros superiores durante a
marcha na doença de Parkinson:
análise cinemática e abordagens
terapêuticas**

Universidade Federal de Ciências da Saúde
de Porto Alegre

Porto Alegre

2024

Maria Eduarda Parcianello Cabeleira

**Membros superiores durante a
marcha na doença de Parkinson:
análise cinemática e abordagens
terapêuticas**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Doutor.

Orientadora: Dra. Fernanda Cechetti
Coorientadora: Dra. Flavia Gomes Martinez

Porto Alegre

2024

Catálogo na Publicação

Parcianello Cabeleira, Maria Eduarda
Membros superiores durante a marcha na doença de
Parkinson : análise cinemática e abordagens terapêuticas
/ Maria Eduarda Parcianello Cabeleira. -- 2024.
97 p. : il., graf., tab. ; 30 cm.

Tese (doutorado) -- Universidade Federal de Ciências
da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Reabilitação, 2024.

Orientador(a) : Fernanda Cechetti ; coorientador(a) :
Flavia Gomes Martinez.

1. Doença de Parkinson. 2. Reabilitação Neurológica.
3. Biomecânica. 4. Análise da marcha. 5. Membros
superiores. I. Título.

Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFCSPA com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

Membros superiores durante a marcha na doença de Parkinson: análise cinemática e abordagens terapêuticas

BANCA AVALIADORA

Dra. Aline de Souza Pagnussat
Departamento de Fisioterapia
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Dr. Regis Gemerasca Mestriner
Escola de Ciências da Saúde e da Vida
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Luciano Palmeiro Rodrigues
Departamento de Educação Física, Fisioterapia e Dança
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre

2024

AGRADECIMENTO

A conclusão desta tese de doutorado representa a realização de um sonho que foi construído ao longo de muitos anos de dedicação e esforço. Este trabalho não seria possível sem o apoio e incentivo de várias pessoas que, de diferentes maneiras, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Primeiramente, agradeço à minha família, que sempre foi meu exemplo e alicerce. Aos meus pais, que desde cedo incentivaram a leitura e os estudos e nunca mediram esforços para que eu tivesse acesso à melhor educação possível. Eles acreditaram em mim quando nem eu mesma acreditava, e por isso sou eternamente grata. Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhas, por me proporcionarem os momentos em família que tinham o poder de recarregar minhas energias da forma mais eficaz, me preenchendo de amor e apoio incondicional para seguir em frente.

À minha orientadora, Dra. Fernanda Cechetti, meu profundo agradecimento. Sua orientação desde o mestrado foi fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional. De forma gentil, me abriu as portas para a pesquisa e me proporcionou um ambiente de aprendizado e crescimento, onde me orientou não só como mestranda e doutoranda, mas também como fisioterapeuta. Sou imensamente grata por todo o suporte e confiança depositados em mim.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Reabilitação Neurofuncional, meu sincero agradecimento. A colaboração, troca de ideias e apoio mútuo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Aos colegas e professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, André, Marcela, Leonardo e Flávia, pela generosidade de compartilhar o espaço, o tempo e o conhecimento comigo. A colaboração que fizemos engrandeceu esse trabalho de forma imensurável.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo os desafios e as alegrias desta jornada. Suas palavras de incentivo e apoio emocional foram essenciais para que eu mantivesse a motivação e a determinação ao longo deste percurso.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória. Este trabalho é resultado de um esforço coletivo e de muitas mãos que me ajudaram a tornar este sonho realidade.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

A presente tese investiga o comportamento dos membros superiores de indivíduos com doença de Parkinson (DP) durante a marcha e propõe ferramentas terapêuticas para mitigar as dificuldades enfrentadas por essa população. A tese é composta por dois estudos principais. O primeiro estudo, um estudo observacional transversal, teve como objetivo analisar a fase relativa contínua (CRP) e a variabilidade da coordenação nas diferentes fases do ciclo da marcha em idosos com DP, comparando-os com idosos sem DP. Foram incluídos 20 idosos com DP e 10 idosos sem DP. Os participantes foram submetidos a uma análise cinemática da marcha utilizando um sistema de captura de movimento tridimensional em uma esteira a velocidades de 0,28 e 0,83 m/s. A média da CRP e a variabilidade da coordenação nos pares ombro-cotovelo e ombro-quadril foram calculadas. A análise estatística utilizou o método GEE para comparar os grupos e avaliar as interações grupo*velocidade. Os resultados mostraram uma interação significativa grupo*velocidade na CRP ombro-quadril durante a fase de apoio terminal e a fase de impulso. A variabilidade da coordenação ombro-cotovelo diminuiu com o aumento da velocidade em todas as fases de apoio, enquanto a variabilidade da coordenação ombro-quadril aumentou com o aumento da velocidade apenas na fase de impulso. Esses achados indicam que idosos com DP exibem estratégias distintas de coordenação entre membros superiores e quadril à medida que a velocidade da caminhada aumenta, especialmente nas fases finais do ciclo da marcha. O segundo estudo, um ensaio clínico randomizado, investigou os efeitos da caminhada nórdica (CN) e da dança brasileira (DB) na força dos membros superiores e na cinemática da marcha de pacientes com DP. Foram incluídos 30 sujeitos com DP, divididos em dois grupos: 16 no grupo CN e 14 no grupo DB. Os participantes passaram por um treinamento de 22 sessões, com duração de 60 minutos cada. A força dos membros superiores foi avaliada através de um teste de preensão manual, e a cinemática dos membros superiores foi analisada utilizando um sistema de captura de movimento tridimensional. A análise estatística utilizou o método GEE para comparar os grupos e avaliar as interações grupo*tempo. Diferenças estatísticas foram encontradas na interação grupo*tempo para o teste de preensão manual, favorecendo o grupo DB. A assimetria do balanço dos braços diminuiu em ambos os grupos. O deslocamento do braço em relação à pelve foi reduzido para ambas as intervenções. Em conclusão, a DB pode melhorar a força dos membros superiores, e ambas as intervenções podem reduzir a assimetria do balanço dos braços durante a caminhada em pacientes com DP. Em conjunto, os estudos sugerem que uma abordagem abrangente para a reabilitação da marcha em pessoas com DP deve incluir intervenções para melhorar a coordenação entre membros, fortalecer os membros superiores e melhorar a simetria do balanço dos braços. Isso pode resultar em uma marcha mais estável e eficiente.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Cinemática; Marcha; Membros superiores; Dança; Caminhada nórdica.

ABSTRACT

This thesis investigates the upper limbs behavior of people with Parkinson's disease (PD) during walking and proposes therapeutic tools to mitigate the difficulties faced by this population. The thesis comprises two main studies. The first, a cross-sectional observational study, aimed to analyze the continuous relative phase (CRP) and coordination variability in different phases of the gait cycle in elderly individuals with PD, comparing with elderly individuals without PD. Twenty elderly individuals with PD and ten elderly individuals without PD were included. Participants underwent kinematic gait analysis using a three-dimensional motion capture system on a treadmill at speeds of 0.28 and 0.83 m/s. The mean CRP and coordination variability in the shoulder-elbow and shoulder-hip pairs were calculated. Statistical analysis used the GEE method to compare the groups and evaluate group*speed interactions. The results showed a significant group*speed interaction in shoulder-hip CRP during the terminal stance and push-off phases. Shoulder-elbow coordination variability decreased with increasing speed in all stance phases, while shoulder-hip coordination variability increased with increasing speed only in the push-off phase. These findings indicate that elderly individuals with PD exhibit distinct coordination strategies between upper limbs and hip as walking speed increases, especially in the final phases of the gait cycle. The second study, a randomized clinical trial, investigated the effects of Nordic walking (NW) and Brazilian dance (BD) on upper limb strength and gait kinematics in patients with PD. Thirty subjects with PD were included, divided into two groups: 16 in the NW group and 14 in the BD group. Participants underwent 22 training sessions, lasting 60 minutes each. Upper limb strength was assessed through a handgrip test, and upper limb kinematics were analyzed using a three-dimensional motion capture system. Statistical analysis used the GEE method to compare the groups and evaluate group*time interactions. Statistical differences were found in the group*time interaction for the handgrip test, favoring the BD group. Arm swing asymmetry decreased in both groups. Amplitude was reduced for both interventions. In conclusion, BD can improve upper limb strength, and both interventions can reduce arm swing asymmetry during walking in patients with PD. Together, the studies suggest that a comprehensive approach to gait rehabilitation in people with PD should include interventions to improve interlimb coordination, strengthen upper limbs, and improve arm swing symmetry. This can result in a more stable and efficient gait.

Keywords: Parkinson's Disease; Kinematics; Gait; Upper Extremity; Dance; Nordic Walking.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura 1 - Shoulder-elbow and shoulder-hip CRP curves during the stance phase at speeds of 0.28 and 0.83 m/s.....59

Artigo 2

Figura 1 – Flowchart Sample Selection Process and Participants Inclusion.....85

Figura 2 - Arm swing asymmetry pre and post intervention in NW and BD.....86

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1 - Clinical and demographic characteristics of participants.....	56
Tabela 2 - Continuous relative phase and coordination variability at different speeds and in distinct gait cycle phases	57

Artigo 2

Tabela 1 - Clinical and demographic characteristics of participants.....	83
Tabela 2 - Comparison of upper limbs kinematics and strength analysis between groups pre and post intervention.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BD	Brazilian dance
BDG	Brazilian dance group
CN	Caminhada nórdica
CRP	Continuous relative phase
DP	Doença de Parkinson
FOG	Freezing of gait
FOUL	Freezing of Upper limbs
GEE	Generalized Estimating Equation
H&Y	Hoehn & Yahr Scale
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
NW	Nordic walking
NWG	Nordic walking group
PD	Parkinson's disease
PDG	Parkinson's disease group
PDQ39	Parkinson's Disease Questionnaire
RG	Reference group
SD	Standard deviation
SE	Standard error
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TUG	Timed up and go test
UPDRS	Unified Parkinson's Disease Rating Scale
VC	Variability coefficient

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.1 Doença de Parkinson	11
1.2 Acometimento dos membros superiores.....	14
1.3 Abordagens terapêuticas.....	16
1.3.1 Caminhada Nórdica	16
1.3.2 Dança brasileira	18
2 OBJETIVOS ARTIGO 1	34
3 ARTIGO 1.....	35
4 OBJETIVOS ARTIGO 2	46
5 ARTIGO 2.....	47
6 CONCLUSÃO GERAL	48
7 IMPACTOS DO TRABALHO.....	49
ANEXOS.....	50
ANEXO A - Parecer do Comitê de ética em Pesquisa	50

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Doença de Parkinson

A prevalência da DP em escala global varia entre 8 e 18 casos por cada 100.000 habitantes, aumentando significativamente para 160 casos por 100.000 pessoas em indivíduos com idade superior a 65 anos (Ascherio & Schwarzschild, 2016). Resultados de um estudo epidemiológico conduzido nas dez nações mais densamente povoadas do mundo revelaram que, em 2005, a população de indivíduos com DP com idade superior a 50 anos era aproximadamente 4,6 milhões, projetando-se um aumento para 9,3 milhões até o ano de 2030 (Dorsey et al., 2007).

A doença de Parkinson (DP) foi originalmente descrita por James Parkinson em 1817, utilizando o termo em inglês “Shaking Palsy” ou “Paralisia Agitante”, para caracterizar uma síndrome neurológica que se manifestava por meio de tremores involuntários, diminuição da potência muscular, flexão do tronco e uma marcha acelerada (Parkinson, 2002). Em 1872, Jean-Martin Charcot foi o pioneiro ao sugerir o emprego do termo “doença de Parkinson”, descrevendo a lentidão nos movimentos, conhecida como bradicinesia, a rigidez articular, disautonomia e dor (Goetz, 2011). A descrição mais precisa da patologia da DP e uma compreensão clara das lesões cerebrais associadas à doença foram apresentadas por Greenfield e Bosanquet em 1953 (Greenfield & Bosanquet, 1953).

Atualmente, a DP é reconhecida como uma desordem neurodegenerativa que resulta da perda de neurônios dos núcleos da base, que produzem dopamina, um neurotransmissor importante envolvido na regulação do movimento (Shulman et al., 2008). A DP é caracterizada por sinais cardinais clássicos, incluindo bradicinesia, rigidez e tremor de repouso (Postuma et al., 2015).

A bradicinesia é definida como lentidão de movimento e diminuição na amplitude ou velocidade (Postuma et al., 2015). Embora a bradicinesia também ocorra na voz, face e domínios axiais e da marcha, a bradicinesia dos membros deve ser documentada para estabelecer um diagnóstico de DP (Postuma et al.,

2015). A bradicinesia afeta o desempenho de movimentos complexos, tarefas simultâneas e sequenciais (Berardelli et al., 2001).

Rigidez é descrita como uma resistência uniforme e progressiva à movimentação passiva de um membro ao longo de sua amplitude de movimento (Jiménez-Jiménez et al., 2012). É avaliada pelo movimento passivo das principais articulações com o paciente em uma posição relaxada e independe da velocidade do movimento (Postuma et al., 2015).

O tremor é definido como um movimento oscilatório, rítmico e involuntário de uma parte do corpo, podendo ser um tremor de repouso ou tremor de ação, que inclui tremor postural e cinético (Baumann, 2012; Deuschl, Papengut, & Hellriegel, 2012). Dentre os tipos de tremor que afetam os pacientes com DP, o tremor de repouso é o mais comum (Hallett, 2012), afetando 75% dos indivíduos diagnosticados (Helmich et al., 2012). Tremor em repouso refere-se a um tremor de 4 a 6 Hz no membro totalmente em repouso, que é suprimido durante a iniciação do movimento (Postuma et al., 2015).

Os sinais cardinais causam alterações comuns do parkinsonismo, como a instabilidade postural, que ocorre em estágios mais avançados da DP (Postuma et al., 2015). A instabilidade postural é o prejuízo no equilíbrio que compromete a capacidade de manter ou alterar a postura, como permanecer em ortostase e deambular (Kim et al., 2013). Com a progressão da DP, os pacientes adotam uma postura de flexão de tronco, quadril e joelhos e redução da base de suporte (Jacobs et al., 2005). Devido à inabilidade de equilibrar adequadamente o centro de massa sobre a base de suporte, pacientes com DP em estágios avançados estão predispostos a perdas de equilíbrio e quedas (Carpenter & Bloem, 2011; Morris et al., 2000).

Entre as atividades mais impactadas pela DP, a marcha aparece como grande causa de incapacidade (Albani et al., 2014; Jiang & Norman, 2006). Desde as fases iniciais da marcha, o indivíduo com Parkinson enfrenta desafios, como a ocorrência da chamada “hesitação inicial” (Jiang & Norman, 2006). Manifestações incluem a redução na velocidade e comprimento do passo, diminuição na amplitude de movimento das articulações dos membros inferiores devido à rigidez, irregularidades na temporização dos passos e assimetria, além da diminuição ou ausência de balanço dos braços. Adicionalmente, é comum observar a festinação, repentinas acelerações por parte do paciente,

evidenciando uma tentativa de manter o centro de gravidade sobre a base de suporte, buscando compensar a postura fletida (Grabli et al., 2012; Kelly, Eusterbrock, & Shumway-Cook, 2012; Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000; Yogev et al., 2005).

O congelamento da marcha, também conhecido pelo termo em inglês “freezing of gait” (FOG), representa um sintoma prevalente e incapacitante na DP, caracterizado pela dificuldade em iniciar a marcha, ou sua interrupção abrupta. O simples ato de virar-se é a principal ação responsável por desencadear o congelamento da marcha na DP, e o ato de realizar duas tarefas ao mesmo tempo também tem sido sugerida como influência para o fenômeno (Spildooren et al., 2010).

