



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA ARAÚJO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA PARA CLASSIFICAÇÃO DE
CAIDORES, CONFIABILIDADE E COMPARAÇÃO DO
CONTROLE POSTURAL DE TRONCO DE INDIVÍDUOS COM
E SEM DOENÇA DE PARKINSON**

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA ARAÚJO

**AVALIAÇÃO OBJETIVA PARA CLASSIFICAÇÃO DE
CAIDORES, CONFIABILIDADE E COMPARAÇÃO DO
CONTROLE POSTURAL DE TRONCO DE INDIVÍDUOS
COM E SEM DOENÇA DE PARKINSON**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina (UEL) e Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)), como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Prof. Dra. Suhaila
Mahmoud Smaili

Londrina
2024

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA ARAÚJO

AVALIAÇÃO OBJETIVA PARA CLASSIFICAÇÃO DE CAIDORES,
CONFIABILIDADE E COMPARAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL
DE TRONCO DE INDIVÍDUOS COM E SEM DOENÇA DE
PARKINSON

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Reabilitação (Programa Associado
entre Universidade Estadual de Londrina (UEL) e
Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), como
requisito parcial à obtenção do título de Doutora em
Ciências da Reabilitação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Suhaila Mahmoud Smaili
Universidade Estadual de Londrina

Profa. Dra. Dirce Fujisawa
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Diego Orcioli da Silva
Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Edson Lavado Lopes
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Renato Moraes
Universidade de São Paulo

Londrina, 16 de fevereiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Não vivemos a vida sozinhos. Não trabalhamos sozinhos, não estudamos sozinhos, não evoluímos sozinhos. Isso está muito claro para mim desde sempre e por isso tenho muito o que agradecer! Primeiro a Deus pelo dom da vida, pelas capacidades que me foram dadas e por sempre colocar pessoas maravilhosas no meu caminho. Eu costumo dizer que devo ter feito algo muito bom no meu passado, porque Deus vai mesmo com a minha cara... Como eu sou abençoada!

Nenhum título, nenhuma conquista seriam possíveis sem uma base forte, e por isso eu agradeço ao meu lar, minha mãe Joelma, meu pai Mauro e meus irmãos Hayslanne e Wanderson. Quanto tempo deixei de estar com eles, quanta distância física há entre nós, para que eu possa realizar meus sonhos... Sem vocês, especialmente sem a minha alma gêmea, meu coração que é a minha mãe, minha melhor amiga e grande exemplo para tudo, eu não teria forças para enfrentar a vida. Falando em suporte, preciso agradecer também ao meu suporte emocional e psicológico em quatro patas, Apolo, que é muito mais que um pet, foi muitas vezes a minha força. Muito obrigada por existirem.

Por falar em exemplos, não existe barco que navega sem um farol, e na minha vida acadêmica (e pessoal!) jamais conseguiria vencer o mar sem os direcionamentos da professora Suhaila. A minha vida é dividida claramente entre antes e depois de conhecê-la, por sua causa me tornei uma pesquisadora de verdade, uma fisioterapeuta melhor e uma pessoa mais humana... Você me ensinou que é possível ser firme e assertiva sem ser dura, me ensinou que está tudo bem chorar, mas que é necessário enxugar as lágrimas para enxergar a solução que normalmente está bem à nossa frente. Todas as vezes que eu precisei você estava lá por mim, e todas as vezes que você me acolheu eu saí mais forte. Eu sei a professora e cientista que eu quero ser, porque o seu exemplo é muito vivo dentro de mim. Muito obrigada!

No meio do caminho, já no segundo tempo, encontrei um coorientador que foi muito além do que eu jamais poderia desejar. Eu acredito que Deus coloca as pessoas no nosso caminho sempre para o nosso crescimento, e o Rodrigo foi assim. De brinde ainda ganhei a Ellen e a Lavínia, que formaram a minha família

e guias de vida enquanto estava em Newcastle e depois também. Brinco que o Rodrigo foi o único homem por quem eu já chorei em público, porque não esperava ser acolhida tão bem na Northumbria e aprender tanto. Você foi muito generoso comigo em abrir não apenas as portas do seu laboratório e do seu projeto, mas da sua casa e da sua família. Vocês têm um espaço gigante no meu coração e eu sou muito grata pela vida de vocês! E se quando eu penso na vida em Newcastle não posso deixar de agradecer aos meus nenis Thauan, Julia, Leandro e Alessandra, que formaram comigo um pedacinho do Brasil no nordeste da Inglaterra e que encheram o meu intercâmbio de amor e felicidade. Sem vocês eu não teria conseguido! Amo muito e sinto muitas saudades de todos!

Uma chama tão forte como a da prof Suhaila não poderia contagiar apenas a mim, e por esta razão eu estive sempre cercada da melhor equipe, das melhores pessoas. O GPFIN não é apenas um grupo de pesquisa, mas uma grande família de pessoas que se importam verdadeiramente umas com as outras e que deixam o ego de lado em nome do crescer juntos, do melhor para nós mesmos e para os pacientes que são a nossa razão. Especialmente para alguém como eu, que está tão longe da sua família, pertencer a este grupo faz toda a diferença, vocês foram muitas vezes a família que eu precisei fora de casa, e eu sou muito grata por isso. Aos meus amigos que se tornaram família fora dos muros do HU, meu muito obrigada de coração!

Agradeço também à minha banca, pessoas que admiro e que tão gentilmente aceitaram ler este trabalho, debruçar sobre a minha pesquisa e contribuir para a sua melhoria. Professores Dirce, Edson, Renato e Diego, além dos suplentes Victor e Walter, agradeço profundamente a participação de todos neste momento tão importante e a todas as contribuições fundamentais que certamente virão somar ao nosso trabalho.

Tudo o que fazemos é em prol dos pacientes, e não poderia deixar de agradecer aos nossos, os participantes do GPFIN, que são muito mais do que apenas pacientes, eles se tornam família, se tornam parte muito importante nas nossas vidas. Neste trabalho, especificamente, não apenas participaram das coletas, como estavam presentes com toda a alegria, choraram junto comigo

quando as coisas deram errado, se solidarizaram, mandaram mensagens tão carinhosas quando mais precisei e são a razão para eu querer ser melhor e buscar o melhor a cada dia. Vocês são especiais, e tenho muita sorte em poder ajudar um pouquinho na vida de vocês, já que são vocês quem melhoram tanto a minha, todos os dias!

Finalmente, não querendo parecer pretenciosa, mas agradeço a mim mesma. Por lá atrás ter acreditado que seria capaz de vencer os desafios de viver sozinha e longe de casa, de enfrentar uma nova realidade e os obstáculos da pós-graduação. Estar no fim do doutorado é um ato de resistência, para muito além da academia, sei bem as pedras que precisei ultrapassar, a resiliência que precisei descobrir em mim e as lágrimas choradas e contidas. Gosto de acreditar que a menina Andressa teria orgulho da mulher que me tornei e estou me tornando a cada dia... Obrigada, Andressa, por acreditar na educação e em si mesma! Valeu a pena.

"Aprender é a única coisa de que
a mente nunca se cansa, nunca
tem medo e nunca se arrepende."

Leonardo da Vinci

ARAUJO, Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira. Avaliação objetiva para classificação de caidores, confiabilidade e comparação do controle postural de tronco de indivíduos com e sem doença de Parkinson. 2024. 180 páginas. Tese de doutorado (Ciências da Reabilitação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

RESUMO

Introdução: A instabilidade postural e as alterações da marcha estão entre os principais sintomas da doença de Parkinson (DP), com repercussões motoras importantes, que impactam a capacidade funcional e autonomia dos indivíduos. É essencial que instrumentos acurados e específicos sejam desenvolvidos, confiáveis para oferecer a melhor avaliação possível e para guiar o manejo mais eficiente e com melhores resultados para essa população. **Objetivos:** Analisar o uso de tecnologias (sensores inerciais vestíveis e Wobble Chair) na avaliação funcional do controle postural e marcha de indivíduos com DP. **Métodos:** foram desenvolvidos três estudos com indivíduos com DP, um deles com comparação com controles saudáveis. No primeiro, foram utilizados sensores inerciais vestíveis e medidas clínicas para a classificação de caidores e não caidores entre uma amostra de 127 indivíduos com DP, submetidos a testes de marcha com e sem dupla tarefa cognitiva. As análises de ponto de corte para cada medida utilizada, bem como a combinação entre as medidas, foram realizadas por meio da área sob a curva *receiver operating characteristic* (ROC). No segundo estudo, foi analisada a confiabilidade do uso da Wobble Chair na avaliação do controle postural de tronco de 44 indivíduos com DP nas posições olhos abertos (OA), olhos fechados (OF) e sem apoio para os pés (SA), por meio de teste e reteste realizado com sete dias de intervalo, em duas tentativas de 30s cada entre elas. Foram extraídos os dados de área de centro de pressão (COP), amplitude e velocidade anteroposterior (AP) e mediolateral (ML) de cada posição. O terceiro estudo seguiu metodologia semelhante ao segundo, sem a realização do reteste e com adição de grupo controle saudável (n=45) pareado em idade e sexo ao grupo intervenção. Também foi adicionada a posição dupla tarefa (DT), realizada por meio do Stroop test. **Resultados:** no primeiro estudo, verificamos que a combinação de medidas clínicas (escala de eficácia de quedas e de congelamento da marcha) e medidas objetivas (ângulo da dorsiflexão e da rotação de tronco) é a melhor estratégia para classificação de caidores. No segundo estudo, observamos que a Wobble chair é confiável para a avaliação do controle postural de tronco na DP, especialmente se considerando o parâmetro velocidade e as posições OA e SA. Por fim, o terceiro estudo demonstrou comportamento de tronco semelhante entre pessoas com e sem DP, com diferença entre os grupos apenas quando retirado o apoio para os pés, e que ambos apresentaram mais dificuldade na realização de tarefas mais desafiadoras (DT e OF). **Conclusão:** Avaliações que combinam medidas clínicas e objetivas são essenciais para detectar anormalidades de marcha e controle postural de tronco na DP. Em especial, instrumentos objetivos confiáveis aumentam a acurácia diagnóstica e ajudam a guiar o tratamento, pois elucidam o comportamento destes desfechos desta população.

Palavras-chave: Doença de Parkinson, Marcha, Equilíbrio Postural, Tronco.

ARAUJO, Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira. Objective evaluation for classifying fallers, reliability and comparison of trunk postural control of individuals with and without Parkinson disease. 2024. 180 pages. Thesis of doctorate degree (Post-graduation program in Rehabilitation Sciences) – State University of Londrina, Londrina-PR, 2024.

ABSTRACT

Background: Postural instability and gait disturbances are some of main impairments of Parkinson's disease (PD), with important motor consequences that impact individuals' functional capacity and autonomy. It is essential the development and study of accurate and specific instruments to offer better symptoms evaluation, aiming to guide the most efficient approach and better results. **Objective:** to analyze the use of technologies (wearable inertial sensors and Wobble Chair) in functional assessment of postural control and gait in individuals with PD. **Methods:** We developed three studies with individuals with PD, one of those in comparison with healthy controls. In the first study, wearable inertial sensor and clinic measures were used to classify fallers and non-fallers between 127 individuals with PD submitted to gait tasks with and without cognitive dual task. Cutoff analysis to each measure, as well as for combinations were performed using area under the receiver operating characteristic (ROC) curve. In the second study, the reliability of Wobble chair was tested in the assessment of trunk postural control of 44 individuals with PD while seated under eyes open (EO), eyes closed (EC) and no feet support (NS) conditions, using test-retest moments with 7-days interval between them. It was extracted center of pressure (COP) area, anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) amplitudes and AP and ML velocities for each tested position. The third study followed similar methods than the second one, except for the retest moment, and with the addition of healthy control group (n=45) paired in age and sex with the experimental group. Dual task (DT) condition was also added, performed with Stroop test. **Results:** In first study, it was observed that the combination between objective (i.e., falls efficacy, and freezing of gait scales), and clinic (i.e., foot strike angle and transverse trunk angle) measurements was the best strategy to classify the fallers. In second study, Wobble Chair proved to be reliable for assessment of trunk postural control in PD, especially considering velocity and EO and NS positions. Finally, the third study demonstrated similar trunk postural control approaches between people with and without PD, with differences between groups only when feet base was removed, and both groups presented higher difficulty when exposed to more challenging tasks (DT and EC). **Conclusion:** Evaluations that combine clinic and objective measurements are essential to detect abnormalities in gait and trunk postural control in PD. Specially, reliable objective tools increase the diagnostic accuracy and help to guide treatment, since they elucidate these outcomes approaches in this population.

Keywords: Parkinson disease, Gait, Postural Balance, Torso.

LISTA DE FIGURAS

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1: Interação microbioma-intestino-cérebro na DP.....	25
Figura 2: Mudanças de atividade da circuitaria do córtex motor na DP.....	27
Figura 3: Sintomas clínicos associados com a progressão da DP.....	29
Figura 4: Critérios diagnósticos para a DP.....	32
Figura 5: Variabilidade do efeito do levodopa nas disfunções de velocidade, variabilidade e assimetria de marcha, e controle postural na DP.....	38
Figura 6: Plataforma de força e sua aplicação na avaliação do controle postural em pé de indivíduos com DP: a) estrutura da plataforma de força; b) avaliação bipodal; c) avaliação em tandem; d) avaliação unipodal.....	41
Figura 7: Cadeira instável Wobble Chair. a. Estrutura de pivô central e molas; b. Visão anterior do instrumento concluído; c. Visão lateral do instrumento concluído.....	42
Figura 8: Exemplos de instrumentos de avaliação objetiva da marcha: a) Kinect®; b) Sistema de análise Vicon; c) GAITRite.....	43
Figura 9: Sistema de sensores vestíveis Mobility Lab utilizados na análise de componentes biomecânicos espaço-temporais da marcha.....	44

ARTIGO 1

Figure 1. Gait measures (single and dual-task walking) with highest discriminative ability in classifying fallers and non-fallers.....	58
Figure 2. ROC curves of best combinations of clinical-only, gait-only and clinical + gait measures according to walking condition: (a) single task walking; (b) dual-task walking.....	58

ARTIGO 2

Figure 1 – Prototype of unstable chair (Wobble Chair): a) central pivot and steel spring structure, b) unstable structure positioned upper to force platform, c) prototype concluded.....	67
Figure 2 – Bland–Altman’s plots of test–retest differences (X axis) relative to mean test–retest value (Y axis). Continuous lines represent mean differences and dotted lines indicate 95% confidence intervals. COP: center of pressure; EO: eyes open; EC: eyes closed; NS: no feet support; AP: anteroposterior; ML: mediolateral.....	73

ARTIGO 3

Figure 1 – Prototype of unstable chair (Wobble Chair): a) initial structure, b) pivot and steel springs structure, c) prototype concluded.....	87
--	----

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table 1. Sample characteristics.....	57
Table 2. Best combinations of clinical measurements in classifying individuals with Parkinson disease as fallers or non-fallers.....	57
Table 3. Best combinations of gait measurements (single and dual-task walking) in classifying fallers and non-fallers.....	59
Table 4. Best combinations of clinical + gait measures in classifying fallers and non-fallers.....	59

ARTIGO 2

Table 1 – Sample characterization.....	69
Table 2 – Results of test-retest reliability of COP area parameter.....	70
Table 3 – Results of test-retest reliability of AP and ML amplitude parameter.....	71
Table 4 – Results of test-retest reliability of AP and ML velocity parameter.....	71
Table 5 – Results of test-retest reliability of AP and ML mean frequency parameter	72

ARTIGO 3

Table 1 – Sample characterization.....	89
Table 2 – Comparison between the conditions eyes open (EO), eyes closed (EC), dual task (DT) with Stroop test and no feet support (NS) of individuals with Parkinson's disease assessed by wooble chair.....	91
Table 3 – Comparison between the mean difference of conditions eyes open (EO), eyes closed (EC), dual task (DT) with Stroop test and no feet support (NS) of individuals with Parkinson's disease assessed by wooble chair.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Anteroposterior
AUC	<i>Area under the curve</i>
CG	Control group
cm	Centímetros/centimeters
COP	Centro de pressão
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DT	Dual task
DP	Doença de Parkinson
EC	Eyes closed
EO	Eyes open
FES-I	<i>International Fall Efficacy Scale</i>
FOG	<i>Freezing of gait</i>
GABA	Ácido gama-aminobutírico
HY	Escala Modificada de Hoehn e Yahr
Hz	Hertz
Kg	Quilogramas/kilogram
m	Metros/meters
MDS	<i>Movement Disorders Society</i>
ML	Mediolateral
MMSE	<i>Mini Mental Scale Examination</i>
MoCA	<i>Montreal Cognitive Assessment Scale</i>
n	Tamanho amostral
NFOGQ	<i>New Freezing of Gait Questionnaire</i>
NS	No feet support
p	Significância estatística
PDG	Parkinson disease group
pi	Statistical significance intragroup
REM	<i>Rapid eyes movement</i>
ROC	<i>Receiver operating characteristic</i>
ROM	<i>Range of motion</i>
s	Segundos
SD	<i>Standard deviation</i>
SNC	Sistema nervoso central
TMT	<i>Trail Making Test</i>
UK	United Kingdom
UPDRS	<i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>

Sumário

1. MEMORIAL	14
1.1. Apresentação	14
1.2. Doutorado	16
2. INTRODUÇÃO	19
3. OBJETIVOS	21
3.1. OBJETIVO GERAL	21
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
4.1. DOENÇA DE PARKINSON	22
4.1.1. Definição, epidemiologia e fatores de risco e de proteção	22
4.1.2. Etiologia e Fisiopatologia	24
4.1.3. Quadro Clínico	28
4.1.4. Diagnóstico	31
4.2. CONTROLE POSTURAL NA DOENÇA DE PARKINSON	32
4.2.1. Controle postural de tronco	35
4.3. MARCHA NA DOENÇA DE PARKINSON	37
4.4. AVALIAÇÃO	39
4.4.1. Avaliação do controle postural	40
4.4.2. Avaliação da marcha	43
4.5. CONTROLE POSTURAL DE TRONCO, MARCHA, QUEDAS E TECNOLOGIAS	45
4.6. TRATAMENTO DA DP	48
5. ARTIGOS	53
ARTIGO 1	53
ARTIGO 2	64
ARTIGO 3	84
6. DISCUSSÃO GERAL	106
7. CONCLUSÃO GERAL	109
8. REFERÊNCIAS	110
APÊNDICES	122
ANEXOS	127

1. MEMORIAL

1.1. Apresentação

Meu nome é Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo (eu sei, meus pais não economizaram na grafia), sou mineira de Belo Horizonte, mas montesclarenses de alma. Venho de uma família bastante simples, de pessoas que valorizam o trabalho não apenas como forma de garantir o sustento, mas de moldar o caráter. Sou da primeira geração a frequentar uma Universidade, e a primeira a concluir a pós-graduação. A área da saúde sempre teve o meu coração, quando pensava em uma carreira, estar perto de pessoas e poder colaborar com a melhora da sua saúde sempre foi o que me fez sonhar. Saí da casa dos meus pais em São Francisco/MG em 2007, aos 15 anos, para estudar em Montes Claros (cerca de 163km distante) porque queria aumentar as minhas chances de seguir a minha formação superior no ensino público. Nunca mais voltei. Durante o ensino médio comecei a me interessar por tecnologias e, por uma série de eventos, no momento de escolher um curso superior me decidi por Sistemas de Informação, e consegui ser aprovada na Universidade Estadual de Montes Claros e na Universidade Federal de Itajubá, cheguei a me matricular e estudar uma semana na Unimontes, mas acabei optando pela segunda para a minha formação, o que custou aumentar 850km a distância da minha casa. No entanto, durante o primeiro de graduação percebi que ainda que fosse fascinada pela tecnologia e gostasse muito do curso e da minha nova rotina, não me via atuando nesta área pelo resto da minha vida. Na rotina da TI não havia pessoas para cuidar, e meu coração não aceitou ser automatizado. Voltei os olhos novamente para a saúde, especificamente para a fisioterapia, e em uma nova oportunidade, fui aprovada na Universidade Federal de Alfenas (agora 740km me separavam de casa), onde vivi muito mais do que sonhei e aprendi não apenas a ser fisioterapeuta, mas a ser mais forte, desafiar os meus obstáculos com resiliência, ser criativa na solução de problemas dentro e fora da Universidade e não esperar, mas ir atrás e criar as oportunidades que nascem no coração. Foi na UNIFAL também que dei os primeiros passos na ciência e graças ao direcionamento de mestres como as profas dras. Luciana Reis e Josie Resende descobri um mundo que queria explorar e que trouxe um novo

significado para a minha visão de como ajudar as pessoas: a pesquisa. Foi graças a elas, também, que tive o primeiro contato com a neurologia e pessoas com a doença de Parkinson, antes mesmo de cursar disciplinas ou estágios de fisioterapia neurofuncional. Ao final do quarto ano, durante um simpósio da UNIFAL, fui surpreendida por uma palestra do meu ex-professor da UNIFEI, dr. Claudio Kirner. Ele foi dar uma palestra sobre sua expertise, a Realidade Aumentada, e como ela poderia ser aplicada na saúde. Lembrei do quanto tinha gostado do tema durante a primeira graduação e percebi que poderia unir as duas paixões. O meu caminho foi traçado.

No último ano da graduação, durante o estágio, estava certa de que queria tentar o mestrado, e só me interessava o tema doença de Parkinson. Fui fazer o que sabia: pesquisar. Estava disposta a me mudar novamente se fosse preciso, e encontrei a pessoa que tinha absoluta certeza que seria um divisor de águas na minha vida, a profa Suhaila Smaili. Nunca demorei tanto para escrever algo como aquele primeiro e-mail de apresentação e manifestação de interesse em maio de 2016, foram vários rascunhos. Eu não tinha um plano B. Nunca havia ouvido falar de Londrina, não conheci a UEL, mas tinha certeza de que queria ser orientada pela professora, e quando ela respondeu com um “oi, querida” ao meu e-mail excessivamente rebuscado, soube que era este o meu lugar. Compartilhei com ela a minha ideia de unir TI e neuro, e para minha felicidade ela gostou, escrevi um projeto e fui encarar o novo desafio. No final do mesmo ano foram quatro viagens de ônibus entre Alfenas e Londrina para participar do processo seletivo, pernoites, reposição de estágio da UNIFAL, entrevista na UEL marcada na mesma semana da minha defesa de TCC... Foram dias intensos, mas cada segundo valeu a pena, foi quando conheci o GPFIN e o amor foi imediato! Iniciei o mestrado em fevereiro de 2017, com a responsabilidade de conduzir uma nova linha de pesquisa em um contexto completamente novo, com equipamentos e protocolos com o quais não estava familiarizada, e agora a 1300km da minha família. Foram muitos desafios, mais provas de resiliência, sofri a perda mais importante da minha vida até hoje, mas fui recompensada com muito aprendizado, muito trabalho, muitas conquistas e novos caminhos aberto.

O combinado com a minha mãe era que eu ficaria os dois anos do mestrado, concluiria, e voltaria para mais perto de casa, para continuar a minha formação. Não deu muito certo. Aos 45 minutos do segundo tempo, em uma

mesa de jantar durante o COBRAFIN em Florianópolis, eu quebrei o combinado, decidi por Londrina e a relação que era para ser de 2 anos iria se prolongar, iria começar o doutorado.

1.2. Doutorado

Meu doutorado começou de uma forma bem comum, em fevereiro de 2019. Como minhas três amigas Marcelle, Maria Eduarda e Natália estavam em fase final de projetos ou iniciando as coletas de dados, já tínhamos uma programação e sabia que o meu primeiro ano seria dedicado à escrita do projeto e cumprimento das disciplinas obrigatórias, e assim iniciou. No entanto, a primeira reviravolta sofrida foi da pior natureza possível: o afastamento da nossa amada orientadora por motivos de saúde. Houve muita apreensão, muita tristeza, muita preocupação, mas em meio a tudo isso também havia surgiu esperança, união entre os membros do GPFIN e foi ajudando uns aos outros que concluímos aquele ano.

Meu plano para os trabalhos do doutorado estava bem claro para mim. Por causa dos resultados no mestrado, ficou no meu coração que, se havíamos tido resultados tão animadores com o uso de jogos comerciais adaptados para os objetivos das nossas terapias, se criássemos um jogo que fosse pensado especificamente para as necessidades dos nossos pacientes, os ganhos seriam muito maiores. Então eu estudaria os tipos de jogos mais usados no tratamento de doenças neurológicas, e deste estudo sairia uma revisão sistemática; e criaria um jogo especificamente para o tratamento de pessoas com DP, que fosse baseado no trabalho do GPFIN e que pudesse ser distribuído gratuitamente para profissionais e pacientes. Havia só uma pequena barreira no meu plano: eu não sabia como desenvolver um jogo. Paralelamente, surgiu o convite para testar um equipamento novo, disponível no PPG, que media, a partir de uma plataforma de força, o controle postural de tronco na posição sentada. A cadeira instável já havia sido testada em jovens, adultos, idosos, e surgiu a ideia de testar em indivíduos com doenças neurológicas. A princípio fiquei um pouco relutante, mas no segundo semestre daquele mesmo ano começamos um piloto e algumas coletas com a Wobble Chair.

No entanto, o ano de 2020 foi para mim, assim como para o mundo inteiro, estarrecedor. Foi o ano do início da pandemia da COVID-19, que afetou todas as áreas da minha vida, inclusive o doutorado. Paramos de encontrar as pessoas que amávamos, foi necessário interromper as atividades do GPFIN (inclusive as coletas que haviam iniciado), o medo estava no ar. Quando percebemos que não seriam 2 semanas de isolamento como anunciado inicialmente, e que os nossos pacientes não poderiam ser deixados sem atendimentos indefinidamente, precisamos nos reinventar, e adaptar todo o ambulatório para ser levado com a melhor qualidade possível para dentro das casas dos pacientes, por meio da telerreabilitação. Com muito trabalho, conseguimos! Sem possibilidade de continuar o meu trabalho, e voltando à barreira de conhecimento técnico para o desenvolvimento do meu trabalho principal, tive a ideia de iniciar uma segunda graduação, para aprender a de fato criar o meu jogo. Me matriculei no curso de Tecnólogo em Jogos Digitais. Não seria fácil lidar com o doutorado, trabalho e graduação ao mesmo tempo, mas eu precisava tentar. Não me tornei capaz de desenvolver sozinha o jogo como queria, mas conheci pessoas muito competentes e com o conhecimento técnico que permitiria que o sonho saísse do papel. Formei uma equipe de desenvolvedores e seguimos trabalhando online no desenvolvimento do projeto ParkinsonGame.

No ano de 2021 seguimos com o mesmo espírito do ano anterior, ainda mantendo a maior parte das nossas atividades em modo remoto, mas com vacinas e esperança de melhores tempos. As atividades do GPFIN foram retomadas de forma gradativa apenas na metade do segundo semestre, mas já era o terceiro ano, percebemos que não seria possível seguir com a ideia de testar o jogo nos pacientes, organizar e executar um ensaio clínico em uma situação que era mais segura, mas ainda muito incerta. Decidimos por voltar as nossas energias para o estudo com a Wobble Chair que já estava encaminhado e refletiria em menos risco para terapeutas e pacientes. Neste ano ainda iniciei a minha carreira docente, e como forma de oferecer o melhor de mim para os alunos, pensei que seria uma boa ideia iniciar uma pós-graduação, e comecei a me aprofundar na Docência em Ensino Superior.

Finalmente 2022 chegou, o meu último ano, e absolutamente nada do que eu havia planejado até então havia acontecido. O protótipo inicial do meu jogo estava pronto, mas não podia testar, o projeto da Wobble Chair que era para ser

secundário ganhou espaço no meu coração e passou a ser o principal, terminei tanto a graduação quanto a pós-graduação, mas ainda sentia que estava correndo contra o tempo. Quando tudo parecia tranquilo, surgiu a oportunidade única do Doutorado Sanduíche no Exterior, com um prazo curto, sem precedentes, mas com critérios nos quais me encaixava, consegui um orientador estrangeiro que se tornou um grande amigo e referência, Dr. Rodrigo Vitória, e com um suporte essencial da profa Suhaila fui vendo as etapas serem vencidas e o sonho ficando mais próximo. Porém no final do mês de maio, faltando 8 pacientes para conseguirmos completar a nossa amostra, descobri uma perda massiva de dados. Por algum problema técnico no equipamento eu havia perdido todos os dados que haviam sido coletados desde o fim do isolamento social. Um trabalho de mais de um ano estava perdido. Foi desesperador imaginar que não tinha dados para o meu trabalho, foi constrangedor contar para a professora o que havia acontecido, foi angustiante pensar que não parecia haver alternativa, eu ia perder os 4 anos. Mas eu tenho sorte, ou melhor, eu tenho o GPFIN, e o grupo de uniu novamente, em uma força tarefa que eu não imaginava, e conseguimos refazer todas as mais de 135 coletas em dois meses e meio, bem a tempo para o meu embarque para Newcastle Upon Tyne. Eu ainda não sei como agradecer a este grupo!

O período de doutorado sanduíche foi oficialmente de 6 meses, mas na realidade ao mesmo tempo em que pareceram dois dias, também parece que vivi anos ali. A imensa carga de aprendizado, toda a cultura adquirida, as pessoas que conheci, os lugares que vi, foi indescritível! No laboratório de marcha da Northumbria University descobri, entre várias coisas, os sensores vestíveis, e pude desenvolver o trabalho que me encantou e se tornou o primeiro artigo desta tese. E eu agradeço do fundo do coração ao Rodrigo e à Ellen por terem me abraçado e serem as melhores pessoas que Deus poderia ter colocado no meu caminho! Cresci como fisioterapeuta, como cientista, e principalmente como pessoa!

O doutorado não foi um projeto acadêmico para mim. O doutorado foi a minha vida durante quase 5 anos. Tudo de melhor que eu tenho (que são pessoas, não coisas), vieram pela educação, pela ciência, e eu me sinto muito rica e abençoada por tudo o que vivi, os momentos difíceis e todas as alegrias, que foram responsáveis por me trazer até aqui.

2. INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (DP) abrange uma variedade de sintomas motores e não motores que impactam significativamente a qualidade de vida de indivíduos diagnosticados com a doença, bem como de suas famílias, amigos e pessoas próximas (1,2). Dentre os sintomas mais incapacitantes da DP estão a instabilidade postural e os distúrbios de marcha, que afetam diretamente a mobilidade, capacidade funcional e independência destes indivíduos (3,4). Dada a etiologia e fisiopatologia desta alfa-sinucleinopatia, e a complexidade do desenvolvimento dos seus sintomas, a avaliação destes deve ser abrangente, acurada e tão específica quanto possível nessa população (5,6).

O controle postural é uma habilidade complexa e multifatorial, que envolve a integração de diferentes sistemas, especialmente o visual, somatossensorial, vestibular e musculoesquelético (7,8). A deterioração do controle postural, durante o curso da doença, pode ser detectado desde estágios iniciais, com impacto crescente na funcionalidade e autonomia dos indivíduos (7,9). Nesse contexto, o controle neuromuscular de tronco é parte essencial para a manutenção do controle postural, uma vez que, além de corresponder a mais de 50% do peso corporal total, o tronco é um eixo importante para a manutenção da postura. Posturas como sentar-se adequadamente, assim como as trocas posturais de sentado para em pé, são muito importantes para a funcionalidade de um indivíduo. Para isso, a manutenção do controle postural pelo tronco nestas atividades é fundamental para a realização de boa parte das atividades de vida diária, bem como para a própria manutenção da postura em pé e para o equilíbrio na marcha (10–13).

As anormalidades da marcha também figuram como sintomas incapacitantes para os indivíduos com DP. Dentre elas destacam-se a diminuição da velocidade, hipocinesia da marcha, assimetria dos parâmetros cinemáticos espaço-temporais e aumento da variabilidade (14,15). Além da importante influência dos sistemas sensoriais e motores, a marcha também sofre influência de sintomas não motores da DP (como déficits cognitivos e comportamentais) e, também, depende de conexões frontoestriatais e vias não dopaminérgicas para acontecer de forma efetiva, o que

reforça a importância de se compreender este desfecho profundamente (15). Assim como a instabilidade postural, as alterações na marcha podem ser detectadas desde estágios iniciais da DP, e as consequências da evolução destes sintomas envolvem aumento do risco de quedas, fraturas e hospitalização, o que reflete uma preocupação adicional para os sistemas de saúde (16).

Diante de desfechos tão relevantes como o controle postural e a marcha para a prática clínica, pesquisa e o respectivo impacto destes sintomas na autonomia de pessoas com DP, é essencial que os protocolos de avaliação e tratamento sejam realmente efetivos para esta população. Neste sentido, a tecnologia surge como recurso imprescindível para o enriquecimento do repertório avaliativo e terapêutico dos profissionais de saúde. O uso de sensores vestíveis para a avaliação de componentes de controle postural e marcha tem ganhado espaço na prática clínica e na pesquisa, com crescente interesse no desenvolvimento e melhoria de dispositivos capazes de identificar padrões, alterações e evoluções nos parâmetros biomecânicos dos indivíduos de forma simples, confortável e com baixo custo (17–20). No mesmo contexto, dispositivos consolidados pela sua qualidade, como a plataforma de força, têm sido estudados, aprimorados e direcionados para avaliações mais específicas e significativas dentro do contexto da vida das pessoas envolvidas nas suas pesquisas e abordagens clínicas (21–24).

Diante disso, realizamos três estudos para compreender o uso de diferentes medidas objetivas na avaliação do controle postural de tronco e componentes de marcha de indivíduos com DP. No primeiro estudo buscamos classificar caidores e não caidores dentre indivíduos com DP, a partir da análise de dados clínicos (provenientes de instrumentos de avaliação validados e amplamente utilizados) e dados objetivos obtidos por meio de sensores vestíveis. O segundo estudo objetivou verificar a confiabilidade da Wobble Chair na avaliação do controle postural de tronco na posição sentada de indivíduos com DP quando em olhos abertos, olhos fechados e sem base de suporte para os pés. Finalmente, no terceiro estudo visamos comparar o controle postural de tronco de indivíduos com e sem DP, utilizando a Wobble Chair, nas mesmas condições citadas, além da adição de dupla tarefa cognitiva para o estudo do impacto da DP no controle postural do tronco.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Analisar o uso de tecnologias (sensores inerciais vestíveis e Wobble Chair) na avaliação funcional do controle postural de tronco e marcha de indivíduos com DP.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o papel de um sistema de sensores inerciais vestíveis na análise de parâmetros de marcha e classificação de caídores entre indivíduos com DP;
- Analisar a confiabilidade do uso de uma cadeira instável baseada na plataforma de força (Wobble Chair) para a avaliação do controle postural de tronco de indivíduos com DP;
- Comparar o controle postural de tronco em indivíduos com e sem DP utilizando a Wobble Chair), assim como verificar a influência de diferentes condições no controle postural do tronco de ambos os grupos.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. DOENÇA DE PARKINSON

4.1.1. Definição, epidemiologia e fatores de risco e de proteção

A DP consiste em uma desordem neurológica multissintomática, causada pela depleção do neurotransmissor dopamina nos circuitos basais, em consequência da degeneração de neurônios dopaminérgicos presentes na substância negra compacta do mesencéfalo, bem como da deposição de proteína α -sinucleína intracelular (6). É a segunda doença neurodegenerativa mais comum e a desordem do movimento mais prevalente, tendo incidência estimada entre 5 e 35 casos a cada 100 mil habitantes no mundo anualmente (6,25).

Estima-se que até 0,3% da população acima de 50 anos possua o diagnóstico da DP, prevalência que aumenta para até 3% em pessoas na oitava década de vida (26), sendo quase duas vezes mais prevalente em indivíduos do sexo masculino (6,26). Estudos epidemiológicos específicos para a população brasileira são escassos, mas a prevalência já foi estimada em 3,3% de casos de DP entre indivíduos acima de 64 anos, a partir de uma pesquisa de base comunitária em Bambuí, Minas Gerais, no ano de 2006 (27). Apesar de ser reconhecida como uma doença tipicamente relacionada ao envelhecimento, a DP pode manifestar sintomas mais cedo. Estes casos estão, em geral, relacionados a componentes hereditários e ainda há controvérsias com relação à terminologia (28,29), mas classificações como DP juvenil (antes dos 20 anos), DP de início jovem (entre 20 e 40 anos) e DP de início precoce (entre 40 e 50 anos) têm sido usadas para caracterizar o acometimento em pessoas mais jovens (29).

Considerada idiopática, a DP tem sido relacionada à associação entre fatores ambientais, comportamentais e genéticos (30,31). Entre os fatores ambientais, se destaca o trabalho ou residência rural, bem como a exposição a pesticidas, que em estudos experimentais se mostraram capazes de causar parkinsonismo, e cujos resíduos presentes no solo, no ar e nas águas caracterizam um meio de contaminação ainda ativo, mesmo após a interrupção do uso (26,30). O contato com produtos químicos como solventes, resíduos minerais como o manganês, metais como chumbo

e ferro e partículas suspensas ambientais resultantes da queima de combustíveis também tem sido relacionadas ao surgimento de sintomas típicos da DP (31,32). Os poluentes seriam responsáveis pelo início de processos inflamatórios sistêmicos, inclusive neuronais, por meio da interrupção da proteostase e dano mitocondrial, que culminariam em estresse oxidativo e na degeneração dopaminérgica característica da DP (32).

Aspectos comportamentais estão entre os fatores de risco para o desenvolvimento da DP, em geral associados aos ambientais. A maior ingestão de leite e derivados, por exemplo, tem sido associada ao aumento do risco de DP, devido à presença de substâncias tóxicas nestes produtos (33). De forma semelhante, dietas pobres em frutas, vegetais e grãos tem sido relacionada ao aumento do risco de degeneração neuronal (33,34). Aspectos alimentares são especialmente relevantes neste contexto se relacionados à pouca ou nenhuma prática de atividade física regular, que é sabidamente promotora de liberação de neurotransmissores importantes e estimulante da atividade cortical (33–35). Por se tratar de fatores de risco modificáveis, é importante voltar a atenção a eles, de modo a converter o potencial risco em fator de proteção, por meio da melhora dietética, prática de exercícios físicos regulares e acompanhamento médico regular.

Fatores de suscetibilidade genética atuam mais como modificadores dos efeitos das exposições ambientais (36). Mutações identificáveis em certos genes (como a metilação do DNA causada pela agregação de α -sinucleína) causam DP em cerca de 5–10% dos casos, porém estas mutações não ocorrem na maioria das pessoas com DP e, em geral, outros fatores ambientais ou genéticos estão envolvidos (33,36). Um estudo de acompanhamento de gêmeos monozigóticos e dizigóticos por mais de 20 anos, comparando taxas de concordância, estimou a herdabilidade da DP em apenas 30% (com pequena diferença entre monozigóticos e dizigóticos), o que atribui a maior parte do risco de DP a fatores ambientais e comportamentais (37).

Além dos fatores de risco para o desenvolvimento da DP, alguns fatores protetores são também conhecidos. Ainda que sejam necessários estudos que determinem uma dose ideal e possíveis efeitos adversos, o consumo de cafeína está associado à diminuição no risco de desenvolvimento da DP em pessoas saudáveis, bem como à redução da progressão de sintomas motores em indivíduos

diagnosticados, possivelmente devido a sua ação antagonista ao receptor adenosina A2A, produzido exclusivamente por células dopaminérgicas e que se relaciona a processos de neurotoxicidade e neuroinflamação (38,39). O tabaco também tem sido apontado como neuroprotetor e, embora tenham sido levantadas hipóteses como a genética, traços de personalidade, diminuição da resposta à nicotina na fase prodrômica da DP e fator neuroprotetor da nicotina para este fenômeno, o seu mecanismo de proteção ainda não está estabelecido (29). No entanto, é essencial ter em mente que o tabagismo traz consigo diversos efeitos adversos para os sistemas cardiovascular e respiratório, fatores cancerígenos e impactos negativos sistêmicos para a saúde, de modo que uma possível neuroproteção não se sustenta em detrimento de todo prejuízo causado pelas substâncias nocivas envolvidas no ato de fumar (29,40).

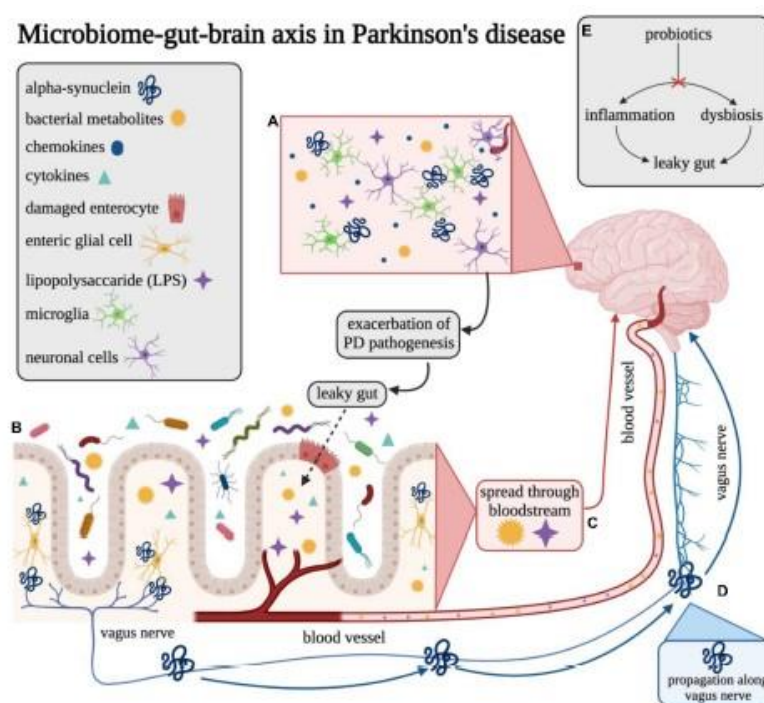
O maior fator neuroprotetor identificado, no entanto, é o exercício físico. A prática regular, direcionada e específica do exercício físico induz a neuroplasticidade, definida como a capacidade adaptativa do sistema nervoso central em resposta a estímulos internos e externos (41–43). Este efeito do exercício está relacionado a eventos neurais importantes, como sinaptogênese, angiogênese, neurogênese e indução da expressão de fatores neurotróficos como o *brain-derived neurotrophic factor*, que minimiza a disfunção neuronal e neurodegeneração por meio da indução proteica, melhora da função mitocondrial e reparo do DNA (42–44). Uma modalidade ideal de exercício físico para o estímulo à plasticidade neural ainda não foi definida, mas são recomendadas práticas que incluam elementos como repetição, intensidade e desafio, assim com a adição de componentes cognitivos (facilitados por *feedbacks* sensoriais) e motivacionais, levando à melhoria do desempenho motor (43).

4.1.2. Etiologia e Fisiopatologia

Hipóteses etiológicas têm sido levantadas para a DP. Uma delas se relaciona à alteração do microbioma intestinal, essencial para o desenvolvimento e maturação do sistema nervoso, bem como do imunológico e endócrino (5,45,46), uma vez que promove a integridade da barreira hematocefálica, por meio de regulações mediadas por ácidos graxos (47). A relação bidirecional entre o microbioma intestinal e o SNC seria mediada por neurotransmissores como dopamina e serotonina, seus precursores

ou neuromoduladores (5,45,47). Desta forma, alterações neste microbioma (chamadas disbioses), associadas ao aumento de bactérias prejudiciais, levariam ao comprometimento da barreira intestinal, ocasionando a produção de endotoxinas e citocinas pró-inflamatórias, capazes de alterar a resposta imunológica, atravessar a barreira hematoencefálica e desencadear processos neuroinflamatórios (47). Neste modelo, a conexão entre o sistema gastrointestinal e o encéfalo se daria pelo nervo vago, no qual foram detectados agregados de α -sinucleína (Figura 1) (45,47). Um recente estudo analisou amostras de microbiomas de pessoas com e sem DP (N = 520 e N = 314, respectivamente) e detectou presença importante de patógenos oportunistas, e depleção de bactérias benéficas precursoras do mecanismo de ácidos graxos na amostra de indivíduos com DP, ainda que fatores confundidores como o índice de massa corpórea e presença de levodopa tenham sido isolados (46).

Figura 1: Interação microbioma-intestino-cérebro na DP



Fonte: Klann (2022) (47)

Outra hipótese levantada, a Teoria de Braak, foi postulada em 2003 e se relaciona ao envolvimento, além das mucosas intestinais, do trato olfatório no início do desenvolvimento da DP, reforçando o fator ambiental que pode estar relacionado a

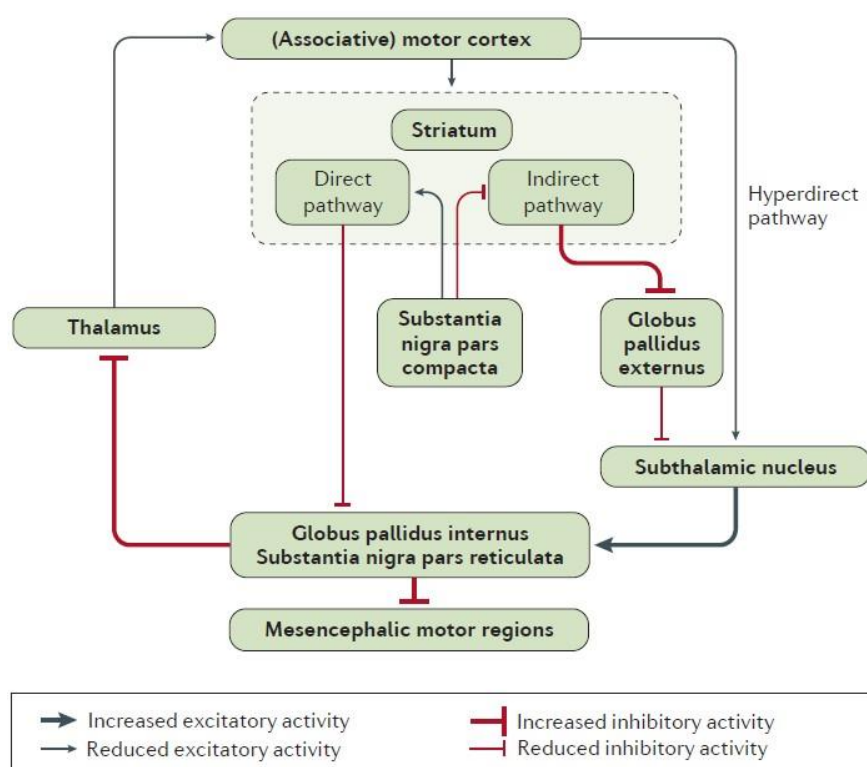
sua etiologia (48,49). Nesta hipótese, na DP esporádica (sem componentes genéticos) um patógeno desconhecido (bacteriano ou viral) afetaria os neurônios da cavidade nasal e, via trato olfatório, alcançaria o SNC, ocasionando a agregação de α -sinucleína característica da DP (30,48,50). No entanto, esta teoria é questionada devido, especialmente, à pouca aplicabilidade em pacientes que não se encaixam na subcategoria esporádica (50).

O mais aceito é que, devido a sua complexidade, a DP não tenha um caminho fisiopatológico único, mas que derive da interação entre diferentes processos, o que promove uma cascata de eventos patológicos, culminando na depleção de neurônios dopaminérgicos. A proteína α -sinucleína é naturalmente produzida e desdobrada, de acordo com interações bioquímicas. No entanto, a sua agregação anormal (ocasionada por superexpressão, estresse oxidativo e mutações no gene Parkin) é tóxica para neurônios dopaminérgicos, culminando em neurodegeneração e nos chamados corpos de Lewy (51,52). Outra alteração fisiopatológica da DP é a redução da atividade do complexo mitocondrial 1, o que ocasiona dano mitocondrial. Este dano resulta em dois problemas distintos: o primeiro é a diminuição do potencial das mitocôndrias, com liberação de mediadores inflamatórios e morte celular, e cuja disfunção está ligada a genes relacionados à DP, como Parkin, PINK1 e DJ1; e o segundo se trata da promoção do acúmulo de dopamina oxidada e redução de glicocerecrosidase, aumentando o comprometimento lisossômico e potencializando a degeneração (51). Além disso, foram analisadas alterações na resposta imune inata e adaptativa de pessoas com DP, o que inclui aumento de citocinas pró-inflamatórias e anormalidade em populações de células imunes, o que criaria um elo entre doenças autoimunes, neuroinflamação e DP (51).

Uma vez iniciado o processo degenerativo, as manifestações clínicas da DP passam por alterações na circuitaria córtico-estriado-tálamo-cortical, importante no controle motor e comportamento direcionado a objetivos, além de funções superiores ainda não completamente esclarecidas. Os núcleos da base são estruturas de substância cinzenta, localizadas na base do telencéfalo, e que tem ligações com estruturas corticais, do tronco encefálico e cerebelo, mediando processos motores e cognitivos (53). De acordo com o modelo clássico, proposto no final da década de 1980, as correlações entre núcleos da base, tálamo e córtex se dão por duas vias,

direta e indireta, de acordo com os alvos de projeção do corpo estriado (52,54). Na via direta, os neurônios de projeção se direcionam diretamente via corpo estriado e globo pálido interno, expressando receptores de dopamina, desinibindo o tálamo para promover o movimento. Na via indireta, os neurônios de projeção se direcionam, via globo pálido externo e núcleo subtalâmico, para a saída do globo pálido interno, também expressando receptores dopaminérgicos, mas com a função de inibição do tálamo e supressão do movimento (54). Há ainda uma terceira via, a hiperdireta, que atua reforçando a via indireta, propiciando mais tempo para a seleção da melhor resposta cortical, prevenindo respostas prematuras (26) (Figura 2).

Figura 2: Mudanças de atividade da circuitaria do córtex motor na DP



Fonte: Poewe, 2017 (26)

A dopamina, produzida pela substância negra do mesencéfalo, teria efeitos opostos, de excitação e inibição, nas duas populações neuronais, de modo que a sua depleção causa um desequilíbrio importante entre estes mecanismos, ocasionando os sinais cardinais da DP (54). Ou seja, os sintomas clássicos da DP derivam do aumento da atividade inibitória dos núcleos da base, em especial do corpo estriado, resultado

da diminuição da transmissão dopaminérgica na região motora do corpo estriado e aumento da inibição das projeções tálamo-corticais, mediada pelo neurotransmissor GABA (ácido gama-aminobutírico) (53). Finalmente, ainda que anormalidades na via dopaminérgica expliquem os sintomas clássicos da DP, entende-se que, diante da complexidade sintomatológica da doença, outras vias neurais estão relacionadas à sua fisiopatologia. Desta forma, é importante considerar o acometimento de regiões límbicas e corticais, núcleos noradrenérgicos (*locus coeruleus*) e serotoninérgicos (núcleos medianos da rafe), das alças associativas dos núcleos frontoestriatais e regiões pré-frontais corticais, bem como da perda neuronal dos núcleos de Meynert, que tem influência colinérgica, e das interações entre núcleos da base e o tronco encefálico (9,54–56).

4.1.3. Quadro Clínico

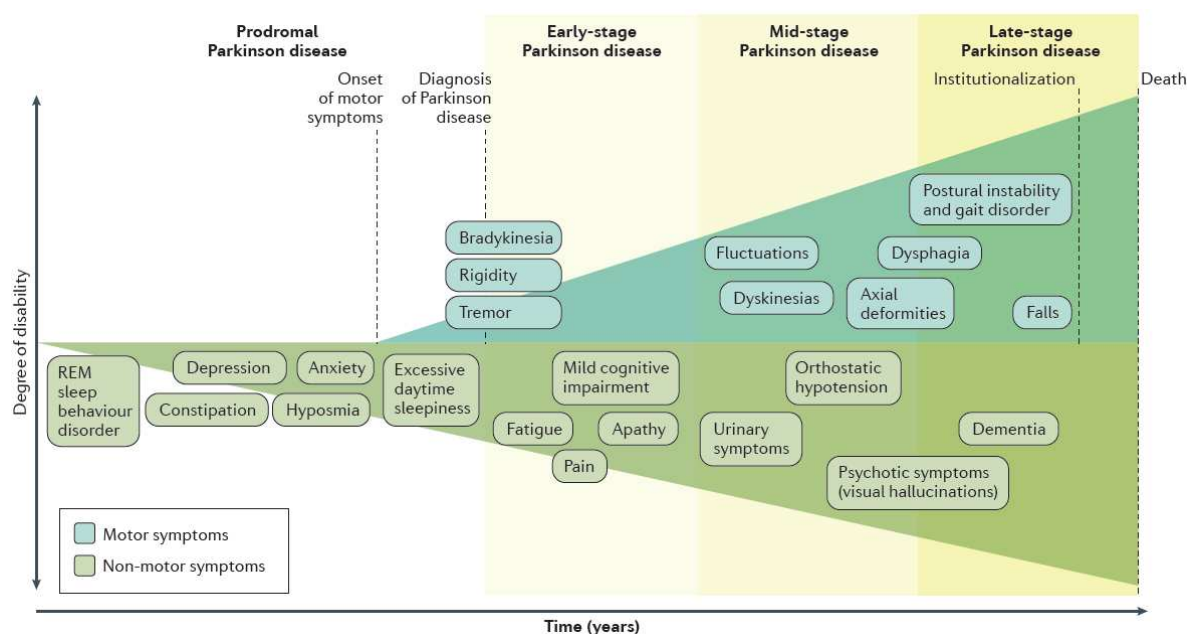
A sintomatologia da DP é complexa e está relacionada à evolução da degeneração neuronal. A evolução da DP é muito heterogênea, de modo que outros sintomas motores e não motores surgem à medida que a doença progride em seu curso clínico (Figura 3) (57). Os sintomas motores primários da DP ocorrem em decorrência da perda de neurônios dopaminérgicos com depleção de dopamina no circuito córtico-estriado-tálamo-cortical, associada a alterações em vias de acetilcolina, e se destacam a bradicinesia, o tremor de repouso, a rigidez muscular, a instabilidade postural e alterações da marcha (58).

A bradicinesia é o principal sinal cardinal da DP e corresponde à lentidão generalizada dos movimentos voluntários do indivíduo, podendo ser reconhecida por meio da redução de expressão facial, dificuldade na realização de tarefas de coordenação motora fina e de tarefas funcionais como transferências posturais e alterações da marcha (59). O tremor de repouso ocorre com maior frequência nas extremidades superiores e mandíbula e tem como característica a diminuição durante a movimentação do segmento, o que o difere do tremor essencial (59). A rigidez é um tipo de hipertonia, caracterizada por resistência muscular involuntária decorrente da tentativa de movimentação passiva do segmento, independentemente da velocidade e direção do movimento, e pode ser identificada pelos sinais de “cano de chumbo” (hipertonia no início do movimento, o qual diminui em maiores amplitudes) e “roda

denteada” (rigidez mantida durante maior amplitude, cedendo ritmicamente durante o movimento) (59,60).

A instabilidade postural também figura entre os principais e mais incapacitantes sintomas motores da DP, o que somado aos demais sinais motores pode acarretar em alterações posturais, dores, aumento do risco de quedas, perda de autonomia e piora na qualidade de vida dos indivíduos (59–61). Alterações de controle postural já podem ser notadas precocemente, mas a instabilidade grave e precoce, associada à história de quedas nos primeiros cinco anos devem levar em consideração outros diagnósticos, como atrofia de múltiplos sistemas ou paralisia supranuclear progressiva (62). As alterações da marcha são muito recorrentes nos indivíduos com DP e determinam a chamada marcha parkinsoniana, caracterizada pela diminuição da altura e comprimento dos passos, diminuição da base de suporte e aumento da variabilidade no ritmo das passadas, a anteriorização do centro de gravidade em decorrência da postura do tronco em flexão, além da diminuição da dissociação de cinturas e do balanço de membros superiores (61).

Figura 3: Sintomas clínicos associados com a progressão da DP



Fonte: Poewe, 2017 (26)

Algumas manifestações sintomáticas estão presentes desde o início do processo fisiopatológico. Os chamados sintomas pré-motores ou prodrômicos podem

se manifestar mais de 20 anos antes do diagnóstico médico, e incluem anosmia ou hiposmia, sintomas gastrointestinais, como a obstipação intestinal, além de depressão e transtorno comportamental do sono REM (*rapid eyes movement*), sendo dificilmente associados à DP (5,57). Estes, em geral, estão associados a outras vias neurais além da dopaminérgica, como noradrenérgica, colinérgica e serotoninérgica (58).

Dentro do espectro clínico da DP, os sintomas não motores podem preceder o surgimento dos motores em 10 a 20 anos, e comprometem grandemente a qualidade de vida dos indivíduos, sendo impulsionados pelo acometimento de regiões límbicas e corticais (54,57,63). Eles incluem sintomas psiquiátricos, autonômicos, déficits sensoriais, distúrbios do sono, perda de peso não intencional. Essas alterações também podem se manifestar como efeitos adversos da terapia medicamentosa (57,64). Os sintomas sensoriais aumentam de prevalência com a progressão da DP e estão relacionados a anormalidades nos circuitos dopaminérgicos, noradrenérgicos e glutamatérgicos. Dentre as principais queixas estão alterações olfatórias e distúrbios visuais, especialmente alucinações e diplopia (63). A dor pode ser caracterizada como nociceptiva ou neuropática e afeta até 85% dos pacientes, tendendo a piorar no estágio *off* da medicação, e podendo ser relatada ainda como sensação de parestesia, queimação ou agulhadas (63).

Dentre os sintomas neuropsiquiátricos, os mais importantes são ansiedade, depressão, apatia, fadiga, déficits cognitivos (podendo evoluir para demência) e psicoses, tendem a flutuar com as alterações motoras, e pioram em períodos *off* (63). Especificamente, a depressão, déficits cognitivos e demência parecem estar relacionados alterações em vias colinérgicas e noradrenérgicas (locus coeruleus), e associados à progressão motora, contribuem grandemente para a ocorrência da disfunção executiva (relacionadas às alterações nas alças associativas dos núcleos frontoestriatais, regiões pré-frontais corticais e núcleos de Meynert) nestes indivíduos (55,56). A apatia envolve mais áreas límbicas e estriatais ventrais e parece estar relacionada à atrofia do núcleo accumbens. A fadiga pode ser uma consequência dos acometimentos motores da DP, ou ser diretamente relacionada à fisiopatologia, uma vez que pode aparecer mesmo em pacientes com estadiamento leve (9,63). Além disso, os distúrbios do sono, que também tem grande impacto na qualidade de vida dos indivíduos com DP, são resultado de anormalidades nas vias dopaminérgicas, mas

especialmente nas serotoninérgicas (núcleos medianos da rafe) e noradrenérgicas. Envolvem alterações como insônia, sonolência diurna excessiva, síndrome das pernas inquietas, noctúria e distúrbios do sono REM, tendendo a se tornar mais comuns e intensas com a progressão da DP (9,63).

Finalmente, os sintomas autonômicos na DP englobam um extenso espectro que podem envolver disfunções cardiovasculares (em especial a hipotensão ortostática, supina e pós-prandial), gastrointestinais (salivação excessiva, gastroparesia, disfunções intestinais), urológicas (bexiga hiperativa e hipoativa), sexuais (disfunção erétil, diminuição da libido) e termorregulatórias (intolerância ao calor ou frio, hiperidrose/hipoidrose e hipertermia aguda), tendo seu aparecimento precoce sido relacionado à progressão mais rápida da doença e menor sobrevida (65–67).

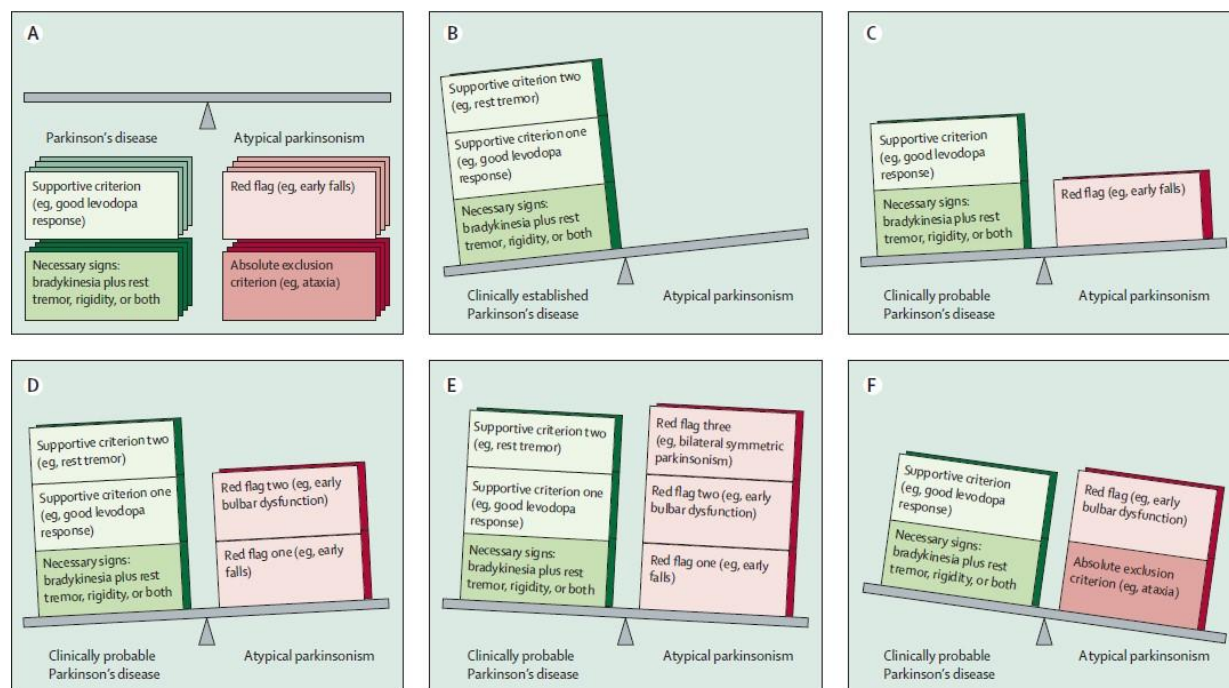
4.1.4. Diagnóstico

O diagnóstico da DP é basicamente clínico e sabe-se que, ao início da manifestação dos sintomas, já há degeneração de até 80% dos neurônios da substância negra compacta do mesencéfalo (57). Os critérios para diagnóstico clínico da DP foram determinados pelo Banco de Cérebro de Londres e se baseiam na observação de sinais e sintomas (Figura 4) (68). Desta forma, para confirmação do diagnóstico é necessário que o indivíduo apresente bradicinesia, acrescido de pelo menos um dos sintomas: hipertonia plástica, tremor de repouso de 4-6 Hz ou instabilidade postural não relacionada a alterações visuais, vestibulares, cerebelares ou proprioceptivas (59,64,68). De forma geral, além da presença da tétrede clássica, diferenciais para o diagnóstico são a progressão lenta dos sintomas, com evolução assimétrica entre os lados do corpo, com maior envolvimento de membros superiores e comprometimento axial tardio, respostas consideravelmente positivas ou negativas à levodopa, além de disfunção olfatória (59,63,68).

Dentre as bandeiras vermelhas para refutar o diagnóstico de DP estão o aparecimento de sintomas cerebelares como ataxias e dismetrias, quedas precoces e recorrentes, acometimentos bulbares, presença de doenças neurológicas que possuam sabidamente sintomas semelhantes aos da DP, como acidente vascular

encefálico, traumatismo craniano, encefalite e tumores cerebrais; sinais de demência precoce; alterações autonômicas severas precoces e não responsividade ao tratamento medicamentoso dopaminérgico (59,64).

Figura 4: Critérios diagnósticos para a DP



Fonte: Bloem (2021) (64)

Além do quadro clínico do paciente, outros métodos complementares são utilizados para a definição diagnóstica. Atualmente, estudos estão sendo realizados com biomarcadores presentes no líquido cefalorraquidiano, sangue e saliva, o que possibilitará o desenvolvimento de testes laboratoriais, além dos clínicos, o que aumenta a acurácia diagnóstica. Testes genéticos são também adotados, especialmente para indivíduos que apresentem fatores de risco, histórico familiar e ou sintomas sugestivos (6,51). Por fim, exames de imagem como a ressonância magnética estrutural ou a tomografia computadorizada de emissão de fóton único, ainda que nem sempre disponíveis para a população geral, ajudam no diagnóstico diferencial por exclusão de possíveis causas isquêmicas, inflamatórias, infecciosas e neoplásicas ou outras formas de parkinsonismo (6,26).

4.2. CONTROLE POSTURAL NA DOENÇA DE PARKINSON

Componente essencial para a mobilidade, capacidade funcional e realização das atividades de vida diária, o controle postural é definido classicamente como a capacidade de manutenção do centro de massa dentro de uma determinada base de suporte (7). É importante que se entenda, no entanto, que esta capacidade não é unidimensional e, para ser mantida, é necessário se observar a amplitude horizontal das micromovimentações do centro de massa e a velocidade desta oscilação, o que traz informações imprescindíveis acerca da estabilidade do indivíduo (7,69). A manutenção do controle postural depende da complexa interação de aferências do sistema nervoso central com os sistemas somatossensorial, vestibular e visual, além do musculoesquelético, a fim de enviar comandos motores de equilíbrio precisos (69,70). Ainda, o controle postural depende de características individuais (como nível cognitivo e presença de comorbidades), ambientais e relacionados à tarefa a ser executada.

A fisiopatologia da instabilidade postural na DP é complexa, e passa pela diminuição de reflexos posturais, alterações posturais, oscilações do centro de massa e perdas sensoriais, bem como déficits de componentes atencionais e cognitivos (70–72). Embora as suas consequências funcionais sejam observadas em fases mais adiantadas da DP (em geral em pacientes com classificação superior a 3 na escala de Hoehn & Yahr), os déficits centrais que levam à instabilidade destes indivíduos se iniciam e podem ser identificadas em fases mais iniciais (21,73). Além disso, uma vez que a sua etiologia está relacionada a outras vias e estruturas neurais, como os neurônios colinérgicos do núcleo pedunculopontino, a instabilidade postural apresenta refratariedade à reposição dopaminérgica (22,74,75). Inclusive, o aumento da instabilidade postural é um dos efeitos adversos do tratamento medicamentoso a longo prazo, assim como as flutuações motoras e discinesias (75,76).

A manutenção da postura, uma vez adquirida na primeira infância, se torna uma atividade automática, resultado da coordenação de postura, equilíbrio e movimento pelo sistema nervoso central, por meio de dois importantes mecanismos: 1) reações posturais automáticas, que são respostas às informações sensoriais de movimento, recebidas pelos sistemas visual, vestibular e somatossensorial; e 2) ajustes posturais antecipatórios que, associados aos movimentos voluntários, amenizam os efeitos de perturbações futuras, a partir do aprendizado motor (77–79). Na DP, os ajustes

posturais antecipatórios e reativos estão prejudicados, com tendência a uma preparação exagerada das transferências posturais nas fases iniciais da doença, cursando para ajustes antecipatórios reduzidos em fases mais avançadas, além de um padrão de ativação muscular variável (69,77,79). Neste contexto, a bradicinesia também contribui para a ineficiência dos ajustes e reações posturais nestes indivíduos, tanto para o alcance dos limites de estabilidade, quanto para a retomada da estabilidade em caso de perturbações, além de que um controle mais lento (e menos eficiente) dos movimentos do centro de massa prejudica o controle postural durante movimentos autogerados para tarefas cotidianas (23).

Além disso, indivíduos com DP tendem a uma “inflexibilidade postural”, ou seja, adaptação prejudicada da postura em tarefas de mudança postural (22,77). O padrão postural anteriorizado destes indivíduos, considerado isoladamente como um fator de risco para quedas, resulta do aumento da flexão anterior do tronco com o avanço da DP, com o qual os indivíduos se habituem, a partir de uma série de compensações posturais. Neste sentido, quando é necessário que os indivíduos adotem voluntariamente a postura ereta, eles se tornam mais instáveis, porque além de não serem capazes de vencer completamente a postura fletida habitual (agravada pela camptocormia e Síndrome de Pisa), também coativam musculatura antagonista, enrijecem as articulações e produzem força de reação ao solo fraca e mal direcionada, favorecendo a instabilidade postural (77,78). Estes padrões de ajustes posturais e de manutenção de postura, aliados à oscilação postural e às alterações sensoriais e cognitivas nestes indivíduos tornam o manejo do controle postural um desafio complexo (79).

Por fim, a degeneração dos núcleos basais característica da DP diminui a automaticidade motora. Isto significa que, dada a dificuldade de integração sensório-motora que estes indivíduos enfrentam, tarefas que deveriam ser automáticas, como o controle postural e a marcha, passam a ser moduladas por um mecanismo de “atenção controlado”, em que áreas corticais primariamente cognitivas, especialmente as pré-frontais, precisam ser recrutadas para manter esta atividade motora de forma ativa e não mais automática (79). Neste contexto, quando é necessário realizar uma tarefa secundária cognitiva além da manutenção do controle postural, os recursos neurais disponíveis para a execução da nova tarefa estão sendo usados para a

demanda motora, o que compromete a execução eficaz de ambas as tarefas, com importante prejuízo na performance dos indivíduos, especialmente quando o *feedback* sensorial é reduzido, o que aumenta as cargas de processamento central (22,80). Considerando que o mecanismo de dupla tarefa é usado constantemente nas atividades rotineiras, como dirigir, conversar enquanto caminha ou manipular objetos durante a subida de degraus, é possível dimensionar o impacto funcional nas atividades de vida diária dessa população.

4.2.1. Controle postural de tronco

O controle postural de tronco isoladamente é realizado de forma diferente do controle postural em pé. A manutenção da posição ortostática se baseia no modelo de pêndulo invertido, tendo os pés como base de apoio, em que o controle postural é facilitado por meio de ajustes finos, segundo as estratégias corretivas do tornozelo e do quadril (21,81). Ambas as estratégias exigem controle muscular eficiente de membros inferiores, pelve e tronco, e este último tem uma função destacada, uma vez que representa cerca de 50% da massa corporal total (21). Na posição sentada, a influência dos membros inferiores é diminuída de forma importante, e a coativação de músculos como os eretores da coluna, multifídeos lombares e oblíquos internos aumenta a rigidez mecânica dos segmentos do tronco, ajudando a preservar o seu controle postural (81). No entanto, a relação entre aumento do tônus muscular axial e o controle postural de tronco não é linear, mas assume uma forma de U invertido, o que leva ao entendimento que, no caso de doenças de característica hipocinética como a DP, a hipertonia em fases iniciais parece melhorar os padrões de análise do controle postural de tronco. Porém, com a progressão da doença, o aumento da rigidez se torna prejudicial (81).

Assim como a rigidez muscular, a bradicinesia também contribui grandemente para os comprometimentos do controle postural e controle de tronco na DP. Em comparação a populações sem comprometimento neurológico, os indivíduos com DP apresentam menor velocidade de ajustes de movimento durante o controle postural voluntário, bem como da latência em testes de controle motor, ou seja, maior tempo de reação para atividades que demandam controle postural estático e dinâmico (23).

Perturbações em mecanismos neurais podem resultar em diminuição da velocidade e da consistência do controle motor. Na DP, os indivíduos não apenas são mais lentos, mas também apresentam pior coordenação postural, observados por parâmetros posturográficos (82).

A grande maioria dos estudos que investiga o controle postural na população com DP realiza esta análise na postura em pé, de forma estática. Certamente, esta é uma postura muito importante para a capacidade funcional e deve ser compreendida a fundo (35,73,83,84). No entanto, é preciso expandir esta visão de avaliação, uma vez que outras posturas são igualmente importantes para as atividades de vida diária dessa população, no que se refere à independência, autonomia e fator de risco para quedas. Neste sentido, levar em consideração a avaliação do controle postural do tronco, bem como avaliações durante atividades funcionais (dinâmicas) destes indivíduos é essencial e devem ser estimuladas. O controle postural de tronco também deve ser avaliado com o paciente na posição sentada, uma vez que diversas e importantes atividades de vida diária são realizadas nesta posição, como comer, trabalhar e estudar.

Além dos componentes motores e neurais, a manutenção do controle postural de tronco de indivíduos com DP depende também da integridade perceptual do posicionamento do tronco, que também está alterada (10). Neste sentido, Ünlüer e colaboradores (2022) investigaram a relação entre a propriocepção de tronco, controle postural, mobilidade funcional, medo de quedas e severidade da DP de 45 indivíduos. Observaram que ao passo em que a noção do posicionamento do tronco aumenta, o controle postural e a mobilidade melhoram. Por outro lado, maior medo de cair e pior severidade da DP se correlacionaram com pior senso de posicionamento do tronco, o que reforça a importância do sistema perceptual no controle postural nesses indivíduos (10).

Finalmente, assim como o controle postural em pé, o controle postural de tronco também é influenciado por aferências, pistas e estímulos internos e externos. A supressão do estímulo visual, provocação do sistema vestibular e adição de dupla tarefa cognitiva, por exemplo, afetam negativamente a capacidade de manutenção do controle postural de tronco e piora a performance dos indivíduos (12).

4.3. MARCHA NA DOENÇA DE PARKINSON

De modo similar ao que ocorre com o controle postural, a marcha também é uma capacidade motora automatizada. Entretanto, indivíduos com DP apresentam maior ativação do circuito frontoestriatal durante o caminhar, o que representa maior necessidade de controle consciente para execução desta tarefa (85). Além disso, alguns achados foram associados aos distúrbios da marcha em indivíduos com DP, como: degeneração de núcleos basais e região locomotora mesencefálica, diminuição da espessura cortical dorsolateral, frontal e medial, alterações na difusão da substância negra e do núcleo pedunculopontino, além de mudanças na topografia da rede estrutural e disfunções nos processos fronto-estriado-límbicos (15). Estas alterações podem ser classificadas em contínuas, que incluem cinco domínios: passo, ritmo, variabilidade, assimetria e controle postural; e transitórias, que agrupam festinação por contextos específicos e congelamento da marcha (4).

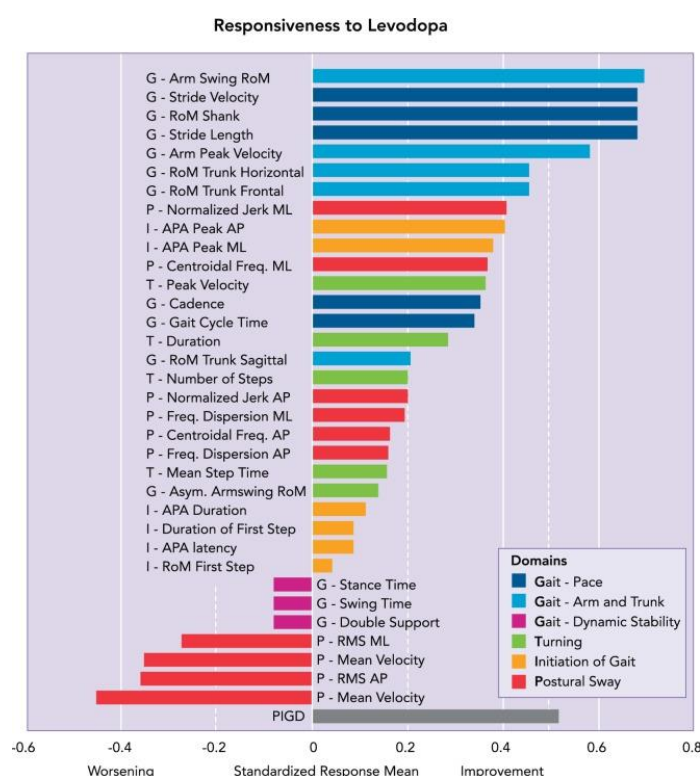
Alterações no passo e ritmo levam à lentidão na marcha, que tem como causas principais a hipocinesia ou bradicinesia, além da rigidez (4,82). A variabilidade da marcha é marcada pelas flutuações passo a passo, que ocorrem tanto no sentido anteroposterior quanto mediolateral, que parecem ter fontes diferentes, uma vez que, enquanto o primeiro resulta das compensações centrais da instabilidade lateral dos indivíduos, o segundo está relacionado com as flutuações na velocidade da marcha (4,82). Finalmente, a assimetria direita-esquerda da velocidade, do comprimento dos passos e do balanço de membros superiores é mais expressiva em indivíduos com DP em comparação a idosos sem a doença, o que juntamente com a variabilidade, em grande parte, é responsável pelo congelamento da marcha e aumento do risco de quedas (4).

A progressão dos acometimentos da marcha acompanha a própria fisiopatologia da DP. De forma geral, em fases iniciais se percebe lentidão de movimentos e diminuição da amplitude de movimento, refletida nos componentes biomecânicos e nas fases da marcha. Também há diminuição no balanço de membros superiores e assimetria entre membros, correspondendo à assimetria característica da DP. Por fim, o aumento da variabilidade da marcha e a diminuição do automatismo já podem ser perceptíveis nesta fase, especialmente quando associados às duplas tarefas (15). Em estágio leve a moderado, muitas características espaço-temporais

progridem bilateralmente, iniciando o comprometimento axial. Portanto, a assimetria tende a diminuir e a bradicinesia fica mais evidente; os passos se tornam mais arrastados e o aumento do tempo de apoio duplo e da cadência tornam-se comuns.

A perda progressiva do automatismo resulta em função motora fragmentada, gerando problemas no início da marcha, com congelamento e festinação, o que impacta em risco aumentado de queda nesta fase (15). Finalmente, em estado avançado, todas as mudanças na marcha pioram, aumentando a frequência dos bloqueios motores, os déficits de equilíbrio e de controle postural, bem como a gravidade do risco de queda, resultando em fraturas, hospitalização, imobilismo e diminuição na qualidade de vida, com grande impacto na independência, autonomia e participação social dessa população. Além disso, a ocorrência de flutuações motoras e discinesias aumentam, enquanto a resistência, força muscular e capacidade motora diminuem, podendo haver necessidade de uso de dispositivos de auxílio à marcha (15). É importante ressaltar, ainda, que nem todos os componentes da marcha são responsivos à levodopa (Figura 5), o que dificulta seu manejo e tratamento efetivo (4).

Figura 5: Variabilidade do efeito do levodopa nas disfunções de velocidade, variabilidade e assimetria de marcha, e controle postural na DP



Fonte: Peterson, Horak (2016) (4)

4.4. AVALIAÇÃO

A base de uma abordagem eficiente está em uma avaliação acurada. A avaliação da DP deve levar em consideração as manifestações motoras, não motoras e complicações da progressão da doença, além de aspectos pessoais ambientais e familiares, a fim de proporcionar um tratamento individualizado e direcionado. O olhar do profissional e a busca de conhecimento constante, bem como a experiência, são peças chave para o sucesso da abordagem. A escolha dos instrumentos utilizados na avaliação devem levar em conta não apenas a distribuição dos sinais e sintomas, mas o impacto que eles terão na funcionalidade, atividades de vida diária, aspectos sociais e qualidade de vida dos indivíduos (86).

Os principais instrumentos utilizados para a avaliação da DP são a Escala Unificada para Avaliação da Doença de Parkinson (*Unified Parkinson's Disease Rating Scale* – UPDRS) e a Escala Modificada de Hoehn e Yahr (HY). A UPDRS foi desenvolvida pela *Movement Disorders Society* (MDS) e é composta por quatro partes: 1) aspectos não motores da vida diária, com 13 itens respondidos pelo terapeuta e autoavaliação; 2) aspectos motores da vida diária, com 13 questões baseadas em autoavaliação 3) avaliação motora, com 18 itens, baseada na observação clínica; e 4) complicações motoras, com seis itens preenchidos pelo avaliador a partir de observações e julgamentos clínicos (87). Cada questão é pontuada de 0 a 4, em ordem crescente de severidade do sintoma específico, de modo que pontuações mais altas identificam maior gravidade dos sintomas, com ponto de corte ainda não estabelecido (87). A HY, baseada na observação clínica dos acometimentos motores, estratifica a severidade da DP em sete estágios em ordem crescente, sendo: grau 1) acometimento unilateral da DP; grau 1,5) envolvimento unilateral e axial; grau 2) envolvimento bilateral sem déficit de equilíbrio; grau 2,5) envolvimento bilateral leve, com recuperação ao “teste do empurrão”; grau 3) envolvimento bilateral leve-moderado com instabilidade postural, mas vida independente; grau 4) incapacidade grave, mas o paciente caminha e fica em pé sem auxílio; e grau 5), paciente acamado ou em cadeira de rodas (88). Os graus 1 e 1,5 compõem os estágios iniciais da doença, graus 2 a 3 representam acometimento leve a moderado; e os dois últimos correspondem aos graus graves (88).

As escalas UPDRS e HY fornecem uma visão global dos acometimentos e severidade da DP, e norteiam a investigação mais aprofundada de acometimentos específicos. Para isto, instrumentos de avaliação direcionados para desfechos específicos devem ser utilizados. Há uma grande variedade de instrumentos tanto objetivos quanto subjetivos, validados e acurados, disponíveis para avaliação de sintomas motores, não motores e autonômicos. É importante que o fisioterapeuta tenha em mente a necessidade de buscar instrumentos eficazes com objetivo de compreender integralmente as necessidades e anseios do paciente, a fim de proporcionar o tratamento mais efetivo possível.

4.4.1. Avaliação do controle postural

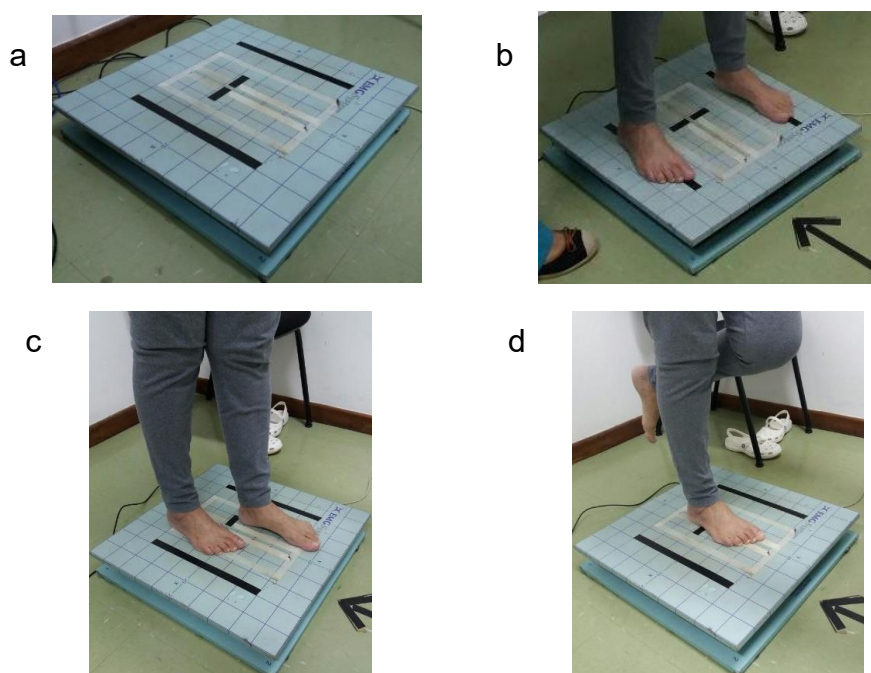
Sendo o controle postural peça fundamental desde o diagnóstico da DP e essencial para a mobilidade, transferências posturais, independência funcional e qualidade de vida, a avaliação deste desfecho deve ser criteriosa e acurada, resultando em informação diagnóstica precisa, a fim de delinear a melhor abordagem terapêutica possível. Neste sentido, além do olhar clínico do avaliador, pode se lançar mão de diversos instrumentos de avaliação, desde escalas a medidas objetivas.

A plataforma de força é considerada o instrumento padrão-ouro para avaliação objetiva do controle postural, caracterizada por uma placa sob a qual estão posicionados sensores de força do tipo célula de carga ou piezelétrico, responsáveis por medir os vetores de força nas direções mediolateral (eixo x), ântero-posterior (eixo y) e vertical (eixo z), bem como os componentes do momento de força (ou torque) (89,90) (Figura 6).

O parâmetro mais comumente utilizado na avaliação pela plataforma de força é o centro de pressão (COP), que representa a localização do ponto do vetor da força de reação vertical do solo, ou ainda, uma média ponderada de todas as pressões sobre a superfície da área em contato com o solo (23,90,91). Em geral o COP é analisado pelas suas excursões nas direções anteroposterior (AP) e mediolateral (ML), que resultam em medidas como área, amplitude, frequência e velocidade do deslocamento (90,92). Esta dimensão é medida em relação ao centro de massa, definido como um ponto equivalente da massa corporal total no sistema de referência

global, de modo que, em pessoas saudáveis, quanto mais estático está o indivíduo no momento da mensuração, maior a possibilidade de coincidência entre os dois valores, o que representa maior estabilidade postural (89,92). Em pé, é possível determinar a influência das estratégias de tornozelo, dorsiflexão e flexão plantar nos valores coletados de COP durante a avaliação, uma vez que o seu deslocamento reflete a orientação de todos os segmentos e respostas corretas que controlam o centro de massa da base de apoio (90,93).

Figura 6: Plataforma de força e sua aplicação na avaliação do controle postural em pé de indivíduos com DP: a) estrutura da plataforma de força; b) avaliação bipodal; c) avaliação em tandem; d) avaliação unipodal



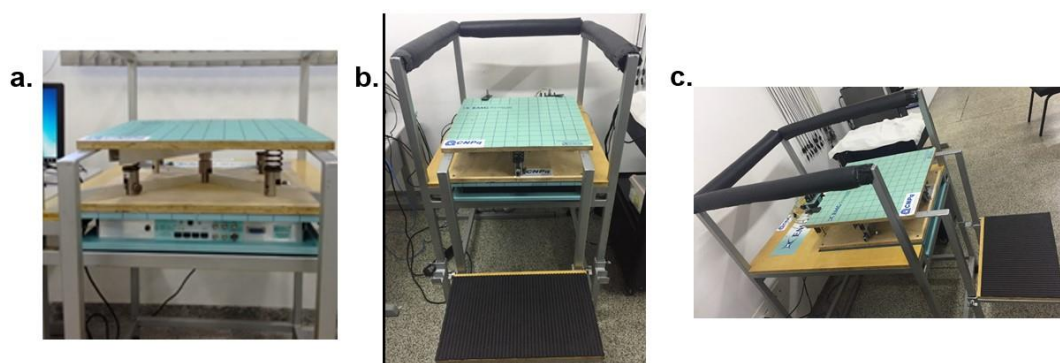
Fonte: Próprio autor

Na análise do COP, deve ser levado em consideração o ponto em contato com a superfície, o que na posição ortostática seria representado por um pé, em caso de posição unipodal, ou pela área entre os pés, se ambos estiverem em contato com a base (23,90,94).

Na posição sentada, o COP corresponde um ponto de concentração de massa na área do quadril (enquanto base do tronco), que pode ser alterada devido ao aumento da área de suporte decorrente do apoio dos pés, e esta é a relação mecânica que fundamenta a *Wobble Chair*. O modelo é baseado na plataforma de força, sobre

a qual está posicionada uma estrutura formada por um pivô central (um parafuso de cabeça arredondada, de 8 cm de altura) e quatro molas (feitas de aço, com 6 voltas em fio de 4,5mm, 4,15 cm de diâmetro e 6 cm de altura), que podem ser ajustadas em até 20 cm de distância do pivô central, sendo que quanto mais distante, menor a instabilidade. Além disso, há uma base para o apoio dos pés, de altura ajustável, atrás da qual está localizada uma trava, que mantém a cadeira estável, sendo retirada após o posicionamento do indivíduo, para que, então, ele experimente a instabilidade do equipamento (Figura 7) (95). Acima da estrutura de pivô e molas está posicionada uma base de madeira de 50x50 cm, na qual os indivíduos se sentam, sendo posicionados de modo que o seu eixo central (linha média do tronco) coincida com o pivô central, e para as pesquisas relacionadas nesta tese foi determinada a distância de 12 cm (do pivô às molas), para causar instabilidade suficiente para desafiar o controle postural de tronco, mas garantindo a segurança do indivíduo. Uma vez que o modelo é baseado na plataforma de força, as variáveis extraídas e usadas na análise da *Wobble Chair* são exatamente as mesmas (95,96).

Figura 7: Cadeira instável Wobble Chair. a. Estrutura de pivô central e molas; b. Visão anterior do instrumento concluído; c. Visão lateral do instrumento concluído.



Fonte: próprio autor

Além da avaliação instrumental, dentre as escalas de avaliação subjetivas do controle postural, pode-se destacar o BESTest (97) (e sua versão atualizada, Mini BESTest (98)), a escala de Berg (99) e, especificamente para a avaliação do tronco, a Escala de mobilidade de tronco (100).

É importante que as avaliações de controle postural, objetivas ou subjetivas, levem em consideração a incorporação de componentes dinâmicos, como a restrição

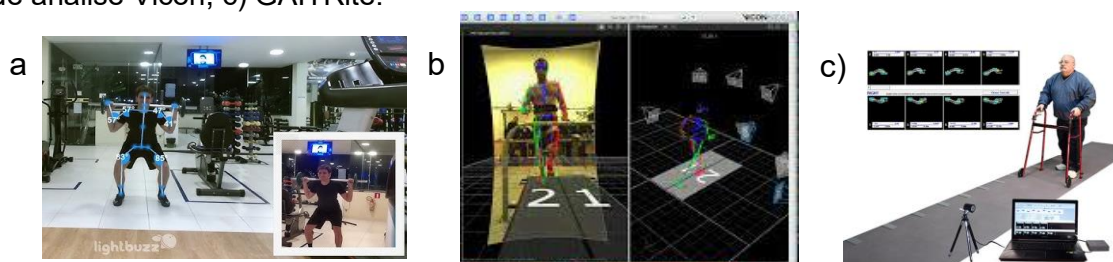
do *input* visual, as bases de suporte instáveis e a adição de duplas tarefas cognitivas e/ou motoras, como forma de sensibilizar os testes e aproximá-los das condições reais enfrentadas pelos indivíduos em suas atividades de vida diária.

4.4.2. Avaliação da marcha

A avaliação da marcha em pacientes com DP abrange a análise dos componentes desta marcha, bem como o seu impacto funcional. Para a avaliação deste desfecho, estão disponíveis tanto instrumentos subjetivos quanto objetivos, que irão dar suporte às observações clínicas do profissional. Instrumentos mais específicos também foram desenvolvidos, com uma visão dos componentes como o Dynamic Gait Index) (101); ou mais voltada ao desempenho funcional, como a Timed Up and Go (102).

A análise objetiva da marcha passa pelo uso de equipamentos como a própria plataforma de força, vídeos, análises biomecânicas/cinemáticas, tapetes com sensores ou ainda as tecnologias vestíveis (Figura 8).

Figura 8: Exemplos de instrumentos de avaliação objetiva da marcha: a) Kinect®; b) Sistema de análise Vicon; c) GAITRite.



Fonte: Google Imagens

As avaliações por vídeos podem utilizar câmeras comuns ou equipamentos como o Kinect®, que coletam a silhueta do participante e possibilitam o cálculo de componentes cinemáticos do movimento (103). As análises biomecânicas e cinemáticas de sistemas como o Vicon utilizam uma concepção semelhante, mas de maneira mais precisa, uma vez que o sistema conta com uma estrutura de várias câmeras e um software cuja tecnologia de resposta a marcadores retrorreflexivos gera uma análise em 3 dimensões dos componentes da marcha (104). Tapetes como o

GAITRite são equipados com sensores acionados por pressão mecânica, que permitem a medição de diferentes parâmetros temporais como tempo do passo, velocidade, suporte simples/duplo; e os espaciais, como o comprimento do passo e da passada e distâncias. Todo o equipamento é conectado a um computador para captura e posterior análise dos dados (103).

Finalmente, os sensores vestíveis são equipamentos interessantes pelo pequeno tamanho, peso leve, portabilidade e relativo baixo custo, cujos sistemas variam em número de sensores. Estes normalmente são posicionados em pontos articulares chaves, integrados a um software fácil de usar e que faz tanto a captura quanto o processamento dos ângulos e movimentos articulares, gerando interpretações dos parâmetros de controle postural e marcha (19,105). Para os artigos desta tese foi utilizado o sistema Mobility Lab (APDM, Inc., Portland, OR, EUA), formado por 6 a 8 sensores que integram acelerômetros triaxiais, giroscópios e magnetômetros (Opals), com sincronização sem fio e um software que capta e analisa automaticamente os parâmetros de equilíbrio e marcha do indivíduo, fornecendo relatórios individuais automáticos, de acordo com os testes escolhidos (17,18,106) (Figura 9).

Figura 9: Sistema de sensores vestíveis Mobility Lab utilizados na análise de componentes biomecânicos espaço-temporais da marcha



Fonte: Google Imagens

Sistemas vestíveis como o Mobility Lab têm ganhado cada vez mais espaço nas pesquisas, e o avanço dos seus resultados populariza esta tecnologia e aumenta a confiança no seu uso, o que impulsiona a acessibilidade também na prática clínica. Considerando o rápido e crescente interesse no aprimoramento de tecnologias e na otimização dos processos avaliativos, uma possibilidade é evolução dos protocolos

para o uso de tecnologias como a inteligência artificial, que tem como vantagem a diminuição da necessidade do uso de dispositivos físicos, com possível redução de custos, maior facilidade de acesso e mais praticidade na avaliação, sem perder acurácia necessária para esta população (107,108). Finalmente, todas as possibilidades de avaliação (clínicas e/ou objetivas) podem ser combinadas entre si para resultados mais amplos, o que aumenta a precisão e acurácia dos resultados, podendo, inclusive, classificar e facilitar a detecção precoce de indivíduos mais propensos à ocorrência de quedas e suas consequências, abrindo caminho para uma intervenção mais efetiva e específica das anormalidades da marcha nos pacientes com DP (19).

4.5. CONTROLE POSTURAL DE TRONCO, MARCHA, QUEDAS E TECNOLOGIAS

Os desfechos controle postural e marcha são muito comumente descritos e estudados de forma conjunta. E, de fato, os acometimentos no primeiro desfecho interferem na capacidade do segundo e vice-versa. Especialmente pensando em uma doença de caráter hipocinético como a DP, e no impacto funcional que o equilíbrio e a marcha têm na vida dos indivíduos, esta abordagem faz sentido. No entanto, é importante ter em mente que os desfechos são bastante diferentes do ponto de vista neurológico, e sofrem influência distinta da progressão da DP, como foi demonstrado nesta fundamentação, e que as suas correlações são importantes dentro do espectro da doença.

Primeiramente, ressaltamos que o controle postural de tronco é parte essencial para o controle postural global e, ainda que seja menos explorado na literatura que o controle postural em pé, exerce um papel de destaque na manutenção da postura e realização de atividades funcionais (12,109). Neste sentido, o tronco também tem protagonismo na capacidade de marcha dos indivíduos. É pelo balanço do tronco que o restante do corpo recebe o impulso necessário para o seu deslocamento anterior. Alterações posturais de tronco características da DP interferem na capacidade de estabilidade de cabeça destes indivíduos, com impacto na mobilidade, ocasionando

dor, desconforto e distúrbios da marcha (13). Déficits de inputs dos núcleos da base para a área motora suplementar e para o córtex pré-motor diminuem a capacidade de planejamento motor na DP. Este fato associado à inflexibilidade postural contribui para a restrição da velocidade e do comprimento da passada como tentativa de melhorar a estabilidade dinâmica, ao mesmo tempo que o pior controle (ou maior restrição) do tronco levam a menos balanço de membros superiores, o que sabidamente diminui a estabilidade na marcha (110). Indivíduos com DP, em especial os caídores, apresentam pior controle postural de tronco durante a marcha, ao mesmo tempo em que a instabilidade do tronco causa menor segurança na marcha destes indivíduos, principalmente quando há barreiras ou diferentes condições ambientais (10).

Os distúrbios de controle postural de tronco e de marcha tem em comum consequências funcionais, dentre as quais se destaca o aumento do risco de quedas. As anormalidades na integração entre núcleos da base, cerebelo e áreas pré-frontais, reconhecidas no contexto da DP, são base para ambos os desfechos, e contribuem para as quedas (111). A ocorrência de quedas por alterações motoras leva ao medo de cair, que é reconhecido como o principal fator de risco para novas quedas e suas consequências (10,110). Na posição ortostática, mesmo pequenas oscilações no tronco podem causar instabilidade e aumento do risco de quedas, devido à sua altura em relação à base de suporte e à sua massa (10). Mobilidade de tronco, estabilidade estática e dinâmica estão entre os principais fatores relacionados a quedas e devem ser considerados no manejo terapêutico do paciente com DP, associados à integração sensorial do indivíduo, de modo a melhorar o seu padrão postural e capacidade funcional (13).

No que se refere aos distúrbios de controle postural de tronco, marcha e risco de quedas, a melhor intervenção segue sendo evitar que as disfunções ocorram e evoluam, o que pode ser feito por meio de avaliações mais acuradas. Para isto, é possível e recomendado que se lance mão de recursos avançados e acurados, contexto em que se insere o uso de tecnologias. O estudo, desenvolvimento e aprimoramento de dispositivos de avaliação objetiva como os sensores vestíveis e a Wobble Chair seguem uma crescente, o que encoraja o seu amplo uso na pesquisa e prática clínica (20,103,112,113). No que tange a estes desfechos, os instrumentos podem otimizar a análise de componentes biomecânicos e temporais, o

comportamento motor do indivíduo sob condições desafiadoras como a supressão do input visual (24), diminuição da base de suporte (114), adoção de dupla tarefa (85,115,116), atividades funcionais (23,117). Diante deste cenário, é essencial para o profissional aprofundar o conhecimento da aplicabilidade e benefícios destes instrumentos, a fim de incorporá-los na prática clínica e de pesquisa da forma mais efetiva possível.

Por fim, ainda que a tecnologia avance e os recursos avaliativos se diversifiquem, a grande maioria dos equipamentos é desenvolvido objetivando contemplar a população neurologicamente saudável, de modo que falta especificidade para as necessidades de populações específicas, como a de indivíduos com DP. No que diz respeito às avaliações de controle postural de tronco e marcha, por exemplo, é preciso levar em consideração que a rigidez muscular e bradicinesia características na DP restringem a movimentação do indivíduo e influenciam sua capacidade de organizar ajustes posturais antecipatórios e reativos (20). A hipocinesia e maior variabilidade de movimentos com as quais os indivíduos com DP irão cursar irá interferir no padrão avaliativo, e poderá modificar a interpretação dos resultados alcançados nos testes (4,82). O padrão postural dos indivíduos irá modificar o seu centro de massa e gravidade, o que pode interferir na avaliação posturográfica (10). Alterações na capacidade de integração sensório-motora modificam a percepção dos indivíduos, prejudicando a sua estabilidade postural e mobilidade (7,118). O medo de cair, ansiedade, além dos déficits cognitivos e psicoemocionais tornam o padrão de movimento mais “cauteloso”, prejudicando a performance motora (111,119). A perda de automatismo da tarefa motora, aliada à dificuldade de realização de duplas tarefas e à disfunção executiva nestes indivíduos restringe ambas as capacidades de controle postural e marcha, incorrendo no aumento do risco de quedas (3,120–122). Assim, esta tese buscou preencher a lacuna de conhecimento acerca da especificidade de instrumentos de avaliação objetivos disponíveis para a população com DP, oferecendo desta maneira um olhar mais acurado para a avaliação destes indivíduos, respeitando as suas limitações, necessidades e potencialidades, o que irá repercutir em uma abordagem diagnóstica e terapêutica mais individualizada e assertiva.

4.6. TRATAMENTO DA DP

A abordagem da DP deve ser integrativa, centrada nas necessidades do paciente e na melhora da sua qualidade de vida. Neste contexto, é essencial entender as particularidades e o embasamento teórico reconhecido da DP, conhecer os métodos de avaliação disponíveis e, baseados nos seus achados, delinear o melhor tratamento direcionado para cada indivíduo, dentro do seu contexto específico.

O manejo clínico da DP é centrado na terapia medicamentosa. A prescrição de medicações específicas depende de diversos fatores, como a durabilidade do efeito, custos, facilidade de acesso, preferências e adaptação do paciente à droga, mas de forma geral, a principal classe de medicamentos utilizada como tratamento para os sintomas motores cardinais e suas consequências são os precursores de dopamina sintética, em especial o Levodopa (64,123). Além destes, podem ser incluídos os agonistas de dopamina como o pramipexol, inibidores da monoamina oxidase B, como rasagilina e selegilina, inibidores da catecol-O-metil transferase, como o entacapone e talcapone para a melhora dos sintomas motores, com a vantagem de retardar as complicações motoras como efeitos colaterais da levodopa (64,123).

Uma alternativa para o manejo médico na DP é o tratamento cirúrgico, como a implantação de eletrodos de estimulação cortical por pulsos elétricos, a *deep brain stimulation*, que exerce seus efeitos terapêuticos dissociando os sinais de entrada e saída no alvo estimulado e interrompendo o fluxo anormal de informações através da alça dos núcleos corticobasais (51,124). O núcleo subtalâmico e o globo pálido interno são os alvos mais comuns para o tratamento de tremor incapacitante e/ou melhora das flutuações motoras e discinesias não mais responsivas à terapia dopaminérgica ou ocasionadas por ela (51,125,126). A intensidade dos pulsos pode ser personalizada de acordo com a necessidade de cada paciente, tornando o procedimento mais individualizado, no entanto em geral os efeitos da técnica são limitados a sintomas específicos, os sinais motores que não respondem à levodopa, como congelamento, queda e sinais axiais, não apresentam melhora acentuada com a intervenção. Além disso, efeitos colaterais que incluem eventos adversos intraoperatórios e relacionados

ao hardware, piora da função cognitiva, sintomas psiquiátricos e distúrbios oculares e de fala também podem ocorrer.

Dadas as limitações dos métodos de tratamento farmacológicos e cirúrgicos da DP, surge a busca constante por tratamentos não-farmacológicos eficazes, de forma a fornecer atendimento integral às necessidades dos pacientes, entre os quais destaca-se a fisioterapia (60,61). A Associação Americana de Fisioterapia, sugeriu recentemente um *guideline* para a prática clínica a partir de uma extensa revisão sistemática, para direcionar fisioterapeutas no manejo de pacientes com DP (127). O documento destacou os efeitos dos exercícios aeróbicos para oxigenação, melhora funcional e da qualidade de vida; exercícios resistidos para ganho de força e potência muscular, melhora de sintomas não motores e qualidade de vida, treino de equilíbrio para melhora do controle postural, mobilidade, marcha e qualidade de vida, além do treino de marcha em controlar a gravidade da doença, melhorar o comprimento da passada, velocidade da marcha, mobilidade e equilíbrio, todos com alto nível de evidência. Além disso, também enfatiza o uso de dicas auditiva rítmica, visuais, verbais ou atencionais para redução da gravidade da DP, melhora da marcha e congelamento da marcha, bem como da especificidade do treinamento com o objetivo de melhorar uma tarefa (127).

Com relação ao tratamento fisioterápico do controle postural, é preciso ter em mente seu caráter multidimensional, de modo que os atendimentos incorporem os domínios do controle postural como restrições biomecânicas, limites de estabilidade e percepção de verticalidade, ajustes posturais antecipatórios, respostas posturais, integração sensório-motora e controle dinâmico da marcha (72,83). É preciso, ainda, que a intervenção seja específica e orientada, com ambiente enriquecido por estímulos cognitivos e motores, de forma a estimular a integração sensório-motora dos pacientes (72). A revisão sistemática de Yitayeh e colaboradores, com amostra total de 483 participantes, buscou entender a efetividade da fisioterapia na instabilidade postural de pessoas com DP e observou que os protocolos fisioterapêuticos obtêm melhor resultado sobre o controle postural quando o treino de equilíbrio é associado a intervenções como fortalecimentos, alongamentos e treinos de marcha, bem como reforçou a necessidade da evolução e incremento da

complexidade dos exercícios propostos para alcançar melhoras funcionais mais significativas nesta população (128).

Com relação ao controle postural de tronco especificamente, a maior parte dos estudos explora componentes do controle de tronco (como padrão flexor, rigidez e déficit proprioceptivo) para melhora deste desfecho (11) e para a prevenção de quedas e suas consequências (13). Neste sentido, o estudo de Gandolfi e colaboradores submeteu 37 indivíduos com DP a um protocolo de quatro semanas de exercícios específicos de tronco, com objetivo de melhorar o padrão de camptocormia (baseados em exercícios de autocorreção postural com feedback proprioceptivo, exercícios passivos e ativos de estabilização de tronco e tarefas funcionais) e assim evoluir no controle postural de tronco destes indivíduos. Como resultados, houve melhora da postura e do controle postural no grupo experimental em relação do controle, que realizou mobilizações articulares, fortalecimentos e alongamentos, além de treino de marcha e equilíbrio (11). De modo semelhante, Youm e colaboradores realizaram um estudo com 17 indivíduos com DP, que foram submetidos a 12 semanas de treinamento progressivo de fortalecimento e alongamento de tronco, que refletiu em melhora da aptidão funcional, mobilidade de tronco, e controle postural estático e dinâmico, justificado pela especificidade e evolução dos exercícios, capazes de modular a neuroplasticidade dos participantes (13).

No planejamento do tratamento dos acometimentos da marcha em indivíduos com DP, é preciso levar em consideração dois pontos importantes: os componentes desta marcha (e suas alterações pela DP) e as consequências funcionais das disfunções. Neste sentido, a abordagem fisioterápica da marcha é ampla e deve combinar especificidade, progressão e variabilidade de recursos e estímulos. A revisão sistemática de Hvingelby e colaboradores (2022) analisou 148 ensaios clínicos, e observou grande heterogeneidade nas intervenções adotadas para o tratamento da marcha na DP, se destacando entre estes em volume e qualidade de resultados terapêuticos o uso do treino conjunto de força e controle postural, seguido pela terapia aquática, treino em esteira com suporte de peso corporal e exercícios combinados com neuromodulação (16). O estudo destaca, ainda, os melhores resultados alcançados pelo exercício físico em comparação à medicação tanto para controle postural quanto para a marcha, o que se deve, como dito anteriormente, ao

acometimento de outras vias neurais além da dopaminérgica na fisiopatologia destes desfechos (16).

Tanto os tratamentos de controle postural quanto de marcha se beneficiam de diferentes abordagens que podem ser utilizados. O tratamento destes indivíduos deve ser holístico, portanto, é necessário lançar mão de múltiplas intervenções, como a prática de exercício associada a modificações ambientais e educação em saúde, ou ainda intervenções multifatoriais, ou seja, múltiplas intervenções adaptadas aos fatores de risco identificados do indivíduo (129,130). Neste sentido, o treinamento multimodal combina diferentes técnicas de tratamento, abarca as necessidades do indivíduo, devendo ser proativo, adaptativo e baseado em experiências anteriores do paciente, possibilitando integrar as demandas de diferentes sistemas (como neuromuscular, cognitivo, perceptual, sensorial, ambiental) por meio da associação entre exercícios aeróbicos, resistidos progressivos, de equilíbrio, mobilidade e alongamentos (131,132). Outra forma de abordagem muito utilizada é o treinamento orientado à tarefa, que é visto como a maneira mais efetiva de facilitação da neuroplasticidade e melhora da habilidade funcional, podendo ser aplicada em circuitos, em que são determinadas estações de trabalho que incluem tarefas motoras relacionadas às atividades de vida diária o que facilita a transposição para a vida cotidiana das habilidades conquistadas e estimuladas em ambiente clínico (133,134).

No contexto da reabilitação de indivíduos com DP, além de associação de técnicas, objetivos e estímulos, é preciso lançar mão de recursos que possibilitem aumentar o alcance e a variabilidade dos efeitos nestes pacientes. Considerando o longo tempo de tratamento a que estes indivíduos são submetidos, e a necessidade de grande volume de estímulos, recursos menos tradicionais, como a neuromodulação, as terapias baseadas em dança, artes marciais e tecnologias como a realidade virtual e a robótica tem se tornado cada vez mais frequentes nas pesquisas e na prática clínica, e as técnicas para aplicação destes recursos tem se tornado também mais específicos para as necessidades dos indivíduos (135–138)

Finalmente, como principal consequência da instabilidade postural e déficits da marcha, o risco de quedas deve figurar entre os principais alvos da fisioterapia, tema que foi abordado na revisão de Allen e colaboradores (2022), que além de destacar a importância da especificidade do tratamento para melhora dos sintomas (os melhores

resultados foram alcançados com treinos específicos de componentes da marcha, controle postural e treinamento funcional - que inclui fortalecimentos e alongamentos, por exemplo), também mostra melhores resultados para pacientes supervisionados e para estágios leve a moderado, em relação aos mais graves, reforçando a importância do acompanhamento profissional e com início tão precoce quanto possível (129), a fim de melhorar a mobilidade, funcionalidade, independência e qualidade de vida destes indivíduos.

5. ARTIGOS

ARTIGO 1

Publicado na Revista Sensors



Article

Combination of Clinical and Gait Measures to Classify Fallers and Non-Fallers in Parkinson's Disease

Haylenne A. G. O. Araújo ^{1,2}, Suhaila M. Smaili ² , Rosie Morris ^{1,3}, Lisa Graham ^{1,4}, Julia Das ^{1,3} , Claire McDonald ⁴, Richard Walker ³ , Samuel Stuart ^{1,3,5} and Rodrigo Vitorio ^{1,4}

¹ Department of Sport, Exercise and Rehabilitation, Northumbria University, Newcastle upon Tyne NE1 8ST, UK

² Department of Physical Therapy, State University of Londrina, Londrina 86057-970, Brazil

³ Northumbria Healthcare NHS Foundation Trust, North Tyneside General Hospital, Newcastle upon Tyne NE29 8NH, UK

⁴ Gateshead Health NHS Foundation Trust, Gateshead NE8 2PJ, UK

⁵ Department of Neurology, Oregon Health and Science University, Portland, OR 97239, USA

* Correspondence: rodrigo.vitorio@northumbria.ac.uk



Citation: Araújo, H.A.G.O.; Smaili, S.M.; Morris, R.; Graham, L.; Das, J.; McDonald, C.; Walker, R.; Stuart, S.; Vitorio, R. Combination of Clinical and Gait Measures to Classify Fallers and Non-Fallers in Parkinson's Disease. *Sensors* **2023**, *23*, 4651. <https://doi.org/10.3390/s23104651>

Academic Editor: Maria Munez-Orgaz

Received: 24 March 2023

Revised: 3 May 2023

Accepted: 6 May 2023

Published: 11 May 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Although the multifactorial nature of falls in Parkinson's disease (PD) is well described, optimal assessment for the identification of fallers remains unclear. Thus, we aimed to identify clinical and objective gait measures that best discriminate fallers from non-fallers in PD, with suggestions of optimal cutoff scores. **METHODS:** Individuals with mild-to-moderate PD were classified as fallers ($n = 31$) or non-fallers ($n = 96$) based on the previous 12 months' falls. Clinical measures (demographic, motor, cognitive and patient-reported outcomes) were assessed with standard scales/ tests, and gait parameters were derived from wearable inertial sensors (Mobility Lab v2); participants walked over-ground, at a self-selected speed, for 2 min under single and dual-task walking conditions (maximum forward digit span). Receiver operating characteristic curve analysis identified measures (separately and in combination) that best discriminate fallers from non-fallers; we calculated the area under the curve (AUC) and identified optimal cutoff scores (i.e., point closest to (0,1) corner). **RESULTS:** Single gait and clinical measures that best classified fallers were foot strike angle (AUC = 0.728; cutoff = 14.07°) and the Falls Efficacy Scale International (FES-I; AUC = 0.716, cutoff = 25.5), respectively. Combinations of clinical + gait measures had higher AUCs than combinations of clinical-only or gait-only measures. The best performing combination included the FES-I score, New Freezing of Gait Questionnaire score, foot strike angle and trunk transverse range of motion (AUC = 0.85). **CONCLUSION:** Multiple clinical and gait aspects must be considered for the classification of fallers and non-fallers in PD.

Keywords: Parkinson; gait; falls

1. Introduction

Falls are common in individuals with Parkinson's disease (PD) and have devastating consequences [1]. Falling is twice as frequent in people with PD compared with those without the condition [1,2]. For those individuals who suffer falls, detrimental fall-related consequences include bone fractures, hospitalization and reduced mobility, impacting their quality of life [3,4]. Those aftermaths, combined with fear of falling, start a dysfunctional cycle and lead to even greater risk of falling [3]. Additionally, the consequences of falls represent high costs to patients and healthcare services [4]. Due to these serious consequences, falls figure as a public health concern [1,5]. In this context, it is necessary to devote attention to falls management in PD, including the identification of PD-specific markers for risk of falling [6,7].

Falls have a multifactorial etiology in PD and several risk factors have been identified [5,8–10]. Clinical aspects such as fall history, more severe/advanced disease, greater

levodopa dosage, impaired postural control and cognitive deficits have been shown to increase the risk of falling in PD [8,11]. Additionally, gait deficits, such as increased variability, difficulties with dual-task walking and freezing of gait episodes, are among identified risk factors of falling in people with PD [1,7,12,13]. However, it remains unclear which of these risk factors best classify fallers and non-fallers among individuals with PD. Therefore, the direct comparison of multiple clinical and gait measures (and combinations of them) in classifying fallers and non-fallers in PD is of utmost importance.

The appropriate management of fall occurrence in PD requires the development of optimized assessment protocols for risk of falls. Standard clinical fall risk assessment in PD involves functional tests, balance scales, patient-reported symptoms and disease-specific clinical scales. Despite their easy applicability, these clinical tools have two major limitations: they are subjective and unable to measure subtle changes in gait. Therefore, fall risk assessment in PD may be enhanced by the inclusion of objective measures of gait. Recent studies demonstrate that the addition of objective measures of gait to clinical variables improved the classification of fallers and non-fallers in PD [6,14]. However, these studies have major limitations: the one by Delval et al. used an expensive motion capture system; Vitorio et al., despite applying low-cost wearable inertial sensors, assessed people with PD while OFF their medication (which limits ecological validity of findings). Furthermore, specific cut-off scores of objective measures of gait have not been proposed yet. Therefore, the current study was designed to address the above-mentioned limitations.

The primary aim of this study was to identify clinical (demographic, motor, cognitive and patient-reported) and objective gait measures that best discriminate fallers from non-fallers in PD, with suggestions of optimal cut-off scores. Additionally, we explored combinations of clinical and objective gait measures (i.e., clinical-only, gait-only and clinical + gait combinations) that best identify fallers in PD. We hypothesized that combinations of clinical and objective gait measures would better classify fallers and non-fallers among people with PD when compared to clinical-only or gait-only measures.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

One hundred and twenty-seven individuals with mild-to-moderate PD [15,16] participated in this study. Participants were tested within 60 min of taking anti-Parkinsonian medication. Inclusion criteria were: (1) diagnosis of idiopathic PD according to UK Brain Bank criteria [17]; (2) aged 50 years or older; (3) independently able to walk; (4) stable medication for the month previous. Exclusion criteria included an inability to follow instructions to complete the study protocol, any other neurological disorders (other than PD) or musculoskeletal impairments that interfere with gait or balance.

The study was approved by the London-Bloomsbury NHS Research Ethics Committee (and Health Research Authority; 20/LO/1036, 5 October 2020) and the Institutional Review Board of the Oregon Health & Science University (#9903). All participants provided their written informed consent prior to the experiment. Assessments were carried out at the Balance Disorders Lab (Department of Neurology, Oregon Health & Science University) and the Clinical Gait Lab (Department of Sport, Exercise and Rehabilitation, Northumbria University).

2.2. History of Falls and Classification

Falls were defined as an unintentionally coming to the ground or some lower level not as a result of a major intrinsic event or an overwhelming hazard [6,11]. Based on self-reported history of falls, participants were classified as fallers (≥ 2 falls) or non-fallers.

2.3. Clinical and Gait Assessments

Participants underwent a clinical assessment, which included collection of socio-demographic information and medical history, clinical and cognitive tests. PD symptoms, severity and stage were assessed with the Movement Disorders Society (MDS-revised)

Unified Parkinson Disease Rating Scale from Movement Disorders Society (MDS-UPDRS)—part III [15] and the Hoehn and Yahr rating scale (HY) [16], respectively. Global cognition was assessed with the Montreal Cognitive Assessment scale (MoCA) [18]; executive function was assessed by the Royall's clock drawing [19] and Trail Making Test parts A and B [20]. Working memory was assessed through seated forward digit span. Visuospatial ability was measured by Benton's Judgement of Line Orientation [21]. Fear of falling was assessed by the Falls Efficacy Scale—international version [22].

For the walking assessment, participants were instructed to walk, at a self-selected comfortable pace, back and forth on a straight 10 m walkway (tape marked at either end) for 2 min. Two walking conditions were tested: single and dual-task (the cognitive task was the maximum forward digit span) walking. Eight wearable inertial sensors (Opals, APDM Wearable Technologies—a Clario company, Portland, OR, USA) that included triaxial accelerometers, gyroscopes and magnetometers were used to instrument the walking tests. They recorded at 128 Hz and were attached, with Velcro straps, at the lumbar spine (5th lumbar vertebrae), sternum, bilaterally on the wrists, shins and feet. A total of 39 objective gait measures within 4 domains (upper/lower body, turning and variability) [23,24] were extracted using Mobility Lab software (Mobility Lab v2, APDM Wearable Technologies—a Clario company, Portland, OR, USA) [25–27]. Mobility Lab has been through test–retest reliability and validation testing; and outcomes can discriminate people with PD from healthy controls [23,25–29].

2.4. Statistical Analysis

Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test. For demographic variables, comparisons between fallers and non-fallers were performed using the Mann–Whitney test or Student *t* test, according to data distribution. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis tested the performance of each outcome measure in discriminating fallers from non-fallers. The area under the curve (AUC), sensitivity and specificity were calculated. An AUC can be interpreted as follows: ≥ 0.9 : outstanding, 0.8–0.9: excellent, 0.7–0.8: acceptable [30]. The optimal cut-off point of each outcome measure was determined as the point closest-to-(0,1) corner (false positive rate = 0%; sensitivity = 100%) in the ROC plane.

Combinations. Only outcome measures with significant performance in classifying fallers and non-fallers were considered eligible for the combinations of outcome measures in different scenarios: clinical-only, gait-only (separately for single and dual-task walking) and clinical + gait measures. To avoid multicollinearity within the combinations, correlations matrices were built, and highly correlated outcome measures ($r/\rho \geq 0.6$) were excluded (keeping the one with the highest AUC for the combinations). Then, combinations of up to five outcome measures (due to our sample size) were considered for each of the above-mentioned scenarios. The optimal cut-off points observed for the individual measures were used for the combinations. For each hit cut-off score, one point was added to the final score of each combination. For example, if a participant reached the cut-off score in two individual outcome measures within the combination of five measures, the final score would be equal to two (out of five). Finally, ROC curve analysis was used to assess the performance of the combinations and the optimal cut-off score of each combination was determined (again as the point closest-to-(0,1) corner in the ROC plane) [31]. Statistical significance level was set at 0.05; all statistical analyses were performed using IBM SPSS version 27 (The International Business Machines Corporation, Armonk, NY, USA).

3. Results

3.1. Sample Characteristics

Thirty-one participants (24.4%) were classified as fallers (two or more falls) and 96 (75.6%) as non-fallers. Demographics and clinical characteristics are shown in Table 1. Fallers had more severe motor symptoms and more advanced disease stage than non-fallers (Table 1).

Table 1. Sample characteristics.

Variables	All Participants (n = 127)	Fallers (n = 31)	Non-Fallers (N = 96)	p-Value
Age (years)	69.65 ± 7.67	70.73 ± 7.08	68.93 ± 8.00	0.06
Height (m)	1.68 ± 0.01	1.69 ± 0.09	1.68 ± 0.01	0.70
Weight (kg)	80.72 ± 17.56	77.16 ± 14.54	83.08 ± 19.03	0.09
Education (years)	14.60 ± 3.40	14.64 ± 3.43	14.57 ± 3.41	0.79
Disease duration (years)	6.04 ± 5.23	7.19 ± 6.31	5.28 ± 4.26	0.13
MoCA (score)	26.98 ± 2.64	26.51 ± 2.87	27.29 ± 2.46	0.08
MDS-UPDRS III (score)	35.20 ± 16.17	39.42 ± 15.04	32.43 ± 16.40	0.02 *
HY (stage)	2.10 ± 0.65	2.27 ± 0.58	1.99 ± 0.68	0.03 *
1	20 (15.9%)	2 (6.5%)	18 (18.9%)	-
2	72 (57.1%)	16 (51.6%)	56 (58.9%)	-
3	34 (27.0%)	13 (41.9%)	21 (22.1%)	-

MoCA = Montreal Cognitive Assessment; MDS-UPDRS = Movement Disorder Society Unified Parkinson Disease Rating Scale; HY = Hoehn and Yahr scale; * $p < 0.05$.

3.2. Clinical Measures

Several clinical measures significantly classified fallers and non-fallers. Clinical measures with highest AUCs included: FES-I (AUC = 0.743, cut-off = 25.5 points), NFOGQ (AUC = 0.741, cut-off = 5.5 points), FOG status (AUC = 0.737, cut-off = 0.5), MDS-UPDRS III (AUC = 0.697, cut-off = 36.5 points), HY (AUC = 0.690, cut-off = 2.5) and TMT-B (AUC = 0.645, cut-off = 70.92 s). The performance parameters and cut-off scores of all clinical measures tested in the current study are presented as Supplementary Material (Table S1).

The best three clinical-only combinations in classifying fallers and non-fallers had similar AUCs (0.808–0.809; Table 2). Out of these, the combination with the highest sensitivity (0.839) included the NFOGQ, MDS-UPDRS-III, HY and TMT-B, and the combination with the lowest false positive rate (0.208) had the same four measures plus FES-I (Table 2).

Table 2. Best combinations of clinical measurements in classifying individuals with Parkinson disease as fallers or non-fallers.

Measures					AUC	Cutoff	Sensitivity	1 – Specificity
1st	2nd	3rd	4th	5th				
FES-I	NFOGQ	UPDRS-III	HY	TMT B	0.809	2.5	0.710	0.208
FES-I	NFOGQ	HY	TMT B		0.809	1.5	0.806	0.344
NFOGQ	UPDRS-III	HY	TMT B		0.808	1.5	0.839	0.292
NFOGQ	HY	TMT B			0.802	1.5	0.677	0.188
FES-I	UPDRS-III	HY	TMT B		0.791	2.5	0.613	0.156

FES-I = International Falls Efficacy Scale; NFOGQ = New Freezing of Gait Questionnaire; UPDRS-III = Unified Parkinson Disease Rating Scale (part III); HY = Hoehn and Yahr scale; TMT B = Trail Making Test—part B.

3.3. Gait Measures during Single and Dual-Task Walking

Several gait measures recorded during single and dual-task walking had significant performance in classifying fallers and non-fallers (Figure 1). Interestingly, foot strike angle had the highest AUC for both single (AUC = 0.728, cut-off = 14.07°) and dual-task walking (AUC = 0.742, cut-off = 12.53°). For single-task walking, other gait measures with high AUCs included: variability of trunk transverse range of motion, stride length, variability of lumbar transverse range of motion, variability of single limb support and turn duration. For dual-task walking, other gait measures with high AUCs included: cadence variability, variability of single limb support, stride length, variability of double support and steps in turn. The performance parameters and cut-off scores of all gait measures recorded in the current study are presented as Supplementary Material (Table S1).

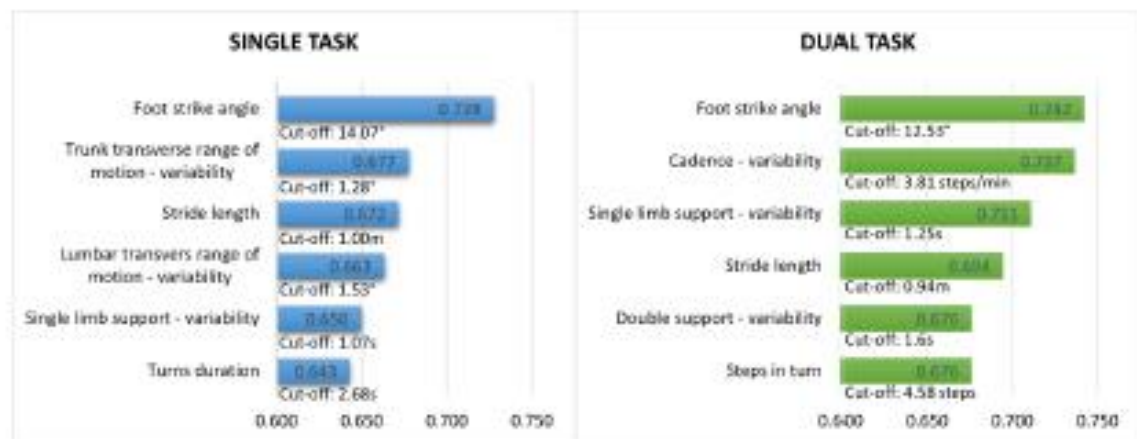


Figure 1. Gait measures (single and dual-task walking) with highest discriminative ability in classifying fallers and non-fallers.

The best gait-only combinations for single and dual-task walking conditions had similar performance in classifying fallers and non-fallers. The best gait-only combination of single task walking measures included the foot strike angle, variability of trunk transverse range of motion, stride length, lumbar transverse range of motion variability and single limb support variability (AUC = 0.788, cut-off = 3.5 points; Table 3). The best gait-only combination for dual task walking included the foot strike angle, cadence variability, single limb support variability, stride length and double support variability (AUC = 0.790, cut-off = 2.5 points; Table 3).

3.4. Combination of Clinical and Gait Measures

Overall, clinical + gait combinations performed better than clinical-only and gait-only combinations in classifying fallers and non-fallers (Figure 2). Considering only single-task walking measures, the best clinical + gait combination included: FES-I, NFOGQ, foot strike angle and trunk transverse range of motion variability (AUC = 0.850, cut-off = 2.5 points; Table 4). Considering dual-task walking measures, the best clinical + gait combination included: FES-I, foot strike angle, NFOGQ, cadence variability, and single limb support variability (AUC = 0.842, cut-off = 2.5 points; Table 4).

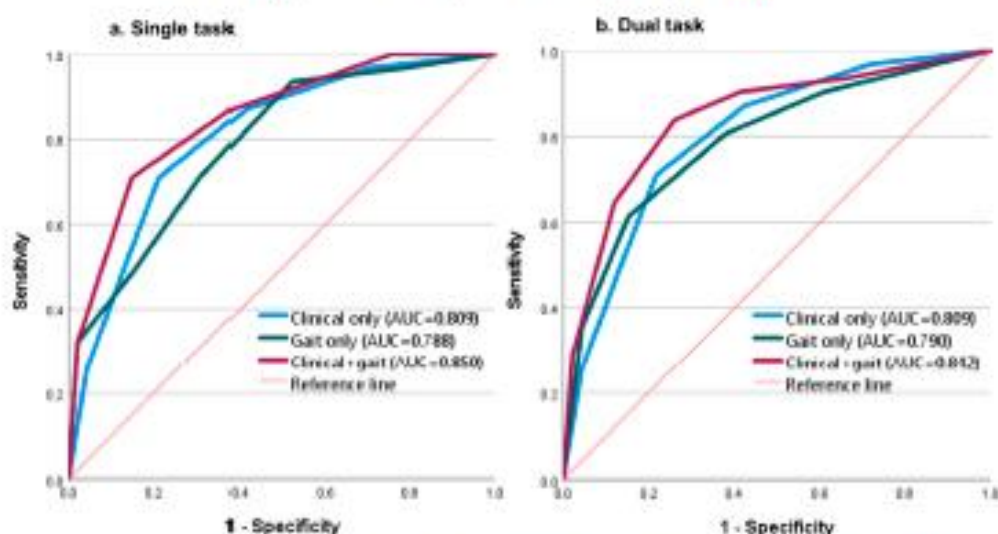


Figure 2. ROC curves of best combinations of clinical-only, gait-only and clinical + gait measures according to walking condition: (a) single task walking; (b) dual-task walking.

Table 3. Best combinations of gait measurements (single and dual-task walking) in classifying fallers and non-fallers.

Measures					AUC	Cutoff	Sensitivity	1 – Specificity
1st	2nd	3rd	4th	5th				
Single task walking								
Foot Strike Angle	Trunk Transverse ROM SD	Stride Length	Lumbar Transverse ROM SD	Single Limb Support SD	0.788	3.5	0.613	0.135
Trunk Transverse ROM SD	Stride Length	Lumbar Transverse ROM SD	Single Limb Support SD		0.787	2.5	0.613	0.177
Foot Strike Angle	Trunk Transverse ROM SD	Stride Length	Lumbar Transverse ROM SD		0.784	2.5	0.742	0.219
Foot Strike Angle	Stride Length	Lumbar Transverse ROM SD	Single Limb Support SD		0.779	2.5	0.645	0.208
Trunk Transverse ROM SD	Stride Length	Lumbar Transverse ROM SD			0.776	1.5	0.774	0.365
Dual task walking								
Foot Strike Angle	Cadence SD	Single Limb Support SD	Double Support SD		0.790	2.5	0.613	0.152
Foot Strike Angle	Cadence SD	Single Limb Support SD	Stride Length	Double Support SD	0.787	2.5	0.742	0.293
Foot Strike Angle	Cadence SD	Single Limb Support SD			0.783	1.5	0.774	0.293
Foot Strike Angle	Cadence SD	Single Limb Support SD	Stride Length		0.780	1.5	0.806	0.359
Cadence SD	Single Limb Support SD	Stride Length	Double Support SD		0.779	2.5	0.677	0.185

ROM = range of motion; SD = standard deviation.

Table 4. Best combinations of clinical + gait measures in classifying fallers and non-fallers.

Measures					AUC	Cutoff	Sensitivity	1–Specificity
1st	2nd	3rd	4th	5th				
Single task walking								
FES-I	NFOGQ	Foot Strike Angle	Trunk Transverse ROM SD		0.850	2.5	0.710	0.146
FES-I	NFOGQ	Trunk Transverse ROM SD			0.835	1.5	0.839	0.250
NFOGQ	Foot Strike Angle	Trunk Transverse ROM SD			0.831	1.5	0.774	0.250
FES-I	NFOGQ	Foot Strike Angle	UPDRS-III	Trunk Transverse ROM SD	0.828	2.5	0.806	0.240
FES-I	NFOGQ	Foot Strike Angle			0.817	1.5	0.806	0.240
Dual task walking								
FES-I	Foot Strike Angle	NFOGQ	Cadence SD	Single Limb Support SD	0.842	2.5	0.839	0.261
FES-I	Foot Strike Angle	NFOGQ	Single Limb Support SD		0.838	2.5	0.742	0.163
FES-I	Foot Strike Angle	NFOGQ	Cadence SD		0.837	2.5	0.742	0.141
FES-I	NFOGQ	Cadence SD	Single Limb Support SD		0.836	2.5	0.742	0.174
FES-I	NFOGQ	Single Limb Support SD			0.832	1.5	0.871	0.250

FES-I = International Falls Efficacy Scale; NFOGQ = New Questionary of Freezing of Gait; UPDRS-III = Unified Parkinson Disease Rating Scale (part III); ROM = range of motion; SD = standard deviation.

4. Discussion

This study tested the performance of clinical and objective gait measures, both separately and in combinations, to discriminate fallers from non-fallers in PD. Optimal cut-off scores were identified for all tested measures and combinations were built for different scenarios: clinical-only, gait-only (for both single and dual-task walking) and clinical + gait measures. Findings confirmed our hypothesis: the highest AUC in discriminating between fallers and non-fallers was achieved when combining clinical + gait measures. Our findings reinforce the well-described multifactorial nature of falls in PD [1,8,32,33] and have implications for the development of optimized fall risk assessment in PD, as discussed below.

No individual outcome measure had outstanding ($AUC \geq 0.9$) or excellent ($AUC = 0.8\text{--}0.9$) discriminative ability in classifying fallers and non-fallers among people with PD. Top performing measures achieved only acceptable discriminative ability, namely FES-I ($AUC = 0.743$) and foot strike angle ($AUC = 0.728/0.742$, single/dual-task walking). Similar AUCs (<0.8) have been reported by both prospective (i.e., future falls) [34] and retrospective studies (i.e., classification of fallers and non-fallers) [6,35] testing the discriminative ability of individual clinical, functional and/or objective gait measures in PD. These findings highlight that a single measure is not enough for an accurate classification of risk of falls in PD. Further, the top-performing measures, FES-I and foot strike angle, indicate the association of specific impairments with falls in PD: (i) fear of falling has been frequently associated with occurrence of falls and reduced mobility and independence in people with PD [3,36,37]; (ii) reduced dorsiflexion while walking is a well-known characteristic of gait in PD, and has been shown to be affected by dual-task walking [38]. Therefore, it seems reasonable to suggest that both FES-I and foot strike angle while walking should be considered for the development of fall risk assessment in PD. Moreover, fallers had more severe motor symptoms (MDS-UPDRS III) and more advanced disease stage (HY), highlighting that the risk of falls in PD increases with disease progression.

The combination of clinical and gait outcomes better classified fallers and non-fallers among people with PD than clinical-only or gait-only combinations. Current findings are consistent with recent studies which demonstrated that the incorporation of objective measures of gait (quantified with wearable inertial sensors [6] or a motion capture system [14]) to standard clinical variables enhanced the classification of fallers and non-fallers in PD. Of note, the study by Vitorio and colleagues [6] assessed participants in the OFF levodopa state and had different gait measures in the top performing models: gait double support and turn duration variability. In the current study, gait measures that entered the top performing combination included foot strike angle and trunk transverse range of motion variability. These differences across the two studies suggest that the assessment of gait as part of fall risk assessment can be affected by PD medication state.

Specific gait measures, recorded using wearable inertial sensors, can enhance the traditional fall risk assessment in PD. Particularly, placement of inertial sensors on feet and trunk might be necessary for the classification of fallers and non-fallers as foot strike angle and trunk transverse range of motion variability had the highest AUCs among single walking measures. Further, our findings suggest that the dual-task condition used in this study (i.e., maximum forward digit span while walking) does not enhance the discriminative ability of combinations involving clinical and gait measures. Therefore, the forward digit span task while walking (not dual-task walking in general) may not be useful as part of fall risk assessment in PD as this would add time and complexity to the assessment. This is supported by previous research showing enhanced classification of falls in PD when a different dual-task condition (e.g., subtracting serial 7 s or 3 s) is considered [39,40].

Although the use of AUC as the primary measure is supported in the literature [31], the decision about the implementation of a model to classify fallers and non-fallers must also consider sensitivity and specificity. For example, the top two combinations of clinical + gait measures (single walk, Table 4) had three measures in common: FES-I, NFOGQ, and trunk transverse range of motion variability. The combination of these three measures

correctly identified 83.9% of fallers and 75% of non-fallers (sensitivity and specificity, respectively); on the other hand, the combination involving these three measures and foot strike angle correctly identified 71% of fallers and 85.4% of non-fallers. A clear trade-off between sensitivity and specificity arises when foot strike angle is added to the combination involving FES-I, NFOGQ, and trunk transverse range of motion variability. This finding suggests that the foot strike angle adds more weight to the specificity.

The key strengths of the current study include the comprehensive clinical assessment (including motor and cognitive symptoms), use of objective and validated gait measures obtained with wearable inertial sensors, and the assessment in the ON state of PD medication. This approach covers the multifactorial nature of falls in PD and represents enhanced ecological validity in comparison to our previous study [6]. Particularly, wearable inertial sensors involve a low-cost, easy and quick setup that facilitate the use of gait assessment in clinical practice. Furthermore, because our sample included participants in stages 1 to 3 of PD, who were recruited from two centers in different countries, the generalization of findings is enhanced. However, the self-report of falls can be limited by subjective reporting. Moreover, considering that this was a retrospective study, current findings cannot be generalized to the prediction of future falls. Therefore, prospective studies are necessary to investigate whether the combinations of clinical and gait measures identified in the current study can predict future falls in PD. Current findings support that the use of technology may facilitate early identification of people with PD at risk of falling through enhanced accuracy of assessment protocols; technology can also facilitate early rehabilitation aiming to reduce the risk of falls [41].

5. Conclusions

Our findings suggest that combinations of clinical and gait measures have higher discriminative ability in classifying fallers from non-fallers among people with PD than combinations of clinical-only and gait-only measures. In particular, several combinations of clinical + gait measures had excellent discriminative ability ($AUC > 0.8$); combinations with the highest AUC included FES-I, NFOGQ, foot strike angle and trunk transverse range of motion variability.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/s23104651/s1>, Table S1: AUC, sensitivity, and 1-specificity values for all clinical and gait measures in classifying fallers and non-fallers among people with PD.

Author Contributions: Conceptualization, R.V. and S.S.; methodology, C.M., J.D., L.G., R.M., R.V., R.W. and S.S.; formal analysis, H.A.G.O.A. and R.V.; investigation, C.M., H.A.G.O.A., J.D., L.G., R.M., R.V., R.W., S.M.S. and S.S.; resources, C.M., R.M., R.W. and S.S.; data curation, H.A.G.O.A., R.V. and S.S.; writing—original draft preparation, H.A.G.O.A.; writing—review and editing, C.M., H.A.G.O.A., J.D., L.G., R.M., R.V., R.W., S.M.S. and S.S.; supervision, R.V. and S.M.S.; project administration, R.V. and S.S.; funding acquisition, R.V., S.M.S. and S.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Parkinson's Foundation, grants number PF-FBS-1898-18-21 (PI: Sam Stuart) and PF-CRA-2073 (PI: Sam Stuart) and was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Financial Code 001. (PIs: Suhaila M Smaili and Rodrigo Vitorio).

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the London-Bloomsbury NHS Research Ethics Committee (and Health Research Authority; 20/LO/1036, 5 October 2020) and the Institutional Review Board of the Oregon Health & Science University (#9903).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: All data are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgments: The authors thank all participants for generously donating their time to participate. We also thank Martina Mancini and the Balance Disorders Laboratory (OHSU) team for their support with data collection.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Allen, N.E.; Canning, C.G.; Almeida, L.R.S.; Bloem, B.R.; Keus, S.H.; Lötfgren, N.; Nieuwboer, A.; Verheyden, G.S.; Yamato, T.P.; Sherrington, C. Interventions for preventing falls in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2022**, *6*, 12–38. [\[CrossRef\]](#)
- Paul, S.S.; Dibble, L.E.; Peterson, D.S. Motor learning in people with Parkinson's disease: Implications for fall prevention across the disease spectrum. *Gait Posture* **2018**, *61*, 311–319. [\[CrossRef\]](#)
- Wilczyński, J.; Scipniak, M.; Scipniak, K.; Margiel, K.; Wilczyński, I.; Zielinski, R.; Sobolewski, P. Assessment of Risk Factors for Falls among Patients with Parkinson's Disease. *BioMed Res. Int.* **2021**, *2021*, 5531331. [\[CrossRef\]](#)
- Ashburn, A.; Pickering, R.; McIntosh, E.; Hulbert, S.; Rochester, L.; Roberts, H.C.; Nieuwboer, A.; Kunkel, D.; Goodwin, V.A.; Lamb, S.E.; et al. Exercise- and strategy-based physiotherapy-delivered intervention for preventing repeat falls in people with Parkinson's: The PDSAFE RCT. *Health Technol. Assess.* **2019**, *23*, 1–147. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Liu, W.; Tung, T.; Zhang, C.; Shi, L. Systematic review for the prevention and management of falls and fear of falling in patients with Parkinson's disease. *Brain Behav.* **2022**, *12*, e2690. [\[CrossRef\]](#)
- Vitorio, R.; Mancini, M.; Carlson-Kuhta, P.; Horak, F.B.; Shah, V.V. Should we use both clinical and mobility measures to identify fallers in Parkinson's disease? *Park. Relat. Disord.* **2023**, *106*, 105235. [\[CrossRef\]](#)
- Owen, C.L.; Ibrahim, K.; Dennison, L.; Roberts, H.C. Falls Self-Management Interventions for People with Parkinson's Disease: A Systematic Review. *J. Park. Dis.* **2019**, *9*, 283–299. [\[CrossRef\]](#)
- Lima, D.P.; De-Almeida, S.B.; Bonfadini, J.D.C.; Carneiro, A.H.S.; de Luna, J.R.G.; de Alencar, M.S.; Viana-Junior, A.B.; Rodrigues, P.G.B.; Pereira, I.D.S.; Roriz-Filho, J.D.S.; et al. Falls in Parkinson's disease: The impact of disease progression, treatment, and motor complications. *Dement. Neuropsychol.* **2022**, *16*, 153–161. [\[CrossRef\]](#)
- Miri, A.; Araújo, H.; Gil, A.; de Oliveira, M.; Volpe, R.; Angelo, E.; Smaili, S.M. Analysis of handgrip strength, pulling force using the upper limbs, and ground reaction forces in the task of boarding a bus between healthy elderly individuals and those with Parkinson's disease. *Physiother. Theory Pract.* **2022**, *38*, 1–10. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Fasano, A.; Canning, C.G.; Hausdorff, J.M.; Lord, S.; Rochester, L. Falls in Parkinson's disease: A complex and evolving picture. *Mov. Disord.* **2017**, *32*, 1524–1536. [\[CrossRef\]](#)
- Allen, N.E.; Schwarzel, A.K.; Canning, C.G. Recurrent Falls in Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Park. Dis.* **2013**, *2013*, 1–16. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Kim, S.D.; Allen, N.E.; Canning, C.G.; Fung, V.S.C. Postural Instability in Patients with Parkinson's Disease. *CNS Drugs* **2013**, *27*, 97–112. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Da Conceição, N.R.; de Sousa, P.N.; Pereira, M.P.; Gobbi, L.; Vitorio, R. Utility of center of pressure measures during obstacle crossing in prediction of fall risk in people with Parkinson's disease. *Hum. Mov. Sci.* **2019**, *66*, 1–8. [\[CrossRef\]](#)
- Delval, A.; Betrouni, N.; Yard, C.; Devos, D.; Dujardin, K.; Defebvre, L.; Labidi, J.; Moreau, C. Do kinematic gait parameters help to discriminate between fallers and non-fallers with Parkinson's disease? *Clin. Neurophysiol.* **2021**, *132*, 536–541. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Goetz, C.G.; Tilley, B.C.; Shaftman, S.R.; Stebbins, G.T.; Fahn, S.; Martinez-Martin, P.; Poewe, W.; Sampaio, C.; Stern, M.B.; Dodel, R.; et al. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Mov. Disord.* **2008**, *23*, 2129–2170. [\[CrossRef\]](#)
- Hoehn, M.M.; Yahr, M.D. Parkinsonism: Onset, progression, and mortality. *Neurology* **1967**, *17*, 427–442. [\[CrossRef\]](#)
- Hughes, A.J.; Daniel, S.E.; Kilford, L.; Lees, A.J. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* **1992**, *55*, 181–184. [\[CrossRef\]](#)
- Dalrymple-Alford, J.C.; MacAskill, M.R.; Nakas, C.T.; Livingston, L.; Graham, C.; Crucian, G.P.; Melzer, T.R.; Kirwan, J.; Keenan, R.; Wells, S.; et al. The MoCA: Well-suited screen for cognitive impairment in Parkinson disease. *Neurology* **2010**, *75*, 1717–1725. [\[CrossRef\]](#)
- Royall, D.R.; Cordes, J.; Polk, M. CLOCK: An executive clock drawing task. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* **1998**, *64*, 588–594. [\[CrossRef\]](#)
- Sánchez-Cubillo, I.; Periáñez, J.A.; Adrover-Roig, D.; Rodríguez-Sánchez, J.M.; Ríos-Lago, M.; Tirapu, J.; Barceló, F. Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* **2009**, *15*, 438–450. [\[CrossRef\]](#)
- Calamia, M.; Markon, K.; Denburg, N.L.; Turiel, D. Developing a Short Form of Benton's Judgment of Line Orientation Test: An Item Response Theory Approach. *Clin. Neuropsychol.* **2011**, *25*, 670–684. [\[CrossRef\]](#)
- Yardley, L.; Beyer, N.; Hauer, K.; Kempen, G.; Piot-Ziegler, C.; Todd, C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing* **2005**, *34*, 614–619. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Hasegawa, N.; Shah, V.V.; Carlson-Kuhta, P.; Nutt, J.G.; Horak, F.B.; Mancini, M. How to Select Balance Measures Sensitive to Parkinson's Disease from Body-Worn Inertial Sensors—Separating the Trees from the Forest. *Sensors* **2019**, *19*, 3320. [\[CrossRef\]](#)

24. Shah, V.V.; McNames, J.; Mancini, M.; Carlson-Kuhta, P.; Spain, R.L.; Nutt, J.G.; El-Gohary, M.; Curtze, C.; Horak, F.B. Quantity and quality of gait and turning in people with multiple sclerosis, Parkinson's disease and matched controls during daily living. *J. Neurol.* **2020**, *267*, 1188–1196. [\[CrossRef\]](#)
25. Mancini, M.; King, L.; Salarian, A.; Holmstrom, L.; McNames, J.; Horak, F.B. Mobility Lab to Assess Balance and Gait with Synchronized Body-worn Sensors. *J. Bieng. Biomed. Sci.* **2013**, *1*–5. [\[CrossRef\]](#)
26. Morris, R.; Stuart, S.; McBarron, G.; Finn, P.C.; Mancini, M.; Curtze, C. Validity of Mobility Lab (version 2) for gait assessment in young adults, older adults and Parkinson's disease. *Physiol. Meas.* **2019**, *40*, 095003. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
27. Washabaugh, E.P.; Kalyanaraman, T.; Adamczyk, P.G.; Claffin, E.S.; Krishnan, C. Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait Posture* **2017**, *55*, 87–93. [\[CrossRef\]](#)
28. Mancini, M.; Horak, F.B. Potential of APDM mobility lab for the monitoring of the progression of Parkinson's disease. *Expert Rev. Med. Devices* **2017**, *13*, 455–462. [\[CrossRef\]](#)
29. El-Gohary, M.; Pearson, S.; McNames, J.; Mancini, M.; Horak, F.; Mellone, S.; Chiari, L. Continuous Monitoring of Turning in Patients with Movement Disability. *Sensors* **2014**, *14*, 356–369. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
30. Hosmer, D.W.; Lemeshow, S.; Sturdivant, R.X. *Applied Logistic Regression*, 3rd ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2013.
31. Perkins, N.J.; Schisterman, E.F. The Inconsistency of "Optimal" Cut-Points Using Two ROC Based Criteria. *Am. J. Epidemiol.* **2006**, *163*, 670–675. [\[CrossRef\]](#)
32. Morrison, S.; Moxey, J.; Reilly, N.; Russell, D.M.; Thomas, K.M.; Grunsfeld, A.A. The relation between falls risk and movement variability in Parkinson's disease. *Exp. Brain Res.* **2021**, *239*, 2077–2087. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Venhovens, J.; Meulste, J.; Bloem, B.R.; Verhagen, W.L.M. Neurovestibular Dysfunction and Falls in Parkinson's Disease and Atypical Parkinsonism: A Prospective 1 Year Follow-Up Study. *Front. Neurol.* **2020**, *11*, 580285. [\[CrossRef\]](#)
34. Kerr, G.K.; Worringham, C.J.; Cole, M.H.; Lacherez, P.F.; Wood, J.M.; Silburn, P.A. Predictors of future falls in Parkinson disease. *Neurology* **2010**, *75*, 116–124. [\[CrossRef\]](#)
35. Almeida, L.R.; Valenca, G.T.; Negreiros, N.N.; Pinto, E.B.; Oliveira-Filho, J. Comparison of Self-report and Performance-Based Balance Measures for Predicting Recurrent Falls in People with Parkinson Disease: Cohort Study. *Phys. Ther.* **2016**, *96*, 1074–1084. [\[CrossRef\]](#)
36. Wang, C.; Patriquin, M.; Vaziri, A.; Najafi, B. Mobility Performance in Community-Dwelling Older Adults: Potential Digital Biomarkers of Concern about Falling. *Gerontology* **2021**, *67*, 365–373. [\[CrossRef\]](#)
37. Atræi, A.; Hansen, C.; Elsheshabi, M.; Solbrig, S.; Berg, D.; Liepelt-Scarfone, L.; Maetzler, W.; Amirian, K. Effect of Fear of Falling on Mobility Measured During Lab and Daily Activity Assessments in Parkinson's Disease. *Front. Aging Neurosci.* **2021**, *13*, 793. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Vitorio, R.; Hasegawa, N.; Carlson-Kuhta, P.; Nutt, J.G.; Horak, F.B.; Mancini, M.; Shah, V.V. Dual-Task Costs of Quantitative Gait Parameters While Walking and Turning in People with Parkinson's Disease: Beyond Gait Speed. *J. Park. Dis.* **2021**, *11*, 653–664. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
39. Heinzel, S.; Maechtel, M.; Hasmann, S.E.; Hobert, M.A.; Heger, T.; Berg, D.; Maetzler, W. Motor dual-tasking deficits predict falls in Parkinson's disease: A prospective study. *Park. Relat. Disord.* **2016**, *26*, 73–77. [\[CrossRef\]](#)
40. Vance, R.C.; Healy, D.G.; Galvin, R.; French, H.P. Dual Tasking with the Timed "Up & Go" Test Improves Detection of Risk of Falls in People with Parkinson Disease. *Phys. Ther.* **2015**, *95*, 95–102. [\[CrossRef\]](#)
41. Maranesi, E.; Casoni, E.; Baldoni, R.; Barboni, I.; Rinaldi, N.; Tramontana, B.; Amabili, G.; Benadduci, M.; Barbarossa, E.; Luzi, R.; et al. The Effect of Non-Immersive Virtual Reality Exergames versus Traditional Physiotherapy in Parkinson's Disease Older Patients: Preliminary Results from a Randomized-Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 14818. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

ARTIGO 2

Será submetido à *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*

THE USE OF WOBBLE CHAIR IN ASSESSMENT OF TRUNK POSTURAL CONTROL IN INDIVIDUALS WITH PARKINSON DISEASE: A RELIABILITY STUDY

Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo¹, Luzia Aparecida Trinca²,
Rubens Alexandre da Silva Jr.³, Suhaila Mahmoud Smaili¹

¹ Department of Physical Therapy, State University of Londrina, Londrina 86057-970, Brazil

² Department of Biodiversity and Biostatistics, State University of São Paulo, Botucatu, 18618-689, Brazil

³ Lab BioNR, Centre intersectoriel en santé durable, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC, Canada

ABSTRACT

BACKGROUND: Postural instability is a relevant symptom that can occur from the early stages of Parkinson's disease (PD), resulting in loss of functionality and independence. The trunk represents a large portion of body mass and is essential in maintaining postural control. However, there is still a need for specific instruments to assess trunk control in PD. **METHODS:** A cross-sectional study was conducted with 44 individuals with mild to moderate PD severity. Trunk postural control was assessed using Wobble Chair under three conditions: 1) eyes open (EO); 2) eyes closed (EC); and 3) no foot support (NS). The test and retest were performed within a 7-day interval and compared using a paired t-test. The instrument reliability was quantified using the intraclass correlation coefficient (ICC), 95% confidence intervals (CI), and Bland Altman plot. **RESULTS:** The ICC ranged from 0.51 to 0.86 in the different analyzed tasks, and EO, EC, and NS tasks showed similar results. Velocity had the most consistent reliability, with ICC ranging from 0.74 to 0.86. The Bland Altman plots confirmed a low bias in test-retest means (-0.02 cm to 0.13 cm) and showed good agreement, especially for velocity parameters. **CONCLUSION:** The Wobble Chair is a reliable and accurate instrument for assessing trunk postural control in individuals with PD, especially considering the velocity and EO conditions (with and without foot support). Further studies are suggested to explore different conditions, populations, and assessment protocols.

Trial registration: Research Ethics Committee of Pitagoras UNOPAR (number 4.147.522 – July 10, 2020)

Keywords: Parkinson Disease; Postural Balance; Torso; Reproducibility of Results

BACKGROUND

Individuals with Parkinson's disease (PD) face several motor impairments, including deficits in postural control, which is an important component of functionality and independence in daily activities [1]. The trunk represents a major part of body mass and even small abnormalities lead to increased postural instability and risk of falls [2]. Good trunk neuromuscular control is essential to transferences and locomotion [2,3]. However, more accurate and reliable instruments are needed for evaluating trunk postural control and detecting early postural instability, as well as monitoring disease progression and reducing the risk of falls, especially in individuals with progressive neurological disorders, such as PD.

Postural instability is a symptom present from the early stage of PD and was found to be less responsive to dopaminergic therapy than other motor symptoms [4,5]. Other PD symptoms, such as muscle rigidity and bradykinesia, also contribute to impaired trunk postural control, impairing posture maintenance and corrective movements required to face daily challenges [6]. Furthermore, maintaining postural stability hinges on integrating visual, proprioceptive, and vestibular systems [7,8]. In PD, some or all neural components of postural control may be dysfunctional, and the suppression of visual input further impacts the individuals' performance [9,10]. This impact is due to the decreased body orientation (and alignment) and the higher variability in motor output demonstrated by these individuals when visual feedback is removed, compared to situations with open eyes [11].

Trunk control is essential for postural stability, resulting in good posture and decreased risk of falls. In addition, the seated position is biomechanically important and is adopted in several daily activities. However, there is no equipment specifically designed to assess trunk control, thus most professionals rely on subjective observations to evaluate it during the clinical examination. In this context, the Wobble Chair is an unstable chair based on a force platform, which is considered the gold standard for assessing postural control and is extensively used in study protocols [12–18]. However, as it is predominantly

adopted in an upright posture, an instrument is required to detect different motor control strategies of the sitting position and its postural adjustments [16,19,20].

There is an increasing need for accurate and specific measurement instruments to assess an assertive diagnosis for individuals with PD, as well as to measure their responsiveness to treatments. The sitting position has been previously adopted in studies with healthy people using different unstable instruments [20] to determine the impact of adopting open or closed eyes during tasks involving trunk postural control [21]. The same Wobble Chair used in our study has been tested for comparing postural control in young and elderly healthy individuals [22], as well as in populations of people with low back pain [23,24]. Moreover, it has been used to measure the effectiveness of interventions such as whole-body vibration [25].

The literature also includes a recent systematic review and meta-analysis on the use of the Wobble Chair in people with and without low back pain [26]. Also, it is important to consider the heterogeneity of PD symptoms and the functional contribution of trunk control in daily life to validate objective instruments aimed specifically at this population. Thus, the objective of this study was to verify the reliability of the Wobble Chair as an accurate instrument for assessing trunk postural control in individuals with PD.

METHODS

Study design

This is a cross-sectional study, carried out between May and August 2022. The assessments occurred at the Laboratory of Functional Evaluation and Human Motor Performance (LAFUP [Londrina, Paraná, Brazil]).

Participants

The sample included individuals with mild to moderate idiopathic PD, according to the UK Brain Bank criteria, recruited from a specialized outpatient physical therapy clinic (Grupo de pesquisa em fisioterapia neurofuncional -

GPFIN), aged over 50, of both sexes, with no cognitive impairment, and walking independently. Individuals with other neurological diseases and cardiopulmonary or musculoskeletal dysfunctions that could affect their performance were excluded. All participants were informed about the aim and methods of the study and provided their informed consent prior to inclusion.

Evaluation Instruments

The participants' weight (kg) and height (m) were measured, and body mass index (kg/m^2) was calculated. Motor performance and PD severity were assessed using the Movement Disorders Society Unified Parkinson Disease Rating Scale (MDS-UPDRS) and the Hoehn & Yahr Scale (HY) [27,28], and cognitive ability was assessed using the Mini-Mental Examination Scale (MMES) [29] by researchers involved in the study with expertise in movement disorders. All the evaluations were performed during the medication's on phase.

Trunk control was assessed with the Wobble Chair, which is an unstable chair composed of a wooden and metal bar structure, with a base seat positioned above a central fixed pivot (a rounded head screw, 8 cm) and four steel springs (4.5 mm wire, 6 loads, 41.5 mm in external diameter, 6 cm height) located on the side edges. The distance between the central pivot and the springs ranges up to 20 cm and is adjustable to increase the test difficulty since the participants' weight is supported by the springs (smaller distances from the center result in a more unstable base). The springs were positioned 12 cm away from the center pivot. This configuration was selected to promote instability while guaranteeing safety during the assessments. In addition, the Wobble Chair has a footrest, with adjustable height, to regulate foot position and ensure safety and the correct joint angle (Figure 1).

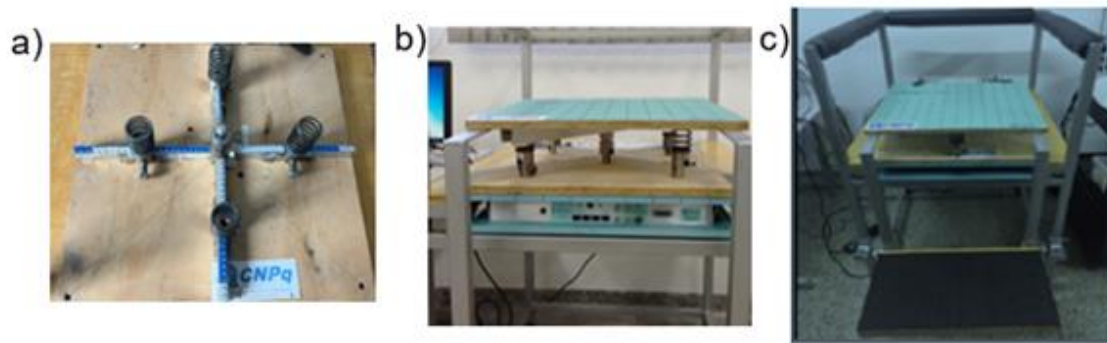


Figure 1 – Elements of the unstable chair (Wobble Chair): a) central pivot and steel spring structure, b) unstable structure positioned above the force platform, c) finished unstable chair.

The entire structure is sized 50 x 50 cm, the same dimensions as the force platform installed underneath it, which has a sampling frequency of 100 Hz to measure postural instability in both movement directions: anteroposterior (AP) and mediolateral (ML). The outcome variables included: a) center of pressure (COP) area (cm²) — total trunk displacement in relation to the participants' center of mass; b) AP/ML amplitude (cm) — mean distance between the smallest and largest distance reached in each direction; c) AP/ML mean frequency (Hz) — mean number of oscillations per second, during the condition; and d) AP/ML velocity (cm/s) — speed of COP oscillation in each direction.

Assessment Procedures

Test and retest sessions were conducted by the same trained physical therapist, following the same method, with a 7-day interval between them. The participants were assessed in the Wobble Chair, sitting in an upright position with their arms crossed in front of their torso, feet supported to keep their hips and knees at 90°, and looking at a target positioned at eye level, 2.5 m in front of them. In this position, we assessed three conditions: 1) eyes open (EO); 2) eyes closed (EC); and 3) no foot support (NS). The footrest was removed only in the third condition (NS), in which participants were asked to keep their eyes open and avoid touching their calves while in the chair. Each condition was performed twice for 30 seconds, with a 30-second interval between them.

The test execution sequence was randomized to reduce the learning effect. Before starting the protocol, the participants drew sealed opaque envelopes with the order the procedure would be carried out.

Statistical Analysis

We calculated the attempt means for each tested condition, and these data were used for test-retest comparisons. The data are presented as mean and standard deviation. The test and retest were compared in each condition (EO, EC, and NS) using a paired t-test.

The instrument reliability was quantified using an intraclass correlation coefficient (ICC) and 95% confidence intervals (CI). The ICC was interpreted according to Fleiss [30], in which values below 0.4 were classified as “poor” reliability; between 0.40 and 0.75, “fair to good” reliability; and above 0.75 “excellent” reliability.

The Bland-Altman plot method was used to analyze the agreement between the test and retest results for each variable, using the mean difference (test-retest) versus average configuration, and represent the 95% CI (limits of agreement) of the mean difference as boundary lines. The graphic representation made it possible to determine systematic changes between the moments and increases or decreases in mean variability.

Statistical Package for the Social Sciences 29 (SPSS 29) and GraphPad Prism 10.0 were used for the analysis, and we considered a statistical significance of $p < 0.05$.

RESULTS

Descriptive data

The sample consisted of 44 individuals with PD, aged between 60 and 74 years (median age of 69.5 years old), without cognitive impairments according to the MMSE, a body mass index indicating overweight, and mild to moderate PD severity according to the MDS-UPDRS and HY scales (Table 1).

Table 1 – Sample characterization

VARIABLES	RESULTS
N	44 (31 male)
Age (years)	69.5 [60-74]
BMI (kg/m²)	25.83 [22.97-28.17]
MMSE (points)	27 [26-30]
UPDRS	
I (points)	10.0 [6.0-15.0]
II (points)	10.5 [6.0-15.0]
III (points)	33.0 [19.25-46.0]
IV (points)	1.0 [0.0-5.75]
Total (points)	52.5 [34.5-81.75]
HY (points)	2 [2-2]

N = sample; BMI = body mass index; kg = kilogram; m = meters; MMSE = Mini Mental Statement Examination; MDS-UPDRS = Movement Disorders Society Unified Parkinson Disease Rating

Reliability analysis

The ICC ranged from 0.51 to 0.86 in the analyzed conditions. No differences were detected between the test and retest, except for ML velocity in the EC condition ($p=0.01$). Overall, the EO, EC, and NS conditions showed similar results, since the CI measurements overlapped. The EO condition showed excellent reliability for AP and ML velocity ($ICC=0.82$, for both) and ML mean frequency ($ICC=0.75$), as well as good reliability for the other analyzed parameters (area, amplitudes, and AP mean frequency). The EC condition showed excellent reliability for AP and ML velocities, and ML mean frequency ($ICC=0.75$, $ICC=0.82$, and $ICC=0.75$, respectively) and good reliability for area, amplitudes, and AP mean frequency.

Finally, the NS condition showed excellent reliability for COP area ($ICC=0.75$), AP velocity ($ICC=0.82$), and AP and ML mean frequencies ($ICC=0.75$ and $ICC=0.79$, respectively), as well as good reliability for amplitudes and ML velocity. Considering the variables analyzed, velocity showed the most consistent reliability, with ICCs ranging from 0.74 to 0.86. The complete data is described in Tables 2, 3, and 4. During the analyses, three participants were removed due to their consistent outlier results (>2 SD).

Table 2 – Test-retest reliability results of the COP area parameter

COP AREA				
Conditions	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]
EO (cm²)	0.26 (0.20)	0.29 (0.29)	0.280	0.67 [0.46-0.81]
EC (cm²)	0.34 (0.36)	0.43 (0.57)	0.173	0.56 [0.31-0.74]
NS (cm²)	0.24 (0.26)	0.22 (0.20)	0.336	0.75 [0.58-0.86]

COP = center of pressure; EC = eyes closed; EO = eyes opened; NS = no feet support; p = statistical significance; ICC = intraclass correlation coefficient.

Table 3 - Test-retest reliability results of the AP and ML amplitude parameter

AMPLITUDE								
Conditions	AP				ML			
	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]
EO (cm)	0.77 (0.32)	0.81 (0.29)	0.400	0.51 [0.25-0.71]	0.48 (0.18)	0.48 (0.25)	0.811	0.69 [0.48-0.82]
EC (cm)	0.87 (0.44)	1.01 (0.63)	0.107	0.54 [0.28-0.72]	0.50 (0.21)	0.52 (0.27)	0.443	0.71 [0.51-0.83]
NS (cm)	0.70 (0.27)	0.67 (0.28)	0.491	0.67 [0.45-0.81]	0.46 (0.15)	0.45 (0.19)	0.649	0.68 [0.47-0.82]

AP = anteroposterior; ML = mediolateral; EC = eyes closed; EO = eyes opened; NS = no feet support; p = statistical significance; ICC = intraclass correlation coefficient.

Table 4 - Test-retest reliability results of the AP and ML velocity parameter

VELOCITY								
Conditions	AP				ML			
	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]
EO (cm/s)	0.80 (0.19)	0.84 (0.32)	0.170	0.82 [0.80-0.83]	0.85 (0.17)	0.88 (0.20)	0.231	0.82 [0.69-0.90]
EC (cm/s)	0.82 (0.18)	0.85 (0.27)	0.157	0.75 [0.58-0.86]	0.86 (0.16)	0.90 (0.21)	0.008	0.86 [0.75-0.92]
NS (cm/s)	0.79 (0.17)	0.81 (0.22)	0.378	0.82 [0.69-0.90]	0.87 (0.15)	0.89 (0.18)	0.299	0.74 [0.56-0.85]

AP = anteroposterior; ML = mediolateral; EC = eyes closed; EO = eyes opened; NS = no feet support; p = statistical significance; ICC = intraclass correlation coefficient.

Table 5 - Test-retest reliability results of the AP and ML mean frequency parameter

Conditions	MEAN FREQUENCY							
	AP				ML			
	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]	Test n=41	Retest n=41	p	ICC [95% CI]
EO (Hz)	0.89 (0.56)	0.87 (0.52)	0.764	0.71 [0.52-0.83]	1.55 (0.86)	1.56 (0.77)	0.906	0.75 [0.58-0.86]
EC (Hz)	0.80 (0.45)	0.77 (0.49)	0.659	0.63 [0.41-0.79]	1.41 (0.79)	1.40 (0.79)	0.988	0.75 [0.58-0.86]
NS (Hz)	0.90 (0.49)	0.93 (0.46)	0.593	0.75 [0.58-0.86]	1.58 (0.81)	1.63 (0.74)	0.571	0.79 [0.63-0.87]

AP = anteroposterior; ML = mediolateral; EC = eyes closed; EO = eyes opened; NS = no feet support; p = statistical significance; ICC = intraclass correlation coefficient

According to the Bland-Altman analysis, the sample showed low bias and narrow 95% limits of agreement between test and retest. The bias ranged from -0.02 cm (AP amplitude in NS) to 0.13 cm (AP amplitude in EC) and the 95% CI ranged less than the standard boundary lines (-1.0cm to 1.0cm) for all the variables analyzed, except for the AP amplitude in EC (-0.89 cm to 1.17 cm) and ML mean frequency in EO (-1.12 cm to 1.14 cm), EC (-1.10 cm to 1.09 cm) and NS (-0.95 cm to 1.04 cm) (Figure 2).

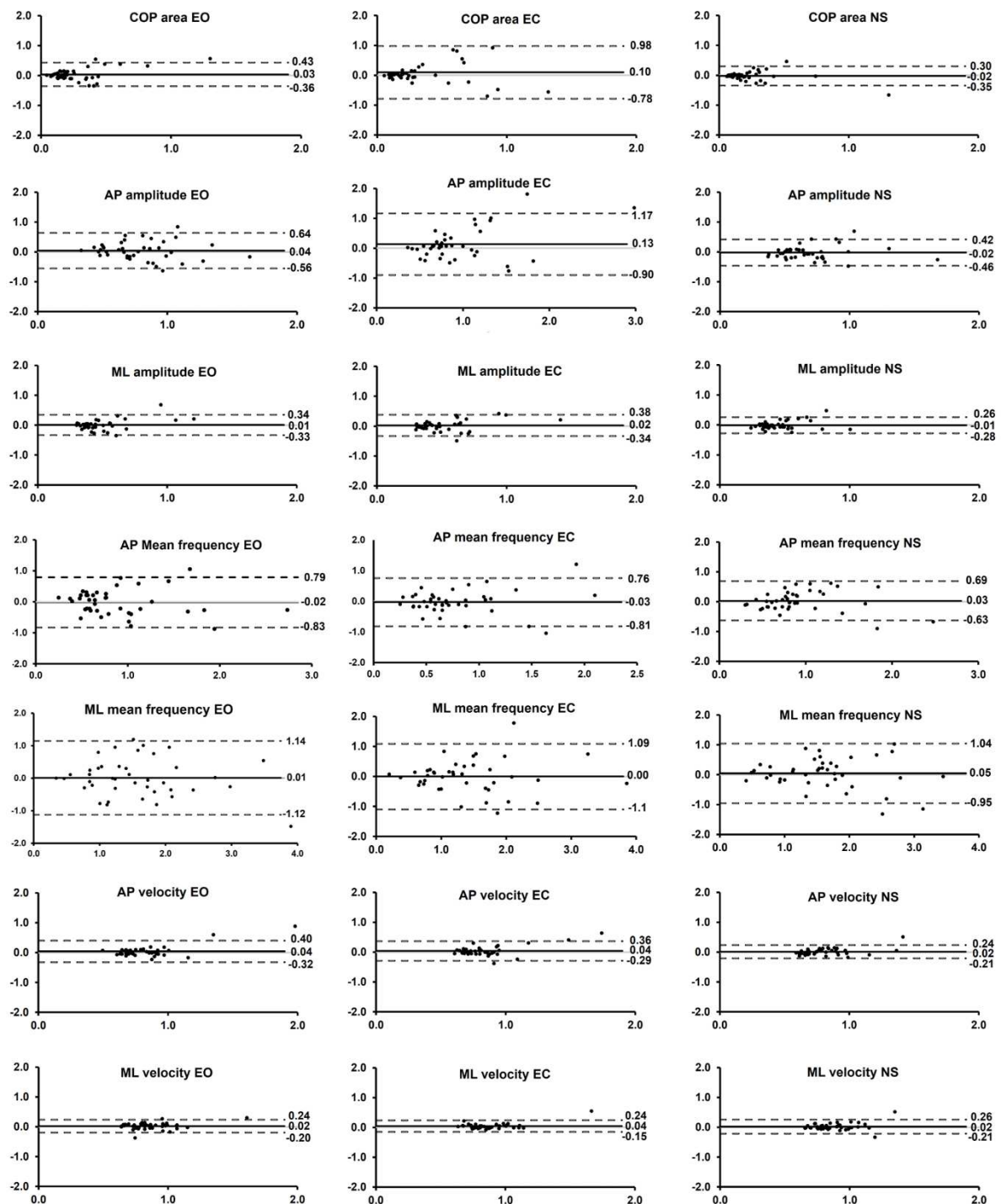


Figure 2 - Bland-Altman's plots of test-retest differences (X axis) relative to mean test-retest value (Y axis). Continuous lines represent mean differences and dotted lines indicate 95%

confidence intervals. COP: center of pressure; EO: eyes open; EC: eyes closed; NS: no feet support; AP: anteroposterior; ML: mediolateral.

DISCUSSION

This study aimed to assess the Wobble Chair's reliability in measuring the trunk control of individuals with PD. Our results confirmed our initial hypothesis that the Wobble Chair is an accurate and reliable instrument to assess trunk postural control in individuals with PD.

Overall, the analyzed tests demonstrated good to excellent reliability, particularly when considering velocity variables. Corroborating our results, Terra et al. (2020) also assessed individuals with PD using a force platform and observed higher reliability in AP and ML velocity parameters [17]. Currently, the oscillation velocity is considered the main balance parameter, as it is directly associated with the neuromuscular response of postural adjustments [18]. Sway velocity, especially in the AP direction, has been analyzed as an important variable for fall prediction, and is related to self-reported fear of falling [31].

Furthermore, it is suggested that, as postural control is a complex outcome, its maintenance is multifactorial, and the analysis should contemplate parameters (such as velocity and amplitude) jointly, as complementary information. In general terms, high velocity combined with large oscillation amplitude can indicate decreased postural control. However, high velocity combined with small oscillation amplitude suggests better postural control, because it can be interpreted as a higher adjustment frequency [20].

This study brings a first effort towards broadening the range of instruments for reliable objective evaluation of trunk postural control of individuals with PD in a seated position. The Wobble Chair has already been used in other populations, resulting in enough literature to allow a systematic review and meta-analysis regarding its use in the evaluation of postural control in people with low back pain [26]. However, the literature on seated evaluations in PD is still scarce. The study

conducted by Van den Burg et al. (2006) is one of the only found examples. The study included 16 individuals with PD and eight controls, in which the authors observed that individuals with PD had worse trunk postural control, which can lead to increased falls risk and postural instability [32]. However, the authors used a different instrument from the one in our study, which is considered the gold standard (i.e., force platform). This literature scarcity made it necessary to use principles from studies that used the upright stance in their protocols for our argumentation.

Our results varied up to 0.86 in ICC analysis for all variables investigated. Results ranging from moderate to excellent reliability are even more encouraging for individuals with PD, who experience an increased intra-individual movement variability that can be noticed in almost all motor tasks. This indicates that these individuals are less capable of consistently replicating their movement responses from one attempt to the next compared to healthy individuals [33]. Bland Altman plots are valuable analyses to elucidate participants' approach between test and retest and to detect the sample pattern in each condition tested [34]. Our study confirmed the agreement level between test and retest, graphically demonstrating lower variability in AP and ML velocities in all conditions analyzed, as well as higher bias and 95% CI results for EC measurements.

Although the reliability results were similar between the conditions, NS and EO had better ICC values than EC. Similarly, the study by Jamal et al. (2023) tested the reliability of body sway using a force platform in individuals after stroke, and also observed greater reliability of EO measures, compared to EC conditions [34]. The excellent results in NS can be due to the characteristics of PD. We hypothesize that the excellent results in NS may be due to the more challenging condition, given the reduced support area resulting from the removal of the footrest. Thus, participants may have changed their muscular approach (a phenomenon observed during data collection) when their attentional demand increased to maintain postural control centered on the trunk muscles and adopt a less variable posture [15,33].

In contrast, the evaluation in the EC condition showed lower results, which can be explained by individuals with PD changing their motor approach when a

challenging demand, such as visual suppression, is incorporated into the task. The visual system is an important part of postural control, and its suppression modifies the interaction between neuromuscular and central systems, increasing movement variability [10,35]. A significant difference was observed between the test and retest for ML velocity in the EC condition. A previous study demonstrated that visual and vestibular inputs have a higher impact in unstable sitting assessments than in quiet sitting positions. This was due to sensory reweighting, which causes a higher dependence on visual and vestibular feedback to maintain trunk stability. The study also suggested that an unstable sitting position can be used to assess the sensory integrity of visual and vestibular sensorimotor pathways for posture control [11].

There is a heterogeneity of protocols involving force platforms to measure postural control in individuals with PD. Although some studies have performed three attempts [5,10,16], our study performed two, corroborating previous protocols [3,6,18,36]. Designs composed of 60-second attempts have also been reported [10,16,37]. However, we maintained 30 seconds for each attempt in line with previous reliability [17,34] and interventional [3,5,6] studies, which indicated this time was sufficient to collect postural control data while avoiding over-fatiguing the participants.

Moreover, we determined the EC condition as a task aiming to challenge the participants' postural control. This strategy is largely used, as it is an easy and safe way to promote integration in postural control systems [5,6,10]. In this context, the NS condition was adopted due to the instrument's design possibilities and because it has also been previously used in protocols with healthy elders and young adults [22]. Finally, the duration of our protocol (including the number and duration of each attempt, the intervals, and the conditions used) was designed considering the half-life of Levodopa, and longer tests could impair the participants' performance [38,39].

Trunk muscles are important to maintain postural control. They are especially involved in two primary corrective movement strategies, and it is important to note that responses to laterally directed perturbations require more input from the trunk and hip muscles than responses to AP directed perturbations

[6]. Moreover, trunk angular velocity is described as one of the best measures to provide diagnostic utility [31]. Considering these reasons and the flexed posture adopted by individuals with PD, Hubble et al. (2019) suggested that improving trunk postural control, strength, and mobility, especially in the ML direction, can reduce postural control disturbances [6]. Therefore, developing an accurate and reliable instrument to evaluate trunk control assists health professionals and researchers in improving their assessment protocols, thus providing better treatments for the population with PD.

The strengths of our study lie in the originality of the procedures, which are based on an innovative instrument that provides objective measures for assessing trunk postural control. This is an important result for functionality, fall management, and quality of life for individuals with PD. We believe that this study contributes to increasing the possibilities for diversification and accuracy of protocols for assessing trunk postural control in these individuals. Furthermore, the study's dynamic and functional approach brings the assessment protocol closer to the individuals' daily activities.

This study represents a first effort towards improving the knowledge about objective trunk postural control in individuals with PD in a sitting position, hence the necessity for principles from studies using the upright posture in their protocols for our argumentation. The sample was composed of people with mild to moderate PD severity and without cognitive impairment. These results cannot be extrapolated to other severity levels. Therefore, we suggest further studies, encompassing different designs, aiming to explore the Wobble Chair functionality in protocols with different durations, repetitions, conditions, and/or populations.

CONCLUSION

The Wobble Chair is a reliable and accurate instrument to assess trunk postural control of individuals with PD, especially when considering the variable velocity and EO conditions (with and without foot support). Further studies are suggested to explore different conditions, populations, and assessment protocols.

REFERENCES

1. Viseux FJF, Delval A, Defebvre L, Simoneau M. Postural instability in Parkinson's disease: Review and bottom-up rehabilitative approaches. *Neurophysiol Clin.* 2020;50:479–87.
2. Ünlüer NÖ, Ozkan T, Sari YA, Karadağ YS. Investigation of the relationship between trunk position sense and balance, functional mobility, fear of falling, and disease stage in Parkinson's disease. *Ir J Med Sci.* 2022;
3. Vasconcellos LS d., Silva RS, Pachêco TBF, Nagem DAP, Sousa C de O, Ribeiro TS. Telerehabilitation-based trunk exercise training for motor symptoms of individuals with Parkinson's disease: A randomized controlled clinical trial. *J Telemed Telecare.* 2021;
4. Kuhman DJ, Walker HC, Hurt CP. Dopamine-mediated improvements in dynamic balance control in Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2020;82:68–74.
5. Kamieniarz A, Michalska J, Marszałek W, Stania M, Słomka KJ, Gorzkowska A, et al. Detection of postural control in early Parkinson's disease: Clinical testing vs. modulation of center of pressure. *PLoS One* [Internet]. 2021;16:1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0245353>
6. Hubble RP, Silburn PA, Naughton GA, Cole MH. Trunk exercises improve balance in Parkinson disease: A phase II randomized controlled trial. *J Neurol Phys Ther.* 2019;43:96–105.
7. Stuart S, Vitorio R, Morris R, Martini DN, Fino PC, Mancini M. Cortical activity during walking and balance tasks in older adults and in people with Parkinson's disease: A structured review. *Maturitas* [Internet]. 2018;113:53–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.011>
8. Span B, Tollis M De, Taglieri S, Manzo A, Ricci C, Lombardi MG, et al. The Effect of Dual-Task Motor-Cognitive Training in Adults with Neurological Diseases Who Are at Risk of Falling. *Brain Sci.* 2022;12.

9. Ahmed MM, Mosalem DM, Alfeeli AK, Baqer AB, Soliman DY. Relationship between gait parameters and postural stability in early and late parkinson's disease and visual feedback-based balance training effects. *Open Access Maced J Med Sci.* 2017;5:207–14.
10. Delafontaine A, Hansen C, Marolleau I, Kratzenstein S, Gouelle A. Effect of a concurrent cognitive task, with stabilizing visual information and withdrawal, on body sway adaptation of parkinsonian's patients in an off-medication state: A controlled study. *Sensors (Switzerland).* 2020;20:1–13.
11. Goodworth AD, Tetreault K, Lanman J, Klidonas T, Kim S, Saavedra S. Sensorimotor control of the trunk in sitting sway referencing. *J Neurophysiol.* 2018;120:37–52.
12. De Almeida IA, Terra MB, De Oliveira MR, Da Silva RA, Ferraz HB, Santos SMS. Comparing postural balance among older adults and Parkinson's disease patients. *Motriz Rev Educ Fis.* 2016;22:261–5.
13. Kamieniarz A, Michalska J, Brachman A, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. A posturographic procedure assessing balance disorders in parkinson's disease: A systematic review. *Clin Interv Aging.* 2018;13:2301–16.
14. Oliveira MR, Vieira ER, Gil AWO, Fernandes KBP, Teixeira DC, Amorim CF, et al. One-legged stance sway of older adults with and without falls. *PLoS One.* 2018;13:1–9.
15. Harro CC, Kelch A, Hargis C, DeWitt A. Comparing Balance Performance on Force Platform Measures in Individuals with Parkinson's Disease and Healthy Adults. *Parkinsons Dis.* 2018;2018.
16. Ujjan JA, Morani W, Memon N, Mohanasundaram S, Nuhmani S, Singh BK. Force Platform-Based Intervention Program for Individuals Suffering with Neurodegenerative Diseases like Parkinson. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022.
17. Terra MB, Silva RA Da, Bueno MEB, Ferraz B, Smaili SM. Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson ' s disease : a reliability study. *Physiother Theory Pract.* 2020;36:826–33.

18. Araújo HAG de O, Souza RJ de, da Silva TCO, Nascimento TS, Terra MB, Smaili SM. Immediate Effect of Augmented Reality, Virtual Reality, and Neurofunctional Physiotherapy on Postural Control and Executive Function of Individuals with Parkinson's Disease. *Games Health J.* 2022;11.
19. Sung W, Abraham M, Plastaras C, Silfies SP. Trunk motor control deficits in acute and subacute low back pain are not associated with pain or fear of movement. *Spine J* [Internet]. 2015;15:1772–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2015.04.010>
20. van Dieën JH, Koppes LLJ, Twisk JWR. Postural sway parameters in seated balancing; their reliability and relationship with balancing performance. *Gait Posture.* 2010;31:42–6.
21. Silfies SP, Cholewicki J, Radebold A. The effects of visual input on postural control of the lumbar spine in unstable sitting. *Hum Mov Sci.* 2003;22:237–52.
22. de Oliveira MR, Fabrin LF, Gil AW de O, Benassi GH, Camargo MZ, Silva RA da, et al. Acute effect of core stability and sensory-motor exercises on postural control during sitting and standing positions in young adults. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;
23. Larivière C, Gagnon DH, Mecheri H. Trunk postural control in unstable sitting: Effect of sex and low back pain status. *Clin Biomech* [Internet]. 2015;30:933–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.07.006>
24. Shahvarpour A, Shirazi-adl A, Larivière C. Active – passive biodynamics of the human trunk when seated on a wobble chair. *J Biomech.* 2016;1–7.
25. Slota GP, Granata KP, Madigan ML. Effects of seated whole-body vibration on postural control of the trunk during unstable seated balance. *Clin Biomech.* 2008;23:381–6.
26. Alshehri MA, Alzahrani H, van den Hoorn W, Klyne DM, Vette AH, Hendershot BD, et al. Trunk postural control during unstable sitting among individuals with and without low back pain: A systematic review with an individual participant data meta-analysis. *PLoS One.* 2024.

27. Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, Martinez-Martin P, et al. Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Mov Disord*. 2008;23:2129–70.
28. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*. 1967;17.
29. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr*. 1994;52:1–7.
30. Fleiss J. Reliability of Measurement. *Des Anal Clin Exp*. John Wiley & Sons, Inc.; 2011. p. 1–32.
31. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol* [Internet]. 2008;119:2424–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2008.07.220>
32. van der Burg JCE, van Wegen EEH, Rietberg MB, Kwakkel G, van Dieën JH. Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. *Park Relat Disord*. 2006;12:492–8.
33. Morrison S, Moxey J, Reilly N, Russell DM, Thomas KM, Grunsfeld AA. The relation between falls risk and movement variability in Parkinson's disease. *Exp Brain Res* [Internet]. 2021;239:2077–87. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06113-9>
34. Jamal K, Cordillet S, Leplaideur S, Rauscent H, Cogné M, Bonan I. Reliability and minimal detectable change of body-weight distribution and body sway between right and left brain-damaged patients at a chronic stage. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2023;45:260–5. Available from: <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2030418>
35. Gandolfi M, Tinazzi M, Magrinelli F, Busselli G, Dimitrova E, Polo N, et al. Four-week trunk-specific exercise program decreases forward trunk flexion in Parkinson's disease: A single-blinded, randomized controlled trial. *Park Relat*

Disord [Internet]. 2019;64:268–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.05.006>

36. Araújo-Silva F, Santinelli FB, Imaizumi LFI, Silveira APB, Vieira LHP, Alcock L, et al. Temporal dynamics of cortical activity and postural control in response to the first levodopa dose of the day in people with Parkinson's disease. *Brain Res.* 2022;1775.

37. Costa E de C, Santinelli FB, Moretto GF, Figueiredo C, von Ah Morano AE, Barela JA, et al. A multiple domain postural control assessment in people with Parkinson's disease: traditional, non-linear, and rambling and trembling trajectories analysis. *Gait Posture.* 2022;97:130–6.

38. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet.* 2021;397:2284–303.

39. Fox SH, Katzenschlager R, Lim SY, Barton B, de Bie RMA, Seppi K, et al. International Parkinson and movement disorder society evidence-based medicine review: Update on treatments for the motor symptoms of Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2018;33:1248–66.

ARTIGO 3
Será submetido à revista Gait & Posture

**COMPARISON OF TRUNK POSTURAL CONTROL BETWEEN INDIVIDUALS
WITH AND WITHOUT PARKINSON DISEASE**

Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo^a, Rodrigo Vitorio^b, Suhaila Mahmoud Smaili^{c*}

^a Master in Rehabilitation Science, State University of Londrina, Londrina, Brazil.
h.andressa.goa@hotmail.com

^b PhD, Department of Sport, Exercise and Rehabilitation, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK. Rodrigo.vitorio@northumbria.ac.uk

^c PhD, State University of Londrina, Londrina, Brazil. suhaila@uel.br

*Corresponding author: Suhaila Mahmoud Smaili – suhaila@uel.br

Present/permanent address: State University of Londrina. 60 Robert Koch avenue, Londrina, Paraná, Brazil

Funding: This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

ABSTRACT

BACKGROUND: Poor trunk postural control is associated with deficits in balance, functional mobility and fear of falling in people with Parkinson's disease (PD). However, the field lacks specific protocols for the assessment of trunk postural control, which can be better isolated in sitting upright position. The aim of this study was to evaluate trunk postural control of individuals with PD, using a prototype of an unstable chair, in comparison with paired healthy individuals, under different conditions. **METHODS:** Individuals with and without mild to moderate PD were assessed with the prototype of unstable chair, Wooble Chair, in sitting upright position. Four conditions were tested: 1) eyes open; 2) eyes closed; 3) dual task (i.e., Stroop test); and 4) no feet support. Each condition was performed twice for 30 seconds, with 30-seconds interval between them. For all conditions, were calculated center of pressure (COP) area, anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) amplitudes and velocities. Friedman's and Mann Whitney tests were used for comparisons across conditions and between groups, respectively. **RESULTS:** Forty-four participants with PD and 45 healthy controls were assessed. Groups were matched for age, sex, body mass index and cognition. In intragroup analysis, both groups showed similar performances for eyes open and no feet support conditions. Compared with those, eyes closed, and dual-task conditions were harder to perform (higher oscillation), for both groups. Interestingly, dual task was more challenging than eyes closed condition (increased AP and ML velocity) for both groups. In intergroup analysis, individuals with PD had more difficulty with no feet support, showing higher COP area ($p=0.02$) and ML amplitude ($p=0.03$). **CONCLUSION:** The suppression of visual input or addition of dual task increased the difficulty of maintaining trunk postural control for individuals with and without PD. Moreover, individuals with PD showed additional difficulty when the feet support was removed.

Keywords: Parkinson, Postural control, torso, Stroop Test

INTRODUCTION

Postural stability is a complex task, that involves the precise interaction between corporal systems such as visual, proprioceptive, musculoskeletal and vestibular systems [1–3]. In face of a neurological degenerative impairment such as in Parkinson disease (PD), postural control is compromised due to progressive neuronal loss in areas involved in postural control [4–6]. Moreover, there are controversial evidence about the response of postural control to the dopaminergic therapy, in general considered less responsive than other motor symptoms [7].

Appropriate trunk postural control reflects good posture, postural stability and decrease in falls risk. Muscles as bilateral external and internal obliques, rectus abdominis, and iliopsoas are important in postural stabilization, besides providing essential synergism to locomotion [8]. Even if they are subtle, changes in postural control can be perceived in early stages of PD (less than 3 in HY) and their clinical management should be considered since the beginning of treatment protocols [9]. In more advanced stages of PD, muscle rigidity and bradykinesia contribute with axial abnormalities as antecollis, camptocormia, scoliosis or Pisa syndrome [10], which difficult the adjustment mechanisms necessary for corrective movements that maintain the center of mass over the base of support [11]. Also, individuals with PD frequently have an altered sense of trunk position (body alignment), which have been associated with balance deficits, reduction in functional mobility and increased fear of falling [12].

Several studies had highlighted the utility of force platform for the assessment of postural control [13–18]. Although force platform is considered the gold standard to assess postural control, the evaluation in standing position may mask possible trunk postural control disabilities, once that standing balance uses different motor control strategies [17,19]. During standing position, trunk postural control cannot be isolated, once that postural adjustments also include responses from ankle, knee and hip. To better isolate the assessment of trunk postural control (while minimizing/removing the influence of the ankle, knee and hip), one can assess postural control in sitting upright position [20]. In this context, wobble chair appears as an excellent option to measure trunk postural control in different populations, safely and efficiently [21]. This resource has been studied for healthy

people [22], but there is still a lack in knowledge about its use in clinical populations, as in PD.

It is important to highlight that the sitting position is essential and widely used for several daily activities. Furthermore, difficulties in transfer, as sit-to-stand tasks, have been associated with increased falls risk, at the same time as improving this transfer capacities have reduced fear of falling in individuals with PD [23]. These daily activities demand the inclusion of additional motor or cognitive tasks to postural control [20,24]. The association of a secondary task impacts in the primary task, in postural control and in gait parameters [24]. For these reasons, its essential to insert these components on assessments and intervention protocols.

Physiotherapy has a consolidated important role on treatment of PD motor and non-motor symptoms, basing its effects on use of diverse resources [25–28]. Facing to optimize its benefits and precisely offer the most specific and effective approach, it is essential to explore the most accurate evaluative instruments, as force platform [16,17]. Thus, the aim of this study was to analyze the trunk postural control in individuals with PD, compared with paired control group, as well as the influence of different tasks in this outcome. We hypothesized that individuals with PD would present worse trunk postural control parameters than individuals without PD, especially considering more challenging tasks, such as eyes closed and the addition of a concomitant task (i.e., dual task).

METHODS

Study design

This is a cross sectional study, performed between May and August 2022. The study was approved by UNOPAR Research Ethics Committee (number 4.147.522). The assessments occurred at the Functional Evaluation and Human Motor Performance laboratory (LAFUP Londrina, Parana, Brazil).

Participants

The sample included 90 individuals, being 45 individuals with mild to moderate PD and 45 control individuals. We included individuals older than 50 years, both sexes, with no cognitive impairment according to Mini Mental Scale Examination (MMSE) [29] and able to walk independently. Additionally, people with PD had to have clinical diagnosis of PD according to UK Brain Bank criteria [30], stratified between mild to moderate severity according to the Unified Parkinson Disease Rating Scale of Movement Disorders Society (MDS-UPDRS) [31] and Hoehn & Yahr Modified Scale (HY) [32]. The following exclusion criteria were applied: other neurological diseases, cardiopulmonary or musculoskeletal disfunctions that could interfere on their performance, and color blindness. All participants provided their written informed consent prior to the experiment and those with PD were assessed in the ON state of medication.

Evaluation Instruments

Trunk postural control was assessed by the Wooble Chair. It is a prototype of unstable chair composed by a wood and metal bars structure, with base seat positioned upper to a central fixed pivot (a rounded head screw, 8 cm height) and four steel springs (4.5 mm wire, 6 loads, 41.5 mm in circumference, 6 cm height) located on side edges, 12 cm away of center pivot. This configuration was selected intending to promote instability once the participants weight was supported by the springs, at the same time as it guaranteed safety during the tasks. (Figure 1).

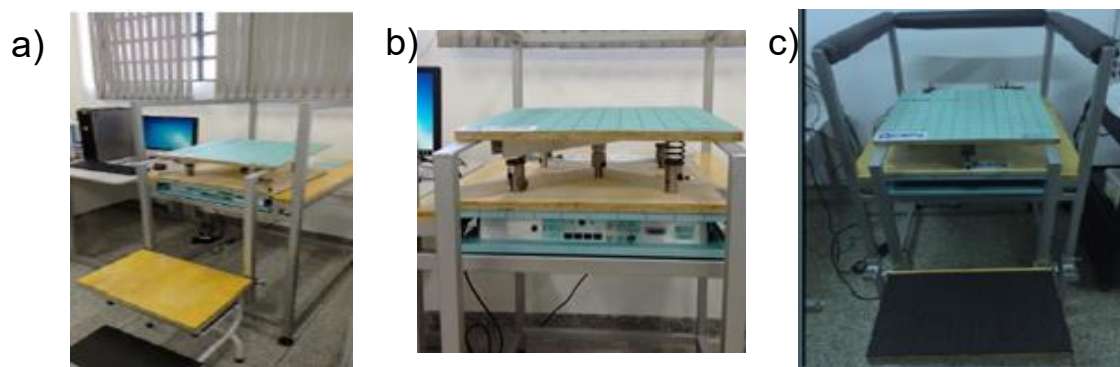


Figure 1 – Prototype of unstable chair (Wobble Chair): a) initial estrutura, b) pivot and steel springs estrutura, c) prototype concluded.

Wobble Chair has foot height-adjustable support, as well as a safe structure for the tests. It is based on a force platform (50 x 50 cm), with a sampling frequency of 100 Hz to quantify measures of postural instability in both directions of movement: anteroposterior (AP) and mediolateral (ML). Outcome variables included: a) center of pressure (COP) area - total trunk displacement related to participants' center of mass, in cm²; b) AP/ML amplitude - mean distance between smallest and largest distance reached in each direction, in cm; c) AP/ML mean frequency - mean number of oscillations per second, during the condition, in Hz and d) AP/ML velocity - speed of COP oscillation, to each direction (cm/s).

Assessment Procedures

Both groups were assessed, by Wobble Chair, in sitting upright position, with feet supported so that hips and knees remained at 90°, arms crossed in front of the torso, and looking at a target positioned 2.5m in front of them, at eyes level/height. Four conditions were tested: 1) eyes open; 2) eyes closed; 3) dual task, when we used the Stroop test, which consisted in a banner also positioned 2.5m in front of the participants, with color names written in different colors, and the participant was asked to name the painted color instead of the written names; and 4) no feet support, when eyes open position was maintained, but the base for feet was removed. Each condition was performed twice for 30 seconds, with 30 seconds interval between them. The sequence of conditions was randomized to reduce learning effect, using envelope draw performed by the own participant immediately before the start of the protocol.

Statistical Analysis

We calculated mean between the trials for each tested condition, and these data were used to intra and intergroups comparisons. According to normality data tested by Shapiro Wilk test, data are presented in median and interquartile interval. The intragroup comparison across conditions was performed using Friedman's test, with Wilcoxon post hoc., The Mann Whitney test was used for comparisons between groups. Moreover, for testing the influence of tasks

addition in trunk postural control, it was calculated simple delta between conditions (eyes closed-eyes open; dual task-eyes open; dual task-eyes closed; no feet support-eyes open; no feet support-eyes closed and no feet support-dual task). To compare the difference of this influence between the groups we used Mann Whitney test. IBM SPSS version 28 (The International Business Machines Corporation, USA) was used for statistical analyses; significance level was set at 0.05.

RESULTS

We analyzed data from 89 individuals (44 with and 45 without PD). One eligible participant with PD was not included due to their score lower than 24 points in MMSE. The groups were considered homogenic in age, body mass index and MMSE, and participants with PD were in mild to moderate stages according to MDS-UPDRS and HY scales. These results are presented in Table 1.

Table 1 – Sample characterization

VARIABLES	PDG	CG	p
N	44 (31 male)	45 (26 male)	0.271
Age	69.5 [60-74]	67.0 [61.5-71.0]	0.384
BMI	25.83 [22.97-28.17]	26.15 [23.53-28.96]	0.918
MMSE	27 [26-30]	28 [26.5-29]	0.541
UPDRS			
I	10.0 [6.0-15.0]	-	
II	10.5 [6.0-15.0]	-	
III	33.0 [19.25-46.0]	-	
IV	1.0 [0.0-5.75]	-	
Total	52.5 [34.5-81.75]	-	
HY	2 [2-2]	-	

PDG = Parkinson's disease group; CG = control group; p = statistical significance; N = sample; BMI = body mass index; MMSE = Mini Mental Statement Examination; UPDRS = Unified Parkinson Disease Rating Scale; HY = Hoehn & Yahr Scale

In intragroup analysis, participants showed more difficulty performing tests on dual task and without visual input. Specifically, when submitted to dual task, participants of both groups had worse performance than eyes open in all parameters, except for ML amplitude only for PD participants. Similarly, dual task appears harder also when compared with no feet support for all parameters, except for ML amplitude and velocity for participants with PD. Moreover, results were worse for eyes closed when compared with eyes open (COP for control group and AP amplitude for both groups) and with no feet support (COP, ML amplitude and AP velocity for control group and AP amplitude for both groups). Finally, there were no differences between the control position and no feet support.

When considering intergroup analysis, participants with PD showed larger COP area and ML amplitude for no feet support task, compared to control group. The complete results are in Table 2.

When considering the influence of task addition, in delta difference analysis, there were no intragroup statistical differences, and in intergroup analysis there was similarity in the performance of both, except for the delta between no feet support and eyes closed in variables COP area and ML amplitude, with larger differences for CG. The complete data are described in Table 3.

Table 2 – Comparison between the conditions eyes open (EO), eyes closed (EC), dual task (DT) with Stroop test and no feet support (NS) of individuals with Parkinson's disease assessed by wooble chair.

VARIABLES		EO	EC	DT	NS	Pi
COP	PDG	0.20 [0.12-0.41]	0.19 [0.14-0.39]	0.35 [0.18-0.59] ^b	0.18 [0.12-0.27] ^f	0.039
	CG	0.16 [0.10-0.25]	0.23 [0.13-0.44] ^a	0.25 [0.21-0.37] ^b	0.13 [0.09-0.20] ^{ef}	<0.001
	P	0.122	0.967	0.541	0.016	
AMP AP	PDG	0.78 [0.53-1.04]	0.76 [0.63-1.00] ^a	0.85 [0.67-1.29] ^b	0.64 [0.51-0.83] ^{ef}	<0.001
	CG	0.62 [0.50-0.86]	0.78 [0.60-1.01] ^a	0.87 [0.74-1.01] ^b	0.54 [0.47-0.75] ^{ef}	<0.001
	P	0.264	0.967	0.652	0.091	
AMP ML	PDG	0.43 [0.36-0.58]	0.44 [0.35-0.60]	0.51 [0.43-0.74]	0.43 [0.37-0.52]	0.111
	CG	0.40 [0.36-0.48]	0.44 [0.35-0.59]	0.49 [0.43-0.64] ^b	0.38 [0.33-0.46] ^{ef}	<0.001
	P	0.275	0.706	0.997	0.033	
MFR AP	PDG	0.70 [0.51-1.18]	0.72 [0.51-1.02]	0.70 [0.55-1.19]	0.80 [0.64-0.99]	0.198
	CG	0.89 [0.78-1.22]	0.72 [0.51-1.17]	0.85 [0.65-1.05]	1.04 [0.81-1.35] ^f	0.021
	P	0.036	0.825	0.171	0.008	
MFR ML	PDG	1.39 [0.90-2.03]	1.18 [0.82-1.94] ^a	1.26 [0.85-1.69]	1.49 [1.05-2.04] ^{ef}	<0.001
	CG	1.60 [1.00-2.21]	1.46 [0.77-2.25]	1.22 [0.85-1.60]	1.68 [1.32-2.23] ^{def*}	<0.001
	P	0.221	0.426	0.857	0.083	
VEL AP	PDG	0.75 [0.68-0.95]	0.77 [0.69-0.92]	0.88 [0.75-1.22] ^{bc}	0.74 [0.69-0.91] ^f	<0.001
	CG	0.80 [0.73-0.90]	0.83 [0.75-0.94]	0.93 [0.83-1.04] ^{bc}	0.78 [0.69-0.86] ^{ef}	<0.001
	P	0.259	0.239	0.746	0.640	
VEL ML	PDG	0.83 [0.75-0.96]	0.86 [0.77-0.97]	0.88 [0.77-1.09] ^{bc}	0.85 [0.76-1.01]	0.018
	CG	0.89 [0.81-0.96]	0.87 [0.79-0.98]	0.92 [0.83-1.00] ^{bc}	0.88 [0.80-0.97] ^f	<0.001
	P	0.279	0.541	0.436	0.488	

COP = center of pressure; amp = amplitude; AP = anteroposterior; ML = mediolateral; vel = velocity; MFR = mean frequency; PDG = Parkinson's disease group; CG = control group; EC = eyes closed; EO = eyes open; DT = dual task; NS = no feet support; pi = statistical significance intragroup; pe = statistical significance between groups.

a = statistical difference between EO and EC; b = statistical difference between EO and DT; c = statistical difference between EC and DT; d = statistical difference between EO and NS; e = statistical difference between EC and NS; f = statistical difference between DT and NS

Table 3 – Comparison between the mean difference of conditions eyes open (EO), eyes closed (EC), dual task (DT) with Stroop test and no feet support (NS) of individuals with Parkinson's disease assessed by wooble chair.

VARIABLE		EC-EO	DT-EO	DT-EC	NS-EO	NS-EC	NS-DT
COP	PDG	0.02 [-0.06-0.11]	0.07 [-0.02-0.29]	0.03 [-0.06-0.21]	-0.01 [-0.07-0.03]	-0.02 [-0.14-0.05]	-0.10 [-0.29-0.04]
	CG	0.04 [-0.01-0.20]	0.10 [0.01-0.18]	-0.01 [-0.14-0.15]	-0.01 [-0.10-0.01]	-0.10 [-0.21-(-0.03)]	-0.12 [-0.28-(-0.04)]
	p	0.215	0.812	0.424	0.407	0.013	0.549
AMP AP	PDG	0.08 [-0.11-0.31]	0.17 [-0.09-0.48]	0.04 [-0.19-0.32]	-0.01 [-0.23-0.08]	-0.11[-0.38-0.05]	-0.16 [-0.58-0.03]
	CG	0.09 [0.01-0.34]	0.18 [0.01-0.38]	0.08 [-0.21-0.34]	-0.04 [-0.21-0.03]	-0.19 [-0.38-(-0.08)]	-0.27 [-0.41-(-0.04)]
	p	0.407	0.948	0.628	0.483	0.203	0.740
AMP ML	PDG	0.01 [-0.08-0.06]	0.05 [-0.03-0.24]	0.03 [-0.08-0.19]	-0.01 [-0.08-0.08]	-0.01 [-0.08-0.08]	-0.04 [-0.23-0.04]
	CG	0.03 [-0.04-0.13]	0.10 [-0.01-0.19]	0.06 [-0.10-0.18]	-0.03 [-0.09-0.03]	-0.08 [-0.17-0.01]	-0.12 [-0.25-(-0.04)]
	p	0.218	0.371	0.715	0.301	0.014	0.168
MFR AP	PDG	-0.02[-0.28-0.14]	-0.05 [-0.24-0.19]	0.08 [-0.18-0.26]	0.02 [-0.11-0.22]	0.07 [-0.13-0.35]	0.09 [-0.19-0.22]
	CG	-0.13 [-0.33-0.01]	-0.15 [-0.32-0.06]	0.04 [-0.19-0.30]	0.10 [-0.16-0.24]	0.26 [0.02-0.41]	0.24 [0.02-0.41]
	P	0.059	0.097	0.964	0.470	0.055	0.010
MFR ML	PDG	-0.11 [-0.44-0.16]	-0.12 [-0.53-0.13]	-0.04 [-0.60-0.33]	0.04 [-0.41-0.46]	0.24 [-0.25-0.52]	0.17 [-0.11-0.55]
	CG	-0.14 [-0.4-0.21]	-0.21 [-0.65-0.12]	-0.07 [-0.85-0.32]	0.14 [-0.04-0.36]	0.34 [-0.05-0.48]	0.41 [0.18-0.73]
	P	0.957	0.453	0.400	0.509	0.455	0.035
VEL AP	PDG	0.02 [-0.03-0.07]	0.13 [0.05-0.31]	0.11 [0.02-0.27]	-0.01 [-0.04-0.04]	-0.02 [-0.07-0.02]	-0.13 [-0.35-(-0.03)]
	CG	0.02 [-0.03-0.07]	0.12 [0.06-0.20]	0.11 [0.05-0.16]	-0.02 [-0.06-0.06]	-0.05 [-0.11-0.02]	-0.16 [-0.23-(-0.09)]
	p	0.925	0.403	0.480	0.419	0.419	0.806
VEL ML	PDG	0.00 [-0.03-0.04]	0.04 [-0.01-0.10]	0.03 [-0.01-0.09]	0.02 [-0.03-0.06]	0.01 [-0.03-0.04]	-0.02 [-0.09-0.02]
	CG	0.00 [-0.03-0.05]	0.04 [0.00-0.07]	0.04 [0.00-0.07]	0.00 [-0.02-0.05]	0.00 [-0.03-0.04]	-0.04 [-0.07-0.00]
	p	0.749	0.957	0.854	0.873	0.765	0.777

COP = center of pressure; amp = amplitude; AP = anteroposterior; ML = mediolateral; vel = velocity; PDG = Parkinson's disease group; CG = control group; EC = eyes closed; EO = eyes open; DT = dual task; NS = no feet support; p = statistical significance.

DISCUSSION

The purpose of this study was to analyze the trunk postural control in individuals with PD, compared with a paired control group, as well as the influence of different tasks on postural control. Our primary observation was that the addition of cognitive and motor tasks impacted trunk postural control. In comparison, individuals with PD presented worse results than healthy controls for COP area and ML amplitude when the feet support was removed. In both groups, variables worsened in challenging tasks such as eyes closed and dual task, when compared with eyes open. We observed differences between conditions in all parameters, except for ML amplitude and AP mean frequency, both for PD group.

In first analysis, it is important to consider the integration of posturographic variables to completely understand the participants' trunk postural control performance [20]. In general, incorporating demands (i.e., addition of dual task or suppression of visual input) increased COP area, amplitude, and velocity, while decreased mean frequency, for both groups. It is reasonable to infer that trunk postural control pattern changed in face of more challenging demands, and the individuals adopted a faster, larger, and less frequent oscillation approach, which matches both the adjustment strategies and a more restrictive posture [24,33].

Maintenance of postural control is an automatic function which demands the complex combination of several corporal systems such as musculoskeletal, proprioceptive, vestibular and visual [34,35]. This interaction provides sensorial feedback to central nervous system about the body posture, orientation to the vertical axis, the relation of the center of gravity to the support surface, and its motion in space [36]. Thus, the suppression of a system (e.g., such as the visual system by asking participant to perform the task with eyes closed) interferes in that homeostasis, harming the capacity of maintain the postural control [3,19,37]. In a seated position situation, the trunk becomes the focal point of somatosensory input, and without supplemental visual information, likely the repertory that can be used for processing positional awareness is decreased, which could explain the difficulty experienced by the participants in eyes closed condition [3,19].

Similar disturbance happens in the addition of a secondary motor or cognitive demand to a primary task. In our study, in all the other variables dual task values increased in comparison of eyes open, except for ML amplitude in individuals with PD, and mean frequencies in both groups. The increase of a cognitive demand during a motor task can overload the corporal systems involved in their control, interfering in performance for both tasks. Also, in individuals with PD, the neuronal degeneration affects the automatic capacity of maintaining postural control, with demands the use of other cortical areas to supply this function [2,24,38,39]. That strategy includes the use of frontal areas, originally responsible for cognitive functions [2]. This way, to process the additional cognitive demand, the neuronal capacity is divided between the demands, encumbering even more the performance of both tasks [24,38]. Many studies investigate postural control in individuals with PD, and the force platform is used basically in evaluation protocols in the standing position [14,35,38,40].

Due to this and the originality of assessment tool used in this study, our discussion is based in research with accurate evaluation, but in stand position. As in this recent study that compared postural control of individuals with and without PD in single and dual task conditions, also using force platform, and observed that PD group presented higher instability parameter in dual task when compared with single task, but differently from our study, the authors perceived differences between PD and controls, with worse results for PD [41]. According to the authors, the PD individuals concentrate more in postural control than in cognitive task, which leads to a longer anticipatory neuronal commands, while healthy older individuals divide their attention between tasks, a faster cortical strategy. Moreover, similarly to our results, when the simultaneous balance task is harder, as when people are submitted to an unstable surface, the motor approach changes, with less differences between groups [41].

Still considering intragroup results, the impact of the most challenging conditions we analyzed in this study seems to be different for participants. The participants had more difficulty in dual task than in eyes closed, once that both groups presented higher AP and ML velocities when the dual task was added. The suppression of visual feedback harms postural control due to interfere in the complex integration between systems, and it shows additional importance in individuals with DP, once that their proprioceptive system is already affected by the dopaminergic lost in upper circuits

[12]. Corroborating with our results, Barbosa et al (2015) performed a posturographic study with individuals with PD and also observed that balance on dual task was significantly poorer than balance with eyes closed, which can be due to the fact that the oscillation area disturbance caused for visual deprivation tends to reorganize after a period of time, what did not occur under dual task [42]. This mechanism could be related to the increase of internal focus, provided by the suppression of visual feedback, that is a strategy adopted for both people with and without PD [33,42]. On the other hand, dual task requires an increased external focus, which diverts the attention demanded from the postural control and needs to be sustained during all the task [33].

Interestingly, there were no differences between eyes open and no feet support, for both groups. In the same context, dual task shows higher displacement values than no feet support in all the variables, except for ML amplitude and velocity in individuals with PD. Smaller oscillation in no feet support can be attributed to axial stiffness. Rigidity is one of the cardinal PD symptoms and it is responsible for reduced range of trunk movement around the spinal axis [10]. This way, since responses to laterally directed perturbations require more input from the trunk and hip muscles, the rigidity may impair PD individuals capacity for lateral balance control, interfering in the timing and dimension of effective corrective movements [11]. The feet support removal lead to decrease in both proprioceptive input and support base, what may have forced participants to change the postural and muscle activation pattern. It is worth considering that in this study we did not perform an electromyographic assessment, which would be necessary to prove the change in muscle recruitment pattern, this way new studies using EMG are necessary to support this hypothesis.

In intergroup analysis, we observed higher values of trunk oscillation in COP and ML amplitude in no feet support, as well as lower AP and ML mean frequency for individuals with PD, compared to the control group. Individuals with PD seem to have more difficulty on maintaining trunk postural control when the feet support is removed, what can be attributed to the characteristic forward posture, caused especially for tendance on trunk anterior flexion [43]. Due to this pattern, individuals present poor capacity in posture straightening in AP direction, which demands the adoption of ML compensation to insure postural control. In fact, a mechanism adopted by individuals

with PD consists in increasing the mediolateral head in relation to pelvis, exceeding the limits of inverted pendulum model [44], and this ratio especially increases during dynamic and challenging demands. Around 75% of falls occur due to their difficulty in maintaining body mass control during activities of daily living, and even short uncoordinated trunk movements can impact on postural balance in these population [12]. In face of that, these individuals would need that mechanical support to increase their base and warrant stability while seated. Oppositely, Morenilla et al (2020) compared postural control in upright stand position and cognitive performance between subjects with PD and controls and observed greater AP and ML sway area and sway displacement in PD participants [39]. Although wobble chair appears as an accurate instrument to assess trunk postural control, it may not be sensible enough to identify changes in postural control due to corporal position adopted for participants. Also, our results can be due to the PD group characteristic, as these individuals are physically active, and integrate an outpatient specialized in neurofunctional physiotherapy where they are weekly specifically treated to main PD symptoms, including trunk postural control, trunk mobility and functional performance. More studies, with untreated individuals with PD must be conducted, aiming to incorporate knowledge about this outcome.

Finally, the observation of trunk postural control on sitting position is essential due to many of daily tasks are performed in this condition, as eating, studying, working, resting, talking. The trunk postural control is also essential to improve the individual transferences, it is highly related to their functional independency, and helps the understanding about postural control in stand position, as well as to manage the consequences of its disabilities, especially falls and its repercussions as hospitalization, functional deficits, and immobility. There is a lack in recent literature about the assessment and treatment of postural control on seated position of individuals with PD. Van der Burg et al (2006), measured trunk postural control of 16 individuals with PD and 8 healthy control individuals using an unstable seat and observed PD participants had less percentage of successful trials that controls, and that COP incursions increased from controls to PD (fallers > non-fallers), as well as displacement variables, especially in ML directions, that was explained as the increased postural instability is accompanied by decreased task performance; also,

measures of trunk movement angulation and mean frequency were limited in PD, which authors assigned to the rigidity and bradykinesia [45].

The studies straight involve the originality of the instrument and methodology we used. The Wobble Chair is an instrument based on force platform, currently the gold standard for postural control assessment, and our propose is to develop an accurate evaluation for seated position (proved as very important for daily activities, transferences and functionality). Both aspects may provide improvements in the evaluation and management of trunk postural control in individuals with PD, in clinical and research environment.

Our study presents some limitations, as the use of a specific dual task, that is related to a specific cognition domain and can not be representative of other important cognitive domains. Also, the number of correct words during the Stroop test was not registered, which harmed possible analysis of task prioritization or the performance in the Stroop test. Thus, it is recommended that more studies using different types of dual task and composed by individuals with different PD severity levels should be performed to clarify these aspects.

CONCLUSION

The addition of cognitive dual task or suppression of visual input negatively affected postural control of individuals with and without PD, and the first one demonstrated greater influence on postural control. On the other hand, taking the feet support off did not seem to make difference in the individuals' trunk postural control compared to eyes open position. Moreover, individuals with and without PD showed very similar performances, differing from each other only in no feet support position.

REFERENCES

- [1] S.D. Kim, N.E. Allen, C.G. Canning, V.S.C. Fung, Postural Instability in Patients with Parkinson' s Disease, (2013) 97–112. <https://doi.org/10.1007/s40263-012-0012-3>.

- [2] S. Stuart, R. Vitorio, R. Morris, D.N. Martini, P.C. Fino, M. Mancini, Cortical activity during walking and balance tasks in older adults and in people with Parkinson's disease: A structured review, *Maturitas*. 113 (2018) 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.011>.
- [3] B. Span, M. De Tollis, S. Taglieri, A. Manzo, C. Ricci, M.G. Lombardi, L. Polidori, I.A. Griffini, M. Aloisi, V. Vinicola, R. Formisano, C. Caltagirone, R. Annicchiarico, The Effect of Dual-Task Motor-Cognitive Training in Adults with Neurological Diseases Who Are at Risk of Falling, *Brain Sci*. 12 (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/brainsci12091207>.
- [4] B.R. Bloem, M.S. Okun, C. Klein, Parkinson's disease, *Lancet*. 397 (2021) 2284–2303. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X).
- [5] M.B. Terra, N.M. Barboza, I.A. De Almeida, M.E.B. Bueno, S.M. Smaili, Does physiotherapy plus cognitive training improve balance in Parkinson's disease? Randomized clinical trial., *Motriz. Rev. Educ. Fis*. 26 (2020). <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000020160>.
- [6] F.J.F. Vieux, A. Delval, L. Defebvre, M. Simoneau, Postural instability in Parkinson's disease: Review and bottom-up rehabilitative approaches, *Neurophysiol. Clin*. 50 (2020) 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2020.10.013>.
- [7] D.J. Kuhman, H.C. Walker, C.P. Hurt, Dopamine-mediated improvements in dynamic balance control in Parkinson's disease, *Gait Posture*. 82 (2020) 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.08.132>.
- [8] L.S. d. Vasconcellos, R.S. Silva, T.B.F. Pachêco, D.A.P. Nagem, C. de O. Sousa, T.S. Ribeiro, Telerehabilitation-based trunk exercise training for motor symptoms of individuals with Parkinson's disease: A randomized controlled clinical trial, *J. Telemed. Telecare*. (2021). <https://doi.org/10.1177/1357633X211021740>.
- [9] A. Kamieniarz, J. Michalska, W. Marszałek, M. Stania, K.J. Słomka, A. Gorzkowska, G. Juras, M.S. Okun, E.A. Christou, Detection of postural control in early Parkinson's disease: Clinical testing vs. modulation of center of pressure, *PLoS One*. 16 (2021) 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245353>.

- [10] S. Cao, Y. Cui, J. Jin, F. Li, X. Liu, T. Feng, Prevalence of axial postural abnormalities and their subtypes in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis, *J. Neurol.* (2022). <https://doi.org/10.1007/s00415-022-11354-x>.
- [11] R.P. Hubble, P.A. Silburn, G.A. Naughton, M.H. Cole, Trunk exercises improve balance in Parkinson disease: A phase II randomized controlled trial, *J. Neurol. Phys. Ther.* 43 (2019) 96–105. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000258>.
- [12] N.Ö. Ünlüer, T. Ozkan, Y.A. Sari, Y.S. Karadağ, Investigation of the relationship between trunk position sense and balance, functional mobility, fear of falling, and disease stage in Parkinson's disease, *Ir. J. Med. Sci.* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11845-022-03192-7>.
- [13] I.A. De Almeida, M.B. Terra, M.R. De Oliveira, R.A. Da Silva, H.B. Ferraz, S.M.S. Santos, Comparing postural balance among older adults and Parkinson's disease patients, *Motriz. Rev. Educ. Fis.* 22 (2016) 261–265. <https://doi.org/10.1590/S1980-6574201600040007>.
- [14] A. Kamieniarz, J. Michalska, A. Brachman, M. Pawłowski, K.J. Słomka, G. Juras, A posturographic procedure assessing balance disorders in parkinson's disease: A systematic review, *Clin. Interv. Aging.* 13 (2018) 2301–2316. <https://doi.org/10.2147/CIA.S180894>.
- [15] M.R. Oliveira, E.R. Vieira, A.W.O. Gil, K.B.P. Fernandes, D.C. Teixeira, C.F. Amorim, R.A. Da Silva, One-legged stance sway of older adults with and without falls, *PLoS One.* 13 (2018) 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203887>.
- [16] C.C. Harro, A. Kelch, C. Hargis, A. DeWitt, Comparing Balance Performance on Force Platform Measures in Individuals with Parkinson's Disease and Healthy Adults, *Parkinsons. Dis.* 2018 (2018). <https://doi.org/10.1155/2018/6142579>.
- [17] J.A. Ujjan, W. Morani, N. Memon, S. Mohanasundaram, S. Nuhmani, B.K. Singh, Force Platform-Based Intervention Program for Individuals Suffering with Neurodegenerative Diseases like Parkinson, *Comput. Math. Methods Med.* 2022 (2022). <https://doi.org/10.1155/2022/1636263>.

- [18] N. Hasegawa, V. V. Shah, P. Carlson-Kuhta, J.G. Nutt, F.B. Horak, M. Mancini, How to select balance measures sensitive to parkinson's disease from body-worn inertial sensors—separating the trees from the forest, *Sensors (Switzerland)*. 19 (2019). <https://doi.org/10.3390/s19153320>.
- [19] W. Sung, M. Abraham, C. Plastaras, S.P. Silfies, Trunk motor control deficits in acute and subacute low back pain are not associated with pain or fear of movement, *Spine J.* 15 (2015) 1772–1782. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.04.010>.
- [20] J.H. van Dieën, L.L.J. Koppes, J.W.R. Twisk, Postural sway parameters in seated balancing; their reliability and relationship with balancing performance, *Gait Posture*. 31 (2010) 42–46. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.08.242>.
- [21] M.A. Alshehri, H. Alzahrani, W. van den Hoorn, D.M. Klyne, A.H. Vette, B.D. Hendershot, B.W.R. Roberts, C. Larivière, D. Barbado, F.J. Vera-Garcia, J.H. van Dieen, J. Cholewicki, M.A. Nussbaum, M.L. Madigan, N.P. Reeves, S.P. Silfies, S.H.M. Brown, P.W. Hodges, Trunk postural control during unstable sitting among individuals with and without low back pain: A systematic review with an individual participant data meta-analysis, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296968>.
- [22] M.R. de Oliveira, L.F. Fabrin, A.W. de O. Gil, G.H. Benassi, M.Z. Camargo, R.A. da Silva, R.R. de Lima, Acute effect of core stability and sensory-motor exercises on postural control during sitting and standing positions in young adults, *J. Bodyw. Mov. Ther.* (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.07.021>.
- [23] M. Picardi, V. Redaelli, P. Antoniotti, G. Pintavalle, E. Aristidou, I. Sterpi, M. Meloni, M. Corbo, A. Caronni, Turning and sit-to-walk measures from the instrumented Timed Up and Go test return valid and responsive measures of dynamic balance in Parkinson's disease, *Clin. Biomech.* 80 (2020) 105177. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105177>.
- [24] T.B. De Freitas, P.H.W. Leite, F. Doná, J.E. Pompeu, A. Swarowsky, C. Torriani-Pasin, The effects of dual task gait and balance training in Parkinson's disease: a systematic review, *Physiother. Theory Pract.* 36 (2020) 1088–1096. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1551455>.

- [25] C.G. Canning, N.E. Allen, E. Nackaerts, S.S. Paul, A. Nieuwboer, M. Gilat, Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease, *Nat. Rev. Neurol.* 16 (2020) 409–425. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-0370-2>.
- [26] M.K.Y. Mak, I.S.K. Wong-Yu, *Exercise for Parkinson's disease*, 1st ed., Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/bs.irm.2019.06.001>.
- [27] G. Abbruzzese, R. Marchese, L. Avanzino, E. Pelosin, Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges, *Park. Relat. Disord.* 22 (2016) S60–S64. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.005>.
- [28] M.K. Mak, I.S. Wong-Yu, X. Shen, C.L. Chung, Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease, *Nat. Rev. Neurol.* 13 (2017) 689–703. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2017.128>.
- [29] P.H.F. Bertolucci, S.M.D. Brucki, S.R. Campacci, Y. Juliano, O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade, *Arq Neuropsiquiatr.* 52 (1994) 1–7. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1994000100001>.
- [30] A.J. Hughes, S.E. Daniel, L. Kilford, A.J. Lees, Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 55 (1992) 181–184. <https://doi.org/10.1136/jnnp.55.3.181>.
- [31] F. Goulart, L. Xavier, Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia, *Fisioter. e Pesqui.* 11 (2005) 49–56. <https://doi.org/10.1590/fpusp.v11i1.76385>.
- [32] M.M. Hoehn, M.D. Yahr, Parkinsonism: onset, progression, and mortality, *Neurology.* 17 (1967). <https://doi.org/10.1212/WNL.17.5.427>.
- [33] A. Delafontaine, C. Hansen, I. Marolleau, S. Kratzenstein, A. Gouelle, Effect of a concurrent cognitive task, with stabilizing visual information and withdrawal, on body sway adaptation of parkinsonian's patients in an off-medication state: A controlled study, *Sensors (Switzerland).* 20 (2020) 1–13. <https://doi.org/10.3390/s20185059>.
- [34] H. García-López, E. Obrero-Gaitán, A.M. Castro-Sánchez, I.C. Lara-Palomo, F.A. Nieto-Escamez, I. Cortés-Pérez, Non-immersive virtual reality to improve balance

and reduce risk of falls in people diagnosed with parkinson's disease: A systematic review, *Brain Sci.* 11 (2021) 1–14. <https://doi.org/10.3390/brainsci11111435>.

[35] S.M. Santos, R.A. da Silva, M.B. Terra, I.A. Almeida, L.B. de Melo, H.B. Ferraz, Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial., *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 53 (2017) 173–183. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.16.04313-6>.

[36] S.P. Silfies, J. Cholewicki, A. Radebold, The effects of visual input on postural control of the lumbar spine in unstable sitting, *Hum. Mov. Sci.* 22 (2003) 237–252. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(03\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(03)00046-0).

[37] M.B. Terra, R.A. Da Silva, M.E.B. Bueno, B. Ferraz, S.M. Smaili, Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson ' s disease : a reliability study, *Physiother. Theory Pract.* 36 (2020) 826–833. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1508261>.

[38] H.A.G. de O. Araújo, R.J. de Souza, T.C.O. da Silva, T.S. Nascimento, M.B. Terra, S.M. Smaili, Immediate Effect of Augmented Reality, Virtual Reality, and Neurofunctional Physiotherapy on Postural Control and Executive Function of Individuals with Parkinson's Disease, *Games Health J.* 11 (2022). <https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0222>.

[39] L. Morenilla, G. Márquez, J.A. Sánchez, O. Bello, V. López-Alonso, H. Fernández-Lago, M.Á. Fernández-del-Olmo, Postural Stability and Cognitive Performance of Subjects With Parkinson's Disease During a Dual-Task in an Upright Stance, *Front. Psychol.* 11 (2020) 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01256>.

[40] M. Kahya, K.E. Lyons, R. Pahwa, A.E. Akinwuntan, J. He, H. Devos, Pupillary Response to Postural Demand in Parkinson's Disease, *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9 (2021) 1–11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.617028>.

[41] A. Marco-Ahulló, T. Mayordomo, A. Sales, M. Pellicer-Chenoll, I. Villarrasa-Sapiña, J.C. Melendez, Effects on intermittent postural control in people with Parkinson's due to a dual task, *Hum. Mov. Sci.* 83 (2022) 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2022.102947>.

- [42] A.F. Barbosa, C. de O. Souza, J. Chen, D.V. Francato, F.A. Caromano, H.F. Chien, E.R. Barbosa, J.M.D. Greve, M.C. Voos, The competition with a concurrent cognitive task affects posturographic measures in patients with Parkinson disease, *Arq. Neuropsiquiatr.* 73 (2015) 906–912. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20150153>.
- [43] M. Gandolfi, M. Tinazzi, F. Magrinelli, G. Busselli, E. Dimitrova, N. Polo, P. Manganotti, A. Fasano, N. Smania, C. Geroin, Four-week trunk-specific exercise program decreases forward trunk flexion in Parkinson's disease: A single-blinded, randomized controlled trial, *Park. Relat. Disord.* 64 (2019) 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.05.006>.
- [44] M.H. Cole, P.A. Silburn, J.M. Wood, C.J. Worringham, G.K. Kerr, Falls in Parkinson's disease: Kinematic evidence for impaired head and trunk control, *Mov. Disord.* 25 (2010) 2369–2378. <https://doi.org/10.1002/mds.23292>.
- [45] J.C.E. van der Burg, E.E.H. van Wegen, M.B. Rietberg, G. Kwakkel, J.H. van Dieën, Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease, *Park. Relat. Disord.* 12 (2006) 492–498. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2006.06.007>.

6. DISCUSSÃO GERAL

O objetivo geral desta tese foi analisar o uso de tecnologias (sensores inerciais vestíveis e Wobble Chair) na avaliação funcional da marcha e do controle postural de tronco em indivíduos com doença de Parkinson. Para tanto, foram desenvolvidos três estudos, o primeiro buscou identificar medidas clínicas e objetivas da marcha para discriminar caidores e não caidores entre indivíduos com DP usando sensores inerciais vestíveis; o segundo verificou a confiabilidade da Wobble Chair para a avaliação do controle de tronco em indivíduos com DP; e o terceiro comparou o controle postural do tronco em indivíduos com DP e seus controles sem DP, avaliados pela Wobble Chair. Nossos resultados ressaltaram a importância do uso de artefatos tecnológicos para aumentar a acurácia e objetividade dos procedimentos de avaliação na DP, especialmente para marcha e controle postural. A plataforma de força e os dispositivos derivados dela são utilizados com frequência em estudos envolvendo a população com DP, devido à sua reconhecida acurácia (91,113,139–141), ao passo que as tecnologias vestíveis tem evoluído, ganhado espaço e se revelado ferramentas valiosas nas avaliações destes pacientes (17,20,105,142,143).

O tema central desta tese foi a avaliação. É neste ponto que os estudos apresentaram convergência. Na prática fisioterapêutica, a avaliação é parte inicial e essencial para uma abordagem eficiente com os pacientes. É neste momento que as necessidades e potencialidades dos indivíduos são melhor compreendidas, os objetivos terapêuticos são traçados e a tomada de decisão clínica efetivada (20,112,144). Entretanto, ainda há desafios importantes no que se refere ao entendimento dos distúrbios da marcha e controle postural na DP, uma vez que a DP é uma doença multissistêmica e cursa com envolvimento motor complexo e heterogêneo entre os pacientes (16).

As avaliações subjetivas são muito importantes no contexto clínico e de pesquisa, porém, ainda que realizadas por meio de instrumentos validados e acurados, apresentam limitações, especialmente devido à influência de aspectos subjetivos dos pacientes e da variação interexaminador (144). Devido a estes fatores, se reforça a importância do desenvolvimento e estudo de medidas objetivas que, usadas em associação às subjetivas, sejam capazes de abranger de maneira mais

ampla e efetiva os desfechos que se deseja avaliar, aumentando a acurácia da avaliação e, por consequência, a determinação de um diagnóstico assertivo e a implantação de um planejamento terapêutico eficaz.

A instabilidade postural de tronco e os déficits de marcha foram os principais desfechos analisados nesta tese. Conhecer os mecanismos e as estratégias envolvidas no seu controle nos permite compreender melhor as alterações presentes nessa população, antecipar e intervir nos fatores de risco e minimizar as consequências deletérias, como o aumento do risco de quedas, que configura um grave problema de saúde pública (110,119,129,145). Conseguir classificar caidores e prever quedas entre os indivíduos com DP por meio de uma avaliação acurada, abre caminhos para a identificação mais precoce e precisa dos fatores de risco, possibilitando intervir mais especificamente (e precocemente) sobre eles, reduzindo-os (14,105,146,147). De modo similar, entender o comportamento do tronco durante a manutenção do controle postural, contribui de forma substancial para melhorar a capacidade de controlar a postura, também refletindo na diminuição do risco de quedas, na independência e funcionalidade do indivíduo (10,13,96,109). Neste sentido, explorar instrumentos objetivos, como os sensores vestíveis e a Wobble Chair, aumenta as possibilidades e a qualidade dos recursos disponíveis, não apenas para a avaliação do controle de tronco e marcha, mas no controle das suas consequências funcionais.

Diferentes métodos e recursos avaliativos estão disponíveis em pesquisa, mas quando se trata da DP, ainda falta especificidade. Pensando nesta lacuna, os resultados desta tese ampliam espaço para discussão, como no primeiro estudo, por exemplo, em que são observadas medidas significativas de componentes biomecânicos que tem comportamento específico na DP. Até o momento há muito esforço no sentido de compreender quais desfechos podem ter mais influência no risco de quedas em pessoas com DP (105,120,148–150). Por isso, desenvolver um modelo sistematizado para classificar caidores, composto por diversas medidas clínicas e medidas objetivas, amplamente utilizadas na prática clínica, endossa este conhecimento.

O segundo estudo desta tese, que versa sobre a confiabilidade de um instrumento de avaliação, a Wobble Chair, também explora esta lacuna do conhecimento. Ela já foi utilizada em estudos envolvendo indivíduos jovens e adultos sem acometimentos neurológicos (151), pessoas com dor lombar (95,96) e para testar o impacto da vibração de corpo inteiro (152). No entanto, a sua confiabilidade e aplicabilidade na população com DP ainda não era conhecida, o que foi estudado e demonstrado na tese. E a partir deste entendimento, foi possível desenvolver estudos com diferentes objetivos, como nosso terceiro estudo, que buscou entender os mecanismos de controle de tronco em indivíduos com DP e seus controles pareados. Futuros estudos que levem em conta diferentes protocolos, tempo, posições e populações devem ser realizados, assim como estudos que investiguem a responsividade deste instrumento de avaliação.

Finalmente, tendo em vista que a avaliação é processo fundamental inserido no contexto da reabilitação, é preciso lançar luz ao impacto terapêutico das descobertas desta tese. Foi observado que, primeiramente é necessário ter em mente que medidas objetivas e subjetivas devem ser associadas sempre que possível, e que dentre os modelos de classificação de caidores entre indivíduos com DP, as medidas de confiança de quedas, ângulo de dorsiflexão, congelamento da marcha e amplitude de movimento do tronco apareceram sistematicamente entre as mais relevantes. Ou seja, fica evidente que, ao abordar um indivíduo com DP, que é sabidamente um caidor em potencial, a abordagem deve priorizar os componentes citados, empregando uma gama de instrumentos avaliativos, que seja diversa ao mesmo tempo em que se preserva a acurácia e especificidade dos métodos para as necessidades da população. Além disso – e de modo complementar – apenas observar o controle postural na posição ortostática pode incorrer em subestimação do desempenho biomecânico deste paciente, uma vez que o tronco é um componente fundamental do controle postural, transferências posturais e atividades de vida diária. Nos dois artigos finais da tese foi possível observar que a Wobble Chair é um instrumento confiável para a avaliação do controle de tronco na DP, destacando a necessidade de trabalhar o controle de tronco, tanto no endireitamento AP, devido à tendência flexora dos pacientes, quanto no ML, sentido para o qual os indivíduos tendem a direcionar as compensações para manter a postura.

Em síntese, os resultados alcançados por esta tese reforçam a importância de uma avaliação eficiente, acurada e específica, e da variabilidade no uso de recursos (clínicos e objetivos) a fim de obter diagnóstico acurado das necessidades dos pacientes. O controle de tronco e marcha são aspectos essenciais na independência funcional e qualidade de vida dos indivíduos com DP, e a busca por técnicas e instrumentos de avaliação mais eficazes irá beneficiar grandemente o bem estar destes indivíduos, bem como aumentar a confiança dos profissionais, municiando-os com as melhores ferramentas para otimizar a abordagem terapêutica e, por consequência, os resultados alcançados com esta população.

7. CONCLUSÃO GERAL

A avaliação é parte essencial do tratamento de indivíduos com DP, guiando o fisioterapeuta no cuidado dos sintomas, prevenção de agravos e promoção de independência funcional e qualidade de vida. O uso de medidas objetivas aumenta a acurácia das avaliações e auxilia o profissional na tomada de decisão clínica.

Os sensores vestíveis têm conquistado espaço nos protocolos de avaliação do controle postural e marcha por serem eficazes, leves, de baixo custo e fáceis de usar. Tem se mostrado ferramentas úteis na classificação de caídores entre indivíduos com DP, o que abre caminhos para detecção mais precisa do principal fator incapacitante nestes indivíduos, o risco de quedas.

A Wobble chair, além de um instrumento baseado no padrão-ouro para a avaliação do controle postural, é confiável para a análise do controle de tronco de indivíduos com DP e para o entendimento do comportamento do tronco de pessoas com e sem a doença. Seu uso enriquece a variabilidade de recursos disponíveis para a avaliação objetiva e municia pesquisadores e clínicos para explorarem este desfecho.

Os resultados desta tese contribuem para o aumento da diversidade e, especialmente, da precisão de intervenções fisioterapêuticas, uma vez que verificar a confiabilidade de instrumentos de avaliação e testar a sua aplicabilidade em diferentes contextos abre caminhos para o uso destes instrumentos na pesquisa e na prática clínica. Futuras pesquisas poderão lançar mão destes recursos mais acurados em

protocolos longitudinais (e testar sua responsividade), que explorem diferentes posições de teste, outros níveis de severidade da DP ou, ainda, outras populações, como o envelhecimento típico e indivíduos com outras doenças neurológicas.

8. REFERÊNCIAS

1. Pfeiffer RF, Wallace ER, Segerstrom SC, van Horne CG, Schmitt FA, Koehl LM, et al. Parkinson disease. *Gait Posture*. 2020;23(1):1–12.
2. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet*. 2021;397(10291):2284–303.
3. Allen NE, Canning CG, Almeida LRS, Bloem BR, Keus SHJ, Löfgren N, et al. Interventions for preventing falls in Parkinson's disease (Review). *Age Ageing* [Internet]. 2023;2013(6). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2022.105235>
4. Peterson DS, Horak FB. Neural Control of Walking in People with Parkinsonism. *Physiology* [Internet]. 2016;31(2):95–107. Available from: <http://physiologyonline.physiology.org/lookup/doi/10.1152/physiol.00034.2015>
5. Costa HN, Esteves AR, Empadinhas N, Cardoso SM. Parkinson's Disease: A Multisystem Disorder. *Neurosci Bull* [Internet]. 2023;39(1):113–24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12264-022-00934-6>
6. Balestrino R, Schapira AHV. Parkinson disease. *Eur J Neurol*. 2020;27(1):27–42.
7. Viseux FJF, Delval A, Defebvre L, Simoneau M. Postural instability in Parkinson's disease: Review and bottom-up rehabilitative approaches. *Neurophysiol Clin*. 2020;50(6):479–87.
8. Santos SM, Da Silva RA, Terra MB, Almeida IA, De Melo LB, Ferraz HB. Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017 Apr;53(2):173–83.
9. Aubignat M, Tir M, Krystkowiak P. Non-motor symptoms of Parkinson's disease from pathophysiology to early diagnosis. *Rev Med Interne* [Internet]. 2021;42(4):251–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2020.06.019>
10. Ünlüer NÖ, Ozkan T, Sari YA, Karadağ YS. Investigation of the relationship between trunk position sense and balance, functional mobility, fear of falling, and disease stage in Parkinson's disease. *Ir J Med Sci*. 2022;
11. Gandolfi M, Tinazzi M, Magrinelli F, Busselli G, Dimitrova E, Polo N, et al. Four-week trunk-specific exercise program decreases forward trunk flexion in Parkinson's disease: A single-blinded, randomized controlled trial. *Park Relat*

- Disord [Internet]. 2019;64:268–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.05.006>
12. Goodworth AD, Tetreault K, Lanman J, Klidonas T, Kim S, Saavedra S. Sensorimotor control of the trunk in sitting sway referencing. *J Neurophysiol*. 2018;120(1):37–52.
 13. Youm C, Kim Y, Noh B, Lee M, Kim J, Cheon SM. Impact of trunk resistance and stretching exercise on fall-related factors in patients with parkinson's disease: A randomized controlled pilot study. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(15):1–10.
 14. Delval A, Betrouni N, Tard C, Devos D, Dujardin K, Defebvre L, et al. Do kinematic gait parameters help to discriminate between fallers and non-fallers with Parkinson's disease? *Clin Neurophysiol [Internet]*. 2021;132(2):536–41. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.11.027>
 15. Mirelman A, Bonato P, Camicioli R, Ellis TD, Giladi N, Hamilton JL, et al. Gait impairments in Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2019;18(7):697–708.
 16. Hvingelby VS, Glud AN, Sørensen JCH, Tai Y, Andersen ASM, Johnsen E, et al. Interventions to improve gait in Parkinson's disease: a systematic review of randomized controlled trials and network meta-analysis. *J Neurol [Internet]*. 2022;269(8):4068–79. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00415-022-11091-1>
 17. Washabaugh EP, Kalyanaraman T, Adamczyk PG, Claflin ES, Krishnan C. Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait Posture*. 2017;55(Suite 3013):87–93.
 18. Morris R, Stuart S, Mcbarron G, Fino PC, Mancini M, Curtze C. Validity of mobility lab (version 2) for gait assessment in young adults, older adults and Parkinson's disease. *Physiol Meas*. 2019;40(9).
 19. Araújo HAGO, Smaili SM, Morris R, Graham L, Das J, McDonald C, et al. Combination of Clinical and Gait Measures to Classify Fallers and Non-Fallers in Parkinson's Disease. *Sensors*. 2023;23(4651):1–10.
 20. Hasegawa N, Shah V V., Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Horak FB, Mancini M. How to select balance measures sensitive to parkinson's disease from body-worn inertial sensors—separating the trees from the forest. *Sensors (Switzerland)*. 2019;19(15).
 21. Kamieniarz A, Michalska J, Marszałek W, Stania M, Słomka KJ, Gorzkowska A, et al. Detection of postural control in early Parkinson's disease: Clinical testing vs. modulation of center of pressure. *PLoS One [Internet]*. 2021;16(1 January):1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0245353>
 22. Costa E de C, Santinelli FB, Moretto GF, Figueiredo C, von Ah Morano AE, Barela JA, et al. A multiple domain postural control assessment in people with Parkinson's disease: traditional, non-linear, and rambling and trembling trajectories analysis. *Gait Posture*. 2022;97(April 2021):130–6.

23. Harro CC, Kelch A, Hargis C, DeWitt A. Comparing Balance Performance on Force Platform Measures in Individuals with Parkinson's Disease and Healthy Adults. *Parkinsons Dis.* 2018;2018.
24. Ujjan JA, Morani W, Memon N, Mohanasundaram S, Nuhmani S, Singh BK. Force Platform-Based Intervention Program for Individuals Suffering with Neurodegenerative Diseases like Parkinson. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022.
25. Ernst M, Ak F, Gollan R, Lieker E, Adams A, Cryns N, et al. Physical exercise for people with Parkinson's disease: a systematic review and network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2023;(1):9–31.
26. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkman J, et al. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Prim.* 2017;3:1–21.
27. Barbosa MT, Caramelli P, Maia DP, Cunningham MCQ, Guerra HL, Lima-Costa MF, et al. Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: A community-based survey in Brazil (the Bambuí Study). *Mov Disord.* 2006;21(6):800–8.
28. Li D, Aung-Htut MT, Ham KA, Fletcher S, Wilton SD. A splice intervention therapy for autosomal recessive juvenile parkinson's disease arising from parkin mutations. *Int J Mol Sci.* 2020;21(19):1–15.
29. Kukkle PL, Goyal V, Geetha TS, Mridula KR, Kumar H, Borgohain R, et al. Clinical Study of 668 Indian Subjects with Juvenile, Young, and Early Onset Parkinson's Disease. *Can J Neurol Sci.* 2022;49(1):93–101.
30. Smeyne RJ, Noyce AJ, Byrne M, Savica R, Marras C. Infection and risk of Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis.* 2021;11(1):31–43.
31. Ray Dorsey E, Elbaz A, Nichols E, Abd-Allah F, Abdelalim A, Adsuar JC, et al. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2018;17(11):939–53.
32. Murata H, Barnhill LM, Bronstein JM. Air Pollution and the Risk of Parkinson's Disease: A Review. *Mov Disord.* 2022;37(5):894–904.
33. Simon DK., Tanner CM., Brundin P. Parkinson Disease Epidemiology, Pathology, Genetics and Pathophysiology. *Clin Geriatr Med.* 2020;36(1):1–12.
34. De Miranda BR, Goldman SM, Miller GW, Greenamyre JT, Dorsey ER. Preventing Parkinson's Disease: An Environmental Agenda. *J Parkinsons Dis.* 2022;12(1):45–68.
35. Abbruzzese G, Marchese R, Avanzino L, Pelosin E. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Park Relat Disord* [Internet]. 2016;22:S60–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.005>
36. Tsalenchuk M, Gentleman SM, Marzi SJ. Linking environmental risk factors with epigenetic mechanisms in Parkinson's disease. *NPJ Park Dis.* 2023;9(1).

37. Goldman SM, Marek K, Ottman R, Meng C, Comyns K, Chan P, et al. Concordance for Parkinson's disease in twins: A 20-year update. *Ann Neurol*. 2019;85(4):600–5.
38. Ren X, Chen JF. Caffeine and Parkinson's Disease: Multiple Benefits and Emerging Mechanisms. *Front Neurosci*. 2020;14(December):1–12.
39. Hong CT, Chan L, Bai C. The Effect of Caffeine on the Risk and Progression of Parkinson's Disease: A Meta-Analysis. *Nutrients*. 2020;12(1860):1–12.
40. Kim IY, O'Reilly ÉJ, Hughes KC, Gao X, Schwarzschild MA, Hannan MT, et al. Integration of risk factors for Parkinson disease in 2 large longitudinal cohorts. *Neurology*. 2018;90(19):E1646–53.
41. Johansson H, Hagströmer M, Grooten WJA, Franzén E. Review Article Exercise-Induced Neuroplasticity in Parkinson's Disease : A Metasynthesis of the Literature. *Neural Plast*. 2020;2020.
42. Hirsch MA, van Wegen EEH, Newman MA, Heyn PC. Exercise-induced increase in brain-derived neurotrophic factor in human Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Transl Neurodegener*. 2018;7(1):1–12.
43. Petzinger GM, Fisher BE, McEwen S, Beeler JA, Walsh JP, Jakowec M. Exercise-enhanced Neuroplasticity Targeting Motor and Cognitive Circuitry in Parkinson's Disease. *Lancet Neurol*. 2013;12(7):716–26.
44. Mackay CP, Kuys SS, Brauer SG. The Effect of Aerobic Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor in People with Neurological Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neural Plast*. 2017;1–9.
45. Schaeffer E, Kluge A, Böttner M, Zunke F, Cossais F, Berg D, et al. Alpha Synuclein Connects the Gut-Brain Axis in Parkinson's Disease Patients – A View on Clinical Aspects, Cellular Pathology and Analytical Methodology. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8(September).
46. Wallen ZD, Appah M, Dean MN, Sesler CL, Factor SA, Molho E, et al. Characterizing dysbiosis of gut microbiome in PD: evidence for overabundance of opportunistic pathogens. *npj Park Dis [Internet]*. 2020;6(1):1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41531-020-0112-6>
47. Klann EM, Dissanayake U, Gurralla A, Farrer M, Shukla AW, Ramirez-Zamora A, et al. The Gut–Brain Axis and Its Relation to Parkinson's Disease: A Review. *Front Aging Neurosci*. 2022;13(January):1–17.
48. Rietdijk CD, Perez-Pardo P, Garssen J, van Wezel RJA, Kraneveld AD. Exploring Braak's hypothesis of parkinson's disease. *Front Neurol*. 2017;8(FEB).
49. Marino BLB, de Souza LR, Sousa KPA, Ferreira J V., Padilha EC, da Silva CHTP, et al. Parkinson's Disease: A Review from Pathophysiology to Treatment. *Mini-Reviews Med Chem*. 2019;20(9):754–67.
50. Borghammer P, Van Den Berge N. Brain-First versus Gut-First Parkinson's Disease: A Hypothesis. *J Parkinsons Dis*. 2019;9(s2):S281–95.

51. Jankovic J, Tan EK. Parkinson's disease: Etiopathogenesis and treatment. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2020;91(8):795–808.
52. Abaza A, Jamil A, Gutlapalli SD, Ali M, Oble MJP, Sonia SN, et al. Parkinson's Neuropathology Puzzle: A Systematic Review Uncovering the Pathological Culprits Behind the Neurological Disease. *Cureus*. 2023;15(8).
53. Perrián MT, Brolin K, Bandres-Ciga S, Blauwendraat C, Klein C, Gan-Or Z, et al. Effect Modification between Genes and Environment and Parkinson's Disease Risk. *Ann Neurol*. 2022;92(5):715–24.
54. McGregor MM, Nelson AB. Circuit Mechanisms of Parkinson's Disease. *Neuron* [Internet]. 2019;101(6):1042–56. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.03.004>
55. Ryman SG, Poston KL. MRI biomarkers of motor and non-motor symptoms in Parkinson's disease. *Park Relat Disord*. 2020;73:85–93.
56. Wallace ER, Segerstrom SC, van Horne CG, Schmitt FA, Koehl LM. Meta-Analysis of Cognition in Parkinson's Disease Mild Cognitive Impairment and Dementia Progression. *Neuropsychol Rev* [Internet]. 2022;32(1):149–60. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11065-021-09502-7>
57. Silva ABRL, de Oliveira RWG, Diógenes GP, Aguiar MF de C, Sallem CC, Lima MPP, et al. Premotor, nonmotor and motor symptoms of Parkinson's Disease: A new clinical state of the art. *Ageing Res Rev*. 2023;84.
58. Armstrong MJ, Okun MS. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. *JAMA - J Am Med Assoc*. 2020;323(6):548–60.
59. Homayoun H. Parkinson Disease. *Ann Intern Med*. 2018;1–19.
60. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2017;13(11):689–703.
61. Rezvanian S, Lockhart T, Frames C, Soangra R, Lieberman A. Motor subtypes of Parkinson's disease can be identified by frequency component of postural stability. *Sensors (Switzerland)*. 2018;18(4).
62. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, Oertel W, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2015;30(12):1591–601.
63. Schapira AHV, Chaudhuri KR, Jenner P. Non-motor features of Parkinson disease. *Nat Rev Neurosci* [Internet]. 2017;18(7):435–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn.2017.62>
64. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet* [Internet]. 2021;397(10291):2284–303. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X)
65. Pfeiffer RF. Autonomic dysfunction in Parkinson disease. *Neurotherapeutics*. 2020;1(17):1464–79.

66. Wieling W, Kaufmann H, Claydon VE, van Wijnen VK, Harms MPM, Juraschek SP, et al. Diagnosis and treatment of orthostatic hypotension. *Lancet Neurol*. 2022;21(8):735–46.
67. Chen Z, Li G, Liu J. Autonomic dysfunction in Parkinson's disease: Implications for pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Neurobiol Dis* [Internet]. 2020;134(November 2019):104700. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2019.104700>
68. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1992;55(3):181–4.
69. Palakurthi B, Burugupally SP. Postural instability in parkinson's disease: A review. *Brain Sci*. 2019;9(9):4–6.
70. Park J-H, Kang Y-J, Horak FB. What Is Wrong with Balance in Parkinson's Disease? *J Mov Disord*. 2015;8(3):109–14.
71. Bekkers EMJ, Dijkstra BW, Dockx K, Heremans E, Verschueren SMP, Nieuwboer A. Clinical balance scales indicate worse postural control in people with Parkinson's disease who exhibit freezing of gait compared to those who do not: A meta-analysis. *Gait Posture*. 2017;56:134–40.
72. Santos SM, da Silva RA, Terra MB, Almeida IA, de Melo LB, Ferraz HB. Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(2):173–83.
73. Terra MB, Rosa PC, Torrecilha LA, Costa BT, Ferraz HB, Santos SMS. Impacto da doença de Parkinson na performance do equilíbrio em diferentes demandas atencionais. *Fisioter e Pesqui* [Internet]. 2016;23(4):410–5. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502016000400410&lng=pt&tlng=pt
74. Dallaire M, Gagnon G, Fortin É, Nepton J, Severn AF, Côté S, et al. The impact of parkinson's disease on postural control in older people and how sex can mediate these results: A systematic review. *Geriatr*. 2021;6(4).
75. Kuhman DJ, Walker HC, Hurt CP. Dopamine-mediated improvements in dynamic balance control in Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2020;82(May):68–74.
76. Politis M, Wilson H, Wu K, Brooks DJ, Piccini P. Chronic exposure to dopamine agonists affects the integrity of striatal D 2 receptors in Parkinson ' s patients. 2017;455–60.
77. Kim SD, Allen NE, Canning CG, Fung VSC. Postural instability in patients with Parkinson's disease: Epidemiology, pathophysiology and management. *CNS Drugs*. 2013;27(2):97–112.
78. Schoneburg B, Mancini M, Horak F, Nutt JG. Framework for Understanding Balance Dysfunction in Parkinson ' s Disease. *Mov Disord*. 2013;28(11):1474–

- 82.
79. Marco-Ahulló A, Mayordomo T, Sales A, Pellicer-Chenoll M, Villarrasa-Sapiña I, Melendez JC. Effects on intermittent postural control in people with Parkinson's due to a dual task. *Hum Mov Sci.* 2022;83(December 2021):1–8.
80. Morenilla L, Márquez G, Sánchez JA, Bello O, López-Alonso V, Fernández-Lago H, et al. Postural Stability and Cognitive Performance of Subjects With Parkinson's Disease During a Dual-Task in an Upright Stance. *Front Psychol.* 2020;11(July):1–11.
81. Hubble RP, Silburn PA, Naughton GA, Cole MH. Trunk exercises improve balance in Parkinson disease: A phase II randomized controlled trial. *J Neurol Phys Ther.* 2019;43(2):96–105.
82. Morrison S, Moxey J, Reilly N, Russell DM, Thomas KM, Grunsfeld AA. The relation between falls risk and movement variability in Parkinson's disease. *Exp Brain Res [Internet].* 2021;239(7):2077–87. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06113-9>
83. Cabrera-Martos I, Jiménez-Martín AT, López-López L, Rodríguez-Torres J, Ortiz-Rubio A, Valenza MC. Effects of a core stabilization training program on balance ability in persons with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2020;34(6):764–72.
84. da Silva Jr. RA, Pereira C, de Oliveira MR, Gil AW de O. Equilíbrio Postural: Avaliação e intervenção por meio de exercícios associados às estratégias de controle neuromuscular. 1st ed. Curitiba; 2017. 52–55 p.
85. Onder H, Ozyurek O. The impact of distinct cognitive dual-tasks on gait in Parkinson's disease and the associations with the clinical features of Parkinson's disease. *Neurol Sci.* 2021;42(7):2775–83.
86. Ellis TD, Colón-Semenza C, Deangelis TR, Thomas CA, Hilaire MH Saint, Earhart GM, et al. Evidence for Early and Regular Physical Therapy and Exercise in Parkinson's Disease. *Semin Neurol.* 2021;41(2):189–205.
87. Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, Martinez-Martin P, et al. Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Mov Disord.* 2008;23(15):2129–70.
88. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism : onset , progression , and mortality. *Neurology.* 1967;17(May).
89. Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter [Internet].* 2010;14(3):183–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20730361>
90. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193–214.
91. Kamieniarz A, Michalska J, Brachman A, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. A posturographic procedure assessing balance disorders in parkinson's disease:

- A systematic review. *Clin Interv Aging*. 2018;13:2301–16.
92. Terra MB, Silva RA Da, Bueno MEB, Ferraz B, Smaili SM. Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson ' s disease : a reliability study. *Physiother Theory Pract*. 2020;36(7):826–33.
 93. Fernandes Â, Sousa ASP, Couras J, Rocha N, Tavares JMRS. Influence of dual-task on sit-to-stand-to-sit postural control in Parkinson's disease. *Med Eng Phys*. 2015;37(11):1070–5.
 94. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol [Internet]*. 2008;119(11):2424–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2008.07.220>
 95. Larivière C, Gagnon DH, Mecheri H. Trunk postural control in unstable sitting: Effect of sex and low back pain status. *Clin Biomech [Internet]*. 2015;30(9):933–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.07.006>
 96. Shahvarpour A, Shirazi-adl A, Larivière C. Active – passive biodynamics of the human trunk when seated on a wobble chair. *J Biomech*. 2016;1–7.
 97. Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther*. 2009;89(5):484–98.
 98. Franchignoni F, Horak F, Godi M, Nardone A, Giordano A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation System's Test: the mini-BESTest. 2010;42(4):323–31.
 99. Miyamoto ST, Lombardi I, Berg KO, Ramos LR, Natour J. Brazilian version of the Berg balance scale. *Brazilian J Med Biol Res*. 2004;37(9):1411–21.
 100. Franco CRC, Leão P, Townsend R, Rieder CRM. Reliability and validity of a scale for measurement of trunk mobility in Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr*. 2011;69(4):636–41.
 101. De Castro SM, Perracini MR, Ganança FF. Dynamic gait index - Brazilian version. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2006;72(6):817–25.
 102. Podsiadlo, D; Richardson S. The Timed Up and Go: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142–8.
 103. Steinert A, Sattler I, Otte K, Röhling H, Mansow-Model S, Müller-Werdan U. Using new camera-based technologies for gait analysis in older adults in comparison to the established GAITrite system. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(1).
 104. Ahmed MM, Mosalem DM, Alfeeli AK, Baqer AB, Soliman DY. Relationship between gait parameters and postural stability in early and late parkinson's disease and visual feedback-based balance training effects. *Open Access Maced J Med Sci*. 2017;5(2):207–14.
 105. Vitorio R, Mancini M, Carlson-Kuhta P, Horak FB, Shah V. Should we use both clinical and mobility measures to identify fallers in Parkinson's disease? *Park*

- Relat Disord [Internet]. 2023; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2022.105235>
106. Mancini M, Horak FB. Potential of APDM Mobility Lab for the monitoring of the progression of Parkinson's disease. *Expet Rev Med Devices*. 2017;13(5).
 107. Ileşan RR, Cordoş CG, Mihăilă LI, Fleşar R, Popescu AS, Perju-Dumbravă L, et al. Proof of Concept in Artificial-Intelligence-Based Wearable Gait Monitoring for Parkinson's Disease Management Optimization. *Biosensors*. 2022;12(4).
 108. Wu P, Cao B, Liang Z, Wu M. The advantages of artificial intelligence-based gait assessment in detecting, predicting, and managing Parkinson's disease. *Front Aging Neurosci*. 2023;15(July).
 109. Burg JCE Van Der, Wegen EEH Van, Rietberg MB, Kwakkel G, Dieë JH Van. Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson ' s disease. 2006;12:492–8.
 110. Cole MH, Silburn PA, Wood JM, Worringham CJ, Kerr GK. Falls in Parkinson's disease: Kinematic evidence for impaired head and trunk control. *Mov Disord*. 2010;25(14):2369–78.
 111. Wilczyński J, Ścipniak M, Ścipniak K, Margiel K, Wilczyński I, Zieliński R, et al. Assessment of Risk Factors for Falls among Patients with Parkinson's Disease. *Biomed Res Int*. 2021;2021.
 112. Rossi-Izquierdo M, Soto-Varela A, Ernst A, Rubio-Rodriguez JP, Santos-Pérez S, Sesar A, et al. What could posturography tell us about balance problems in Parkinson's disease? *Otol Neurotol*. 2016;37(9):e326–31.
 113. Jamal K, Cordillet S, Leplaideur S, Rauscent H, Cogné M, Bonan I. Reliability and minimal detectable change of body-weight distribution and body sway between right and left brain-damaged patients at a chronic stage. *Disabil Rehabil [Internet]*. 2023;45(2):260–5. Available from: <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2030418>
 114. Oliveira MR, Vieira ER, Gil AWO, Fernandes KBP, Teixeira DC, Amorim CF, et al. One-legged stance sway of older adults with and without falls. *PLoS One*. 2018;13(9):1–9.
 115. Delafontaine A, Hansen C, Marolleau I, Kratzenstein S, Gouelle A. Effect of a concurrent cognitive task, with stabilizing visual information and withdrawal, on body sway adaptation of parkinsonian's patients in an off-medication state: A controlled study. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(18):1–13.
 116. El-Gohary M, Pearson S, McNames J, Mancini M, Horak F, Mellone S, et al. Continuous monitoring of turning in patients with movement disability. *Sensors (Switzerland)*. 2014;14(1):356–69.
 117. de Oliveira MR, Fabrin LF, Gil AW de O, Benassi GH, Camargo MZ, da Silva RA, et al. Acute effect of core stability and sensory-motor exercises on postural control during sitting and standing positions in young adults. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;28:98–103.

118. Fil-Balkan A, Salcı Y, Keklicek H, Armutlu K, Aksoy S, Kayıhan H, et al. Sensorimotor integration training in Parkinson's disease. *Neurosciences*. 2018;23(3):208–15.
119. Atrsaei A, Hansen C, Elshehabi M, Solbrig S, Berg D, Liepelt-Scarfone I, et al. Effect of Fear of Falling on Mobility Measured During Lab and Daily Activity Assessments in Parkinson's Disease. *Front Aging Neurosci*. 2021;13(November):1–12.
120. Mak MK, Wong A, Pang MY. Impaired executive function can predict recurrent falls in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2014;95(12):2390–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2014.08.006>
121. Araújo HAG de O, Souza RJ de, da Silva TCO, Nascimento TS, Terra MB, Smaili SM. Immediate Effect of Augmented Reality, Virtual Reality, and Neurofunctional Physiotherapy on Postural Control and Executive Function of Individuals with Parkinson's Disease. *Games Health J*. 2022;11(5).
122. Fernandes Â, Rocha N, Santos R, Tavares JMRS. Effects of dual-task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study. *Somatosens Mot Res*. 2015;32(2):122–7.
123. Fox SH, Katzenschlager R, Lim SY, Barton B, de Bie RMA, Seppi K, et al. International Parkinson and movement disorder society evidence-based medicine review: Update on treatments for the motor symptoms of Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2018;33(8):1248–66.
124. R. Balestrino; A.H.V. Shacapira. Parkinson disease. *Eur J Neurol*. 2020;27:27–42.
125. AlDakheel A, Kalia L V., Lang AE. Pathogenesis-Targeted, Disease-Modifying Therapies in Parkinson Disease. *Neurotherapeutics*. 2014;11(1):6–23.
126. Wong JK, Cauraugh JH, Ho KWD, Broderick M, Ramirez-Zamora A, Almeida L, et al. STN vs. GPi deep brain stimulation for tremor suppression in Parkinson disease: A systematic review and meta-analysis. *Park Relat Disord* [Internet]. 2018;(August):0–1. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.08.017>
127. Osborne JA, Botkin R, Colon-Semenza C, DeAngelis TR, Gallardo OG, Kosakowski H, et al. Physical Therapist Management of Parkinson Disease: A Clinical Practice Guideline From the American Physical Therapy Association. *Phys Ther*. 2022;102(4).
128. Yitayeh A, Teshome A. The effectiveness of physiotherapy treatment on balance dysfunction and postural instability in persons with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil* [Internet]. 2016;8(1):17. Available from: <http://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13102-016-0042-0>
129. Allen NE, Canning CG, Almeida LRS, Bloem BR, Keus SHJ, Löfgren N, et al.

- Interventions for preventing falls in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;2022(6).
130. Owen CL, Ibrahim K, Dennison L, Roberts HC. Falls Self-Management Interventions for People with Parkinson's Disease: A Systematic Review. *J Parkinsons Dis*. 2019;9(2):283–99.
 131. Terra MB, Barboza NM, Almeida IA De, Bueno MEB, Smaili SM. Does physiotherapy plus cognitive training improve balance in Parkinson's disease? Randomized clinical trial. *Motriz Rev Educ Fis*. 2020;26(2).
 132. Müller MLTM, Marusic U, van Emde Boas M, Weiss D, Bohnen NI. Treatment options for postural instability and gait difficulties in Parkinson's disease. *Expert Rev Neurother*. 2019;19(12):1229–51.
 133. Soke F, Guclu-Gunduz A, Kocer B, Fidan I, Keskinoglu P. Task-oriented circuit training combined with aerobic training improves motor performance and balance in people with Parkinson's Disease. *Acta Neurol Belg [Internet]*. 2021;121(2):535–43. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13760-019-01247-8>
 134. Ashburn A, Pickering R, McIntosh E, Hulbert S, Rochester L, Roberts HC, et al. Exercise-and strategy-based physiotherapy-delivered intervention for preventing repeat falls in people with parkinson's: The PDSAFE RCT. *Health Technol Assess (Rockv)*. 2019;23(36):1–147.
 135. Mak MKY, Wong-Yu ISK. Exercise for Parkinson's disease. 1st ed. Vol. 147, *International Review of Neurobiology*. Elsevier Inc.; 2019. 1–44 p.
 136. Canning CG, Allen NE, Nackaerts E, Paul SS, Nieuwboer A, Gilat M. Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2020;16(8):409–25.
 137. Bueno MEB, do Nascimento Neto LI, Terra MB, Barboza NM, Okano AH, Smaili SM. Effectiveness of acute transcranial direct current stimulation on non-motor and motor symptoms in Parkinson's disease. *Neurosci Lett [Internet]*. 2019;696(December):46–51. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.12.017>
 138. Beretta VS, Santos PCR, Orcioli-Silva D, Zampier VC, Vitória R, Gobbi LTB. Transcranial direct current stimulation for balance rehabilitation in neurological disorders: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2022;81.
 139. Fernandes Â, Mendes A, Rocha N, Tavares JMRS. Cognitive predictors of balance in Parkinson's disease. *Somatosens Mot Res*. 2016;33(2):67–71.
 140. Andrade LP de, Rinaldi NM, Coelho FG de M, Tanaka K, Stella F, Gobbi LTB. Dual task and postural control in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Mot Rev Educ Física [Internet]*. 2014;20(1):78–84. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-65742014000100078&lng=en&tlng=en
 141. De Almeida IA, Terra MB, De Oliveira MR, Da Silva RA, Ferraz HB, Santos

- SMS. Comparing postural balance among older adults and Parkinson's disease patients. *Motriz Rev Educ Fis.* 2016;22(4):261–5.
142. Ranchet M, Hoang I, Cheminon M, Derollepot R, Devos H, Perrey S, et al. Changes in Prefrontal Cortical Activity During Walking and Cognitive Functions Among Patients With Parkinson's Disease. *Front Neurol.* 2020;11(December):1–13.
 143. Janssen S, Bolte B, Nonnekes J, Bittner M, Bloem BR, Heida T, et al. Usability of three-dimensional augmented visual cues delivered by smart glasses on (Freezing of) gait in parkinson's disease. *Front Neurol.* 2017;8(JUN):1–10.
 144. Bloem BR, Marinus J, Almeida Q, Dibble L, Nieuwboer A, Post B, et al. Measurement instruments to assess posture, gait, and balance in Parkinson's disease: Critique and recommendations. *Mov Disord.* 2016;31(9):1342–55.
 145. Paul SS, Dibble LE, Peterson DS. Motor learning in people with Parkinson's disease: Implications for fall prevention across the disease spectrum. *Gait Posture [Internet].* 2018;61:311–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.01.026>
 146. Rossi-Izquierdo M, Basta D, Rubio-Rodríguez JP, Santos-Pérez S, Ernst A, Sesar-Ignacio Á, et al. Is posturography able to identify fallers in patients with Parkinson's disease? *Gait Posture.* 2014;40(1):53–7.
 147. Maranesi E, Merlo A, Fioretti S, Zemp DD, Campanini I, Quadri P. A statistical approach to discriminate between non-fallers, rare fallers and frequent fallers in older adults based on posturographic data. *Clin Biomech [Internet].* 2016;32:8–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.12.009>
 148. Kerr GK, Worringham CJ, Cole MH, Lacherez PF, Wood JM, Silburn PA. Predictors of future falls in Parkinson disease. *Neurology.* 2010;75(2):116–24.
 149. Lima DP, De-Almeida SB, Bonfadini J de C, Carneiro AHS, de Luna JRG, de Alencar MS, et al. Falls in Parkinson's disease: the impact of disease progression, treatment, and motor complications. *Dement e Neuropsychol.* 2022;16(2):153–61.
 150. Vance RC, Healy DG, Galvin R, French HP. Dual tasking with the timed “Up & Go” test improves detection of risk of falls in people with Parkinson disease. *Phys Ther.* 2015;95(1):95–102.
 151. de Oliveira MR, Fabrin LF, Gil AW de O, Benassi GH, Camargo MZ, Silva RA da, et al. Acute effect of core stability and sensory-motor exercises on postural control during sitting and standing positions in young adults. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;
 152. Slota GP, Granata KP, Madigan ML. Effects of seated whole-body vibration on postural control of the trunk during unstable seated balance. *Clin Biomech.* 2008;23(4):381–6.

APÊNDICES

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (a) senhor (a) está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “**CONTROLE NEUROMUSCULAR DO TRONCO NA CADEIRA WOBBLER CHAIR EM INDIVÍDUOS IDOSOS E COM DOENÇA DE PARKINSON**”, sob responsabilidade do Prof. Dr. Rubens Alexandre da Silva Jr., docente Titular da Universidade Norte do Paraná, localizada à Av. Paris, 675, Jardim Piza, Londrina – Paraná.

OBJETIVO DA PESQUISA:

Avaliar a prevalência e o impacto da doença de Parkinson (DP) no controle neuromuscular do tronco e na capacidade funcional; assim como determinar a eficácia de um modelo de intervenção para essa população.

Serão convidados indivíduos de ambos os sexos, com idade superior a 60 anos e que não precisem de ajuda (como bengalas, muletas ou de outras pessoas) para andar. Indivíduos com DP serão avaliados pelos sintomas da doença e os que não possuem DP serão avaliados como grupo controle.

PROCEDIMENTOS QUE SERÃO NECESSÁRIOS:

A sua participação é voluntária e será realizada a seguinte tarefa:

- ☐ Quantificar as respostas neuromusculares do tronco na postura sentada por meio de uma cadeira instável (*Chair Wobbling*), e em adultos e idosos com e sem a doença de Parkinson;

REMARCAS:

- Inicialmente será realizada uma entrevista com objetivo de obter informações sociodemográficas (ex: idade, profissão, endereço);
- Em seguida os participantes irão responder alguns questionários clínicos nos quais auxiliaram na elegibilidade ou não dentro do estudo.
- Será necessário realizar algumas medidas antropométricas, tais como peso, altura, circunferência e altura de tronco;
- O participante será submetido a testes de equilíbrio.

OBS: alguns participantes serão convidados a repetir o teste duas semanas posterior ao primeiro teste para avaliar a confiabilidade dos dados.

PRIVACIDADE:

O seu nome será mantido em sigilo, fazendo uso da sua participação somente para avaliação científica deste trabalho e possíveis publicações em eventos, revistas e meios científicos, dentro dos princípios éticos que devem nortear a pesquisa e nossa profissão.

BENEFÍCIOS:

Não haverá nenhum custo e nenhuma compensação financeira em sua participação neste projeto, as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação, como o transporte até o local. Os benefícios esperados para o (a) senhor (a) envolvem oferecer educação em saúde, uma vez que, durante os momentos de avaliação e intervenção, os pesquisadores explicarão a importância do controle neuromuscular do tronco em diversas condições e dos testes realizados, explicações acerca

dos recursos utilizados, além de esclarecimento de dúvidas gerais relacionadas à sua saúde e à DP. Os seus resultados serão discutidos individualmente com o (a) senhor (a) e ao final do protocolo de intervenção, se espera melhor controle neuromuscular de tronco dos participantes. Além disso, esperamos avaliar se o protótipo utilizado é uma boa ferramenta de avaliação do controle postural sentado de indivíduos com DP, além de compreender alguns aspectos relacionados a esta tarefa (como cognição, a funcionalidade e o medo de cair).

RISCOS:

Os riscos durante sua participação são mínimos (podem estar relacionados ao cansaço físico), pois o procedimento de avaliação não prevê nenhum desconforto ou dano ao participante, não há perguntas nos questionários que possam causar algum constrangimento e o (a) senhor (a) será acompanhado (a) durante todo o decorrer das avaliações por pesquisadores treinados, equipados e com experiência no cuidado de indivíduos idosos com e sem DP. Em caso de intercorrência derivada exclusivamente da sua participação, o (a) senhor (a) tem direito a buscar indenização, e caso ocorra algum eventual problema, serão tomadas todas as providências cabíveis pela pesquisadora para a rápida e eficaz resolução do problema.

DESISTÊNCIA:

Poderá desistir a qualquer momento deste estudo em suas partes, sem que me traga qualquer consequência. O (a) senhor (a) tem o direito de pedir outros esclarecimentos sobre a pesquisa que considerar necessário e de se recusar a participar ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.

CONTATO COM OS PESQUISADORES:

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas, necessite de maiores esclarecimentos ou em caso de algum desconforto poderá contatar a pesquisadora Hayslenne Andressa Araújo,

Ainda, em caso de dúvidas referentes a questões éticas no decurso do projeto, pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Pitágoras Unopar - CEP/Pitágoras Unopar, Rua Marselha, 591 - Londrina/PR. CEP: 86041-140. Fone: (43) 3371-9849. E-mail: cep@unopar.br.

Declaro estar ciente das informações deste termo de consentimento livre e esclarecido e concordo em participar desta pesquisa.

Assinatura do entrevistado

Nome:

RG:

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

Nome:

RG:

APÊNDICE B

FICHA DE AVALIAÇÃO – WOBBLE CHAIR – PARTICIPANTES COM DP



Avaliado por: _____

DADOS SÓCIO DEMOGRÁFICOS

Nome: _____ Sexo: () feminino () masculino
 DN: ____/____/____ Idade: _____ Estado civil: _____
 Endereço: _____ Telefone: _____
 Tempo de diagnóstico: _____ Tempo de GPFIN: _____
 Medicação em uso: _____

 UPDRS: _____ H&Y: _____ Mini-Mental: _____

MEDIDAS

PESO: _____ kg ALTURA: _____ cm IMC: _____ kg/cm²

	DIREITO	ESQUERDO
MMII		
Fêmur		
Tronco		

WOBBLE CHAIR

ORDEM	CONDIÇÃO	TESTE ____/____/____		RETESTE ____/____/____	
		1ª AVALIAÇÃO	2ª AVALIAÇÃO	1ª AVALIAÇÃO	2ª AVALIAÇÃO
	Tarefa simples				
	Olhos fechados				
	Sem apoio dos pés				
	Dupla tarefa (DT)				



APÊNDICE C

FICHA DE AVALIAÇÃO – WOBBLE CHAIR – CONTROLES



Avaliado por: _____

DADOS SÓCIO DEMOGRÁFICOS

Nome: _____ Sexo: () feminino () masculino

DN: ____/____/____ Idade: _____ Estado civil: _____

Endereço: _____ Telefone: _____

MEDIDAS

PESO: _____ kg ALTURA: _____ cm IMC: _____ kg/cm²

	DIREITO	ESQUERDO
MMII		
Fêmur		
Tronco		

WOBBLE CHAIR

ORDEM	CONDIÇÃO	TESTE	
		1ª AVALIAÇÃO	2ª AVALIAÇÃO
	Tarefa simples		
	Olhos fechados		
	Sem apoio dos pés		
	Dupla tarefa (DT)		

ANEXOS

ANEXO A

NORMAS PARA SUBMISSÃO – Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation (ISSN 1743-0003).

Aims and scope

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation considers manuscripts on all aspects of research that result from cross-fertilization of the fields of neuroscience, biomedical engineering, and physical medicine and rehabilitation. JNER provides a forum for researchers and clinicians interested in understanding the way neuroscience and biomedical engineering are continuing to reshape physical medicine and rehabilitation and human movement augmentation. JNER hosts the introduction of new methods and the discussion of their clinical implications, and offers an opportunity to publish, in a timely manner, articles relevant to the intersection of these three fields.

Research articles

Criteria

Research articles should report on original primary research.

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation strongly encourages that all datasets on which the conclusions of the paper rely should be available to readers. We encourage authors to ensure that their datasets are either deposited in publicly available repositories (where available and appropriate) or presented in the main manuscript or additional supporting files whenever possible. Please see Springer Nature's information on recommended repositories.

Standards of reporting

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation advocates the complete and transparent reporting of research and methods. Authors are required to append the appropriate reporting guideline checklist to their manuscript on submission, and peer reviewers will be asked to refer to this checklist when evaluating such studies. Checklists are available for a number of study designs from the EQUATOR Network. See BioMed Central's policy page for further information.

Person-first language

Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation recommends the use of person-first language to speak appropriately about individuals with a disability. For example, when referring to a person with a stroke, refer to the person first using a phrase such as 'a

person with a stroke' or 'a person who has a stroke'. Avoid terms such as 'victim', 'patient', 'the handicapped', 'the disabled', 'suffering', or 'brain damaged'. Authors may wish to refer to the ADA guidelines for writing about people with disabilities.

Preparing your manuscript

The information below details the section headings that you should include in your manuscript and what information should be within each section.

Please note that your manuscript must include a 'Declarations' section including all of the subheadings (please see below for more information).

Title page

The title page should:

- present a title that includes, if appropriate, the study design e.g.:
 - "A versus B in the treatment of C: a randomized controlled trial", "X is a risk factor for Y: a case control study", "What is the impact of factor X on subject Y: A systematic review"
 - or for non-clinical or non-research studies a description of what the article reports
- list the full names and institutional addresses for all authors
 - if a collaboration group should be listed as an author, please list the Group name as an author. If you would like the names of the individual members of the Group to be searchable through their individual PubMed records, please include this information in the "Acknowledgements" section in accordance with the instructions below
 - Large Language Models (LLMs), such as ChatGPT, do not currently satisfy our authorship criteria. Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript.
- indicate the corresponding author

Abstract

The Abstract should not exceed 350 words. Please minimize the use of abbreviations and do not cite references in the abstract. Reports of randomized controlled trials should follow the CONSORT extension for abstracts. The abstract must include the following separate sections:

- **Background:** the context and purpose of the study
- **Methods:** how the study was performed and statistical tests used
- **Results:** the main findings

- **Conclusions:** brief summary and potential implications
- **Trial registration:** If your article reports the results of a health care intervention on human participants, it must be registered in an appropriate registry and the registration number and date of registration should be stated in this section. If it was not registered prospectively (before enrollment of the first participant), you should include the words 'retrospectively registered'. See our editorial policies for more information on trial registration

Keywords

Three to ten keywords representing the main content of the article.

Background

The Background section should explain the background to the study, its aims, a summary of the existing literature and why this study was necessary or its contribution to the field.

Methods

The methods section should include:

- the aim, design and setting of the study
- the characteristics of participants or description of materials
- a clear description of all processes, interventions and comparisons. Generic drug names should generally be used. When proprietary brands are used in research, include the brand names in parentheses
- the type of statistical analysis used, including a power calculation if appropriate

Results

This should include the findings of the study including, if appropriate, results of statistical analysis which must be included either in the text or as tables and figures.

Discussion

This section should discuss the implications of the findings in context of existing research and highlight limitations of the study.

Conclusions

This should state clearly the main conclusions and provide an explanation of the importance and relevance of the study reported.

List of abbreviations

If abbreviations are used in the text they should be defined in the text at first use, and a list of abbreviations should be provided.

Declarations

All manuscripts must contain the following sections under the heading 'Declarations':

- Ethics approval and consent to participate
- Consent for publication
- Availability of data and materials
- Competing interests
- Funding
- Authors' contributions
- Acknowledgements
- Authors' information (optional)

Please see below for details on the information to be included in these sections.

If any of the sections are not relevant to your manuscript, please include the heading and write 'Not applicable' for that section.

Ethics approval and consent to participate

Manuscripts reporting studies involving human participants, human data or human tissue must:

- include a statement on ethics approval and consent (even where the need for approval was waived)
- include the name of the ethics committee that approved the study and the committee's reference number if appropriate

Studies involving animals must include a statement on ethics approval and for experimental studies involving client-owned animals, authors must also include a statement on informed consent from the client or owner.

See our editorial policies for more information.

If your manuscript does not report on or involve the use of any animal or human data or tissue, please state "Not applicable" in this section.

Consent for publication

If your manuscript contains any individual person's data in any form (including any individual details, images or videos), consent for publication must be obtained from that person, or in the case of children, their parent or legal guardian. All presentations of case reports must have consent for publication.

You can use your institutional consent form or our consent form if you prefer. You should not send the form to us on submission, but we may request to see a copy at any stage (including after publication).

See our editorial policies for more information on consent for publication.

If your manuscript does not contain data from any individual person, please state "Not applicable" in this section.

Availability of data and materials

All manuscripts must include an 'Availability of data and materials' statement. Data availability statements should include information on where data supporting the results reported in the article can be found including, where applicable, hyperlinks to publicly archived datasets analysed or generated during the study. By data we mean the minimal dataset that would be necessary to interpret, replicate and build upon the findings reported in the article. We recognise it is not always possible to share research data publicly, for instance when individual privacy could be compromised, and in such instances data availability should still be stated in the manuscript along with any conditions for access.

Authors are also encouraged to preserve search strings on searchRxiv <https://searchrxiv.org/>, an archive to support researchers to report, store and share their searches consistently and to enable them to review and re-use existing searches. searchRxiv enables researchers to obtain a digital object identifier (DOI) for their search, allowing it to be cited.

Data availability statements can take one of the following forms (or a combination of more than one if required for multiple datasets):

- The datasets generated and/or analysed during the current study are available in the [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS]
- The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.
- All data generated or analysed during this study are included in this published article [and its supplementary information files].
- The datasets generated and/or analysed during the current study are not publicly available due [REASON WHY DATA ARE NOT PUBLIC] but are available from the corresponding author on reasonable request.
- Data sharing is not applicable to this article as no datasets were generated or analysed during the current study.
- The data that support the findings of this study are available from [third party name] but restrictions apply to the availability of these data, which were used

under license for the current study, and so are not publicly available. Data are however available from the authors upon reasonable request and with permission of [third party name].

- Not applicable. If your manuscript does not contain any data, please state 'Not applicable' in this section.

More examples of template data availability statements, which include examples of openly available and restricted access datasets, are available here.

BioMed Central strongly encourages the citation of any publicly available data on which the conclusions of the paper rely in the manuscript. Data citations should include a persistent identifier (such as a DOI) and should ideally be included in the reference list. Citations of datasets, when they appear in the reference list, should include the minimum information recommended by DataCite and follow journal style. Dataset identifiers including DOIs should be expressed as full URLs. For example:

Hao Z, AghaKouchak A, Nakhjiri N, Farahmand A. Global integrated drought monitoring and prediction system (GIDMaPS) data sets. figshare. 2014. <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.853801>

With the corresponding text in the Availability of data and materials statement:

The datasets generated during and/or analysed during the current study are available in the [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS].[Reference number]

If you wish to co-submit a data note describing your data to be published in BMC Research Notes, you can do so by visiting our submission portal. Data notes support open data and help authors to comply with funder policies on data sharing. Co-published data notes will be linked to the research article the data support (example).

Competing interests

All financial and non-financial competing interests must be declared in this section.

See our editorial policies for a full explanation of competing interests. If you are unsure whether you or any of your co-authors have a competing interest please contact the editorial office.

Please use the authors initials to refer to each authors' competing interests in this section.

If you do not have any competing interests, please state "The authors declare that they have no competing interests" in this section.

Funding

All sources of funding for the research reported should be declared. If the funder has a specific role in the conceptualization, design, data collection, analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript, this should be declared.

Authors' contributions

The individual contributions of authors to the manuscript should be specified in this section. Guidance and criteria for authorship can be found in our editorial policies.

Please use initials to refer to each author's contribution in this section, for example: "FC analyzed and interpreted the patient data regarding the hematological disease and the transplant. RH performed the histological examination of the kidney, and was a major contributor in writing the manuscript. All authors read and approved the final manuscript."

Acknowledgements

Please acknowledge anyone who contributed towards the article who does not meet the criteria for authorship including anyone who provided professional writing services or materials.

Authors should obtain permission to acknowledge from all those mentioned in the Acknowledgements section.

See our editorial policies for a full explanation of acknowledgements and authorship criteria.

If you do not have anyone to acknowledge, please write "Not applicable" in this section.

Group authorship (for manuscripts involving a collaboration group): if you would like the names of the individual members of a collaboration Group to be searchable through their individual PubMed records, please ensure that the title of the collaboration Group is included on the title page and in the submission system and also include collaborating author names as the last paragraph of the "Acknowledgements" section. Please add authors in the format First Name, Middle initial(s) (optional), Last Name. You can add institution or country information for each author if you wish, but this should be consistent across all authors.

Please note that individual names may not be present in the PubMed record at the time a published article is initially included in PubMed as it takes PubMed additional time to code this information.

Authors' information

This section is optional.

You may choose to use this section to include any relevant information about the author(s) that may aid the reader's interpretation of the article, and understand the

standpoint of the author(s). This may include details about the authors' qualifications, current positions they hold at institutions or societies, or any other relevant background information. Please refer to authors using their initials. Note this section should not be used to describe any competing interests.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

References

Examples of the Vancouver reference style are shown below.

See our editorial policies for author guidance on good citation practice

Web links and URLs: All web links and URLs, including links to the authors' own websites, should be given a reference number and included in the reference list rather than within the text of the manuscript. They should be provided in full, including both the title of the site and the URL, as well as the date the site was accessed, in the following format: The Mouse Tumor Biology Database. <http://tumor.informatics.jax.org/mtbwi/index.do>. Accessed 20 May 2013. If an author or group of authors can clearly be associated with a web link, such as for weblogs, then they should be included in the reference.

Example reference style:

- *Article within a journal*
 - Smith JJ. The world of science. Am J Sci. 1999;36:234-5.
- *Article within a journal (no page numbers)*
 - Rohrmann S, Overvad K, Bueno-de-Mesquita HB, Jakobsen MU, Egeberg R, Tjønneland A, et al. Meat consumption and mortality - results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. BMC Medicine. 2013;11:63.
- *Article within a journal by DOI*
 - Slifka MK, Whitton JL. Clinical implications of dysregulated cytokine production. Dig J Mol Med. 2000; doi:10.1007/s801090000086.
- *Article within a journal supplement*
 - Frumin AM, Nussbaum J, Esposito M. Functional asplenia: demonstration of splenic activity by bone marrow scan. Blood 1979;59 Suppl 1:26-32.

- *Book chapter, or an article within a book*
 - Wyllie AH, Kerr JFR, Currie AR. Cell death: the significance of apoptosis. In: Bourne GH, Danielli JF, Jeon KW, editors. International review of cytology. London: Academic; 1980. p. 251-306.
- *OnlineFirst chapter in a series (without a volume designation but with a DOI)*
 - Saito Y, Hyuga H. Rate equation approaches to amplification of enantiomeric excess and chiral symmetry breaking. Top Curr Chem. 2007. doi:10.1007/128_2006_108.
- *Complete book, authored*
 - Blenkinsopp A, Paxton P. Symptoms in the pharmacy: a guide to the management of common illness. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science; 1998.
- *Online document*
 - Doe J. Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their effects. Royal Society of Chemistry. 1999. <http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document>. Accessed 15 Jan 1999.
- *Online database*
 - Healthwise Knowledgebase. US Pharmacopeia, Rockville. 1998. <http://www.healthwise.org>. Accessed 21 Sept 1998.
- *Supplementary material/private homepage*
 - Doe J. Title of supplementary material. 2000. <http://www.privatehomepage.com>. Accessed 22 Feb 2000.
- *University site*
 - Doe, J: Title of preprint. <http://www.uni-heidelberg.de/mydata.html> (1999). Accessed 25 Dec 1999.
- *FTP site*
 - Doe, J: Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt> (1999). Accessed 12 Nov 1999.
- *Organization site*
 - ISSN International Centre: The ISSN register. <http://www.issn.org> (2006). Accessed 20 Feb 2007.
- *Dataset with persistent identifier*
 - Zheng L-Y, Guo X-S, He B, Sun L-J, Peng Y, Dong S-S, et al. Genome data from sweet and grain sorghum (*Sorghum bicolor*). GigaScience Database. 2011. <http://dx.doi.org/10.5524/100012>.

Preparing figures

When preparing figures, please follow the formatting instructions below.

- Figures should be numbered in the order they are first mentioned in the text, and uploaded in this order. Multi-panel figures (those with parts a, b, c, d etc.) should be submitted as a single composite file that contains all parts of the figure.
- Figures should be uploaded in the correct orientation.

- Figure titles (max 15 words) and legends (max 300 words) should be provided in the main manuscript, not in the graphic file.
- Figure keys should be incorporated into the graphic, not into the legend of the figure.
- Each figure should be closely cropped to minimize the amount of white space surrounding the illustration. Cropping figures improves accuracy when placing the figure in combination with other elements when the accepted manuscript is prepared for publication on our site. For more information on individual figure file formats, see our detailed instructions.
- Individual figure files should not exceed 10 MB. If a suitable format is chosen, this file size is adequate for extremely high quality figures.

Please note that it is the responsibility of the author(s) to obtain permission from the copyright holder to reproduce figures (or tables) that have previously been published elsewhere. In order for all figures to be open access, authors must have permission from the rights holder if they wish to include images that have been published elsewhere in non open access journals. Permission should be indicated in the figure legend, and the original source included in the reference list.

Figure file types

We accept the following file formats for figures:

- EPS (suitable for diagrams and/or images)
- PDF (suitable for diagrams and/or images)
- Microsoft Word (suitable for diagrams and/or images, figures must be a single page)
- PowerPoint (suitable for diagrams and/or images, figures must be a single page)
- TIFF (suitable for images)
- JPEG (suitable for photographic images, less suitable for graphical images)
- PNG (suitable for images)
- BMP (suitable for images)
- CDX (ChemDraw - suitable for molecular structures)

For information and suggestions of suitable file formats for specific figure types, please see our author academy.

Figure size and resolution

Figures are resized during publication of the final full text and PDF versions to conform to the BioMed Central standard dimensions, which are detailed below.

- *Figures on the web:*

- width of 600 pixels (standard), 1200 pixels (high resolution).
- Figures in the final PDF version:
 - width of 85 mm for half page width figure
 - width of 170 mm for full page width figure
 - maximum height of 225 mm for figure and legend
 - image resolution of approximately 300 dpi (dots per inch) at the final size

Figures should be designed such that all information, including text, is legible at these dimensions. All lines should be wider than 0.25 pt when constrained to standard figure widths. All fonts must be embedded.

Figure file compression

- Vector figures should if possible be submitted as PDF files, which are usually more compact than EPS files.
- TIFF files should be saved with LZW compression, which is lossless (decreases file size without decreasing quality) in order to minimize upload time.
- JPEG files should be saved at maximum quality.
- Conversion of images between file types (especially lossy formats such as JPEG) should be kept to a minimum to avoid degradation of quality.

If you have any questions or are experiencing a problem with figures, please contact the customer service team at info@biomedcentral.com.

Preparing tables

When preparing tables, please follow the formatting instructions below.

- Tables should be numbered and cited in the text in sequence using Arabic numerals (i.e. Table 1, Table 2 etc.).
- Tables less than one A4 or Letter page in length can be placed in the appropriate location within the manuscript.
- Tables larger than one A4 or Letter page in length can be placed at the end of the document text file. Please cite and indicate where the table should appear at the relevant location in the text file so that the table can be added in the correct place during production.
- Larger datasets, or tables too wide for A4 or Letter landscape page can be uploaded as additional files. Please see [below] for more information.
- Tabular data provided as additional files can be uploaded as an Excel spreadsheet (.xls) or comma separated values (.csv). Please use the standard file extensions.
- Table titles (max 15 words) should be included above the table, and legends (max 300 words) should be included underneath the table.
- Tables should not be embedded as figures or spreadsheet files, but should be formatted using 'Table object' function in your word processing program.

- Color and shading may not be used. Parts of the table can be highlighted using superscript, numbering, lettering, symbols or bold text, the meaning of which should be explained in a table legend.
- Commas should not be used to indicate numerical values.

If you have any questions or are experiencing a problem with tables, please contact the customer service team at info@biomedcentral.com.

Preparing additional files

As the length and quantity of data is not restricted for many article types, authors can provide datasets, tables, movies, or other information as additional files.

All Additional files will be published along with the accepted article. Do not include files such as patient consent forms, certificates of language editing, or revised versions of the main manuscript document with tracked changes. Such files, if requested, should be sent by email to the journal's editorial email address, quoting the manuscript reference number. Please do not send completed patient consent forms unless requested.

Results that would otherwise be indicated as "data not shown" should be included as additional files. Since many web links and URLs rapidly become broken, BioMed Central requires that supporting data are included as additional files, or deposited in a recognized repository. Please do not link to data on a personal/departmental website. Do not include any individual participant details. The maximum file size for additional files is 20 MB each, and files will be virus-scanned on submission. Each additional file should be cited in sequence within the main body of text.

If additional material is provided, please list the following information in a separate section of the manuscript text:

- File name (e.g. Additional file 1)
- File format including the correct file extension for example .pdf, .xls, .txt, .pptx (including name and a URL of an appropriate viewer if format is unusual)
- Title of data
- Description of data

Additional files should be named "Additional file 1" and so on and should be referenced explicitly by file name within the body of the article, e.g. 'An additional movie file shows this in more detail [see Additional file 1]'.

For further guidance on how to use Additional files or recommendations on how to present particular types of data or information, please see [How to use additional files](#).

ANEXO B

NORMAS PARA SUBMISSÃO – REVISTA GAIT & POSTURE

JOURNAL DESCRIPTION

Gait and Posture publishes new and innovative basic and clinical research on all aspects of human movement, locomotion and balance. The journal is primarily focused on dynamic aspects of human movement and postural control.

The topics covered include:

Techniques for the measurement of **gait** and **posture**, and the standardization of results presentation; Studies of normal and **pathological gait**; Treatment of gait and **postural abnormalities**; Biomechanical and theoretical approaches to gait and posture; Mathematical models of **joint** and **muscle mechanics**; **Neurological** and **musculoskeletal** function in gait and posture; The evolution of **upright posture** and **bipedal locomotion**; Adaptations of carrying loads, walking on uneven surfaces, climbing stairs, running and performing other movements. Spinal biomechanics only if they are directly related to gait and/or dynamic posture and are of general interest to our readers; The effect of aging and development on gait and posture; Psychological and cultural aspects of gait; Patient education.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include 3-5 keywords
- Include a structured abstract (see below for format)
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print
- Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

- Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, Based on journal requirements

For further information, visit our Support Center [Support Center](#).

Preparation

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. More information on types of peer review.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Types of article

1. Article types accepted are: Original Article (Full Paper or Short Communication), Review Article, Book Review. Word limits are as follows: Full Paper 3,000 words plus no more than 6 figures/tables in total; Short Communication 1,200 words plus no more

than 3 figures/tables in total. The recommended word limit for Review Papers is 6,000 words. The word limits are non-inclusive of figures, tables, references, and abstracts. If the Editor feels that a paper submitted as a Full Paper would be more appropriate for the Short Communications section, then a shortened version will be requested. References should be limited to 40 for Full Papers; and 15 for Short Papers; there is no limit for review articles. A structured abstract of no more than 300 words should appear at the beginning of each Article. Authors must state the number of words when submitting.

Short Communications are intended to introduce new techniques that improve the analysis and evaluation of human movement. This article type is not for preliminary or case studies, and such submissions will be rejected without review. Authors submitting a Short Communication should justify why it is a Short Communication rather than a Full Paper in their cover letter.

Gait and Posture does not accept case reports.

All papers should contribute to improved understanding of human movement, particularly in clinical populations, and must therefore include a statement of significance in both the structured abstract and the main text. The contribution may be methodological; however Articles that simply validate existing methods or technologies are discouraged. Validation of methodology should instead be included within a larger study in which the methodology is used to answer a clinically relevant question.

2. All publications will be in English. Authors whose 'first' language is not English should arrange for their manuscripts to be written in idiomatic English **before** submission. A concise style avoiding jargon is preferred.

3. Authors should supply up to five keywords that may be modified by the Editors.

4. Authors should include a structured abstract of no more than 300 words including the following headings: Background, Research question, Methods, Results and Significance. The scientific and clinical background should be explained in 1-2 sentences. One clear scientifically relevant question should be derived from the background which represents the principle research question of the paper. This should be framed specifically as a question not simply as a description. The Methods section should summarise the core study methodology including the type of study (prospective/retrospective, intervention etc), procedures, number of participants and statistical methods. The Results section should summarise the study's main findings. The Significance section should place the results into context. Furthermore this section should highlight the clinical and/or scientific importance of the work, answering the question "so what?" This section should not simply repeat the study results or conclusions.

5. Acknowledgements should be included in the title page. Include external sources of support.

6. The text should be ready for setting in type and should be carefully checked for errors. Scripts should be typed double-spaced on one side of the paper only. Please do not underline anything, leave wide margins and number every sheet. Do not include line numbers as these will be added automatically by the submission system.

All illustrations should accompany the typescript, but not be inserted in the text. Refer to photographs, charts, and diagrams as 'figures' and number consecutively in order of appearance in the text. Substantive captions for each figure explaining the major point or points should be typed on a separate sheet. Do not include line numbers as these will be added automatically by the submission system.

8. Tables should be presented on separate sheets of paper and labelled consecutively but the captions should accompany the tables.

9. Authors should also note that files containing text, figures, tables or multimedia data can be placed in a supplementary data file which will be accessible via ScienceDirect (see later section for further details).

What information to include with the manuscript

Having read the criteria for submissions, authors should specify in their letter of transmittal whether they are submitting their work as an Original Article (Full Paper or Short Communication), Review Article, or Book Review. Emphasis will be placed upon originality of concept and execution. Only papers not previously published will be accepted. Comments regarding articles published in the Journal are solicited and should be sent as "Letter to the Editor". Such Letters are subject to editorial review. They should be brief and succinct. When a published article is subjected to comment or criticism, the authors of that article will be invited to write a letter or reply.

A letter of transmittal must include the statement, "Each of the authors has read and concurs with the content in the final manuscript. The material within has not been and will not be submitted for publication elsewhere except as an abstract." The letter of transmittal must be from all co-authors. All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted.

All contributors who do not meet the criteria for authorship as defined above should be listed in an acknowledgements section. Examples of those who might be acknowledged include a person who provided purely technical help, writing assistance, or a department chair who provided only general support. Authors should disclose whether they had any writing assistance and identify the entity that paid for this assistance.

Work on human beings that is submitted to *Gait & Posture* should comply with the principles laid down in the Declaration of Helsinki; Recommendations guiding

physicians in biomedical research involving human subjects. Adopted by the 18th World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, amended by the 29th World Medical Assembly, Tokyo, Japan, October 1975, the 35th World Medical Assembly, Venice, Italy, October 1983, and the 41st World Medical Assembly, Hong Kong, September 1989. The manuscript should contain a statement that the work has been approved by the appropriate ethical committees related to the institution(s) in which it was performed and that subjects gave informed consent to the work. Studies involving experiments with animals must state that their care was in accordance with institution guidelines. Patients' and volunteers' names, initials, and hospital numbers should not be used.

All Articles should include a justification of their sample size. While there is no set requirement for minimum sample size, studies considered to have too small a sample size to answer the research question will be rejected.

At the end of the text, under a subheading "Conflict of interest statement" all authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organisations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding.

All sources of funding should be declared as an acknowledgement. Authors should declare the role of study sponsors, if any, in the study design, in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the manuscript; and in the decision to submit the manuscript for publication. If the study sponsors had no such involvement, the authors should so state.

Authors are encouraged to suggest referees although the choice is left to the Editors. If you do, please supply their postal address and email address, if known to you.

Please note that papers are subject to single-blind review whereby authors are blinded to reviewers.

Randomised controlled trials

All randomised controlled trials submitted for publication in *Gait & Posture* should include a completed Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) flow chart. Please refer to the CONSORT statement website at <https://www.goodreports.org/reporting-checklists/consort/> for more information. The Journal has adopted the proposal from the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) which require, as a condition of consideration for publication of clinical trials, registration in a public trials registry. Trials must register at or before the onset of patient enrolment. The clinical trial registration number should be included at the end of the abstract of the article. For this purpose, a clinical trial is defined as any research project that prospectively assigns human subjects to intervention or comparison groups to study the cause-and-effect relationship between a medical intervention and a health outcome. Studies designed for other purposes, such as to study pharmacokinetics or

major toxicity (e.g. phase I trials) would be exempt. Further information can be found at <http://www.icmje.org>.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are optional yet highly encouraged for this journal, as they increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the example Highlights.

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

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

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available. **You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content;
- Supply more than 6 figures per manuscript.

References

All author names should be listed unless there are more than 6 authors, in which case the first 6 names should be listed followed by “et al.”

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Reference style

Text: Indicate references by number(s) in square brackets in line with the text. The actual authors can be referred to, but the reference number(s) must always be given. Example: '..... as demonstrated [3,6]. Barnaby and Jones [8] obtained a different result'

List: Number the references (numbers in square brackets) in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

[1] J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, The art of writing a scientific article, J. Sci. Commun. 163 (2010) 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

[2] J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

[3] W. Strunk Jr., E.B. White, *The Elements of Style*, fourth ed., Longman, New York, 2000.

Reference to a chapter in an edited book:

[4] G.R. Mettam, L.B. Adams, How to prepare an electronic version of your article, in: B.S. Jones, R.Z. Smith (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*, E-Publishing Inc., New York, 2009, pp. 281–304.

Reference to a website:

[5] Cancer Research UK, Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>, 2003 (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] [6] M. Oguro, S. Imahiro, S. Saito, T. Nakashizuka, Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1, 2015. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to software:

[7] E. Coon, M. Berndt, A. Jan, D. Svyatsky, A. Atchley, E. Kikinzon, D. Harp, G. Manzini, E. Shelef, K. Lipnikov, R. Garimella, C. Xu, D. Moulton, S. Karra, S. Painter, E. Jafarov, S. Molins, *Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88)*, Zenodo, March 25, 2020. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

ANEXO C

PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONTROLE NEUROMUSCULAR DO TRONCO NA CADEIRA WOBBLE CHAIR EM INDIVÍDUOS IDOSOS E COM DOENÇA DE PARKINSON

Pesquisador: Rubens Alexandre da Silva Junior

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 31775420.8.0000.0108

Instituição Proponente: EDITORA E DISTRIBUIDORA EDUCACIONAL S/A

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.147.522

Apresentação do Projeto:

O crescente e rápido envelhecimento populacional leva ao aumento da incidência de doenças crônicas e degenerativas como a doença de Parkinson (DP). Um dos principais acometimentos dos indivíduos com DP é o aumento da instabilidade postural, que está intimamente relacionada ao pobre controle neuromuscular de tronco nesta população. O Wobble chair surge como um método promissor na avaliação e intervenção sobre o

controle de tronco em indivíduos com DP. Métodos: Ensaio clínico dividido em duas partes, sendo a parte 1 um estudo transversal de validade e confiabilidade de método (teste e reteste com intervalo de 7 dias entre eles), composto por 10 indivíduos com DP e 10 indivíduos saudáveis e a parte 2 um ensaio clínico aleatório composto por 30 indivíduos com DP pertencentes a um ambulatório especializado em fisioterapia neurofuncional. As avaliações de ambas as partes serão realizadas por meio de questionários validados para esta população e na wobble chair nas tarefas a) tarefa simples (TS), b) dupla tarefa cognitiva (com teste de cores de Stroop), c) TS com olhos fechados, d) TS sem apoio dos pés e e) com testes de limite de estabilidade. Para a intervenção na parte 2 será realizado um protocolo de 4 semanas de duração (12 sessões) baseado no conceito neuroevolutivo Bobath, voltado especificamente para o objetivo. