



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS - BAURU



ANDREINA ALESSANDRA NASCIMENTO RIBEIRO

**EFEITOS IMEDIATOS DA ESTIMULAÇÃO PERIFÉRICA NA ASSIMETRIA DA
MARCHA EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON**

Bauru
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS - BAURU



ANDREINA ALESSANDRA NASCIMENTO RIBEIRO

**EFEITOS IMEDIATOS DA ESTIMULAÇÃO PERIFÉRICA NA ASSIMETRIA DA
MARCHA EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de
Bauru - Curso de Educação Física Bacharelado.

Orientador(a): Prof. Dr.
Claudiane Arakaki Fukuchi

Orientador(a): Prof. Dr.
Fabio Augusto Barbieri

Bauru
2025

Ribeiro, Andreina Alessandra Nascimento.

Efeitos imediatos da Estimulação Periférica na
assimetria da marcha em indivíduos com Doença de
Parkinson / Andreina Alessandra Nascimento
Ribeiro. - Bauru, 2025

35 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Educação Física) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientadora: Claudiane Arakaki Fukuchi

1. Doença de Parkinson. 2. Estimulação
Periférica. 3. Exercício Físico. 4. Assimetria.
I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Ciências. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que me ensinou a persistir, sempre me deu amor e coragem e esteve comigo nos momentos mais difíceis, e aos meus amigos, que compartilharam risadas, apoio e experiências inesquecíveis ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força, saúde e sabedoria para chegar até aqui. Nos momentos em que pensei não ser capaz, quando o desânimo parecia vencer, foi Ele quem permaneceu ao meu lado, mostrando que Seus planos são sempre maiores que os meus e que nada acontece sem a Sua permissão.

Aos meus pais, Andreza e Marcos, minha eterna gratidão. Mesmo com a distância física, sempre acreditaram no meu potencial e me apoiaram em cada decisão ao longo dessa jornada. Obrigada por todo amor, paciência e incentivo, e por estarem presentes, mesmo de longe, nos momentos mais difíceis. Vocês são minha base e me tornaram a mulher que sou hoje, tudo o que eu conquistei carrega uma parte de vocês.

Ao meu irmão, meu pequeno grande amor, agradeço por ser a luz que ilumina os meus dias, mesmo de longe. Esses últimos anos têm passado tão rápido que às vezes me dói perceber que não estou acompanhando de perto o seu crescimento. Ainda assim, cada lembrança, cada risada e cada abraço ficam guardados em mim como força para seguir. Você é a minha motivação, o motivo pelo qual quero ser alguém melhor. Obrigada por me ensinar, com a pureza do seu olhar, que o amor verdadeiro é simples e imenso.

Agradeço ao Prof. Dr. Fábio Augusto Barbieri por abrir as portas do Movi-Lab, um espaço que foi essencial para minha formação. Nesse ambiente de pesquisa e convivência, tive a oportunidade de aprender, compartilhar e crescer. Levo comigo não apenas o conhecimento construído, mas também as amizades formadas ao longo do caminho, com pessoas que me acolheram, me inspiraram e fizeram cada dia de laboratório valer a pena.

Meu agradecimento especial à minha orientadora, Profa. Dra. Claudiane Fukuchi, pela dedicação, disponibilidade e paciência ao longo de todo o processo. Agradeço por me ouvir nos momentos de dúvida, por me orientar com sensibilidade e, principalmente, por não desistir de mim em nenhum momento.

Sou grata também pelas amizades que a vida me presenteou durante essa trajetória. Cada pessoa que cruzou meu caminho deixou um pedaço de si, tornando o percurso mais leve, alegre e significativo. Foram vocês que estiveram comigo nas noites de estudo, nas crises de ansiedade, nas risadas sem fim e nas conquistas compartilhadas.

Meu carinho e gratidão à Laura, Andreza e Luana, que estiveram ao meu lado no período mais desafiador da nossa graduação: a pandemia da COVID-19. Juntas, enfrentamos o medo, a distância e a incerteza, transformando tudo isso em força e parceria. Sem vocês, esse percurso não seria o mesmo.

Agradeço também aos amigos do bacharelado Arthur, Adriana, Lorena, Lucas, Bruno e Gabriel, por transformarem meus dias mais alegres, compartilharem risadas, conversas e apoio nos momentos difíceis. Vocês fizeram parte de uma das fases mais marcantes da minha vida, e a amizade de cada um ficará para sempre guardada no meu coração.

Estendo minha gratidão aos projetos de extensão nos quais participei: Atletismo, Natação Adaptada, Brincando e Dialogando e Ativa Parkinson. Cada experiência contribuiu de forma significativa para minha formação pessoal e profissional, permitindo que eu ampliasse meus horizontes, desenvolvesse habilidades práticas e fortalecesse meu desejo de seguir na área da Educação Física.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta caminhada. Cada gesto, palavra e incentivo foi essencial para que este sonho se tornasse realidade. Deixo aqui a minha eterna gratidão.



MOV-LAB

Laboratório de Pesquisa em Movimento Humano

| 10 ANOS



ativa
PARKINSON
DEF - UNESP

RESUMO

Introdução: A doença de Parkinson (PD) é uma condição neurodegenerativa progressiva que compromete o controle motor, sendo a marcha uma das funções mais afetadas. Déficits na integração sensório-motora, especialmente no processamento proprioceptivo, contribuem para assimetrias e instabilidades durante a locomoção. Diante disso, estratégias não farmacológicas têm sido investigadas como tratamentos complementares, com o objetivo de melhorar a funcionalidade e a qualidade de vida. Entre essas estratégias, a Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS), uma técnica que utiliza estímulos elétricos para ativar as vias sensoriais periféricas, tem sido aplicada para promover melhorias no controle motor e na plasticidade neural. Além disso, o exercício em esteira tem demonstrado, em diversos estudos, efeitos positivos nas variáveis espaço-temporais da marcha de pessoas com DP. Nesse contexto, a combinação de AMPS com o exercício em esteira configura uma abordagem promissora, com potencial de promover maior estabilidade e simetria durante a marcha. **Objetivo:** Investigar os possíveis efeitos agudos de três diferentes intervenções, estimulação periférica isolada, exercício em esteira isolado e a combinação de ambos sobre a assimetria da marcha em pessoas com DP. **Material e métodos:** Participaram deste estudo 15 indivíduos com DP (idade: $69,6 \pm 5,1$ anos, MoCA: $27,3 \pm 3,6$ pontos, UPDRS: $31,0 \pm 6,9$ pontos, H&Y: $2,5 \pm 0,3$ pontos), capazes de andar de forma independente. Após anamnese e aplicação das escalas clínicas, cada participante realizou três sessões experimentais distintas (em estado ON da medicação), em ordem randomizada e com intervalo mínimo de sete dias entre elas: (1) estimulação periférica isolada; (2) exercício em esteira; e (3) combinação das duas intervenções. A marcha foi avaliada antes e após cada sessão utilizando um sistema de captura de movimento (Vicon Motion System, Bonita Camera System) com frequência de aquisição de 200Hz. Foi analisado o delta da mudança entre pré e pós-intervenções para a assimetria dos passos com o membro mais afetado e menos afetado pela DP das seguintes variáveis da marcha: comprimento do passo, velocidade do passo, largura do passo, tempo de duplo apoio e duração do passo. One-way ANOVA foi realizada com os dados pré-intervenção, confirmando a ausência de diferenças significativas entre as intervenções. O delta de cada variável foi então calculado considerando os valores pré-intervenção (média dos valores pré intervenção de todas as intervenções) dos valores pós-intervenção (cada intervenção separada). One-way ANOVA foi realizada para investigar diferenças no delta entre as intervenções, com um nível de significância de $p < 0,05$. **Resultados:** ANOVA não revelou diferenças significativas entre as intervenções para nenhuma das variáveis espaço-temporais: comprimento do passo ($p=0,328$), velocidade do passo ($p=0,515$), largura do passo ($p=0,958$), tempo de duplo apoio ($p=0,113$) e duração do passo ($p=0,805$). **Conclusões:** Os resultados indicam que não houve diferença estatisticamente significativa na assimetria das variáveis espaço-temporais da marcha entre as diferentes intervenções.

Palavras-chave: Doença de Parkinson, estimulação periférica, exercício físico, assimetria

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative condition that impairs motor control, with gait being one of the most affected functions. Deficits in sensorimotor integration, especially in proprioceptive processing, contribute to asymmetries and instabilities during locomotion. In this context, non-pharmacological strategies have been investigated as complementary treatments aimed at improving functionality and quality of life. Among these strategies, automated mechanical peripheral stimulation (AMPS), a technique that uses electrical stimuli to activate peripheral sensory pathways, has been applied to promote improvements in motor control and neural plasticity. Additionally, treadmill exercise has shown positive effects on spatiotemporal gait variables in individuals with PD in several studies. In this scenario, combining AMPS with treadmill exercise represents a promising approach with the potential to promote greater stability and symmetry during gait. **Objective:** To investigate the possible acute effects of three different interventions—isolated peripheral stimulation, isolated treadmill exercise, and the combination of both—on gait asymmetry in individuals with PD. **Materials and Methods:** Fifteen individuals with PD (age: 69.6 ± 5.1 years, MoCA: 27.3 ± 3.6 points, UPDRS: 31.0 ± 6.9 points, H&Y: 2.5 ± 0.3 points) who were able to walk independently participated in this study. After anamnesis and clinical assessments, each participant underwent three distinct experimental sessions (in the ON medication state), in randomized order and with a minimum interval of seven days between sessions: (1) isolated peripheral stimulation; (2) treadmill exercise; and (3) combined intervention. Gait was assessed before and after each session using a motion capture system (Vicon Motion System, Bonita Camera System) with a sampling frequency of 200 Hz. The delta change between pre- and post-intervention was analyzed for step asymmetry involving the most and least affected limbs by PD in the following gait variables: step length, step velocity, step width, double support time, and step duration. One-way ANOVA was performed on pre-intervention data, confirming no significant differences between interventions. The delta for each variable was then calculated considering pre-intervention values (mean of all pre-intervention measures) and post-intervention values (each intervention separately). One-way ANOVA was performed to investigate differences in delta between interventions, with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** ANOVA revealed no significant differences between interventions for any spatiotemporal variables: step length ($p = 0.328$), step velocity ($p = 0.515$), step width ($p = 0.958$), double support time ($p = 0.113$), and step duration ($p = 0.805$). **Conclusions:** The results indicate that there were no statistically significant differences in gait spatiotemporal asymmetry among the different interventions.

Keywords: Parkinson's disease, peripheral stimulation, physical exercise, asymmetry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representações teóricas da origem da assimetria na Doença de Parkinson. (Figura 1A) Teoria inata: assimetria relacionada a diferenças congênitas na quantidade de neurônios dopaminérgicos. (Figura 1B) Teoria adquirida: assimetria associada a fatores ambientais e estruturais. (Djaldeiti et al., 2006) SN: Substância negra.

Figura 2 – Delineamento experimental do estudo. A etapa inicial compreende a anamnese (sexo, idade, tempo de doença, medicação e comorbidades), seguida das avaliações clínicas e cognitivas: Hoehn e Yahr (H&Y), UPDRS e MoCA. Após essa etapa, os participantes são aleatorizados para três sessões distintas de intervenção: Sessão I – aplicação do estímulo por meio da Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS); Sessão II – aplicação do estímulo utilizando a esteira elétrica; Sessão III – aplicação combinada da AMPS e da esteira elétrica. Cada sessão inclui avaliação da marcha (AV) antes e depois da intervenção, com intervalo de 7 dias entre elas para evitar efeitos residuais.

Figura 3 – (a) Pontos anatômicos de aplicação da AMPS; (b) Equipamento de estimulação; (c) Barras de estimulação efetiva.

Figura 4 - Protocolo de exercício físico na esteira. Determinação da velocidade preferida por meio do Tc10m. Protocolo de exercício composto por 5 minutos de caminhada na velocidade pré-definida do participante e 3 minutos de recuperação.

Figura 5. Boxplot das variáveis espaço-temporais da assimetria da marcha para as intervenções: AMPS; Combinação (AMPS + Exercício em esteira) e Exercício.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da amostra: DP: Doença de Parkinson; Idade; Estatura; Massa corporal; MoCA: Montreal Cognitive Assessment; UPDRS-III: Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson; H&Y: Escala de estágios clínicos da doença de Parkinson.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Doença de Parkinson e assimetria.....	14
2.2 Doença de Parkinson e Estimulação Periférica Mecânica Automatizada.....	16
2.3 Exercícios Físicos para Pessoas com Doença de Parkinson.....	18
3. OBJETIVO(S).....	19
4. MÉTODOS E MATERIAIS.....	20
4.1 Participantes.....	20
4.2 Avaliações Clínicas.....	20
4.3 Delineamento Experimental.....	21
4.3.1 Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS).....	23
4.3.2 Exercício Físico em Esteira.....	24
4.3.3 Avaliação da Marcha.....	25
4.3.4 Análise Estatística.....	26
5. RESULTADOS.....	26
5. 1 Caracterização da amostra.....	26
5. 2 Variáveis espaço-temporais.....	27
6. DISCUSSÃO.....	28
7. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é o segundo distúrbio neurológico crônico mais comum, com prevalência crescente entre a população idosa. Trata-se de uma condição que afeta o sistema nervoso central e se manifesta por meio de sintomas motores e não-motores (Brognara et al., 2020; Tedeschi 2023). Entre os principais desafios enfrentados por pessoas com DP estão as dificuldades de locomoção, como instabilidade da marcha, redução da velocidade, episódios de congelamento e quedas, fatores que acabam impactando diretamente a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos (Fernandez-Lago et al., 2019; Herman et al., 2007). Além das alterações previamente descritas, a assimetria é uma das principais características clínicas da Doença de Parkinson idiopática. Essa condição se manifesta, predominantemente, por uma assimetria unilateral nos parâmetros espaço-temporais da marcha, característica que persiste ao longo de toda a progressão da doença (Djaldetti et al., 2006).

Embora o tratamento farmacológico, especialmente com Levodopa (L-dopa), seja amplamente utilizado para o controle dos sintomas motores (Kleiner et al., 2018; Pagnussat et al., 2018), seus efeitos tendem a diminuir com o tempo (Feng et al., 2020). Além disso, esse tipo de tratamento não é capaz de reverter completamente os déficits relacionados à marcha e à estabilidade postural (Brognara et al., 2020). Por essa razão, intervenções não farmacológicas têm ganhado relevância como alternativas ou complementos ao tratamento tradicional, com destaque para os exercícios físicos e abordagens de estimulação sensorio-motora, que visam reduzir as limitações motoras e melhorar a qualidade de vida dos indivíduos (Kleiner et al., 2018; Galli et al., 2018; Quattrocchi et al., 2015; Feng et al., 2020).

A Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (do inglês - Automated Mechanical Peripheral Stimulation - AMPS) é uma técnica que utiliza estímulos elétricos para ativar as vias sensoriais periféricas, promovendo melhorias no controle motor e na plasticidade neural. Estudos indicam que a AMPS pode contribuir para a melhora do padrão da marcha em pessoas com DP, agindo na modulação sensorio-motora (Kleiner et al., 2018; Galli et al., 2018; Quattrocchi et al., 2015). Paralelamente, a prática regular de exercícios físicos tem se mostrado eficaz na melhora da força muscular, equilíbrio, e funcionalidade, reduzindo os sintomas motores e melhorando a qualidade de vida desses pacientes (Feng et al., 2020).

O treinamento em esteira apresenta efeitos benéficos para pessoas com doença de Parkinson (DP), promovendo melhorias imediatas e a longo prazo na marcha. Estudos indicam que caminhar em esteira pode melhorar o ritmo da marcha, aumentar a estabilidade e

reduzir a variabilidade (Fernandez-Lago et al., 2015; Herman et al., 2007). Esses benefícios podem estar associados à atuação da esteira como estímulo externo para o ritmo da marcha e como forma de aprendizagem motora, além de contribuir para neuroplasticidade, proteção neuronal e regulação de vias dopaminérgicas e glutamatérgicas (Herman et al., 2007; Feng et al., 2020).

Apesar dos benefícios isolados dessas intervenções, ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos combinados da AMPS associada ao exercício físico na assimetria da marcha de pessoas com DP. A assimetria locomotora está relacionada a pior coordenação entre os membros, maior instabilidade e aumento do risco de quedas (Galna; Murphy; Morris, 2010), sendo, portanto, um parâmetro relevante para intervenções que buscam melhorar a funcionalidade.

A literatura indica que a AMPS pode favorecer a integração sensório-motora e modular respostas neuromusculares, contribuindo para ajustes imediatos no padrão de movimento, enquanto o exercício em esteira proporciona prática repetitiva, induz plasticidade neural e melhora diferentes parâmetros da marcha, como velocidade, cadência e estabilidade (Herman et al., 2007; Pohl et al., 2003). Assim, a combinação dessas abordagens pode gerar efeitos complementares sobre mecanismos diretamente relacionados à assimetria, ao integrar estímulos sensoriais periféricos com treinamento repetitivo da marcha.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo investigar os efeitos agudos dessa combinação entre AMPS e exercício em esteira na assimetria da marcha, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas não farmacológicas que auxiliem na reabilitação de pessoas com DP e promovam melhorias funcionais e na qualidade de vida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Doença de Parkinson e assimetria

A DP é uma doença neurodegenerativa, crônica e progressiva, caracterizada pela redução de neurônios dopaminérgicos da substância negra, localizada nos núcleos da base (Wichmann & DeLong, 2014). Essa doença é a segunda mais prevalente entre as desordens neurológicas, ficando atrás apenas da Doença de Alzheimer. Ela afeta entre 0,5% e 1% da população com idades entre 65 e 69 anos, e sua incidência aumenta entre 1% e 3% em pessoas acima de 80 anos (de Lau & Breteler, 2006). No contexto brasileiro, a prevalência é de aproximadamente 3,3% em pessoas com idade acima de 64 anos (Barbosa et al., 2006).

A diminuição da atividade dopaminérgica ocasiona uma série de sintomas motores característicos da DP, entre eles se destacam: tremor de repouso, rigidez muscular, bradicinesia (lentidão dos movimentos), hipometria (redução na amplitude do movimento), acinesia (dificuldade para iniciar movimentos), incluindo alterações na postura, equilíbrio e marcha (Goulart et al., 2004; Hughes et al., 2002).

Nos estágios iniciais da DP, os sintomas geralmente aparecem de forma assimétrica, afetando principalmente um lado do corpo (Djaldetti et al., 2006; Frazzitta et al., 2013). A manifestação assimétrica dos sinais e sintomas motores resulta da degeneração desigual dos neurônios dopaminérgicos localizados na substância negra, impactando a função motora (Knable et al., 1995; Tatsch et al., 1997). No entanto, não há uma causa claramente estabelecida para o lado de início da doença, e diversas explicações são sugeridas, abrangendo fatores estruturais, genéticos, ambientais, tóxicos e metabólicos (Djaldetti et al., 2006).

Na literatura, destacam-se duas teorias amplamente aceitas para explicar a origem da assimetria na Doença de Parkinson (DP) (Djaldetti et al., 2006). A primeira teoria é considerada inata, sugerindo que desde o nascimento pode existir uma diferença estrutural no número de neurônios dopaminérgicos entre os lados da substância negra. Assim, embora o processo degenerativo da DP atinja ambos os hemisférios, o lado que já apresenta menor quantidade de neurônios atinge mais rapidamente o limiar crítico de perda dopaminérgica (aproximadamente 50–70%), desencadeando precocemente os sintomas motores (Obeso, 2000; Takakusaki et al., 2004). Nesse sentido, a assimetria não surge pela doença em si, mas pelo ponto de partida desigual entre os lados (Figura 1A).

A segunda propõe que a assimetria resulta de fatores adquiridos, sugerindo que um dos lados da substância negra é mais vulnerável a processos degenerativos ao longo da vida. Essa maior suscetibilidade pode estar associada a aspectos ambientais, metabólicos ou estruturais ainda não totalmente esclarecidos, tornando um lado mais propenso à perda acelerada de dopamina (Figura 1B).

Ambas as teorias contribuem para compreender por que a assimetria é um dos principais marcadores clínicos da DP, presente desde os estágios iniciais e podendo persistir durante todo estágio evolutivo da doença e influenciando nos parâmetros motores e, especialmente, o padrão de marcha.

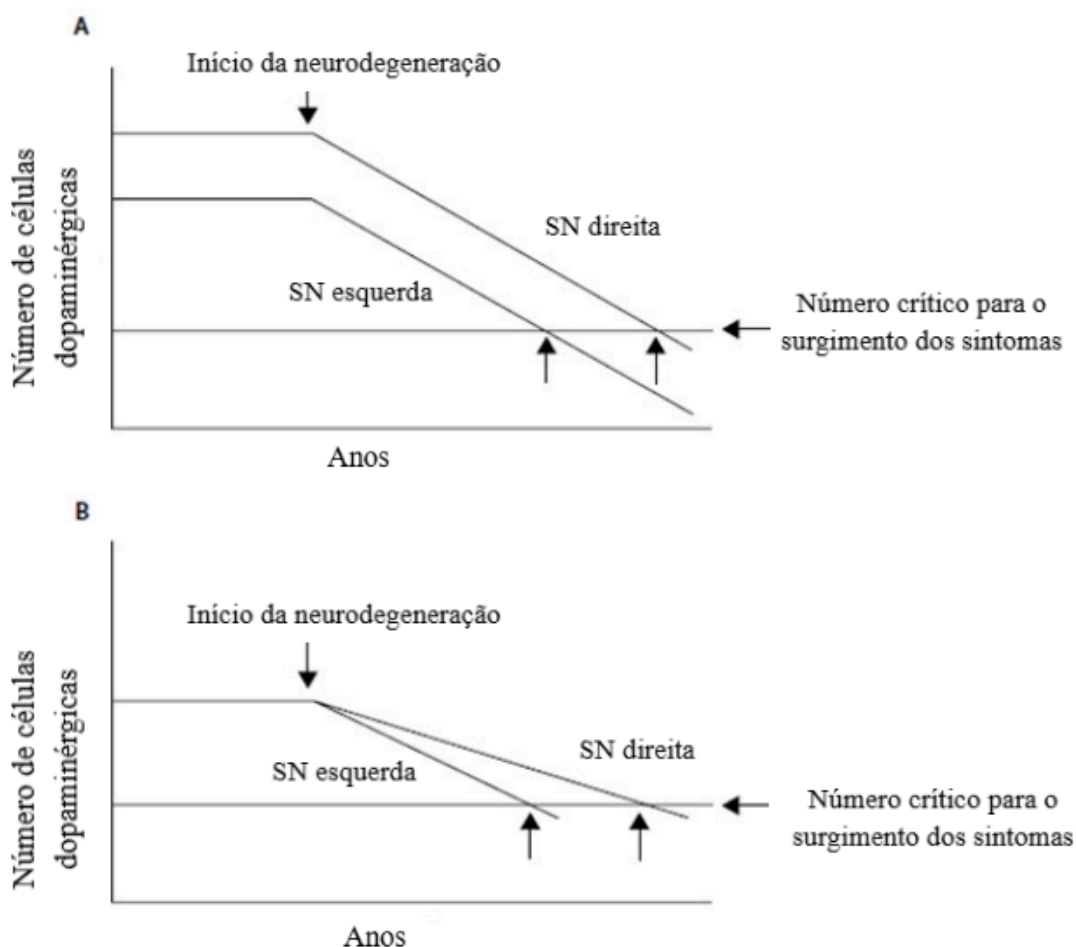


Figura 1 - Representações teóricas da origem da assimetria na Doença de Parkinson. (Figura 1A) Teoria inata: assimetria relacionada a diferenças congênitas na quantidade de neurônios dopaminérgicos. (Figura 1B) Teoria adquirida: assimetria associada a fatores ambientais e estruturais. (Djaldetti et al., 2006) SN: Substância negra.

2.2 Doença de Parkinson e Estimulação Periférica Mecânica Automatizada

Na DP há um comprometimento dopaminérgico nos gânglios basais e córtex motor, o que afeta diretamente o controle motor (Stocchi et al., 2015). Além disso, a doença também compromete a percepção sensorial, incluindo déficits proprioceptivos e sensibilidade tátil, que prejudicam o planejamento e a execução dos movimentos voluntários (Terra et al., 2016). Consequentemente, indivíduos com DP apresentam dificuldades para iniciar e controlar o movimento voluntário, e essas alterações locomotoras podem ser agravadas por déficits sensoriais, dificultando a integração de informações proprioceptivas e visuais durante a marcha, apresentando alterações na marcha que incluem passos curtos, diminuição da

velocidade e episódios de congelamento (freezing of gait – FoG) (Kleiner et al., 2018; Quattrocchi et al., 2015; Terra et al., 2016). Essas alterações motoras, associadas à progressão da doença, ocasiona na variabilidade do padrão da marcha, comprometendo a estabilidade postural e elevando significativamente o risco de quedas, impactando diretamente na qualidade de vida e na independência funcional de indivíduos com DP (Kleiner et al., 2018; Quattrocchi et al., 2015; Smulders et al., 2016). Dessa forma, a integração sensorial comprometida contribui para maior instabilidade e risco de quedas, reforçando a importância de estratégias terapêuticas voltadas à estimulação sensorial (Horak, 2006).

O tratamento padrão para a DP envolve o uso de medicamentos, destacando-se a Levodopa (L-dopa) um precursor da dopamina que atravessa a barreira hematoencefálica e é convertido em dopamina no cérebro, compensando a degeneração dos neurônios dopaminérgicos na substância negra (Balestrino; Schapira, 2020). No entanto, com o uso prolongado da medicação os efeitos podem se tornar irregulares e provocar efeitos colaterais incluindo complicações motoras, como discinesia (movimentos involuntários), e distúrbios posturais (Kleiner et al., 2015; Stocchi et al., 2015).

Diante dos efeitos colaterais associados ao tratamento medicamentoso, cresce a busca por estratégias terapêuticas complementares que possam reduzir a dependência dos fármacos e atuar na reabilitação motora, contribuindo para minimizar os impactos da progressão da doença (Kleiner et al., 2015; Quattrocchi et al., 2015). Entre essas estratégias, destaca-se a AMPS, uma intervenção somatossensorial que utiliza estímulos mecânicos aplicados em pontos específicos dos pés para ativar vias proprioceptivas periféricas, promovendo a modulação do processamento sensorial e motor no sistema nervoso central (Stocchi et al., 2015; Kleiner et al., 2018).

Estudos indicam que indivíduos com DP apresentam déficits proprioceptivos, que podem estar relacionados tanto à dificuldade de integração sensório-motora central quanto a alterações na sensibilidade e na capacidade de discriminar estímulos proprioceptivos (Konczak et al., 2007; Almeida et al., 2005; Keijsers et al., 2005). Diante disso, a AMPS surge como uma estratégia promissora, ao intensificar os sinais somatossensoriais periféricos e favorecer a reorganização funcional dos circuitos neurais comprometidos.

Esse processo ocorre por meio de um dispositivo específico, conhecido como Gondola™ (Gondola Medical Technologies SA, Suíça), que possui suporte para os pés, e motores elétricos responsáveis por aplicar pressão mecânica, variando entre 0,3 e 0,9 N/mm², em pontos específicos, como a cabeça do hálux e a articulação do primeiro metatarso. Cada sessão do tratamento tem duração total de 96 segundos, gerando impulsos aferentes que

promovem uma resposta reflexa, auxiliando na reabilitação da marcha e na estabilidade postural (Quattrocchi et al., 2015; Kleiner et al., 2015).

Na literatura, a intervenção com AMPS tem demonstrado efeitos positivos na reabilitação da marcha em pessoas com DP. Estudos indicam que a AMPS reduz significativamente a variabilidade da marcha e os episódios de congelamento da marcha em condições de tarefas duplas e simples (Kleiner et al., 2015). Além disso, a técnica promove uma melhora na velocidade do andar, no comprimento do passo e da passada, além de aumentar a estabilidade da marcha (Stocchi et al., 2015). Essas melhorias incluem parâmetros espaço-temporais e cinemáticos da marcha, reforçando a AMPS como uma estratégia promissora para a reabilitação motora de indivíduos com DP (Galli et al., 2018).

Estudos apontam ainda efeitos positivos da AMPS nos marcadores neuroquímicos, com aumento dos níveis séricos de BDNF e redução do cortisol, após o tratamento, sugerindo um impacto direto no funcionamento do sistema nervoso (Pagnussat et al., 2018). Esses benefícios ocorrem devido à ativação somatossensorial promovida pelo estímulo mecânico, que facilita o processamento e a integração das informações motoras no sistema nervoso central (Barbic et al., 2014; Stocchi et al., 2015).

Apesar desses avanços, ainda há lacunas na literatura que precisam ser preenchidas para consolidar a AMPS como um tratamento complementar eficaz. Embora estudos indiquem benefícios na marcha, estabilidade postural e funcionalidade motora, muitas pesquisas apresentam limitações metodológicas, como o tamanho da amostra e testes realizados em estado OFF (sem o efeito da medicação), o que pode influenciar os resultados (Barbic et al., 2014; Quattrocchi et al., 2015).

2.3 Exercícios Físicos para Pessoas com Doença de Parkinson

O exercício físico aeróbico, particularmente o realizado em esteira, tem se tornado uma abordagem fundamental na reabilitação neurológica, especialmente para indivíduos com DP, integrando métodos esportivos-fisiológicos que promovem melhorias na aptidão cardiorrespiratória, resistência muscular, mobilidade e qualidade de vida (Pohl et al., 2003; Macko et al., 2005; Herman et al., 2007). A prática regular de exercícios em esteira também promove o aumento do comprimento da passada, melhora a velocidade da marcha, redução do tempo de apoio duplo e diminui a variabilidade da marcha (Fernández-Lago et al., 2019; Hulzinga et al., 2021). Esses efeitos podem ser explicados pela repetição ritmada dos movimentos durante o treino, que fortalece os músculos dos membros inferiores e aprimora o

controle postural, facilitando a propulsão e a estabilidade durante a marcha (Macko et al., 2005).

Além dos efeitos motores, a inclusão do exercício físico na rotina de pessoas com DP oferece benefícios que vão além da redução dos sintomas motores, atuando também como suporte ao tratamento medicamentoso e promovendo maior autonomia nas atividades diárias melhorando a segurança e reduzindo o risco de quedas, o que resulta em uma melhora significativa da qualidade de vida dos pacientes (Hulzinga et al., 2021; Capato et al. 2014).

O treinamento em esteira funciona como um estímulo externo que organiza o ritmo da marcha, favorecendo a aprendizagem motora e a coordenação dos padrões de movimento. Dessa maneira, a prática pode potencializar a simetria durante a locomoção e melhorar a estabilidade, contribuindo para um desempenho motor mais eficiente (Herman et al., 2007). Estudos também sugerem que caminhar em esteira ativa processos de neuroplasticidade e regula vias dopaminérgicas e glutamatérgicas, contribuindo para a melhora dos movimentos e da coordenação motora em pessoas com DP (Feng et al., 2020).

A combinação da prática em esteira com a Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS) sugere um potencial efeito sinérgico, já que a AMPS atua sobre a entrada sensorial e a integração sensório-motora, enquanto a esteira promove repetição e ritmo constante, podendo impactar positivamente a simetria da marcha. O exercício em esteira, em particular, configura-se como uma intervenção segura e eficaz, ao oferecer um ambiente controlado que facilita o aprendizado motor e potencializa os efeitos do tratamento convencional, reforçando o papel essencial do exercício físico na reabilitação de pessoas com DP (Herman et al., 2007).

Embora os efeitos isolados da AMPS e do exercício em esteira sejam relatados na literatura, a combinação dessas abordagens ainda não foram exploradas o suficiente. A integração dessas estratégias poderia potencialmente maximizar os benefícios, promovendo maior simetria e eficiência do padrão de marcha.

3. OBJETIVO(S)

Investigar os possíveis efeitos agudos de três diferentes intervenções, a estimulação periférica (AMPS) isolada, exercício em esteira isolado e a combinação de ambos, sobre a assimetria da marcha nos parâmetros espaço-temporais em pessoas com Doença de Parkinson.

4. MÉTODOS E MATERIAIS

4.1 Participantes

O presente estudo contou com a participação de 15 voluntários, todos integrantes do Projeto de Extensão Ativa Parkinson, vinculado ao Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru. A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Movimento Humano (MOVI-LAB).

O número de participantes foi definido com base em uma análise estatística, realizada por meio do software G*Power 3.1 (Düsseldorf, Germany), que indicou a necessidade mínima de treze indivíduos. Antes do início da coleta, todos os voluntários foram devidamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, responderam a uma anamnese, com o objetivo de verificar se atendiam aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Os critérios de inclusão foram: diagnóstico clínico de DP idiopática, conforme os critérios do Banco de Cérebro de Londres (Hughes et al., 1992); idade igual ou superior a 60 anos; capacidade de andar de forma independente; e estabilidade no uso da medicação nos últimos seis meses. Foram excluídos os indivíduos com histórico de polineuropatia diabética, escore inferior ou igual a 26 pontos no teste Montreal Cognitive Assessment (MoCA), sugerindo comprometimento cognitivo, e aqueles que já haviam realizado cirurgia de estimulação cerebral profunda (DBS).

Todos os procedimentos foram conduzidos no estado “ON” da medicação específica para a DP. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNESP, sob o parecer CAAE: 51229221.6.0000.5398.

4.2 Avaliações Clínicas

O acometimento motor da DP foi avaliado por meio da subescala III da *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS-III), composta por 18 itens que avaliam a função motora (Schenkman et al., 2001). O estágio evolutivo da doença foi classificado por meio da escala de Hoehn & Yahr, utilizada para identificar o grau de comprometimento motor dos participantes (Hoehn; Yahr, 1967). A avaliação cognitiva foi realizada utilizando o *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), considerando o ponto de corte de 26 pontos como indicativo de possível comprometimento cognitivo (Nasreddine et al., 2005).

4.3 Delineamento Experimental

O experimento foi dividido em etapas. Inicialmente, foi realizada anamnese para coleta de informações pessoais, tais como sexo, idade, tempo de diagnóstico da DP, uso de medicamentos e histórico clínico. Em seguida, foram aplicadas as avaliações clínicas por meio das escalas *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS-III), *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) e Hoehn & Yahr (H&Y).

Cada participante foi submetido a três sessões experimentais, distribuídas aleatoriamente, com intervalo mínimo de sete dias entre elas. Esse período foi adotado como washout por ser amplamente utilizado em estudos com delineamento semelhante, servindo como tempo adequado para restabelecimento das condições basais entre uma intervenção e outra. Dessa forma, garantiu-se que cada sessão refletisse apenas os efeitos da condição aplicada. As sessões foram compostas pelas seguintes condições:

- AMPS: estimulação realizada apenas pela AMPS;
- Exercício: exercício físico em esteira;
- Combinação: combinação da AMPS com o exercício físico.

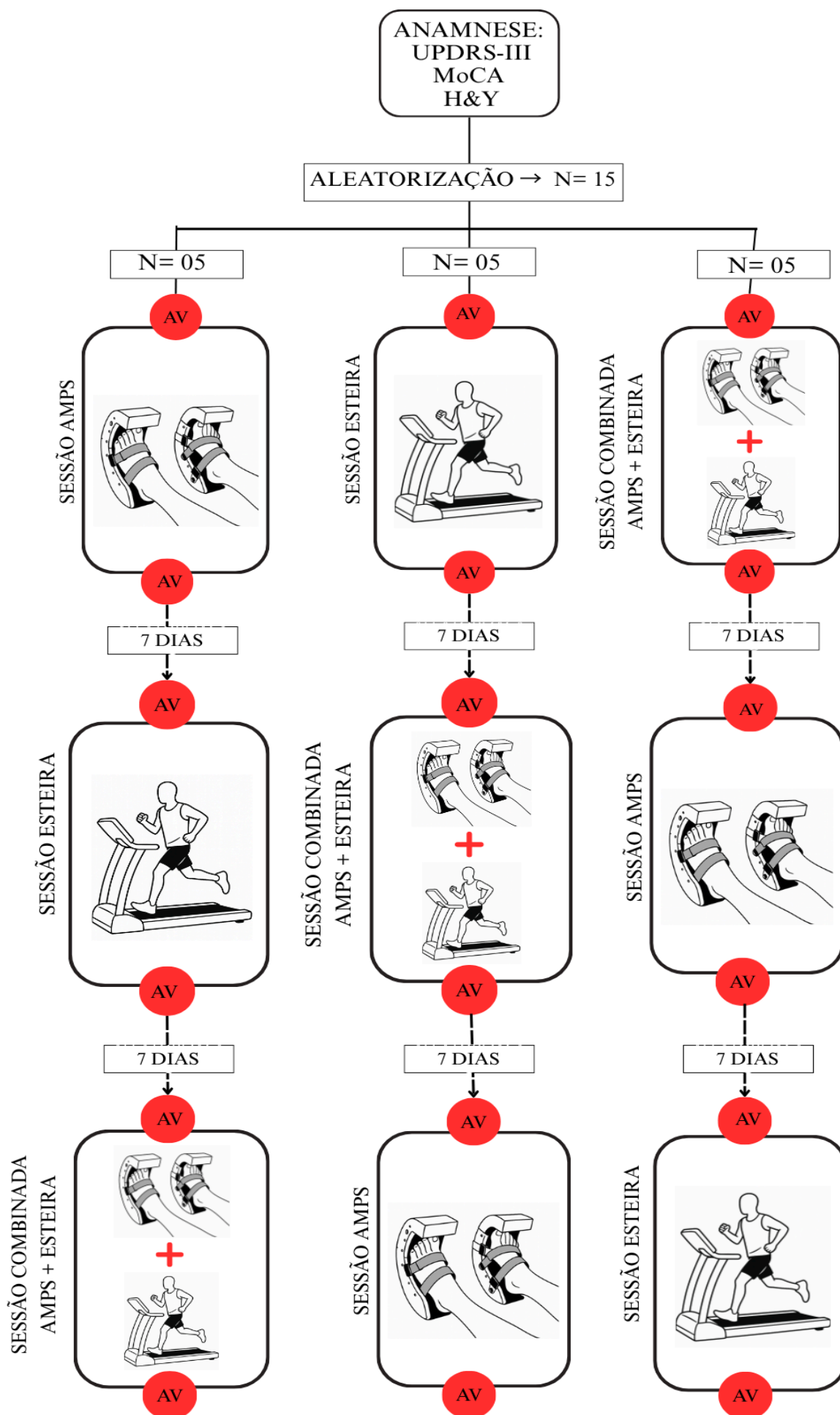


Figura 2 – Delineamento experimental do estudo. A etapa inicial compreende a anamnese (sexo, idade, tempo de doença, medicação e comorbidades), seguida das avaliações clínicas e cognitivas: Hoehn e Yahr (H&Y), UPDRS e MoCA. Após essa etapa, os participantes são aleatorizados para três sessões distintas de intervenção: aplicação do estímulo por meio da Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS); aplicação do estímulo utilizando a esteira elétrica; aplicação combinada da AMPS e da esteira elétrica. Cada sessão incluiu a avaliação da marcha (AV) antes e depois da intervenção, com intervalo de 7 dias entre elas para evitar efeitos residuais.

4.3.1 Estimulação Periférica Mecânica Automatizada (AMPS)

A intervenção foi conduzida por um pesquisador experiente, utilizando o dispositivo Gondola™ (Gondola Medical Technologies SA, Suíça). Este equipamento é projetado para aplicar estímulos mecânicos em quatro pontos anatômicos específicos dos pés, sendo eles: cabeça do hálux e a base da articulação do primeiro metatarso de ambos os pés. A aplicação da estimulação foi realizada com o participante posicionado em decúbito dorsal sobre uma maca, com os membros inferiores estendidos e relaxados. O aparelho foi ajustado por palmilhas moldáveis e fixado com faixas para garantir a estabilidade durante a intervenção. A estimulação mecânica foi realizada por quatro barras de metal de 2 mm de diâmetro, aplicando pressão sobre os pontos específicos com a intensidade ajustada até a presença do reflexo de retirada do músculo tibial anterior (0,3–0,9 N/mm²). O protocolo consistiu em quatro ciclos de 24 segundos em cada ponto, totalizando 96 segundos de estimulação (Galli et Al., 2015; Kleiner et Al., 2015; Pagnussat et al., 2018; Quattrocchi et al., 2015). A intervenção com a AMPS foi realizada em duas sessões distintas: uma de forma isolada e outra de forma combinada (AMPS + Exercício), ambas conduzidas em ambiente controlado e com o participante deitado, seguindo as recomendações de aplicação.

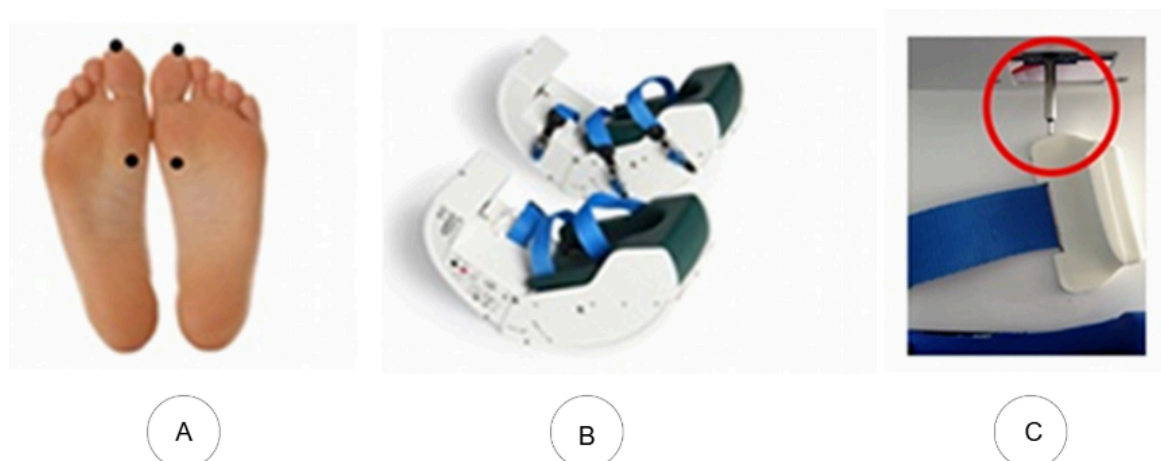


Figura 3 – (a) Pontos anatômicos de aplicação da AMPS; (b) Equipamento de estimulação; (c) Barras de estimulação efetiva.

4.3.2 Exercício Físico em Esteira

A intervenção com exercício físico foi realizada em esteira motorizada, que permite o ajuste da velocidade por meio de um painel de controle digital. O protocolo consistiu em quatro blocos de 5 minutos de esforço contínuo, intercalados por 3 minutos de recuperação passiva (Fernández-Lago et al., 2019). A intensidade foi determinada pela velocidade média obtida no Teste de Caminhada de 10 metros (TC10m), respeitando-se um intervalo de 5 minutos entre o término do teste e o início do exercício. Para padronização e segurança, os participantes foram orientados a manter as mãos no suporte frontal da esteira durante a caminhada. Além disso, foram supervisionados por profissional qualificado e instruídos a utilizar a palavra-chave “Pare” para interromper imediatamente o exercício em caso de desconforto ou necessidade.

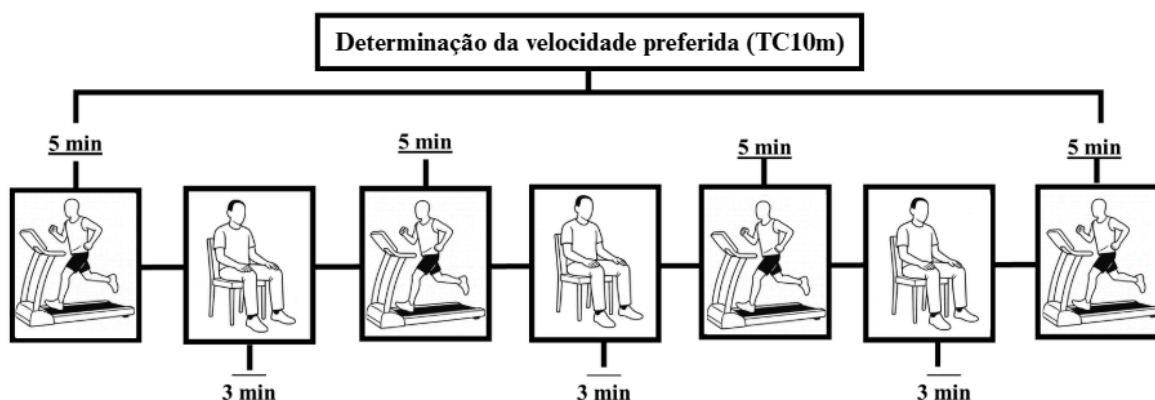


Figura 4 - Protocolo de exercício físico na esteira. Determinação da velocidade preferida por meio do Tc10m. Protocolo de exercício composto por 5 minutos de caminhada na velocidade pré-definida do participante e 3 minutos de recuperação.

4.3.3 Avaliação da Marcha

A avaliação da marcha foi realizada por meio de caminhada contínua em passarela de 8 metros de comprimento, em velocidade preferida. Cada avaliação consistiu em três voltas (ida e volta) realizadas antes e após cada intervenção nas quais foram calculados os parâmetros espaço-temporais da marcha.

Os dados cinemáticos foram coletados com o sistema de captura de movimento Vicon Motion System®, composto por 10 câmeras Bonita 34 System, com frequência de aquisição de 200 Hz. Foram utilizados 39 marcadores reflexivos passivos, posicionados de acordo com o modelo Plug-in Gait Full Body (Vicon®). Os dados foram processados por meio de filtro Butterworth passa-baixa de 5ª ordem (zero-lag), com frequência de corte de 6 Hz.

Para a análise dos parâmetros espaço-temporais da marcha, foram posicionados marcadores nos pés dos participantes (entre o segundo e terceiro metatarso e na região posterior do calcâneo). A análise foi realizada apenas no terceiro e quarto passos de cada tentativa. Foram considerados os seguintes parâmetros espaço-temporais: comprimento do passo, que corresponde à distância entre os calcanhares no momento do contato com o solo; largura do passo, que representa a distância lateral entre os pés; duração do passo, definida como o tempo entre dois apoios consecutivos do mesmo pé; velocidade do passo, obtida pela relação entre comprimento e tempo do passo; e a porcentagem do tempo de duplo apoio, que indica o tempo em que ambos os pés permanecem no chão durante a marcha. Com base nesses parâmetros, foi calculada a assimetria entre os membros inferiores utilizando o *Symmetry Index* (SI), que considera a diferença relativa entre o membro menos afetado e o membro mais afetado. O índice foi determinado pela fórmula:

$$SI = \frac{\text{valor do membro menos afetado} - \text{valor do membro mais afetado}}{\text{valor do membro menos afetado} + \text{valor do membro mais afetado}} \times 100\%.$$

Esse método permite identificar possíveis desequilíbrios e avaliar eventuais melhoras no padrão de marcha entre as diferentes condições analisadas (Barbieri et al., 2017).

4.3.4 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada em ambiente Python, adotando nível de significância de $p < 0,05$. Inicialmente, aplicou-se a ANOVA One-Way para verificar diferenças nos valores pré-intervenção entre as três condições experimentais (Exercício, AMPS e a Combinação entre AMPS + Exercício) para as variáveis espaço-temporais da marcha: comprimento do passo, velocidade do passo, largura do passo, tempo de duplo apoio e duração do passo. Como não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$), os três grupos apresentaram valores equivalentes durante a pré-intervenção. Dessa forma, foi calculada a média geral dos valores pré-intervenção de todas as condições para ser utilizada no cálculo do delta ($\Delta = \text{valor pós-intervenção} - \text{média dos valores pré-intervenção}$).

Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados. As variáveis com distribuição normal foram analisadas por meio da ANOVA One-Way, enquanto aquelas que não apresentaram distribuição normal foram submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Quando identificadas diferenças estatisticamente significativas, realizou-se o teste post-hoc de Tukey para comparações entre pares.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização da amostra

A Tabela 1 apresenta a caracterização da amostra segundo dados demográficos e avaliações clínicas em pessoas com doença de Parkinson.

Tabela 1. Caracterização da amostra: DP: Doença de Parkinson; Idade; Estatura; Massa corporal; MoCA: Montreal Cognitive Assessment; UPDRS-III: Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson; H&Y: Escala de estágios clínicos da doença de Parkinson.

Variável	Valores
Amostra (n)	15 (9 homens / 6 mulheres)
Idade (anos)	69,6 ± 5,08
Estatura (cm)	163,7 ± 23,6
Massa corporal (kg)	76,0 ± 18,9
MoCA (pontuação)	27,3 ± 3,6
UPDRS-III (pontuação)	31,0 ± 6,9 (21 – 44)
H&Y (pontuação)	2,5 ± 0,3 (2 – 3)

5. 2 Variáveis espaço-temporais

Os valores da mediana, primeiro e terceiro quartis das variáveis espaço-temporais estão apresentados na Figura 5. A análise estatística indicou que não houve diferença significativa entre os valores iniciais das condições (Exercício, AMPS e Combinação (AMPS + Exercício)), demonstrando similaridade entre os grupos no início do protocolo ($p > 0,05$). Na análise das variações pré e pós-intervenção, nenhuma das condições apresentou diferença estatisticamente significativa nas variáveis comprimento do passo ($p = 0,328$), velocidade do passo ($p = 0,515$), largura do passo ($p = 0,958$), tempo de duplo apoio ($p = 0,113$) e duração do passo ($p = 0,805$). Esses resultados indicam que, de forma aguda, as intervenções aplicadas promoveram alterações similares nas variáveis espaço-temporais da marcha em indivíduos com DP.

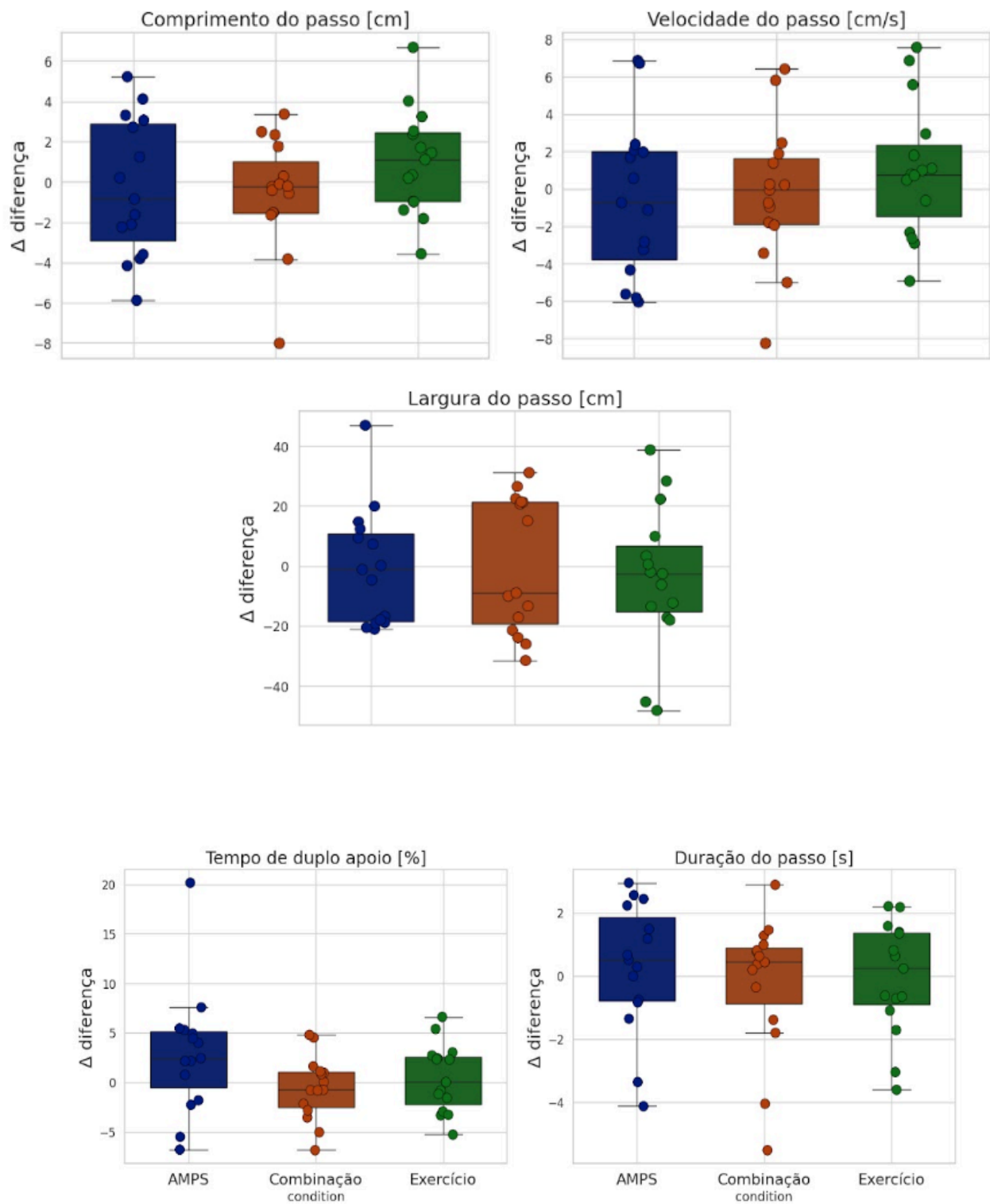


Figura 5. Boxplot das variáveis espaço-temporais da assimetria da marcha para as intervenções: AMPS; Combinação (AMPS + Exercício em esteira) e Exercício.

6. DISCUSSÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo investigar os possíveis efeitos agudos de três modalidades de intervenção, envolvendo AMPS isolada, exercício em esteira isolado e a combinação de ambas, sobre a assimetria da marcha em indivíduos com Doença de Parkinson. A hipótese inicial era de que a aplicação combinada da AMPS com o exercício físico produziria efeitos mais favoráveis sobre a assimetria da marcha em comparação à aplicação isolada de cada intervenção, promovendo uma melhora na estabilidade da marcha e, conseqüentemente, uma redução do risco de quedas.

Entretanto, os resultados obtidos não indicaram mudanças estatisticamente significativas na assimetria da marcha, mesmo após o uso isolado da AMPS ou sua aplicação de maneira combinada com o exercício físico. Essa ausência de efeito pode estar relacionada ao estágio da doença dos participantes, conforme avaliado pelas escalas Hoehn & Yahr ($2,5 \pm 0,3$; variação 2–3) e UPDRS-III ($31,0 \pm 6,9$; variação 21–44), que indicam um comprometimento motor moderado. Considerando que a assimetria da marcha tende a se manifestar de forma mais unilateral nos estágios iniciais da DP e se torna bilateral com a progressão da doença, os participantes por estarem em estágio moderado, podem apresentar uma menor diferença entre os lados do corpo, o que pode ter tornado a variável assimetria da marcha menos sensível para detectar alterações após uma única sessão de intervenção.

Apesar de inicialmente parecer um achado negativo, a ausência de significância estatística também oferece informações importantes para a compreensão dos limites e possibilidades das intervenções agudas em indivíduos com DP, especialmente quando a variável analisada é a assimetria da marcha, um marcador sensível, frequentemente associado a um maior risco de quedas e comprometimento funcional.

Uma das hipóteses para explicar a ausência de efeitos significativos está na possibilidade de interferência mútua entre estímulos sensoriais e motores. A combinação da AMPS com o exercício em esteira pode ter gerado uma sobreposição de estímulos que o sistema nervoso de indivíduos com DP não conseguiu processar, atenuando ou anulando os benefícios que cada intervenção isoladamente poderia proporcionar. Vale ressaltar, que os efeitos positivos descritos na literatura para a AMPS e para o exercício em esteira foram observados somente quando cada intervenção foi utilizada separadamente, atuando como abordagem complementar ao tratamento medicamentoso (Galli et al., 2018; Kleiner et al., 2015; Quattrocchi et al., 2015; Scandalis et al., 2001; Pohl et al., 2003).

Além disso, estudos indicam que pessoas com DP apresentam déficits na integração sensório-motora, especialmente no processamento de informações proprioceptivas (Konczak et al., 2007; Almeida et al., 2005). Tais déficits estão ligados à disfunção nos núcleos da base, comprometendo a detecção e a interpretação adequada de estímulos periféricos. Assim, quando diferentes estímulos são aplicados em sequência, como no uso combinado de intervenções sensoriais, o sistema nervoso pode ter dificuldade para responder de forma eficaz (Keijsers et al., 2005).

Apesar dessas considerações, algumas limitações devem ser reconhecidas na interpretação dos resultados. No presente estudo, todas as avaliações foram realizadas com os participantes em fase “ON” da medicação, enquanto parte da literatura sobre AMPS utilizou protocolos na fase “OFF” (Kleiner et al., 2015; Stocchi et al., 2015), quando os sintomas motores tendem a se manifestar de forma mais evidentes. A ausência de uma comparação entre as fases “ON” e “OFF” pode ser considerada uma limitação metodológica, pois tal abordagem possibilitaria uma análise mais abrangente do impacto do estado medicamentoso nas respostas às intervenções.

Outro fator relevante, é que no presente estudo, os participantes caminharam na esteira em velocidade confortável, enquanto em outros estudos a velocidade foi ajustada para 5-10% acima da confortável (Herman et al., 2007), o que pode influenciar os efeitos sobre a simetria da marcha. Essa diferença metodológica pode ter contribuído para a ausência de alterações significativas, já que intensidades mais altas estão associadas a maior estímulo motor e sensorial, potencialmente promovendo ajustes mais expressivos na marcha.

7. CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo indicam que não houve diferença estatisticamente significativa na assimetria das variáveis espaço-temporais da marcha entre as diferentes intervenções (AMPS, Exercício e Combinação (AMPS + Exercício)). Dessa forma, considerando o contexto agudo, nenhuma das intervenções se mostrou superior na melhora dos parâmetros da marcha. Portanto, são necessários estudos futuros que investiguem os efeitos a longo prazo, por meio de múltiplas sessões a fim de determinar o benefício real e duradouro da combinação de AMPS e exercício na assimetria da marcha em indivíduos com DP.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Q. J.; FRANK, J. S.; ROY, E. A.; JENKINS, M. E.; SPAULDING, S.; PATLA, A. E.; JOG, M. S. **An evaluation of sensorimotor integration during locomotion toward a target in Parkinson's disease.** *Neuroscience*, v. 134, p. 283–293, 2005. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2005.04.006.
- BALESTRINO, R.; SCHAPIRA, A. H. V. **Doença de Parkinson.** *Revista Europeia de Neurologia*, v. 27, p. 27–42, 2020. DOI: 10.1111/ene.14108.
- BARBIERI, F. A.; SIMIELI, L.; ORCIOLI-SILVA, D.; BAPTISTA, A. M.; PESTANA, M. B.; BERETTA, V. S.; GOBBI, L. T. B. **Obstacle avoidance increases asymmetry of crossing step in individuals with Parkinson's disease and neurologically healthy individuals.** *Journal of Motor Behavior*, v. 50, n. 1, p. 17–25, 2018. DOI: 10.1080/00222895.2016.1271303.
- BARBIC, F. et al. **Effects of mechanical stimulation of the feet on gait and cardiovascular autonomic control in Parkinson's disease.** *Journal of Applied Physiology*, v. 116, n. 5, p. 495–503, 2014.
- BARBOSA, M. T. et al. **Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: a community-based survey in Brazil (the Bambuí Study).** *Movement Disorders*, v. 21, n. 6, p. 800–808, 2006.
- BELLO, O. et al. **The effects of treadmill or overground walking training program on gait in Parkinson's disease.** *Gait & Posture*, v. 38, n. 4, p. 590–595, 2013. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.02.005.
- BROGNARA, L.; CAULI, O. **Mechanical plantar foot stimulation in Parkinson's disease: a scoping review.** *Diseases*, v. 8, n. 2, p. 12, 2020. DOI: 10.3390/diseases8020012.
- DE LAU, L. M.; BRETELER, M. M. **Epidemiology of Parkinson's disease.** *The Lancet Neurology*, v. 5, n. 6, p. 525–535, jun. 2006. DOI: 10.1016/S1474-4422(06)70471-9.
- DJALDETTI, R.; ZIV, I.; MELAMED, E. **The mystery of motor asymmetry in Parkinson's disease.** *The Lancet Neurology*, v. 5, n. 9, p. 796–802, 2006.
- FENG, Y.-S.; YANG, S.-D.; TAN, Z.-X.; WANG, M.-M.; XING, Y.; DONG, F.; ZHANG, F. **The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease.** *Life Sciences*, v. 245, p. 117345, 2020. DOI: 10.1016/j.lfs.2020.117345.
- FERNÁNDEZ-LAGO, H.; BELLOC, O.; SALGADO, A. V.; FERNÁNDEZ-DEL-OLMO, M. **Acute kinematic and neurophysiological effects of treadmill and overground walking in Parkinson's disease.** *NeuroRehabilitation*, v. 44, n. 3, p. 433–443, 2019. DOI: 10.3233/NRE-182638.
- FRAZZITTA, G. et al. **Asymmetry and freezing of gait in Parkinsonian patients.** *Journal of Neurology*, v. 260, n. 1, p. 71–76, 2013.
- GALLI, M. et al. **Peripheral neurostimulation breaks the shuffling steps patterns in Parkinsonian gait: a double-blind randomized longitudinal study with Automated**

Mechanical Peripheral Stimulation. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, n. December, 2018.

GALLI, M. et al. **Timed Up and Go test and wearable inertial sensor: a new combining tool to assess change in subjects with Parkinson's disease after automated mechanical peripheral stimulation treatment.** International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), v. 4, n. 11, p. 155–163, 2015.

GALNA, B.; MURPHY, A. T.; MORRIS, M. E. **Obstacle crossing in people with Parkinson's disease: Foot clearance and spatiotemporal deficits.** Human Movement Science, v. 29, n. 5, p. 843–852, 2010.

GOULART, F.; DOS SANTOS, C. C.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; CARDOSO, F. **Análise do desempenho funcional em pacientes portadores de doença de Parkinson.** Acta Fisiátrica, v. 11, p. 12–16, 2004.

HERMAN, T.; GILADI, N.; GRUENDLINGER, L.; HAUSDORFF, J. M. **Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study.** Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v. 88, n. 9, p. 1154–1158, 2007. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.05.015.

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

HORAK, Fay B. **Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?** Age and Ageing, v. 35, suppl. 2, p. ii7–ii11, 2006.

HUGHES, A. J. et al. **The accuracy of diagnosis of parkinsonian syndromes in a specialist movement disorder service.** Brain, v. 125, n. 4, p. 861–870, 2002.

HULZINGA, F.; DE ROND, V.; VANDENDOOREN, B.; GILAT, M.; GINIS, P.; D'CRUZ, N.; SCHLENSTEDT, C.; NIEUWBOER, A. **Repeated gait perturbation training in Parkinson's disease and healthy older adults: a systematic review and meta-analysis.** Frontiers in Human Neuroscience, v. 15, p. 732648, 2021. DOI: 10.3389/fnhum.2021.732648.

KEIJSERS, N. L. W.; ADMIRAAL, M. A.; COOLS, A. R.; BLOEM, B. R.; GIELEN, C. C. A. M. **Differential progression of proprioceptive and visual information processing deficits in Parkinson's disease.** European Journal of Neuroscience, v. 21, p. 239–248, 2005. DOI: 10.1111/j.1460-9568.2005.03838.x.

KLEINER, A. et al. **The Parkinsonian gait spatiotemporal parameters quantified by a single inertial sensor before and after automated mechanical peripheral stimulation treatment.** Parkinson's Disease, v. 2015, p. 390512, 2015.

KNABLE, M. B. et al. **Lateralized differences in iodine uptake in the basal ganglia in asymmetric Parkinson's disease.** Journal of Nuclear Medicine, v. 36, n. 7, p. 1216–1225, 1995.

KONCZAK, J.; KRAWCZEWSKI, K.; TUIITE, P.; MASCHKE, M. **The perception of passive motion in Parkinson's disease.** Journal of Neurology, v. 254, p. 655–663, 2007. DOI: 10.1007/s00415-006-0426-2.

MACKO, R. F.; IVEY, F. M.; FORRESTER, L. W.; HANLEY, D.; SORKIN, J. D.; KATZEL, L. I.; SILVER, K. H.; GOLDBERG, A. P. **Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial.** *Stroke*, v. 36, n. 10, p. 2206–2211, 2005. DOI: 10.1161/01.STR.0000181076.91805.89.

NASREDDINE, Z. S. et al. **The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment.** *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 53, n. 4, p. 695–699, abr. 2005.

OBESO, J. A. **Pathophysiology of the basal ganglia in Parkinson's disease.** *Trends in Neurosciences*, v. 23, n. suppl. 1, p. S8–S19, 2000.

PAGNUSSAT, A. S. et al. **Plantar stimulation in parkinsonians: from biomarkers to mobility – randomized-controlled trial.** *Restorative Neurology and Neuroscience*, v. 36, n. 2, p. 195–205, 2018.

PFEIFFER, R. F. **Non-motor symptoms in Parkinson's disease.** *Parkinsonism & Related Disorders*, v. 22, suppl. 1, p. S119–S122, 2016. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2015.09.004.

POHL, M. et al. **Immediate effects of speed-dependent treadmill training on gait parameters in early Parkinson's disease.** *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 84, n. 12, p. 1760–1766, 2003. DOI: 10.1016/s0003-9993(03)00433-7.

QUATTROCCHI, C. C. et al. **Acute modulation of brain connectivity in Parkinson's disease after automatic mechanical peripheral stimulation: a pilot study.** *PLoS ONE*, v. 10, n. 10, p. 1–19, 2015.

SCHENKMAN, M. et al. **Exercise to improve spinal flexibility and function for people with Parkinson's disease: a randomized, controlled trial.** *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 49, n. 9, p. 1207–1215, 2001.

SMULDERS, K.; DALE, M. L.; CARLSON-KUHTA, P.; NUTT, J. G.; HORAK, F. B. **Pharmacological treatment in Parkinson's disease: effects on gait.** *Parkinsonism & Related Disorders*, v. 31, p. 3–13, out. 2016. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2016.07.006.

STOCCHI, F. et al. **Long-term effects of automated mechanical peripheral stimulation on gait patterns of patients with Parkinson's disease.** *International Journal of Rehabilitation Research*, v. 38, n. 3, p. 238–245, 2015.

TAKAKUSAKI, K. et al. **Role of basal ganglia-brainstem systems in the control of postural muscle tone and locomotion.** *Progress in Brain Research*, v. 143, n. 03, p. 231–237, 2004.

TATSCH, K. et al. **Relationship between clinical features of Parkinson's disease and presynaptic dopamine transporter binding assessed with single-photon emission tomography.** *European Journal of Nuclear Medicine*, v. 24, p. 415–421, 1997.

TEDESCHI, R. **Automated mechanical peripheral stimulation for gait rehabilitation in Parkinson's disease: a comprehensive review.** *Clinical Parkinsonism & Related Disorders*, v. 9, p. 100219, 2023. DOI: 10.1016/j.prdoa.2023.100219.

TERRA, Marcelle Brandão; ROSA, Paula Cassetari; TORRECILHA, Larissa Amaral; COSTA, Bianca Teixeira; FERRAZ, Henrique Ballalai; SANTOS, Suhaila Mahmoud Smaili. **Impacto da doença de Parkinson na performance do equilíbrio em diferentes demandas atencionais.** Fisioterapia e Pesquisa, v. 23, n. 4, p. 410-415, 2016.

WICHMANN, T.; DELONG, M. R. **Núcleos da base.** In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. *Princípios de Neurociências.* 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. p. 853–866.

Aluna: Andreina Alessandra Nascimento Ribeiro



Orientadora: Claudiane Arakaki Fukuchi