Entretanto, esse sintoma não se restringe apenas aos membros inferiores, podendo aparecer também nos membros superiores, conhecido como “freezing of upper limbs” (FOUL) (Maetzler et al., 2016). Embora mecanismos sensório-perceptuais tenham sido recentemente sugeridos como envolvidos no FOG, não há consenso sobre o mecanismo que evoca o FOUL (Brown, Almeida, & Rahimi, 2015). FOUL pode ser desencadeado por tarefas de coordenação motora bimanual (Ziv et al., 1999) e dupla tarefa (Scholten et al., 2016) e tem caráter episódico, variável e imprevisível (Vercruyssen et al., 2012). Festinação também pode ser detectada durante tarefas dos membros superiores. Em uma frequência de 2 a 3 Hz, os indivíduos com FOUL executam os movimentos em alta frequência e baixa amplitude (Freeman, Cody, & Schady, 1993; Nakamura, Nagasaki, & Narabayashi, 1978).

Apesar da DP ser mais conhecida pelos sintomas motores, é uma doença complexa, envolvendo também diversos sintomas não-motores, como depressão, distúrbios do sono, anormalidades sensoriais, disfunções autonômicas e declínio cognitivo (Langston, 2006). Os sintomas não-motores dominam o quadro clínico da DP, tanto no estágio prodômico, quanto em fases avançadas (Schapira, Chaudhuri, & Jenner, 2017) e contribuem para incapacidade grave, redução da qualidade e expectativa de vida. Em contraste com os sintomas motores da doença, os sintomas não-motores são muitas vezes mal reconhecidos e tratados inadequadamente (Chaudhuri et al., 2006).

A heterogeneidade da DP é explicada por uma fisiopatologia complexa, que não se limita apenas a alterações na substância nigra e perda isolada de

neurônios dopaminérgicos, mas vai desde a relação com alfa-sinucleína, deposição de proteína amilóide e tau, neuroinflamação, disfunção mitocondrial, alterações genéticas e epigenéticas (Jellinger, 2012; Todorova et al., 2014). Além disso, sugere-se o envolvimento de outras vias além da dopaminérgica, como a colinérgica, noradrenérgica, serotoninérgica, entre outras (Titova et al., 2017).

1.2 Acometimento dos membros superiores

Os sintomas da doença trazem prejuízos nos movimentos dos membros superiores desde os estágios iniciais da doença (Mazzoni, Shabbott & Cortés, 2012). Indivíduos com DP apresentam movimentos dos membros superiores mais lentos (Bennett et al., 1995; Khandwala et al., 2009), menos suaves (Alberts et al., 2000), imprecisos e irregulares (Castiello et al., 2000; Leiguarda et al., 2000).

Os movimentos de alcance, apreensão e manipulação de objetos são frequentemente prejudicados nessa população (Alberts et al., 2000; Bastian, et al., 2003; Morris et al., 2000; Rand et al., 2014). Indivíduos com DP apresentam alteração na medida de força empregada para segurar objetos e dificuldade em movimentos sequenciais (Morris et al., 2000). Tais alterações levam a uma redução na funcionalidade dos membros superiores, dificultando a realização de atividades da vida diária como higiene, vestimenta, alimentação e escrita (Mazzoni et al., 2012; Proud et al., 2013).

O indivíduo com DP apresenta alterações de movimento proximais, como na adução e abdução do ombro, e distais, como na pronação e supinação do antebraço (Corona et al., 2018). A limitação no movimento dos membros superiores se torna mais evidente quando o movimento requer o emprego combinado das articulações do cotovelo e ombro (Alberts et al., 2000; Leiguarda et al., 2000) ou braços e tronco (Rand et al., 2014).

Corona et al. (2018) analisaram o movimento de levar a mão até a boca, que requer o uso das articulações do ombro, cotovelo e punho. Em comparação com indivíduos saudáveis, os pacientes com DP apresentaram redução da velocidade do movimento e por consequência maior tempo para realizar a tarefa. Além disso, foi observada uma dificuldade na precisão do movimento para

localizar o alvo (a boca), possivelmente devido à depleção da dopamina, que altera o equilíbrio entre vias diretas e indiretas do circuito motor, prejudicando o planejamento motor. De fato, pacientes com DP apresentam dificuldades em tarefas de acurácia devido à dificuldade de implementar comandos motores precisos (Alberts et al., 2000).

O comprometimento dos membros superiores também aparece com prejuízos na destreza manual, relacionados à redução da força e potência muscular (Corcos et al., 1996), déficit na integração sensório-motora (Lee et al., 2010), assim como dificuldades em realizar e manter movimentos voluntários repetitivos e rítmicos (Nakamura et al., 1978; Pastor et al., 1992).

Os sintomas da doença também trazem prejuízos para a funcionalidade dos membros superiores em tarefas como alcance e preensão (Alberts et al., 2000; Bastian et al., 2003; Rand et al., 2014), afetando o desempenho de atividades da vida diária (Mazzoni et al., 2012; Proud et al., 2013) e conseqüentemente levando à redução da independência (Hwang & Song, 2016).

Outra dificuldade observada nos membros superiores dos sujeitos com DP é a redução do balanço dos braços durante a marcha, com reduções significativas na amplitude de movimento, velocidade e assimetria de balanço dos braços (Espinoza-Araneda et al., 2023; Navarro-López et al., 2022). A redução do balanço dos braços é acentuada em situações de dupla-tarefa (Baron et al., 2018) ou superfícies irregulares (Gomez et al., 2022). O balanço dos braços é um componente essencial da marcha humana, fundamental para a economia de energia durante a locomoção (Meyns, Bruijn, & Duysens, 2013) e sua redução está correlacionada com outras alterações na marcha e alto risco de quedas (Thompson et al., 2017).

Estudo prévio comparou a assimetria do balanço dos braços em indivíduos com PD e saudáveis em diferentes velocidades, e sugerem que a redução do balanço dos braços em um dos lados do corpo é um sinal precoce de distúrbios da marcha parkinsoniana, que precede inclusive alterações locomotoras nos membros inferiores, e que melhora em velocidades mais rápidas (Mainka, Lauermann, & Ebersbach, 2023). Na medida que a doença progride e os sintomas da doença ficam mais severos, a assimetria do balanço dos braços tende a diminuir (Espinoza-Araneda et al., 2023).

Devido à notável influência da função dos membros superiores na marcha de indivíduos com DP, há um interesse crescente em compreender os mecanismos subjacentes a essas alterações, bem como estratégias para minimizar essas alterações. Dentre essas estratégias, encontram-se exercícios aeróbicos de alta intensidade para melhora da coordenação bimanual e força de preensão palmar (Jansen et al., 2021), realidade virtual para melhora da destreza manual (Cikajlo & Peterlin Potisk, 2019; Lahude et al., 2023), estímulo vibratório para melhora do tremor, destreza manual e atividades da vida diária (Varalta et al., 2024), estimulação transcraniana por corrente contínua para melhora da apraxia de membro superior (Park et al., 2022), treino de instrumentos musicais como bateria para melhora do controle e atenção motora nos membros superiores (Park & Kim, 2021).

1.3 Abordagens terapêuticas

A literatura científica tem cada vez mais reforçado o potencial de abordagens não farmacológicas e não cirúrgicas para manejar os sintomas motores e não motores da DP. Dentre estas abordagens estão a fisioterapia e atividade física de uma forma geral, com exercícios que envolvem dança, exercícios na água, treino de marcha, caminhada nórdica, treino de equilíbrio, treino funcional, treino de força/resistência, treino mental, yoga, tai chi (Ernst et al., 2023). Dentre os recursos disponíveis, a dança brasileira e a caminhada nórdica são abordagens terapêuticas investigadas, que parecem manter estáveis a maioria dos sintomas funcionais-motores e não motores da DP, como mobilidade funcional, resistência, sintomas motores, medo de quedas, cognição e qualidade de vida (Haas et al., 2024).

1.3.1 Caminhada Nórdica

A caminhada nórdica (CN) surgiu na Finlândia, com a busca dos esquiadores por uma alternativa de esporte que pudesse mantê-los preparados o ano todo para a temporada de esqui no inverno. Com esse objetivo foi criada uma modalidade de treino de marcha que faz uso de bastões adaptados do esqui utilizando os membros superiores para facilitar a marcha (Kocur & Wilk, 2006).

O envolvimento dos membros superiores ativa músculos que são utilizados apenas de forma passiva durante a caminhada convencional. Além disso, o uso dos bastões proporciona uma maior base de suporte, aumentando a estabilidade postural. A participação ativa dos membros superiores firmando os bastões no solo fornece maior estabilidade para o tronco (Gougeon, Zhou & Nantel, 2017) e a distribuição do peso corporal nos quatro membros reduz a sensação de esforço (Kocur & Wilk, 2006).

Estudos sugerem que a CN pode melhorar estabilidade postural, reduzindo amplitude de movimento do tronco e velocidade no plano frontal, melhora parâmetros espaço-temporais da marcha como comprimento do passo (Warlop et al., 2017) e da passada (Gougeon et al., 2017), reduz a cadência da marcha, melhora a coordenação e ritmo dos passos (Warlop et al., 2017) e possui potencial para melhorar a mobilidade funcional, aumentando o mecanismo pendular da marcha na DP (Leal-Nascimento et al., 2022).

Bang and Shin (2017) investigaram a CN em esteira em pacientes com DP e encontraram melhorias na escala motora da UPDRS, Escala de Equilíbrio de Berg, Timed Up and Go Test (TUG), teste de caminhada de 10m e teste de caminhada de 6 minutos. Monteiro e colaboradores (2017) apontaram benefícios expressivos em parâmetros de mobilidade funcional como velocidade da marcha e performance no TUG em velocidade auto selecionada e pré-selecionada. Cugusi e colaboradores (2015) observaram progresso na força muscular e flexibilidade de membros inferiores, mobilidade funcional, equilíbrio, melhora na composição corporal e redução da sensação de fadiga. Os benefícios da CN são mais bem observados nos membros inferiores, enquanto nos membros superiores, apesar de bastante utilizados, não são observadas grandes mudanças em questão de força e flexibilidade (Cugusi et al., 2015).

Além dos benefícios nos sintomas motores, estudos também relatam melhorias significativas nos domínios da qualidade de vida, participação social, intimidade, função cognitiva, sintomas depressivos (Passos-Monteiro et al., 2020), autonomia e confiança (Cugusi et al., 2015).

Contrapondo estes achados, revisão sistemática de Salse-Batán e colaboradores (2022) concluiu que a prática da CN não conduz a alterações clinicamente significativas no comprometimento motor global, na mobilidade

funcional, no equilíbrio e na aptidão física em pacientes com DP, sugerindo que sejam realizadas mais pesquisas na área.

Até o limite do nosso conhecimento, Cugusi e colaboradores (2015) e Haas e colaboradores (2024) são os únicos estudos que avaliam função de membros superiores pós-intervenção com CN, através da força de preensão palmar, utilizando um dinamômetro, que avalia a força de preensão palmar, entretanto não encontraram melhora significativa nesses desfechos com a CN.

1.3.2 Dança brasileira

A dança tem sido proposta como um recurso terapêutico na DP, partindo do racional que a prática da dança associada ao estímulo musical agiria no sistema de recompensa, estimulando liberação de dopamina, neurotransmissor envolvido na etiologia da doença (Rios Romenets et al., 2015). A música também age como um estimulador externo de movimento, influenciando no ritmo e controle motor desses sujeitos (Jola, Sundström, & McLeod, 2022). De acordo com revisão sistemática de Ernst et al. (2023), a dança tem um efeito benéfico moderado na severidade dos sintomas motores, avaliada pela pontuação do UPDRS.

Entretanto, o uso da dança como recurso terapêutico na DP não está associado apenas à melhora de habilidades motoras, mas também do humor, por fornecer convívio social e diversão através da música (Jola et al., 2022). Há evidências da melhora da cognição (Rios Romenets et al., 2015), incluindo memória episódica (Kalyani et al., 2019), função executiva (Zhang et al., 2019), flexibilidade cognitiva e controle inibitório (Duarte et al., 2024) e melhora de sintomas de ansiedade, depressão (Kalyani et al., 2019; Solla et al., 2019), apatia (Solla et al., 2019) e qualidade de vida (Kalyani et al., 2019).

Duas revisões sistemáticas investigaram o efeito da dança em indivíduos com DP. Dos Santos Delabary e colaboradores (2018) compararam o efeito da dança com outras intervenções ou a ausência de intervenções na mobilidade funcional, sintomas motores e qualidade de vida. Foram incluídos 5 ensaios clínicos randomizados totalizando 159 sujeitos com DP. De forma similar, Carapellotti, Stevenson e Dumas (2020) avaliaram a eficácia da dança na

melhora de sintomas motores e não motores e qualidade de vida na DP. Foram incluídos 16 ensaios clínicos randomizados envolvendo 636 sujeitos com DP leve a moderada.

Quando se fala em dança como recurso terapêutico para a DP, encontramos diversos estilos na literatura. Essas revisões trazem evidências para o tango, diferentes tipos de dança de salão e/ou estilos de dança latina além do tango, dança irlandesa, dança folclórica da Sardenha, um gênero de dança mista incorporando sapateado, dança criativa e dança irlandesa e um estilo de dança oriental, a Turo PD/Qi. Os desfechos mais avaliados nos estudos incluídos foram severidade dos sintomas motores, equilíbrio, resistência, parâmetros da marcha, congelamento da marcha, mobilidade funcional e qualidade de vida (Carapellotti et al., 2020; Dos Santos Delabary et al., 2018).

Dos Santos Delabary e colaboradores (2018) concluíram com sua revisão sistemática que a dança é capaz de auxiliar nos parâmetros motores e mobilidade funcional de sujeitos com DP, mas sugere que novos estudos sejam conduzidos com protocolos mais bem definidos, levando em consideração periodização e intensidade, oferecendo maior acurácia científica na área de estudo. Carapellotti et al. (2020) por sua vez, concluíram que sujeitos com DP leve a moderada podem se beneficiar de variados estilos de dança, com forte evidência de que a dança é capaz de controlar os prejuízos motores da doença, mas ainda são necessários mais estudos para determinar seu efeito em sintomas não-motores e qualidade de vida.

Até o momento, os únicos estudos que investigaram o efeito de ritmos brasileiros para a população com DP, foram com ritmos como samba e forró (Delabary et al., 2024; Dos Santos Delabary et al., 2020; Haas et al., 2024; Moratelli et al., 2023; Tillmann et al., 2020) e os chamados ritmos binários, caracterizados por uma métrica de dois tempos, que abrange forró, merengue, foxtrote e bolero, e ritmo quaternário, com métrica de quatro tempos, que abrange samba, souk, tango e valsa (Moratelli et al., 2021; Moratelli et al., 2022). Embora os dois últimos não sejam exclusivamente ritmos brasileiros, incluíram samba e forró dentre os ritmos utilizados nas aulas de dança.

Os ritmos brasileiros parecem influenciar positivamente o comprometimento motor (Moratelli et al., 2022; Moratelli et al., 2023; Tillmann et al., 2020), força de membros inferiores (Haas et al., 2024), mobilidade (Dos

Santos Delabary et al., 2020; Tillmann et al., 2020), aspectos da marcha (Dos Santos Delabary et al., 2020; Moratelli et al., 2022), equilíbrio (Moratelli et al., 2022; Tillmann et al., 2020), participação em atividades da vida diária (Moratelli et al., 2021), qualidade de vida (Moratelli et al., 2021; Moratelli et al., 2023), cognição, atividade mental (Delabary et al., 2024; J. Moratelli et al., 2021), emocional e social (Delabary et al., 2024).

São escassos na literatura estudos que investiguem o efeito da dança na função de membros superiores. Foram encontrados na literatura nos últimos 15 anos, apenas quatro estudos. Kalyani et al. (2020) investigaram o efeito da dança na destreza manual através do Perdue Peg Board, mensurando destreza uni e bimanual das mãos e dedos e encontrando resultados favoráveis para a dança. O mesmo teste foi utilizado por Rios Romenets et al. (2015) em estudo investigando os efeitos do tango na função dos membros superiores, sem melhoras significativas. Outro instrumento utilizado para mensurar função dos membros superiores após intervenção com tango em sujeitos com DP, foi o Nine Hole Peg Test, demonstrando melhora na extremidade superior e função da mão em comparação com nenhuma intervenção (Duncan & Earhart, 2011). Por fim, Haas et al. (2024) investigou o efeito dos ritmos samba e forró na força de preensão palmar, como forma de medir a força global dos indivíduos, não encontrando resultados favoráveis para a dança brasileira.

Diante do exposto, identificou-se a necessidade de investigar com maior acurácia o comportamento dos membros superiores de indivíduos com doença de Parkinson durante a marcha, assim como propor recursos terapêuticos para auxiliar nas dificuldades que essa população enfrenta com o acometimento dos membros superiores, com uma investigação mais profunda do efeito da dança brasileira e da caminhada nórdica na força e cinemática do balanço dos membros superiores.

REFERÊNCIAS

1. ALBANI, G.; CIMOLIN, V.; FASANO, A.; TROTTI, C. et al. "Masters and servants" in parkinsonian gait: a three-dimensional analysis of biomechanical changes sensitive to disease progression. **Functional Neurology**, v. 29, n. 2, p. 99-105, abr./jun. 2014.
2. ALBERTS, J. L.; SALING, M.; ADLER, C. H.; STELMACH, G. E. Disruptions in the reach-to-grasp actions of Parkinson's patients. **Experimental Brain Research**, v. 134, n. 3, p. 353-362, out. 2000.
3. ASCHERIO, A.; SCHWARZSCHILD, M. A. The epidemiology of Parkinson's disease: risk factors and prevention. **Lancet Neurology**, v. 15, n. 12, p. 1257-1272, nov. 2016.
4. BANG, D. H.; SHIN, W. S. Effects of an intensive Nordic walking intervention on the balance function and walking ability of individuals with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 29, n. 5, p. 993-999, out. 2017.
5. BARON, E. I.; MILLER KOOP, M.; STREICHER, M. C.; ROSENFELDT, A. B. et al. Altered kinematics of arm swing in Parkinson's disease patients indicates declines in gait under dual-task conditions. **Journal of Biomechanics**, 2018.
6. BASTIAN, A. J.; KELLY, V. E.; REVILLA, F. J.; PERLMUTTER, J. S. et al. Different effects of unilateral versus bilateral subthalamic nucleus stimulation on walking and reaching in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 18, n. 9, p. 1000-1007, set. 2003.
7. BAUMANN, C. R. Epidemiology, diagnosis and differential diagnosis in Parkinson's disease tremor. **Parkinsonism & Related Disorders**, v. 18, supl. 1, p. S90-92, jan. 2012.

8. BENNETT, K. M.; MARCHETTI, M.; IOVINE, R.; CASTIELLO, U. The drinking action of Parkinson's disease subjects. **Brain**, v. 118, n. 4, p. 959-970, ago. 1995.
9. BERARDELLI, A.; ROTHWELL, J. C.; THOMPSON, P. D.; HALLETT, M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. **Brain**, v. 124, n. 11, p. 2131-2146, nov. 2001.
10. BROWN, M. J.; ALMEIDA, Q. J.; RAHIMI, F. The dopaminergic system in upper limb motor blocks (ULMB) investigated during bimanual coordination in Parkinson's disease (PD). **Journal of Neurology**, v. 262, n. 1, p. 41-53, jan. 2015.
11. CARAPELLOTTI, A. A.-O.; STEVENSON, R.; DOUMAS, M. The efficacy of dance for improving motor impairments, non-motor symptoms, and quality of life in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **PLOS ONE**, v.15, n.8, ago. 2020.
12. CARPENTER, M. G.; BLOEM, B. R. Postural control in Parkinson patients: a proprioceptive problem? **Experimental Neurology**, v. 227, n. 1, p. 26-30, jan. 2011.
13. CASTIELLO, U.; BENNETT, K. M.; BONFIGLIOLI, C.; PEPPARD, R. F. The reach-to-grasp movement in Parkinson's disease before and after dopaminergic medication. **Neuropsychologia**, v. 38, n.1, p. 46-59, 2000.
14. CHAUDHURI, K. R.; HEALY, D. G.; SCHAPIRA, A. H.; EXCELLENCE, N. I. F. C. Non-motor symptoms of Parkinson's disease: diagnosis and management. **Lancet Neurology**, v. 5, n. 3, p. 235-245, mar. 2006.
15. CIKAJLO, I. A.-O.; PETERLIN POTISK, K. Advantages of using 3D virtual reality based training in persons with Parkinson's disease: a parallel study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 16, n.1, p. 119, out. 2019.

16. CORCOS, D. M.; CHEN, C. M.; QUINN, N. P.; MCAULEY, J. et al. Strength in Parkinson's disease: relationship to rate of force generation and clinical status. **Annals of Neurology**, v. 39, n. 1, p. 79-88, jan. 1996.
17. CORONA, F.; PILLONI, G.; ARIPPA, F.; PORTA, M.; CASULA, C.; COSSU, G.; PAU, M. Quantitative assessment of upper limb functional impairments in people with Parkinson's disease. **Clinical Biomechanics**, v. 57, p. 137-143, ago. 2018.
18. CUGUSI, L.; SOLLA, P.; SERPE, R.; CARZEDDA, T. et al. Effects of a Nordic Walking program on motor and non-motor symptoms, functional performance and body composition in patients with Parkinson's disease. **NeuroRehabilitation**, v. 37, n. 2, p. 245-254, 2015.
19. DELABARY, M. D. S.; LOCH SBEGHEN, I.; TEIXEIRA DA SILVA, E. C.; GUZZO JÚNIOR, C. C. E. et al. Brazilian dance self-perceived impacts on quality of life of people with Parkinson's. **Frontiers in Psychology**, v.15, fev. 2024.
20. DEUSCHL, G.; PAPENGUT, F.; HELLRIEGEL, H. The phenomenology of parkinsonian tremor. **Parkinsonism & Related Disorders**, v. 18, supl. 1, p. S87-89, jan. 2012.
21. DORSEY, E. R.; CONSTANTINESCU, R.; THOMPSON, J. P.; BIGLAN, K. M. et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. **Neurology**, v. 68, n. 5, p. 384-386, jan. 2007.
22. DOS SANTOS DELABARY, M.; KOMEROSKI, I. G.; MONTEIRO, E. P.; COSTA, R. R. et al. Effects of dance practice on functional mobility, motor symptoms and quality of life in people with Parkinson's disease: a systematic review with meta-analysis. **Aging Clinical and Experimental Research**, v.30, n.7, p.727-735, jul. 2018.
23. DOS SANTOS DELABARY, M.; MONTEIRO, E. P.; DONIDA, R. G.; WOLFFENBUTTEL, M. et al. Can Samba and Forró Brazilian rhythmic dance be more effective than walking in improving functional mobility and spatiotemporal

gait parameters in patients with Parkinson's disease? **BMC Neurology**, v. 20, n.1, p. 305, ago. 2020.

24. DUARTE, J. A.-O.; ALCANTARA, W. A.; BRITO, J. S.; BARBOSA, L. C. S. et al. Physical activity based on dance movements as complementary therapy for Parkinson's disease: Effects on movement, executive functions, depressive symptoms, and quality of life. **PLOS ONE**, v.18, n.2, 2024.
25. DUNCAN, R. P.; EARHART, G. M. Randomized Controlled Trial of Community-Based Dancing to Modify Disease Progression in Parkinson Disease. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 26, n. 2, p. 132-143, fev. 2012.
26. ERNST, M.; FOLKERTS, A. K.; GOLLAN, R.; LIEKER, E. et al. Physical exercise for people with Parkinson's disease: a systematic review and network meta-analysis. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v.1, n.1, jan. 2023.
27. Espinoza-Araneda, J.; Caparrós-Manosalva, C.; Caballero, P. M.; da Cunha, M. J.; Marchese, R. R.; Pagnussat, A. S. Arm swing asymmetry in people with Parkinson's disease and its relationship with gait: A systematic review and meta-analysis. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 27, n. 6, nov-dez. 2023.
28. FREEMAN, J. S.; CODY, F. W.; SCHADY, W. The influence of external timing cues upon the rhythm of voluntary movements in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 56, n. 10, p. 1078-1084, out. 1993.
29. GOETZ, C. G. The history of Parkinson's disease: early clinical descriptions and neurological therapies. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, v. 1, n. 1, p. a008862, set. 2011.
30. GOMEZ, N. G.; FOREMAN, K. B.; HUNT, M.; MERRYWEATHER, A. S. Upper-extremity kinematics and interlimb movement correlation in persons with

Parkinson Disease on irregular terrain, cross-slope, and under dual-task condition. **Heliyon**, v. 8, n.11, out. 2022.

31. GOUGEON, M. A.; ZHOU, L.; NANTEL, J. Nordic Walking improves trunk stability and gait spatial-temporal characteristics in people with Parkinson disease. **NeuroRehabilitation**, v. 41, n. 1, p. 205-210, 2017.
32. GRABLI, D.; KARACHI, C.; WELTER, M. L.; LAU, B. et al. Normal and pathological gait: what we learn from Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 83, n. 10, p. 979-985, out. 2012.
33. GREENFIELD, J. G.; BOSANQUET, F. D. The brain-stem lesions in Parkinsonism. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 16, n. 4, p. 213-226, nov. 1953.
34. HAAS, A. N.; DELABARY, M. D. S.; PASSOS-MONTEIRO, E.; WOLFFENBUTTEL, M. et al. The effects of Brazilian dance, deep-water exercise and nordic walking, pre- and post-12 weeks, on functional-motor and non-motor symptoms in trained PwPD. **Parkinsonism & Related Disorders**, v.118, mar. 2024.
35. HALLETT, M. Parkinson's disease tremor: pathophysiology. **Parkinsonism & Related Disorders**, v. 18, suppl. 1, p. S85-86, jan. 2012.
36. HELMICH, R. C.; HALLETT, M.; DEUSCHL, G.; TONI, I. et al. Cerebral causes and consequences of parkinsonian resting tremor: a tale of two circuits? **Brain**, v. 135, n. 11, p. 3206-3226, nov. 2012.
37. HWANG, S.; SONG, C. S. Relationship between manual dexterity and the unified parkinson's disease rating scale-motor exam. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 12, p. 3403-3406, dez. 2016.

38. JACOBS, J. V.; DIMITROVA, D. M.; NUTT, J. G.; HORAK, F. B. Can stooped posture explain multidirectional postural instability in patients with Parkinson's disease? **Experimental Brain Research**, v. 166, n. 1, p. 78-88, set. 2005.
39. JANSEN, A. E.; KOOP, M. M.; ROSENFELDT, A. B.; ALBERTS, J. L. High intensity aerobic exercise improves bimanual coordination of grasping forces in Parkinson's disease. **Journal of Biomechanics**, v. 87, p. 13-19, jun. 2021.
40. JELLINGER, K. A. Neuropathology of sporadic Parkinson's disease: evaluation and changes of concepts. **Movement Disorders**, v. 27, n. 1, p. 8-30, jan. 2012.
41. JIANG, Y.; NORMAN, K. E. Effects of visual and auditory cues on gait initiation in people with Parkinson's disease. **Clinical Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 36-45, jan. 2006.
42. JIMÉNEZ-JIMÉNEZ, F. J.; ALONSO-NAVARRO, H.; GARCÍA-MARTÍN, E.; AGÚNDEZ, J. A. The relationship between Parkinson's disease and essential tremor: review of clinical, epidemiologic, genetic, neuroimaging and neuropathological data, and data on the presence of cardinal signs of parkinsonism in essential tremor. **Tremor and Other Hyperkinetic Movements**, v. 2, 2012.
43. JOLA, C. A.-O.; SUNDSTRÖM, M.; MCLEOD, J. Benefits of dance for Parkinson's: The music, the moves, and the company. **PLOS ONE**, v. 17, n. 11, nov. 2022.
44. KALYANI, H. H.; SULLIVAN, K. A.; MOYLE, G. M.; BRAUER, S. G. et al. Dance improves symptoms, functional mobility and fine manual dexterity in people with Parkinson disease: a quasi-experimental controlled efficacy study. **Journal of Aging Research**, v.56, n.5, p. 563-574, out. 2020.
45. KALYANI, H. H. N.; SULLIVAN, K. A.; MOYLE, G.; BRAUER, S. et al. Impacts of dance on cognition, psychological symptoms and quality of life in Parkinson's disease. **NeuroRehabilitation**, v.45, n.2, p. 273-284, 2019.

46. KELLY, V. E.; EUSTERBROCK, A. J.; SHUMWAY-COOK, A. A review of dual-task walking deficits in people with Parkinson's disease: motor and cognitive contributions, mechanisms, and clinical implications. **Parkinson's Disease**, v.2012, 2012.
47. Khandwala, V. J.; Burack, M. A.; Mink, J. W.; Gdowski, G. T.; Gdowski, M. J. Measurement of upper limb kinematics and joint angle patterns during deep brain stimulation for parkinson's disease. **Engineering in Medicine & Biology Society**, v.2009, p. 1553-6, 2009.
48. KIM, S. D.; ALLEN, N. E.; CANNING, C. G.; FUNG, V. S. Postural instability in patients with Parkinson's disease. Epidemiology, pathophysiology and management. **CNS Drugs**, v. 27, n. 2, p. 97-112, fev. 2013.
49. KOCUR, P.; WILK, M. Ł. G. Nordic Walking – a new form of exercise in rehabilitation. **Medical Rehabilitation**, v. 10, n. 2, 2006.
50. LAHUDE, A.A.-O.; SOUZA CORRÊA, P.; CABELEIRA, M.E,P.; CECHETTI, F. The impact of virtual reality on manual dexterity of Parkinson's disease subjects: a systematic review. **Disability and Rehabilitation Assistive Technology**, v.18, n.7, p. 1237-1244, out. 2023.
51. LANGSTON, J. W. The Parkinson's complex: parkinsonism is just the tip of the iceberg. **Annals of Neurology**, v. 59, n. 4, p. 591-596, abr. 2006.
52. LEAL-NASCIMENTO, A. A.-O.; DA SILVA, E. A.-O.; ZANARDI, A. A.-O.; IVANISKI-MELLO, A. A.-O. et al. Biomechanical responses of Nordic walking in people with Parkinson's disease. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n.2, p. 290-297, fev. 2022.
53. LEE, M. S.; LYOO, C. H.; LEE, M. J.; SIM, J. et al. Impaired finger dexterity in patients with Parkinson's disease correlates with discriminative cutaneous

- sensory dysfunction. **Movement Disorders**, v. 25, n. 15, p. 2531-2535, nov. 2010.
54. Leiguarda, R.; Merello, M.; Balej, J.; Starkstein, S.; Noguez, M.; Marsden, C. D. Disruption of spatial organization and interjoint coordination in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy, and multiple system atrophy. **Movement Disorders**, v. 15, n. 4, p. 627-640, jul. 2000.
55. MAETZLER, W.; RATTAY, T. W.; HOBERT, M. A.; SYNOFZIK, M. et al. Freezing of Swallowing. **Movement Disorders Clinical Practice**, v. 3, n. 5, p. 490-493, set./out. 2016.
56. MAINKA, S. A.-O.; LAUERMANN, M.; EBERSBACH, G. A.-O. Arm swing deviations in patients with Parkinson's disease at different gait velocities. **Journal of Neural Transmission**, v. 130, n.5, p. 655-661, mai. 2023.
57. MAZZONI, P.; SHABBOTT, B.; CORTÉS, J. C. Motor control abnormalities in Parkinson's disease. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, v. 2, n. 6, p. a009282, jun. 2012.
58. MEYNS, P.; BRUIJN, S. M.; DUYSSENS, J. The how and why of arm swing during human walking. **Gait & Posture**, v. 38, n. 4, p. 555-562, set. 2013.
59. MONTEIRO, E. P.; FRANZONI, L. T.; CUBILLOS, D. M.; DE OLIVEIRA FAGUNDES, A. et al. Effects of Nordic walking training on functional parameters in Parkinson's disease: a randomized controlled clinical trial. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 27, n. 3, p. 351-358, mar. 2017.
60. MORATELLI, J.; ALEXANDRE, K. H.; BOING, L.; SWAROWSKY, A. et al. Binary dance rhythm or Quaternary dance rhythm: which has the greatest effect on non-motor symptoms of individuals with Parkinson's disease? **Complementary therapies in clinical practice**, v.43, mai. 2021.

61. MORATELLI, J. A.; ALEXANDRE, K. H.; BOING, L.; SWAROWSKY, A. et al. Dance Rhythms Improve Motor Symptoms in Individuals with Parkinson's Disease: A Randomized Clinical Trial. **Journal of dance medicine & science**, v.26, n.1, mar. 2022.
62. MORATELLI, J. A.; DELABARY, M. D. S.; CURI, V. S.; PASSOS-MONTEIRO, E. et al. An Exploratory Study on the Effect of 2 Brazilian Dance Protocols on Motor Aspects and Quality of Life of Individuals with Parkinson's Disease. **Journal of dance medicine & science** , v.27, n.3, p. 153-159, set. 2023.
63. MORRIS, M.; IANSEK, R.; SMITHSON, F.; HUXHAM, F. Postural instability in Parkinson's disease: a comparison with and without a concurrent task. **Gait & Posture**, v. 12, n. 3, p. 205-216, dez. 2000.
64. NAKAMURA, R.; NAGASAKI, H.; NARABAYASHI, H. Disturbances of rhythm formation in patients with Parkinson's disease: part I. Characteristics of tapping response to the periodic signals. **Perceptual and Motor Skills**, v. 46, n. 1, p. 63-75, fev. 1978.
65. NAVARRO-LÓPEZ, V.; FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, D.; MOLINA-RUEDA, F.; CUESTA-GÓMEZ, A. et al. Arm-swing kinematics in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Gait and Posture**, v.98, p. 85-95, out. 2022.
66. PARK, J.; KIM, S. Dual-Task-Based Drum Playing with Rhythmic Cueing on Motor and Attention Control in Patients with Parkinson's Disease: A Preliminary Randomized Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 19, set. 2021.
67. PARK, J. A.; HALLETT, M.; JANG, H. R.; KIM, L. U. et al. Effects of anodal stimulation and motor practice on limb-kinetic apraxia in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, v.240, n.4, abr. 2022.

68. PARKINSON, J. An essay on the shaking palsy. 1817. **Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 14, n. 2, p. 223-236; discussion 222, 2002.
69. PASSOS-MONTEIRO, E.; F, B. S.; L, T. F.; A, R. C. et al. Nordic Walking and Free Walking Improve the Quality of Life, Cognitive Function, and Depressive Symptoms in Individuals with Parkinson's Disease: A Randomized Clinical Trial. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v.5, n.4, nov. 2020.
70. PASTOR, M. A.; ARTIEDA, J.; JAHANSHAH, M.; OBESO, J. A. Time estimation and reproduction is abnormal in Parkinson's disease. **Brain**, v. 115, n. 1, p. 211-225, fev. 1992.
71. POSTUMA, R. B.; BERG, D.; STERN, M.; POEWE, W.; OLANOW, C. W.; OERTEL, W.; et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 30, n. 12, p. 1591-1601, out. 2015.
72. PROUD, E. L.; MILLER, K. J.; MARTIN, C. L.; MORRIS, M. E. Upper-limb assessment in people with Parkinson disease: is it a priority for therapists, and which assessment tools are used? **Physiotherapy Canada**, v. 65, n. 4, p. 309-316, 2013.
73. RAND, M. K.; VAN GEMMERT, A. W.; HOSSAIN, A. B.; STELMACH, G. E. Coordination deficits during trunk-assisted reach-to-grasp movements in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, v. 232, n. 1, p. 61-74, jan. 2014.
74. RIOS ROMENETS, S.; ANANG, J.; FERESHTEHNEJAD, S. M.; PELLETIER, A. et al. Tango for treatment of motor and non-motor manifestations in Parkinson's disease: a randomized control study. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 23, n. 2, p. 175-184, abr. 2015.

75. SALSE-BATÁN, J. A.-O.; SANCHEZ-LASTRA, M. A.; SUAREZ-IGLESIAS, D.; VARELA, S. A.-O. et al. Effects of Nordic walking in people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Health & social care in the community**, v. 30, n. 5, set. 2022.
76. SCHAPIRA, A. H. V.; CHAUDHURI, K. R.; JENNER, P. Non-motor features of Parkinson disease. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 18, n. 7, p. 435-450, jul. 2017.
77. SCHOLTEN, M.; GOVINDAN, R. B.; BRAUN, C.; BLOEM, B. R. et al. Cortical correlates of susceptibility to upper limb freezing in Parkinson's disease. **Clinical Neurophysiology**, v. 127, n. 6, p. 2386-2393, jun. 2016.
78. SHULMAN, L. M.; GRUBER-BALDINI, A. L.; ANDERSON, K. E.; VAUGHAN, C. G. et al. The evolution of disability in Parkinson disease. **Movement Disorders**, v. 23, n. 6, p. 790-796, abr. 2008.
79. SHUMWAY-COOK, A.; BRAUER, S.; WOOLLACOTT, M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. **Physical Therapy**, v. 80, n.9, p. 896-903, set. 2000.
80. SOLLA, P.; CUGUSI, L.; BERTOLI, M.; CERRETTI, A. et al. Sardinian Folk Dance for Individuals with Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Pilot Trial. **Journal of alternative and complementary medicine**, v. 25, n.3, p. 305-316, jan. 2019.
81. SPILDOOREN, J.; VERCRUYSSSE, S.; DESLOOVERE, K.; VANDENBERGHE, W. et al. Freezing of gait in Parkinson's disease: the impact of dual-tasking and turning. **Movement Disorders**, v. 25, n. 15, p. 2563-2570, nov. 2010.
82. THOMPSON, E.; AGADA, P.; WRIGHT, W. G.; REIMANN, H. et al. Spatiotemporal gait changes with use of an arm swing cueing device in people with Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v. 58, p. 46-51, out. 2017.

83. TILLMANN, A. A.-O.; SWAROWSKY, A. A.-O.; CORRÊA, C. A.-O.; ANDRADE, A. A.-O. et al. Feasibility of a Brazilian samba protocol for patients with Parkinson's disease: a clinical non-randomized study. **Arquivos de neuro-psiquiatria**, v. 78, n. 1, p. 13-20, jan. 2020.
84. TITOVA, N.; PADMAKUMAR, C.; LEWIS, S. J. G.; CHAUDHURI, K. R. Parkinson's: a syndrome rather than a disease? **Journal of Neural Transmission (Vienna)**, v. 124, n. 8, p. 907-914, ago. 2017.
85. TODOROVA, A.; JENNER, P.; RAY CHAUDHURI, K. Non-motor Parkinson's: integral to motor Parkinson's, yet often neglected. **Practical Neurology**, v. 14, n. 5, p. 310-322, out. 2014.
86. VARALTA, V.; RIGHETTI, A.; EVANGELISTA, E.; VANTINI, A. et al. Effects of upper limb vibratory stimulation training on motor symptoms in Parkinson's disease: an observational study. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 56, fev. 2024.
87. VERCRUYSSSE, S.; SPILDOOREN, J.; HEREMANS, E.; VANDENBOSSCHE, J. et al. Freezing in Parkinson's disease: a spatiotemporal motor disorder beyond gait. **Movement Disorders**, v. 27, n. 2, p. 254-263, fev. 2012.
88. WARLOP, T.; DETREMBLEUR, C.; BUXES LOPEZ, M.; STOQUART, G. et al. Does Nordic Walking restore the temporal organization of gait variability in Parkinson's disease? **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 17, fev. 2017.
89. YOGEV, G.; GILADI, N.; PERETZ, C.; SPRINGER, S. et al. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? **European Journal of Neuroscience**, v. 22, n. 5, p. 1248-1256, set. 2005.
90. ZHANG, Q.; HU, J.; WEI, L.; JIA, Y. et al. Effects of dance therapy on cognitive and mood symptoms in people with Parkinson's disease: A systematic review

and meta-analysis. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 36, p. 12-17, ago. 2019.

91. ZIV, I.; AVRAHAM, M.; DABBY, R.; ZOLDAN, J. et al. Early-occurrence of manual motor blocks in Parkinson's disease: a quantitative assessment. **Acta Neurologica Scandinavica**, v. 99, n. 2, p. 106-111, fev. 1999.

2 OBJETIVOS ARTIGO 1

Objetivo geral

Analisar a cinemática dos membros superiores de indivíduos com doença de Parkinson durante a marcha em diferentes velocidades através de um estudo observacional do tipo transversal.

Objetivos específicos

- Investigar a fase relativa contínua entre ombro e cotovelo e ombro e quadril durante a marcha em diferentes velocidades e nas diferentes fases do ciclo da marcha
- Investigar a variabilidade da coordenação entre membros durante a marcha em diferentes velocidades e nas diferentes fases do ciclo da marcha
- Comparar a fase relativa contínua e a variabilidade da coordenação entre membros durante a marcha em diferentes velocidades e nas diferentes fases do ciclo da marcha em idosos com doença de Parkinson e sem doença de Parkinson.



Contents lists available at ScienceDirect

Human Movement Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/humov

Speed-dependent changes in shoulder-hip coordination and upper limb variability during gait in older adults with Parkinson's disease

Maria Eduarda Parcianello Cabeleira ^{a,*}, André Ivaniski-Mello ^b,
Valéria Feijó Martins ^b, Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga ^{b,c},
Flávia Gomes Martinez ^b, Fernanda Cechetti ^a

^a Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Post-Graduation Program in Rehabilitation Sciences, Porto Alegre, Brazil

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Post-Graduation Program in Human Movement Sciences, Porto Alegre, Brazil

^c Public Health, Experimental and Forensic Medicine of the University of Pavia, Pavia, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:

Parkinson's disease
Kinematics
Locomotion
Gait
Upper body
Continuous relative phase

ABSTRACT

Background: Coordination between upper and lower limbs is fundamental to human gait. Changes in this coordination are well described in Parkinson's disease (PD), but there is limited information on the upper limbs' continuous relative phase and coordination variability during walking in people with PD (PwPD), considering different phases of the gait cycle and varying walking speeds.

Research question: Do older adults with PD present altered upper limbs continuous relative phase (CRP) and coordination variability across the different subphases of gait cycle and walking speeds, compared to older adults without PD?

Methods: This cross-sectional observational study included 20 older adults with PD and 10 older adults without PD. Participants underwent gait kinematic analysis using a three-dimensional motion capture system on a treadmill at 0.23 and 0.33 m/s. The mean CRP and coordination variability in shoulder-elbow and shoulder-hip pairs were calculated. Statistical analysis employed the Generalized Estimating Equations method to compare groups and evaluate group*speed interactions.

Results: Older adults with PD exhibit distinct upper limb-hip coordination strategies as walking speed increases, especially during the final subphases of the gait cycle, compared to those without PD. Older adults with and without PD decrease variability in upper limb coordination with rising speed, and shoulder-hip segments are only affected during the push-off phase.

Significance: These findings highlight the distinct motor coordination challenges faced by older adults with PD and underscore the importance of targeted interventions, focusing on improving shoulder-hip and arms coordination to improve gait dynamics in this population.

* Corresponding author at: Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre Post-Graduation Program in Rehabilitation Sciences, 245 Sarmiento Leite Street, Porto Alegre, Brazil.

E-mail address: mariaeduardapc@ufcspa.edu.br (M.E.P. Cabeleira).

<https://doi.org/10.1016/j.humov.2025.103449>

Received 28 March 2025; Received in revised form 16 October 2025; Accepted 18 December 2025

Available online 22 December 2025

0167-9457/© 2025 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

1. Introduction

Parkinson's disease (PD) manifests with deficits in upper limb motor function from the disease's initial stages (Mazzoni, Shabbott, & Cortés, 2012). People with PD (PwPD) present a decrease in arm swing during gait, with a notable reduction in range of motion, speed, and symmetry of arm swing (Navarro-López et al., 2022). Arm swing is an essential component of human gait, serving as a mechanism to minimize energy consumption during locomotion, optimize stability and neural performance and even facilitating the movements of the legs (Meyns, Bruijn, & Duysens, 2013), and is correlated with other changes in gait and risk of falls (Thompson, Agada, Wright, Reimann, & Jeka, 2017).

Human locomotion uses different progress patterns, which are based on the relative effectiveness of arm and leg movements, as well as pelvic and thoracic rotations. These progress patterns, represented by the relative phase between body segments, can be manipulated by a single control parameter such as gait speed (Wagenaar & van Emmerik, 1994).

Van Emmerik, Wagenaar, Winogrodzka, and Wolters (1999) provided compelling evidence that alterations in trunk coordination during gait in PwPD can shed light on problems related to axial rigidity. By systematically manipulating walking speed, the study revealed notable modifications in the "shift" pattern among PwPD. Specifically, compared to healthy controls, PwPD exhibited significantly reduced relative phase values between pelvic and thoracic rotations across all walking speeds, indicating diminished intersegmental coordination and increased rigidity. This impaired coordination may contribute to functional deficits commonly associated with axial rigidity, such as reduced forward progression, increased instability (Yang, Lee, Cheng, Lin, & Wang, 2008) and risk of falls (Cano-de-la-Cuerda, Vela-Desojo, Miangolarra-Page, & Macías-Macías, 2017).

The Continuous Relative Phase (CRP) measures the space-phase relationship between two segments or joints throughout a gait cycle. This measure has often been employed to quantify the coordination and variability between two or more segments across a movement (Ippersiel, Robbins, & Dixon, 2021; Lamb & Stöckl, 2014). Coordination variability refers to the degree of variability on CRP while segments of the body moves, reflecting body's resilience to perturbations (Kelso, 1995).

Coordination between upper and lower limbs is a fundamental characteristic of human gait. During moderate-paced walking, the arms swing out of phase with one another, while maintaining an in-phase relationship with the corresponding contralateral leg. This interlimb coordination increases gait stability, while impaired coordination increases the risk of falls (Krasovsky et al., 2012). Changes in coordination are well documented in the literature in older adults (Martins et al., 2023) and individuals with gait disorders, such as PwPD (Kellaher, Baudendistel, Roemmich, Terza, & Hass, 2022; Lin & Wagenaar, 2018; Matsuo et al., 2005).

Given the role of arm swing in maintaining gait stability and efficiency, along with the established link between impaired coordination and increased risk of falls in PwPD, understanding how these deficits manifest during walking is crucial. Despite previous research highlighting these impairments, there is limited knowledge about how the coordination between upper and lower limbs evolves across different gait speeds and phases. To address this gap, the present study aims to analyze the CRP and coordination variability across the different subphases of gait cycle in older adults with PD at different walking speeds, comparing with older adults without PD. Our hypothesis is that PwPD present lower CRP values, indicating interlimb movements with less dissociation, and, consequently, lower coordination variability. As we did not formulate subphase-specific hypotheses, these analyses were conducted in an exploratory manner.

2. Materials and methods

This cross-sectional observational study followed the STROBE guidelines (von Elm et al., 2008). Participants signed the free and informed consent form before assessments and the study was approved by the Research Ethics Committee for the *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Brazil (CAAE 69,919,017.3.0000.5347).

2.1. Participants and clinical assessment

Thirty participants were recruited from the community to the study. Twenty older adults with PD (PwPD) and 10 older adults without Parkinson's disease, used as a reference group (RG).

Inclusion criteria were age range between 60 and 80 years, be able to walk independently in the treadmill without bars assistance and sign the informed consent form. To participate in the study, PwPD should have clinical diagnosis of idiopathic PD by a neurologist according to Movement Disorders Society (Postuma et al., 2015); disease staging between 1 and 3 according to the Hoehn and Yahr (H&Y) Scale; and to be under medical supervision, with regular use of antiparkinsonian medications.

Exclusion criteria were symptoms associated with a previous stroke or other neurological disease; Deep Brain Stimulation implantation or other recent surgeries in the last six months; severe heart disease, uncontrolled high blood pressure, myocardial infarction within a period of less than one year, people with a pacemaker; lower limb prosthesis and individuals with any musculoskeletal pathology in the upper limbs and scoring less than 21 points on the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (14).

PwPD were characterized in stages according to the Hoehn and Yahr Scale (H&Y), symptoms severity according to the Motor Examination of Unified Parkinson's disease Rating Scale (UPDRS III), and cognitive impairment according to the Montreal Cognitive Assessment (MoCA). After sample characterization, all subjects went through a gait kinematic analysis through a three-dimensional motion capture system. All assessment were conducted by experienced researchers with participants in the "on" phase of Parkinson's medication.

2.2. Gait analysis

The walking tests in this study were conducted using a motorized treadmill (Super ATL model, Inbrasport, Porto Alegre, Brazil). Three-dimensional kinematic analyses were carried out employing a motion capture system (Vicon Motion Capture System, Oxford, UK) equipped with six infrared cameras (200 Hz, Bonita 1 MP, and T10 1.3 MP models). We performed calibration following the manufacturer's instructions, utilizing a space of 4 m (width), 6 m (length), and 2.5 m (height). Thirty-five reflective spherical markers were strategically placed on anatomical landmarks based on the Plug-in-Gait Full-Body model from NEXUS version 1.8.5 (Vicon Oxford, Oxford, UK).

Following marker placement, participants stood in a static position on a stationary treadmill to record baseline posture data. Afterward, a familiarization period of 5–10 min was provided, during which participants walked at a self-selected pace until they felt comfortable and ready to begin the testing procedure. Once prepared, participants performed treadmill walking trials without using arm support and while wearing comfortable footwear. Walking tests were conducted at two fixed speeds: 0.28 m/s and 0.83 m/s.

Kinematic data collection occurred during 1 min of each speed, with ten strides per participant analyzed (Martins et al., 2023). These speeds were selected to encompass a slower and faster speed that is possible for subjects with mild to moderate PD to walk without the aid of their arms. To minimize fatigue, participants were given 5-min rest intervals both between the familiarization period and the test phase, as well as between trials conducted at different speeds.

2.3. Data analysis

The raw data was exported from Vicon NEXUS (v 2.12.0, Oxford, UK) software and processed in a custom mathematical routine in Python programming language (v. 3.8.18). Three-dimensional motion data from anatomical markers were processed using a low-pass Butterworth filter (6 Hz, 4th order). The stride events of right foot touch-down and take-off were identified using the method described by Zeni Jr, Richards, and Higginson (2008).

The angular position in the sagittal plane of the elbow, shoulder, and hip were computed through the motion data of the segments (Winter, 2009). Then the CRP curves of each pair of joints (shoulder-elbow, shoulder-contralateral hip) along each stride were computed (Lamb & Stöckl, 2014) by: 1st) centering the angular position curve around zero of each joint; 2nd) calculating the phase angle curve of each joint with the Hilbert transform; 3rd) computing the CRP curve of each pair of joints by subtracting the phase angle from one joint of the other (proximal minus distal). The CRP curve of each stride was time-normalized to 400 points, then the contact phase was extracted and divided in the following subphases (Martins et al., 2023): loading response (0–20 % of the contact phase), mid-stance (20–50 % of the contact phase), terminal stance (50–80 % of the contact phase), and push-off (80–100 % of the contact phase). This fixed-percentage segmentation of subphases was chosen to allow for standardized comparisons between groups and speeds, although we recognize that it could not account for speed-related changes in the absolute duration of each subphase. Finally, each subphase was time-normalized to 50 points each.

The CRP mean and standard deviation curves in each contact subphases and for the full stride were computed along all strides for each participant in each walking speed. The interjoint coordination was calculated by the mean value of the mean CRP curve (CRP-mean), while the coordination variability was quantified by the mean value of SD CRP curve (CRP SD). A CRP-mean of 0° is interpreted as the joints move in-phase, indicating greater synchrony between segments. While a CRP-mean of 180° represents an anti-phase coupling, indicating greater dissociation and refined motor control between segments. A positive CRP-mean suggests that the proximal joint leads the distal joint, whereas a negative CRP-mean indicates that the distal joint leads the proximal joint (Hutin et al., 2012; Mehdizadeh & Glazier, 2018; Van Emmerik, McDermott, Haddad, & Van Wegen, 2005). And a higher CRP-SD value indicate more stable movements, i.e., it represents that the motor control system is more resilient to perturbations during the gait cycle (Lamb & Stöckl, 2014).

2.4. Statistical analysis

Demographic and clinical characteristics are presented descriptively as mean and standard deviation (SD) for continuous variables, and as proportions for categorical variables (e.g., gender). CRP-mean and CRP-SD are presented as mean and standard error (SE). For comparison between groups (PwPD and RG) and speed (0.28 and 0.83 m/s) the generalized estimating equation (GEE) method was performed: group, speed, and group*speed interaction. The Linear and Gamma distributions models were tested for each dependent variable, and the model with best fit was chosen (lowest value of quasi-likelihood under independence model criterion). Bonferroni post-hoc test was conducted in case of statistically significant difference in the omnibus GEE test. A sensitivity analysis was performed using a Linear Mixed Model (LMM) for each dependent variable. Models including either a random intercept only or both random intercept and slope were tested, and the best-fitting model was selected based on the lowest Akaike Information Criterion (AIC) value.

Results are reported in American Psychological Association style, including the *p*-value, regression coefficient (β), its 95 % confidence interval (CI), and the effect size calculated as the absolute value of the standardized coefficient ($|\beta / SE|$). The statistical analysis was carried out using SPSS software (Statistical Package for Social Sciences for Windows, v.25, IBM Corporation, Armonk, NY, USA), and the alpha adopted was $\alpha = 0.05$.

The sample size was calculated using G*Power (version 3.1.6, Düsseldorf, Germany) based on an F test: ANOVA – repeated measures, within-between interaction, which aligns with the study design (2 groups \times 2 speeds). An effect size of $f = 0.61$ was estimated from previous findings on shoulder–hip coordination variability (Martins et al., 2023). To detect this effect with a power of 85 % ($1 - \beta = 0.85$) and a significance level of $\alpha = 0.05$, the required sample size was calculated to be 28 participants.

3. Results

The clinical and demographic characteristics of the participants are reported descriptively in Table 1 to ensure transparency. PwPD and the reference group were similar in terms of gender distribution, age, body mass, and height. PwPD had an average disease duration of 5.8 ± 4.2 years. H&Y and UPDRS III scores indicated a clinical profile consistent with mild to moderate disease severity, while MoCA scores suggested the presence of mild cognitive impairment.

The statistical results of GEE are available in Supplementary Material 1. The GEE results were fully consistent with those obtained from the LMM models regarding the statistical significance of all fixed effects, confirming the robustness of GEE findings.

Table 2 shows the CRP of shoulder-elbow and shoulder-contralateral hip during stance phases of walking at 0.28 and 0.83 m/s in PwPD and RG. There was a significant interaction group*speed in the shoulder-hip CRP in the terminal stance ($p = 0.017$) and in the push-off ($p = 0.013$) phases, indicating that older adults with and without PD employ distinct coordination strategies for upper limb movements with the hip as speed increases in the final subphases of the gait cycle. During the mid-stance phase, the shoulder-hip CRP increased with speed ($p = 0.003$) in both groups, while in the total stance and loading response phase, the CRP of either the shoulder-elbow and shoulder-hip were unaffected by speed or group.

To provide additional insight into the magnitude of these effects, we calculated the percentage change in shoulder-hip CRP between 0.28 and 0.83 m/s separately for PwPD and RG. Between walking speeds of 0.28 and 0.83 m/s, PwPD showed a 71.8 % increase in shoulder-hip CRP during terminal stance and a 40.8 % decrease during push-off, whereas RG demonstrated substantial increases in both phases, with shoulder-hip CRP rising 121.4 % in terminal stance and 88.5 % in push-off. These metrics offer a clearer understanding of how speed influences coupling patterns and support the interpretation that dynamic coordination demands may be differentially processed across populations.

Table 3 presents the coordination variability of the shoulder-elbow and shoulder-contralateral hip during the stance phases of walking at 0.28 and 0.83 m/s in PwPD and RG. The analysis revealed no significant group*speed interaction or group main effect for any stance phase in either coordination pair. The only statistically significant factor was speed, which affected shoulder-elbow coordination variability. Specifically, shoulder-elbow coordination variability decreased as walking speed increased across all stance subphases (total stance: $p < 0.001$; loading response: $p = 0.000$; mid-stance: $p = 0.001$; terminal stance: $p < 0.001$). The percentage reductions in coordination variability between speeds were as follows: in PwPD, total stance decreased by 50.24 %, loading response by 50.03 %, mid-stance by 52.91 %, terminal stance by 57.38 %, and push-off by 52.47 %; in RG, total stance decreased by 68.77 %, loading response by 75.39 %, mid-stance by 69.25 %, terminal stance by 68.28 %, and push-off by 66.44 %. These findings suggest that older adults, both with and without Parkinson's disease, exhibit reduced upper limb coordination variability as walking speed increases.

Fig. 1 illustrates representative shoulder-Hip coupling patterns for PwPD and non-PD subjects, displayed across the two walking speeds (0.28 and 0.83 m/s). The figure allows visual comparison of movement dynamics at either terminal stance or push-off phase. Notably, the PwPD subject shows altered temporal coordination and reduced coupling strength compared to the non-PD subject, especially at higher walking speeds.

Fig. 2 shows the shoulder-elbow and shoulder-contralateral hip CRP during walking at 0.28 and 0.83 m/s. The shoulder-elbow segments present a more in-phase movement, especially at higher speed. Whereas the shoulder-hip segments present a more in-phase movement at 0.28 m/s and a more anti-phase movement at 0.83 m/s. Older adults with and without PD show a similar pattern in both shoulder-elbow and shoulder-hip CRP at 0.28 m/s, but at 0.83 m/s PD differentiate from the reference group, presenting a more anti-phase coupling in the final phases of gait cycle in the shoulder-hip segments. Besides that, the large SD area shows that the shoulder-hip segments tend to be more resilient to perturbations during the gait cycle in comparison to the shoulder-elbow segments.

Table 1
Clinical and demographic characteristics of participants.

Variables	PwPD (n = 20)	RG (n = 10)
Gender (F/M)	8/12	4/6
Age (years)	68.5 ± 6.3	65.8 ± 4.1
Body mass (kg)	72.1 ± 12.5	78.4 ± 12.5
Height (cm)	166 ± 9.3	168.7 ± 8.6
Disease duration (years)	5.8 ± 4.2	–
H&Y		–
1	13	–
2	2	–
3	5	–
UPDRS III	11.6 ± 5.3	–
MoCA	25.5 ± 2.5	–

Note: Data are presented as mean \pm standard deviation and proportions. PwPD, people with parkinson's disease; RG, reference group; H&Y, hoehn & yahr scale; UPDRS III, unified parkinson's disease rating scale – part III (motor exam); MoCA, montreal cognitive assessment.

Table 2

Continuous relative phase (in degrees) of shoulder-elbow and shoulder-contralateral hip during stance phases of walking at different speeds in older adults with and without Parkinson's disease.

Gait Cycle Phase	Coupled joints	0.28 m/s		0.83 m/s		Statistical results (p-value; β [95 %CI]; effect size)		
		mean \pm SE	PwPD	RG	PwPD	RG	Group	Speed
Total stance	Shoulder-Elbow	-1.64 \pm 0.63	-1.08 \pm 1.96	-1.63 \pm 0.61	-0.82 \pm 0.79	0.53; -0.81 [-2.77,1.16]; 0.80	0.91; -0.26 [-4.68,4.16]; 0.11	0.92; 0.24 [-4.68,4.16] 0.10
	Shoulder-Hip	-33.37 \pm 14.41	-57.49 \pm 12.54	-28.49 \pm 9.66	-19.95 \pm 23.85	-8.54 [-58.98, 41.91]; 0.33	-37.54 [-70.28, 4.80]; 0.04;	32.66 [-7.38, 72.69]; 1.60
Loading response	Shoulder-Elbow	1.90 \pm 4.34	5.65 \pm 4.07	4.82 \pm 2.03	7.17 \pm 2.65	-2.35 [-8.91, 4.22]; -0.77	-1.52 [-12.69, 9.65]; -0.27	-1.40 [-15.78, 12.98]; 0.19
	Shoulder-Hip	-32.77 \pm 8.92	-93.37 \pm 13.02	-30.45 \pm 14.01	-52.27 \pm 30.88	21.82 [-44.64, 88.29]; 0.64	-41.10 [-98.51, 16.32]; 1.40	38.78 [-32.61, 110.17]; 1.06
Mid-stance	Shoulder-Elbow	1.92 \pm 3.69	2.66 \pm 4.82	5.31 \pm 2.00	7.25 \pm 2.42	-1.94 [-8.10, 4.23]; 0.62	-4.59 [-14.59, 5.41]; 0.90	1.21 [-11.10, 13.51]; 0.19
	Shoulder-Hip	-34.51 \pm 19.90	-93.26 \pm 12.71	-8.13 \pm 15.26	1.73 \pm 39.07	-9.86 [-92.08, 72.36]; 0.24	-95.00 [-167.92, -22.07]; 2.55	68.61 [-12.74, 149.96]; 1.65
Terminal stance	Shoulder-Elbow	-0.29 \pm 1.89	-1.64 \pm 3.69	1.15 \pm 0.90	1.91 \pm 1.20	-0.76 [-3.71, 2.18]; 0.51	-3.57 [-10.35, 3.22]; 1.03	2.12 [-5.88, 10.11]; 0.52
	Shoulder-Hip	-19.80 \pm 16.57	-87.54 \pm 11.64	-5.58 \pm 17.48	18.75 \pm 37.21	-24.34 [-104.34, 56.25]; 0.59	-106.30 [-174.37, -38.22]; 3.06	92.08 [16.19, 167.98]; 2.38
Push-off	Shoulder-Elbow	-4.80 \pm 1.72	-3.72 \pm 2.80	-3.87 \pm 0.74	-2.59 \pm 1.21	-1.28 [-4.08, 1.52]; 0.90	-1.13 [-5.02, 2.76]; 0.57	0.20 [-4.62, 5.02]; 0.08
	Shoulder-Hip	-13.20 \pm 17.97	-73.69 \pm 16.47	-18.61 \pm 18.99	8.51 \pm 35.29	-27.13 [-105.69, 51.43]; 0.68	-82.21 [-141.70, -22.72]; 2.71	87.62 [18.12, 157.13]; 2.47

Note: Data are presented as mean \pm standard error. PwPD, people with parkinson's disease; RG, reference group. Bold p-values indicate significant difference ($p < 0.05$). The effect size was calculated as $|\beta/SE|$.

4. Discussion

The present study aimed to analyze continuous relative phase and coordination variability during gait in older adults with PD across different walking speeds and subphases of the gait cycle, compared with older adults without PD. Our findings reveal that PwPD employs distinct upper limb-hip coordination strategies as walking speed increases, particularly during the final subphases of the gait cycle, in comparison to their non-PD counterparts. Furthermore, both groups demonstrated decreased coordination variability in upper limb movements as speed increases. The shoulder-hip segments are only influenced in the push-off phase. To the best of our knowledge, this was the first study to investigate upper limbs CRP and coordination variability during gait in PwPD across the different phases of gait cycle and different walking speeds.

Martins et al. (2023) investigated the mean CRP and coordination variability in upper limbs at different walking speeds and considering the subphases of gait cycle, but they conducted a comparative analysis between older and young adults. The study revealed that older adults alter the interjoint coordination, reducing the upper limbs CRP compared to young adults. Furthermore, walking speed was found to influence CRP in older adults, with a notable increase in coordination variability observed as walking speed increased from preferred to fast (Martins et al., 2023). In the present study, PwPD further reduced the shoulder-hip CRP compared to non-PD, especially at higher speeds. This was evident in the significant group*speed interactions in the terminal stance and push-off phases (see Table 2), indicating that PwPD adopt distinct coordination strategies for upper limb-hip movement during these critical subphases of the gait cycle. Additionally, CRP increased with speed during mid-stance in both groups, underscoring the influence of

Table 3

Coordination variability (in degrees) of shoulder-elbow and shoulder-contralateral hip during stance phases of walking at different speeds in older adults with and without Parkinson's disease.

Gait Cycle Phase	Coupled joints	0.28 m/s		0.83 m/s		Statistical results (p-value; β [95 %CI]; effect size)		
		mean \pm SE	PwPD	RG	PwPD	RG	Group	Speed
Total stance	Shoulder-Elbow	10.35 \pm 2.21	16.88 \pm 3.12	5.15 \pm 0.86	5.27 \pm 1.18	0.15; -0.13 [-2.99, 2.74]; 0.09	<0.001 ; 11.61 [5.78, 17.43]; 3.90	0.07; -6.41 [-13.21, 0.40]; 1.84
	Shoulder-Hip	39.37 \pm 7.32	42.09 \pm 11.49	38.14 \pm 6.86	17.13 \pm 8.34	0.92 [-31.23, 33.06]; 0.06	-7.96 [-27.55, 11.63]; 0.80	0.92; 1.29 [-22.44, 25.02]; 0.11
Loading response	Shoulder-Elbow	15.35 \pm 3.70	25.24 \pm 6.40	7.67 \pm 1.01	6.21 \pm 1.01	0.27; 1.46 [-1.35, 4.26]; 1.02	19.03 [5.95, 32.11]; 2.85	-11.34 [-25.94, 3.26]; 1.52
	Shoulder-Hip	69.57 \pm 8.82	55.62 \pm 12.86	76.85 \pm 10.78	89.51 \pm 21.44	-12.66 [-59.71, 34.39]; 0.53	-33.90 [-71.36, 3.57]; 1.77	26.62 [-15.78, 69.01]; 1.23
Mid-stance	Shoulder-Elbow	12.68 \pm 4.28	14.83 \pm 3.16	5.97 \pm 0.94	4.56 \pm 0.81	0.90; 1.41 [-1.04, 3.87]; 1.13	10.27 [3.92, 16.62]; 3.17	-3.56 [-13.64, 6.53]; 0.69
	Shoulder-Hip	59.33 \pm 9.92	51.27 \pm 13.68	80.52 \pm 10.63	74.14 \pm 22.72	0.69; 6.38 [-42.80, 55.56]; 0.25	-22.87 [-60.38, 14.64]; 1.19	1.69 [-43.48, 46.85]; 0.07
Terminal stance	Shoulder-Elbow	8.12 \pm 2.27	10.75 \pm 1.84	3.46 \pm 0.39	3.41 \pm 0.55	0.44; 0.05 [-1.28, 1.39]; 0.08	7.34 [4.20, 10.49]; 4.58	0.31; -2.69 [-7.87, 2.49]; 1.02
	Shoulder-Hip	72.49 \pm 11.14	55.25 \pm 13.34	81.00 \pm 9.08	78.64 \pm 23.42	0.62; 2.36 [-46.88, 51.60]; 0.09	0.07; -23.39 [-53.85, 7.08]; 1.50	0.40; 14.88 [-19.56, 49.32]; 0.85
Push-off	Shoulder-Elbow	6.08 \pm 1.29	9.92 \pm 1.91	2.89 \pm 0.31	3.33 \pm 0.62	0.11; -0.44 [-1.81, 0.93]; 0.63	<0.001 ; 6.59 [3.26, 9.92]; 3.88	0.11; -3.40 [-7.53, 0.73]; 1.61
	Shoulder-Hip	73.03 \pm 11.08	53.35 \pm 14.59	82.55 \pm 9.45	80.14 \pm 19.71	0.54; 2.42 [-40.43, 45.26]; 0.11	0.05; -26.78 [-57.07, 0.51]; 1.92	0.35; 17.26 [-18.83, 53.35]; 0.94

Note: Data are presented as mean \pm standard error. PwPD, people with parkinson's disease; RG, reference group. Bold p-values indicate significant difference ($p < 0.05$). The effect size was calculated as $|\beta/SE|$.

speed on intersegmental coordination across aging and presence of PD.

Importantly, these findings highlight that movements of the upper limbs become more 'en bloc,' a characteristic associated with fall risk (Huang et al., 2012; Khobkhun, Santiago, Tahara, Srivanitchapoom, & Richards, 2022). Coordination variability also changed with speed: the shoulder-elbow coordination variability decreased significantly across all stance subphases, while shoulder-hip variability increased only during push-off. These results further support the notion that increased walking speed leads to decreased upper limb coordination variability, especially between shoulder and elbow segments, reinforcing the biomechanical changes observed in older adults—with and without PD.

Our findings indicate that older adults with PD use distinct coordination strategies for upper limb movements in relation to the hip as speed increases in the final subphases of the gait cycle, compared to older adults without PD. During terminal stance, both groups increased the shoulder-hip CRP, but the degree of variability between 0.28 and 0.83 m/s in the reference group was higher, supporting our hypothesis that PwPD have a diminished relationship between upper and lower limbs during gait. The 71.8 % increase in CRP for PwPD versus the 121.4 % increase for RG during terminal stance suggests a reduced sensitivity to speed in the PD group. Furthermore, the opposing trends observed during push-off—an 88.5 % increase in RG versus a 40.8 % decrease in PwPD—highlight a reversal in speed-related coordination response, reinforcing the notion that dynamic coupling strategies are differentially modulated in PD. The CRP between shoulder and hip was analyzed to understand the cross-coordination movements where contralateral upper and lower limb pairs cross the body's midline. These movement patterns are believed to enhance bilateral motor coordination (Pohl, Brauner, Wearing, & Horstmann, 2020).

Continuous Relative Phase (CRP) for representative participants

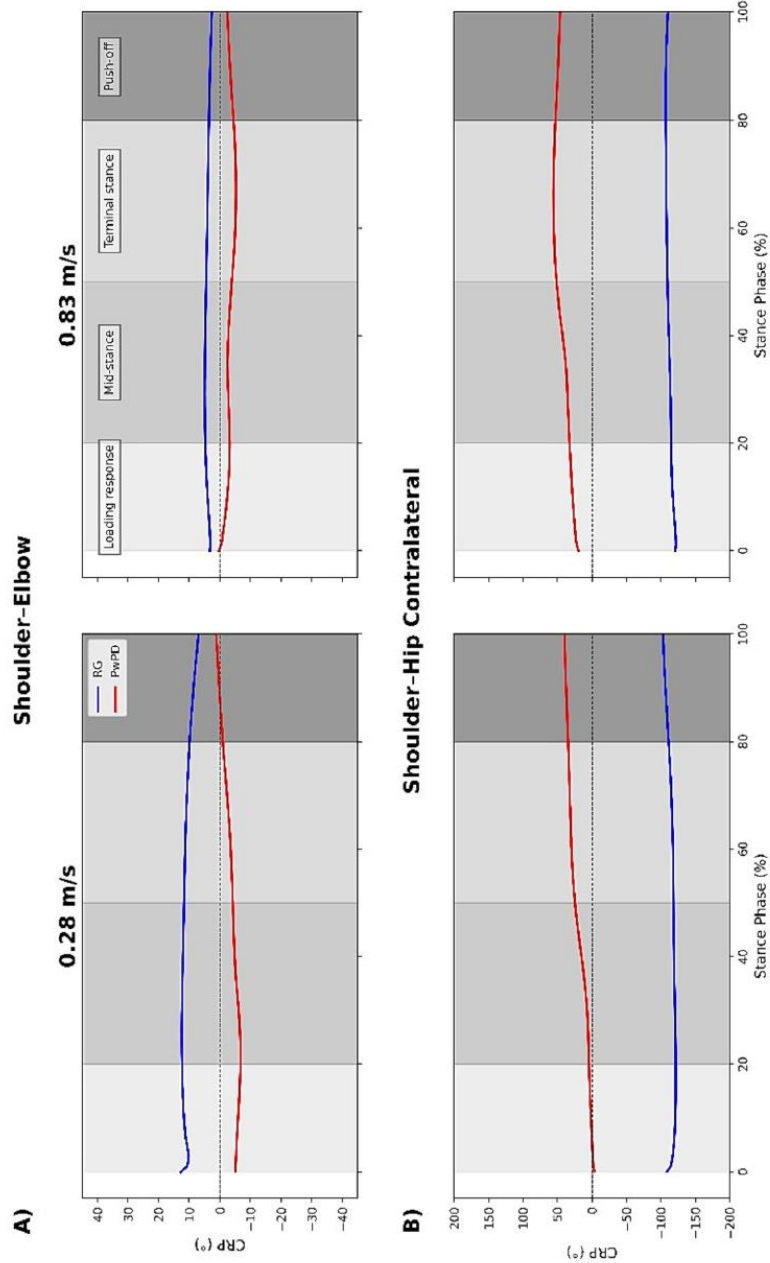


Fig. 1. CRP of shoulder-elbow (A) and shoulder-contralateral hip (B) for representative participants during stance phase of walking at different speeds. The red line indicates the PwPD and the blue line show the values for the reference group. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Continuous relative phase (CRP) during walking

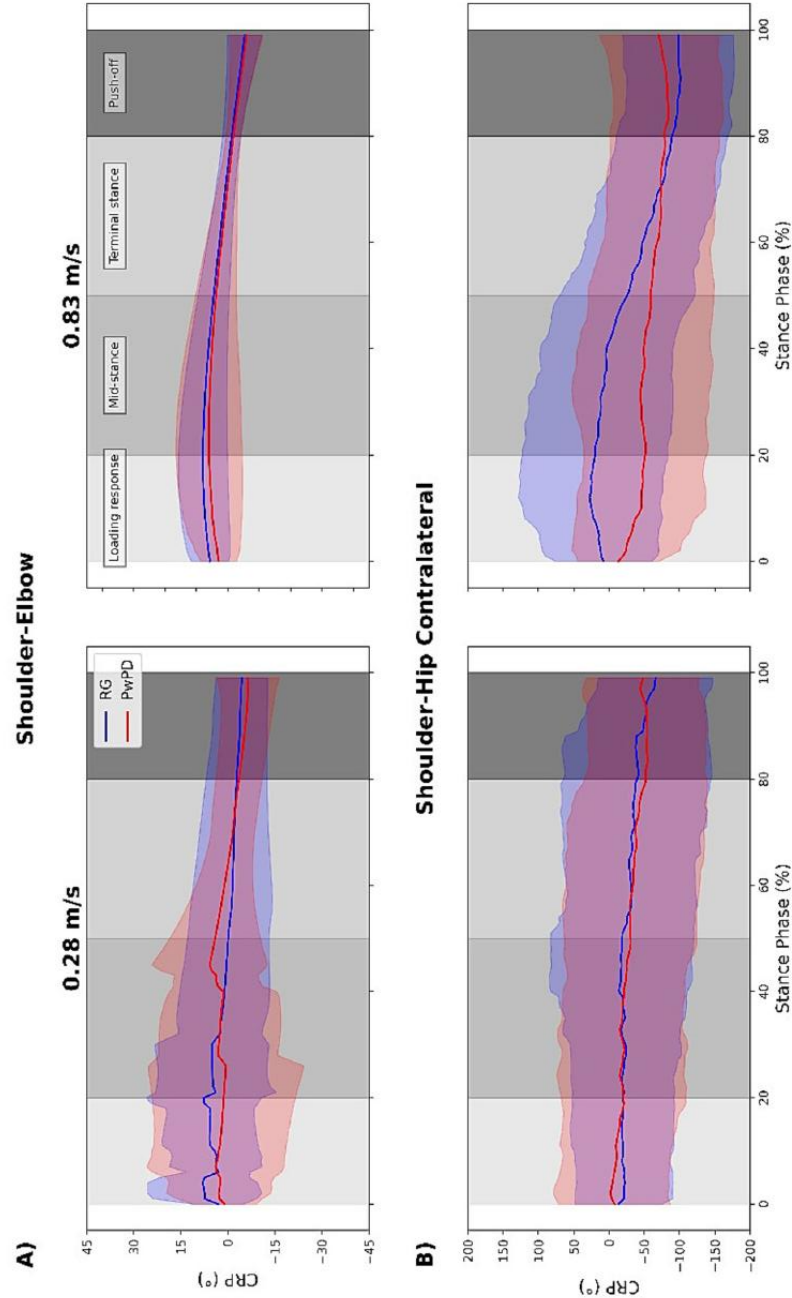


Fig. 2. Shoulder-elbow and shoulder-hip CRP curves during the stance phase at speeds of 0.28 and 0.83 m/s. The red line indicates the PwPD and the blue line show the values for the reference group. The shaded areas represent the standard deviation of the means. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Previous studies investigated the interlimb coordination of PwPD both in treadmill walking (Lin & Wagenaar, 2018) and over-ground walking (Kellaher et al., 2022). Treadmill walking elicit an increase in cadence, which significantly impact interlimb coordination, frequency coupling and the relative phase between arm and legs movements (Carpinella, Crenna, Rabuffetti, & Ferrarin, 2010).

Lin and Wagenaar (2018) compared PwPD to age-matched controls, during a treadmill walking assessment with varying speeds between 0.22 and 1.30 m/s. Kinematic data on the phase relation between upper and lower limbs, pelvis and thoracic rotation, revealed that PwPD increased variability in relative phase between left and right arm swing. Additionally, they demonstrated reduced range of motion and less variability in the phase relation between thoracic and pelvic rotations. The increased variability of phase relation between left and right arm swing may be attributed to reduced out-of-phase arm movements at the shoulders, resulting from axial rigidity in PD (Lin & Wagenaar, 2018). Our study demonstrated that coordination variability is reduced in the shoulder-elbow segments with speed increment. This reduction confirms our hypothesis, which probably occurs due to fixation of the shoulder girdle during gait, common in this population. This fixation causes a reduction in arm swing during gait, with significant reductions in range of motion and arm swing symmetry (Navarro-López et al., 2022).

Reduced arm swing may arise from impaired muscles contraction (Albani et al., 2014; Buchthal & Fernandez-Ballesteros, 1965) stiffness and axial rigidity (Franzén et al., 2009; Wright, Gurfinkel, Nutt, Horak, & Cordo, 2007), postural instability (Albani et al., 2014) and reduced trunk rotation during walking (Carpinella et al., 2007; Crenna et al., 2007; Ferrarin, Rizzone, Lopiano, Recalcati, & Pedotti, 2004). Besides that, the shoulder and upper leg muscles exhibit a diminished common cortical driver during various phases of the gait cycle in PwPD. This reduction may contribute to the impaired interlimb coordination seen in these individuals (Weersink, de Jong, & Maurits, 2022).

Kellaher et al. (2022) measured interlimb coordination and spatiotemporal gait parameters during backward and forward walking in PwPD and older adult controls with similar gait speed in a walkway. No statistical differences were found between the groups in the forward walking. However, interlimb coordination during backward walking was significantly impaired in those with PD. These results corroborate our findings, since older adults with and without PD presented similar coordination variability at shoulder-hip segments in the different speeds and gait cycle phases analyzed. Similarly, Mainka, Lauermann, and Ebersbach (2023) demonstrated that people with mild to moderate PD have the ability to do gait adjustments to the same extent as age-matched controls, despite its considerable arm swing asymmetry. In our study, the only subphase influenced by speed was the push-off phase, that presented greater coordination variability with speed increase, in both shoulder-elbow and shoulder-hip segments. This may be explained by the fact that the push-off phase can be generated by ankle, knee, and hip muscles (Kuo, 2002) and that push-off peak increases with faster walking speeds (Doerks et al., 2024).

Despite the significant findings, this study has limitations that should be considered. The sample was composed of people with mild to moderate PD, consequently, the findings may not be generalizable to patients with more severe forms of the disease. A sample with more severe gait impairments may demonstrate greater differences between people with and without PD, however, individuals with more severe PD would have difficulty walking on a treadmill without support. Although the gait analysis was performed on a treadmill to allow for more accurate control of walking speeds, the outcomes analysis in the ground walking could demonstrate different results from those found on the treadmill, since the treadmill can be challenging for older adults, especially those with PD. In addition, the sample was not stratified into PD subtypes, rigid-akinetic and hyperkinetic, which may present distinct limb kinematics behaviors during gait.

Furthermore, we defined gait subphases using fixed percentage thresholds. While this method allows for standardized comparisons, it does not account for the influence of walking speed on the absolute duration of each subphase, which may have introduced some bias. In addition, we analyzed 10 strides per condition to ensure feasibility and minimize fatigue in older adults with PD. While pace- and rhythm-related parameters can be reliably measured with few strides, variability measures require substantially more—often 60 or more—to achieve high reliability (Hollman et al., 2010). Thus, our results for mean CRP are likely robust, but those for coordination variability should be interpreted cautiously. Future studies should include more strides to confirm these findings. Despite this, the results provide insights never reported before, with fixed speeds, that can avoid intervening effects, and analysis of specific gait cycle phases, which can help clinicians in decision-making and planning gait training according to subphases and speeds.

These findings offer important clinical insights for rehabilitation specialists working with PwPD. The observed alterations in shoulder-hip coordination, particularly during terminal stance and push-off, highlight key moments in the gait cycle when interventions could be most impactful. Therapeutic strategies that target cross-body coordination may help mitigate the 'en bloc' movement pattern and improve bilateral integration during locomotion. Moreover, the reduction in coordination variability with increased speed between shoulder and elbow suggests that faster, well-monitored walking exercises could reinforce motor regularity and stability. Designing speed-adjusted gait training protocols that emphasize upper-limb contribution could enhance dynamic postural control and reduce fall risk. Importantly, segmenting gait cycle phases in training could allow clinicians to personalize interventions based on the specific coordination deficits observed in PwPD.

In conclusion, our study demonstrates that older adults with PD exhibit different upper limb-hip coordination strategies as walking speed increases, especially during the final subphases of the gait cycle, compared to older adults without the disease. Older adults with and without PD showed increased variability in upper limb coordination with rising speed, but the shoulder-hip segments were only affected during the push-off phase. These findings highlight the distinct motor coordination challenges faced by PwPD and underscore the importance of targeted interventions to improve gait dynamics in this population.

CRedit authorship contribution statement

Maria Eduarda Parcianello Cabeleira: Writing – review & editing, Writing – original draft, Software, Project administration, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization. **André Ivaniski-Mello:** Software, Methodology, Formal analysis, Data curation. **Valéria Feijó Martins:** Methodology, Investigation, Data curation. **Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga:** Writing – review & editing, Conceptualization. **Flávia Gomes Martinez:** Writing – review & editing, Conceptualization. **Fernanda Cechetti:** Writing – review & editing, Project administration, Conceptualization.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Declaration of competing interest

There are no conflicts of interest to report.

Acknowledgements

The authors have no acknowledgments.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.humov.2025.103449>.

Data availability

Data will be made available on request.

References

- Albani, G., Cimolin, V., Fasano, A., Trotti, C., Galli, M., & Mauro, A. (2014). "masters and servants" in parkinsonian gait: A three-dimensional analysis of biomechanical changes sensitive to disease progression. *Functional Neurology*, 29(2), 99–105. <https://doi.org/10.11138/FNneur/2014.29.2.099>
- Buchthal, F., & Fernandez-Ballesteros, M. L. (1965). Electromyographic study of the muscles of the upper arm and shoulder during walking in patients with Parkinson's disease. *Brain*, 88(5), 875–896. <https://doi.org/10.1093/brain/88.5.875>
- Cano-de-la-Cuerda, R., Vela-Desojo, L., Miangolarra-Page, J. C., & Macías-Macías, Y. (2017). Axial rigidity is related to the risk of falls in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 40(4), 569–577. <https://doi.org/10.3233/NRE-171444>
- Carpinella, I., Crenna, P., Marzegan, A., Rabuffetti, M., Rizzone, M., Lopiano, L., & Ferrarin, M. (2007). Effect of L-dopa and subthalamic nucleus stimulation on arm and leg swing during gait in Parkinson's disease. In *2007. Annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society. IEEE engineering in medicine and biology society. Annual International Conference* (pp. 6665–6668). <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353888>
- Carpinella, I., Crenna, P., Rabuffetti, M., & Ferrarin, M. (2010). Coordination between upper- and lower-limb movements is different during overground and treadmill walking. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 71–82. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1168-5>
- Crenna, P., Carpinella, I., Rabuffetti, M., Calabrese, E., Mazzoleni, P., Nemni, R., & Ferrarin, M. (2007). The association between impaired turning and normal straight walking in Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 26(2), 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.04.010>
- Doerks, F., Riedel, L., Einfeldt, A. K., Windhagen, H., Hurschler, C., & Jakubowitz, E. (2024). Contribution of various forefoot areas to push-off peak at different speeds and slopes during walking. *Gait & Posture*, 103, 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.12.016>
- von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., Vandenbroucke, J. P., & Initiative, S. T. R. O. B. E. (2008). The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 61(4), 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2007.11.008>
- Ferrarin, M., Rizzone, M., Lopiano, L., Recalcati, M., & Pedotti, A. (2004). Effects of subthalamic nucleus stimulation and L-dopa in trunk kinematics of patients with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 19(2), 164–171. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00058-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00058-4)
- Franzén, E., Paquette, C., Gurfinkel, V. S., Cordo, P. J., Nutt, J. G., & Horak, F. B. (2009). Reduced performance in balance, walking and turning tasks is associated with increased neck tone in Parkinson's disease. *Experimental Neurology*, 219(2), 430–438. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2009.06.013>
- Hollman, J. H., Childs, K. B., McNeil, M. L., Mueller, A. C., Quilter, C. M., & Youdas, J. W. (2010). Number of strides required for reliable measurements of pace, rhythm and variability parameters of gait during normal and dual task walking in older individuals. *Gait & Posture*, 32(1), 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.02.017>
- Huang, X., Mahoney, J. M., Lewis, M. M., Guangwei, D., Piazza, S. J., & Cusumano, J. P. (2012). Both coordination and symmetry of arm swing are reduced in Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 35(3), 373–377. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.180>
- Hutin, E., Pradon, D., Barbier, F., Bussel, B., Gracies, J. M., & Roche, N. (2012). Walking velocity and lower limb coordination in hemiparesis. *Gait & Posture*, 36(2), 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.016>
- Ippersiel, P., Robbins, S. M., & Dixon, P. C. (2021). Lower-limb coordination and variability during gait: The effects of age and walking surface. *Gait & Posture*, 85, 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.02.009>
- Kellaher, G. K., Baudendistel, S. T., Roemmich, R. T., Terza, M. J., & Hass, C. J. (2022). Persons with Parkinson's disease show impaired interlimb coordination during backward walking. *Parkinsonism & Related Disorders*, 94, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2021.11.02>
- Kelso, J. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organisation of brain and behavior*. MIT Press.
- Khobkhun, F., Santiago, P. R. P., Tahara, A. K., Srivanitchapoom, P., & Richards, J. (2022). An investigation of the contribution of different turn speeds during standing turns in individuals with and without Parkinson's disease. *Scientific Reports*, 12(1), 22566. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27217-4>

- Krasovskiy, T., Baniña, M. C., Hacmon, R., Feldman, A. G., Lamontagne, A., & Levin, M. F. (2012). Stability of gait and interlimb coordination in older adults. *Journal of Neurophysiology*, 107(9), 2560–2569. <https://doi.org/10.1152/jn.00950.2011>
- Kuo, A. D. (2002). Energetics of actively powered locomotion using the simplest walking model. *Journal of Biomechanical Engineering*, 124(1), 113–120. <https://doi.org/10.1115/1.1427703>
- Lamb, P. F., & Stöckl, M. (2014). On the use of continuous relative phase: Review of current approaches and outline for a new standard. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 29(5), 484–493. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.03.008>
- Lin, C. C., & Wagenaar, R. C. (2018). The impact of walking speed on interlimb coordination in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(5), 658–662. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.658>
- Mainka, S., Lauermann, M., & Ebersbach, G. (2023). Arm swing deviations in patients with Parkinson's disease at different gait velocities. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 130(5), 655–661. <https://doi.org/10.1007/s00702-023-02619-4>
- Martins, V. F., Gomeñuka, N. A., Correale, L., Martinez, F. G., Buzzachera, C. F., Gonçalves, A. K., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2023). Effects of aging on arm coordination at different walking speeds. *Gait & Posture*, 103, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.04.012>
- Matsuo, Y., Asai, Y., Nomura, T., Sato, S., Inoue, S., Mizukura, I., Yoneda, T., Miki, A., Sakoda, S., & Abe, K. (2005). Intralimb and interlimb incoordination: Comparative study between patients with parkinsonism and with cerebellar Ataxia. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association*, 8(1), 47–52. <https://doi.org/10.1298/jjpta.8.47>
- Mazzoni, P., Shabbott, B., & Cortés, J. C. (2012). Motor control abnormalities in Parkinson's disease. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2(6), Article a009282. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a009282>
- Mehdizadeh, S., & Glazier, P. S. (2018). Order error in the calculation of continuous relative phase. *Journal of Biomechanics*, 73, 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.03.032>
- Meyns, P., Brujin, S. M., & Duysens, J. (2013). The how and why of arm swing during human walking. *Gait & Posture*, 38(4), 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.02.006>
- Navarro-López, V., Fernández-Vázquez, D., Molina-Rueda, F., Cuesta-Gómez, A., García-Prados, P., Del-Valle-Gratacós, M., & Carratalá-Tejada, M. (2022). Arm-swing kinematics in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, 93, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.08.017>
- Pohl, T., Brauner, T., Wearing, S., & Horstmann, T. (2020). Limb movement, coordination and muscle activity during a cross-coordination movement on a stable and unstable surface. *Gait & Posture*, 81, 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.07.019>
- Postuma, R. B., Berg, D., Stern, M., Poewe, W., Olanow, C. W., Oertel, W., ... Deuschl, G. (2015). MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 30(12), 1591–1601. <https://doi.org/10.1002/mds.26424>
- Thompson, E., Agada, P., Wright, W. G., Reimann, H., & Jeka, J. (2017). Spatiotemporal gait changes with use of an arm swing cueing device in people with Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 53, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.07.001>
- Van Emmerik, R. E., McDermott, W. J., Haddad, J. M., & Van Wegen, E. E. (2005). Age-related changes in upper body adaptation to walking speed in human locomotion. *Gait & Posture*, 22(3), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.09.006>
- Van Emmerik, R. E., Wagenaar, R. C., Winogrodzka, A., & Wolters, E. C. (1999). Identification of axial rigidity during locomotion in Parkinson disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(2), 186–191. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(99\)90119-3](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90119-3)
- Wagenaar, R. C., & van Emmerik, R. E. A. (1994). Dynamics of pathological gait. *Human Movement Science*, 13(3), 441–471. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(94\)90049-3](https://doi.org/10.1016/0167-9457(94)90049-3)
- Weersink, J. B., de Jong, B. M., & Maurits, N. M. (2022). Neural coupling between upper and lower limb muscles in parkinsonian gait. *Clinical Neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 134, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.11.072>
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Wright, W. G., Gurfinkel, V. S., Nutt, J., Horak, F. B., & Cordo, P. J. (2007). Axial hypertonicity in Parkinson's disease: Direct measurements of trunk and hip torque. *Experimental Neurology*, 208(1), 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2007.07.002>
- Yang, Y. R., Lee, Y. Y., Cheng, S. J., Lin, P. Y., & Wang, R. Y. (2008). Relationships between gait and dynamic balance in early Parkinson's disease. *Gait & Posture*, 27(4), 611–615. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.08.003>
- Zeni, J. A., Jr., Richards, J. G., & Higginson, J. S. (2008). Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. *Gait & Posture*, 27(4), 710–714. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.07.007>

Glossary

- CRP: continuous relative phase
 GEE: generalized estimating equation
 H&Y: hoehn and yahr scale
 MoCA: montreal cognitive assessment
 PD: Parkinson's disease
 PwPD: people with Parkinson's disease
 SD: standard deviation
 SE: standard error
 UPDRS III: motor examination of unified parkinson's disease rating scale.

4 OBJETIVOS ARTIGO 2

Objetivo geral

Verificar o efeito da dança brasileira e da caminhada nórdica na força e cinemática dos membros superiores durante a marcha em indivíduos com doença de Parkinson, através de um Ensaio Clínico Randomizado.

Objetivos específicos

- Investigar o efeito da dança brasileira e da caminhada nórdica na força de preensão palmar, medida através de um dinamômetro manual;
- Investigar o efeito da dança brasileira e da caminhada nórdica na amplitude, tempo do ciclo, coeficiente de variabilidade, assimetria e suavidade do movimento do balanço dos membros superiores durante a marcha através de uma análise cinemática.

5 ARTIGO 2

Brazilian dance and nordic walking as strategies to improve arm swing symmetry and strength in Parkinson's disease: a randomized clinical trial

Artigo submetido a revisão por pares para publicação científica

[Artigo com dados inéditos não publicados]

6 CONCLUSÃO GERAL

O primeiro estudo evidencia que indivíduos com doença de Parkinson (DP) apresentam estratégias únicas de coordenação entre os membros superiores e inferiores à medida que a velocidade da caminhada aumenta, quando comparado com idosos sem DP. A relação entre os segmentos ombro-cotovelo e ombro-quadril contralateral, representada pela fase relativa contínua, foi reduzida com o aumento da velocidade nas fases finais do ciclo da marcha. Além disso, a variabilidade da coordenação dos membros superiores também foi reduzida com o aumento da velocidade em todas as fases do ciclo da marcha. A variabilidade da coordenação dos segmentos ombro e quadril contralateral foram influenciadas somente na fase de impulso. Esses achados destacam os desafios de coordenação motora enfrentados por pessoas com DP e evidenciam a importância de intervenções terapêuticas que objetivem a melhora da coordenação entre membros, especialmente ombro e quadril contralateral e membros superiores, melhorando a estabilidade da marcha e reduzindo o risco de quedas.

O segundo estudo enfatiza a importância de considerar a força dos membros superiores e a simetria do balanço dos braços na reabilitação da marcha para pessoas com DP. Os resultados mostram que a força dos membros superiores pode ser significativamente melhorada com a dança brasileira, e a simetria do balanço dos braços pode se beneficiar tanto da dança brasileira quanto da caminhada nórdica. Força e simetria do balanço dos braços são aspectos importantes para a marcha, uma vez que promovem uma locomoção eficaz com economia de energia e reduzem o risco de quedas. As intervenções estudadas são boas opções para a prática clínica, uma vez que ambas são seguras, relativamente fáceis de aprender e aplicar, e de baixo custo.

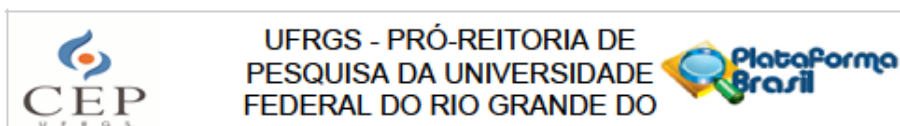
Em conjunto, os estudos sugerem que uma abordagem abrangente para a reabilitação da marcha em pessoas com DP deve incluir tanto intervenções para melhorar a coordenação entre membros quanto para fortalecer os membros superiores e melhorar a simetria do balanço dos braços. Isso pode resultar em uma marcha mais estável e eficiente.

7 IMPACTOS DO TRABALHO

Profissionais da reabilitação podem se beneficiar desses estudos na tomada de decisão clínica ao incorporar exercícios para coordenação entre membros superiores e inferiores nos planos de tratamento. A evidência de que a dança brasileira melhora a força dos membros superiores e ambas as intervenções melhoram a simetria do balanço dos braços fornece uma base sólida para recomendar essas atividades como parte da reabilitação da marcha. Além disso, a compreensão dos desafios específicos de coordenação enfrentados por pessoas com DP pode ajudar os profissionais a desenvolver programas personalizados que abordem essas dificuldades, promovendo uma abordagem mais eficaz e centrada no paciente. Em resumo, abordagens integradas e acessíveis para a reabilitação da marcha em pessoas com DP podem ter um impacto positivo significativo em termos clínicos.

ANEXOS

ANEXO A - Parecer do Comitê de ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS AGUDOS DE DIFERENTES INTERVENÇÕES SOBRE O COMPORTAMENTO MOTOR E A BIOMECÂNICA DO EQUILÍBRIO E DA LOCOMOÇÃO DE IDOSOS E SUJEITOS COM PARKINSON

Pesquisador: Flávia Gomes Martinez

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 05879119.4.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.284.557

Apresentação do Projeto:

Trata-se do projeto de pesquisa que tem como pesquisador responsável FLÁVIA GOMES MARTINEZ, intitulado "EFEITOS AGUDOS DE DIFERENTES INTERVENÇÕES SOBRE O COMPORTAMENTO MOTOR E A BIOMECÂNICA DO EQUILÍBRIO E DA LOCOMOÇÃO DE IDOSOS E SUJEITOS COM PARKINSON" a ser executado de 07/2018 a 12/2019 e que pretende "avaliar e comparar a cinemática da marcha e a atividade eletromiográfica de músculos do tronco e membros inferiores de sujeitos com Doença de Parkinson durante a locomoção e a manutenção do equilíbrio em diferentes situações do ambiente seco e durante a imersão em diferentes profundidades do ambiente aquático, bem como imediatamente após uma sessão de treinamento de caminhada livre, caminhada nórdica e jogging aquático, comparados a jovens e a idosos ativos.

Como hipótese, os pesquisadores informam que "as variáveis cinemáticas da marcha devem sofrer interferência das diferentes modalidades de treinamento de locomoção. Estima-se que o ambiente aquático deva modificar o posicionamento do Centro de massa dos sujeitos com DP, bem como o tônus muscular dos mesmos, aumentando a amplitude de movimento de articulações dos Membros Inferiores durante a locomoção."

Foi apresentada uma fundamentação teórica bem estruturada, considerando aspectos relativos 3

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

distintos subprojetos:

- 1) Caracterização da biomecânica da marcha e comportamento motor de pacientes com Doença de Parkinson em ambiente seco e em diferentes profundidades de ambiente aquático.
- 2) Efeitos agudos de uma sessão de caminhada livre, caminhada nórdica e jogging aquático sobre a biomecânica e o comportamento motor do equilíbrio e da locomoção de pessoas com Doença de Parkinson com e sem Camptocormia e Síndrome de Pisa.
- 3) Efeitos do uso de pistas sensoriais em diferentes ambientes na biomecânica da marcha de indivíduos com Parkinson e idosos

Objetivo da Pesquisa:

Como objetivos gerais, os pesquisadores informam "Avaliar e comparar a cinemática da marcha e a atividade eletromiográfica de músculos do tronco e membros inferiores de sujeitos com Doença de Parkinson durante a locomoção e a manutenção do equilíbrio em diferentes situações do ambiente seco e durante a imersão em diferentes profundidades do ambiente aquático, bem como imediatamente após uma sessão de treinamento de caminhada livre, caminhada nórdica e jogging aquático, comparados a jovens e a idosos ativos."

Como objetivos específicos:

- Avaliar e comparar as variáveis espaços-temporais (velocidade, comprimento do passo, largura do passo, frequência de passada, em diferentes, situações de locomoção em ambiente seco (corredor estreito, esteira e ambiente aberto) e em diferentes profundidades de imersão em ambiente aquático (água em níveis de joelho, quadril, processo xifoide, ombros e água funda) de sujeitos com DP, jovens e idosos ativos.
- Avaliar e comparar a atividade eletromiográfica dos músculos eretor espinal, oblíquo interno, bíceps femoral, reto femoral, gastrocnêmio medial e tibial anterior, em diferentes situações de locomoção em ambiente seco (corredorestreito, esteira e ambiente aberto) e em diferentes profundidades aquáticas (água em níveis de joelho, quadril e processo xifoide) de sujeitos com DP, jovens e idosos ativos.
- Avaliar e comparar a taxa de deslocamento do COP e a atividade eletromiográfica dos músculos supracitados durante a manutenção do equilíbrio em ortostase com e sem movimentos de membros superiores.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Balro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Como riscos, os pesquisadores informam que "Há riscos de queda, riscos de lesão na pele, dores musculares ou fadiga, além de riscos de afogamento. Diante disso, os pesquisadores se responsabilizam em tentar ao máximo evitar intercorrências ou acidentes, por meio de acompanhamento de mais de um pesquisador, atentos a cada etapa das coletas, estando próximos fisicamente dos sujeitos, na expectativa de minimizar os riscos supracitados." Diante dos importantes riscos mencionados, solicita-se esclarecimentos de quais condutas serão adotadas se eventualmente acontecerem as intercorrências. Qual suporte aos participantes? Na segunda versão, os pesquisadores informam que "No caso de qualquer intercorrência, a equipe de pesquisa se compromete a prestar auxílio, atendimento e encaminhamento com acompanhamento para serviço de atendimento emergencial. Além disso, no turno da manhã, o campus possui apoio presencial médico." (PENDÊNCIA ATENDIDA)

Como benefícios, os pesquisadores relatam que "os participantes serão informados de quais as melhores técnicas e formas de locomoção para obterem melhor rendimento e menor efeitos dos sinais e sintomas comuns à Doença de Parkinson."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O pesquisador prevê a realização de 3 subprojetos vinculados a um projeto guarda-chuva relacionados ao movimento de portadores de DP .

>>>>Subprojeto 1: Caracterização da biomecânica da marcha e do comportamento motor de pacientes com Doença de Parkinson em ambiente seco e em diferentes profundidades de ambiente aquático.

Serão três grupos (um grupo composto de pacientes com a Doença de Parkinson e dois outros grupos referência: um de idosos ativos e outro de jovens ativos) serão submetidos à locomoção em diferentes situações (Caminhada livre, caminhada nórdica, caminhada em diferentes profundidades de ambiente aquático).

Foi apresentado cálculo de tamanho amostral com o n estimado foi de 20 sujeitos para cada grupo.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

Segundo os pesquisadores, os participantes serão pré-selecionados no Grupo de Pesquisa em Parkinson da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Além disso, serão selecionados por voluntariedade e disponibilidade de horário para as coletas. O convite para participação na pesquisa será realizado através de comunicação oral e divulgação online. Incluir o texto de divulgação. Na segunda versão, os pesquisadores informam o texto de divulgação: "Você está sendo convidado a participar de um estudo intitulado "Avaliação da marcha e ativação muscular do paciente com Doença de Parkinson em diversos ambientes e profundidades". O estudo será realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID), no laboratório de biodinâmica, no ambiente aberto, no corredor e nas piscinas desse mesmo local, a fim de identificar e avaliar possíveis alterações na ativação muscular de pacientes com doença de Parkinson, quando deambulam em diferentes ambientes, comparados a jovens e idosos saudáveis. Para participar ou para qualquer esclarecimento, estamos disponíveis através do telefone (51) 98230 7733." Na nova versão foi incluído o cartaz de divulgação. (PENDÊNCIA ATENDIDA).

Foram apresentados critérios de inclusão e exclusão para os grupos.

As avaliações e coleta de dados ocorrerão no Centro natatório da ESEFID. Há necessidade de inclusão de Termo de Concordância a exemplo do apresentado pelo LAPEX. Na nova versão, foi incluído Termo de Concordância do CENTRO OLÍMPICO – CENTRO NATATÓRIO.

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados serão: ficha de anamnese, eletromiógrafos (EMG) e o sistema de análise de marcha - cinemetria. A ficha anamnese (APÊNDICE A) será composta de dados de identificação dos participantes, perguntas globais, Mini Exame do Estado Mental (ANEXO 1), Escala de Hoehn e Yahr Modificada (ANEXO 2) e Escala Unificada da Doença de Parkinson – UPDRS III (ANEXO 3). Na nova versão, foram retiradas das fichas de avaliação dos participantes dados de identificação (nome, endereço) (PENDÊNCIA ATENDIDA)

Está prevista filmagem dos participantes. Não fica claro se os pesquisadores pretendem fazer uso das filmagens somente para análise dos dados ou se pretendem a sua utilização futura na divulgação, mesmo que científica. Ainda, de que forma preservarão a identificação do participante e de que forma farão a guarda do material. Na nova versão os pesquisadores esclarecem que "a filmagem será utilizada somente para análise dos dados. Cada participante será identificado

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farróupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

através de um código numérico e os vídeos serão armazenados em um HD externo do Grupo de Pesquisa em Controle Motor e Fisioterapia Aquática (GPCOMFA).

>>>> Subprojeto 2: Efeitos agudos de uma sessão de caminhada livre, caminhada nórdica e jogging aquático sobre a biomecânica e o comportamento motor do equilíbrio e da locomoção de pessoas com Doença de Parkinson com e sem Camptocormia e Síndrome de Pisa.

Para este subprojeto será utilizada amostra de conveniência. Os pesquisadres citam que "para determinação da presença de Camptocormia e Síndrome de Pisa, as quais poderão ou não estar presentes nos pacientes estudados." Caso os participantes pertençam ao grupo estudado no outro subprojeto, os mesmos deverão ser informados no TCLE. Caso não pertençam, os pesquisadores deverão esclarecer de onde serão alocados, devendo também ser incluídos no número amostral, que deverá ser definido (cálculo ou justificativa). Na segunda versão do projeto os pesquisadores esclarecem que "Para este estudo, serão convidados a participar todos aqueles sujeitos já praticantes de tais atividades. A Caminhada Nórdica e o Jogging Aquático fazem parte do Programa de Pesquisa e Tratamento para Parkinson que ocorre na ESEFID/UFRGS

Todos os participantes passarão pelos 3 treinamentos (Caminhada Livre, Caminhada Nórdica e Jogging Aquático)? Estas informações também deverão aparecer no TCLE. Não haverá grupo controle como no primeiro subprojeto? Os pesquisadores esclarecem que "Todos os participantes passarão por uma sessão de cada modalidade. Não haverá grupo controle."

Os pesquisadores informam que para a realização desta pesquisa serão utilizados equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX – UFRGS). Foi incluído Termo de Concordância.

É informado que cada voluntário realizará 3 visitas ao local de pesquisa. Esses indivíduos já recorreriam ao serviço com esta frequência para acompanhamento ou exclusivamente para participação no projeto? Foi prevista verba para deslocamento? Os pesquisadores indicam em carta-resposta que "Esses indivíduos, por serem participantes do projeto, já visitariam a ESEFID com esta frequência. As pesquisadoras arcarão com o custo, caso necessário.

>>>> Subprojeto 3: Efeitos do uso de pistas sensoriais em diferentes ambientes na biomecânica

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

da marcha de indivíduos com Parkinson e idosos

O estudo será realizado com idosos saudáveis e indivíduos com Parkinson que serão divididos em dois grupos: pacientes com DP do SUS em acompanhamento no Ambulatório de Distúrbios do Movimento do HCPA. O grupo controle (grupo 2), será composto por idosos saudáveis no total de sujeitos com idades entre 60 e 80 anos. A amostra será de conveniência, sendo composta de 25 sujeitos em cada grupo, totalizando 50 sujeitos.

Novamente, não fica claro se estes participantes serão os mesmos alocados nos outros subprojetos. Se não, deverão ser acrescentados na Plataforma Brasil no número amostral. Os pesquisadores esclareceram que sim em nova versão

Este subprojeto prevê utilização de pacientes em acompanhamento no Ambulatório de Distúrbios do Movimento do HCPA e a mesma deverá ser acrescentada como instituição coparticipe. Na carta-resposta os pesquisadores informaram que "Esta informação foi alterada.". (PENDÊNCIA ATENDIDA)

O projeto prevê que cada voluntário realizará quatro visitas ao Laboratório de Pesquisa do Exercício da ESEFID-UFRGS para as avaliações da biomecânica da marcha. Já para las itervenções através do uso de pistas sensoriais ocorrerão em 7 encontros com duração de 50 minutos. Estas informações deverão estar contempladas no TCLE. Ainda, está prevista verba para deslocamento? Na nova versão as adequações foram realizadas (PENDÊNCIA ATENDIDA)

Em relação aos aspectos éticos, os pesquisadores informam que os dados serão utilizados apenas para esta pesquisa e serão guardados durante cinco anos, findo os quais serão destruídos conforme instruções da Resolução 196/96. Ressalta-se que esta resolução foi substituída pelas resoluções 488 e 510. Nova versão adequada (PENDÊNCIA ATENDIDA)

O cronograma apresentado no projeto informa a realização de estudo-piloto em dezembro de 2018. Na nova versão o estudo piloto foi previsto para 06/2019. (PENDÊNCIA ATENDIDA)

Está prevista filmagem dos participantes. Não fica claro se os pesquisadores pretendem fazer uso das filmagens somente para análise dos dados ou se pretendem a sua utilização futura na divulgação, mesmo que científica. Ainda, de que forma preservarão a identificação do participante

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.284.557

e de que forma farão a guarda do material. Os pesquisadores esclarecem que "A filmagem será utilizada somente para análise dos dados. Cada participante será identificado através de um código numérico e os vídeos serão armazenados em um HD externo do Grupo de Pesquisa em Controle Motor e Fisioterapia Aquática (GPCOMFA).

Os pesquisadores citados no projeto (MARCELA ZIMMERMANN CASAL, VERÔNICA BURGER, ÚRSULA INGRID DE SOUZA FARIA, ANDRESSA FIORI BORTOLI e FERNANDA SCALCO ACCO) foram incluídos na Plataforma Brasil.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foi apresentado projeto com as modificações na nova versão. (PENDÊNCIA ATENDIDA)

Em relação aos TCLE apresentados, permanecem as pendências (PENDÊNCIAS ATENDIDAS):

- linguagem excessivamente técnica na descrição dos procedimentos ;
- explicitado o tempo despendido, número de encontros de cada participante;
- deixar clara questões relativas ao ressarcimento quanto a deslocamento e eventual alimentação dos participantes considerando o tempo dispendido para realização de todos os testes nos 3 documentos;
- prever local para assinatura do participante e do pesquisador

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto de pesquisa encontra-se em condições de aprovação, de acordo com os aspectos éticos (CNS Resolução 466/12).

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1284305.pdf	20/04/2019 15:43:05		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto2.pdf	20/04/2019 15:41:44	Flávia Gomes Martinez	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



UFRGS - PRÓ-REITORIA DE
PESQUISA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO GRANDE DO



Continuação do Parecer: 3.284.557

Recurso Anexado pelo Pesquisador	Resposta_Parecer2.pdf	20/04/2019 15:40:28	Flávia Gomes Martinez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE2.pdf	20/04/2019 15:38:15	Flávia Gomes Martinez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CN.pdf	30/03/2019 01:17:28	Marcela Zimmermann Casal	Aceito
Parecer Anterior	Compesq_Parecer_aprov_projeto.pdf	16/01/2019 17:57:12	Flávia Gomes Martinez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_anuencia_Lapex.pdf	16/01/2019 17:57:02	Flávia Gomes Martinez	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Projeto_Efeitos_Agudos_Parkinson.pdf	16/01/2019 17:33:03	Flávia Gomes Martinez	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	14/01/2019 12:43:40	Flávia Gomes Martinez	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 25 de Abril de 2019

Assinado por:

MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br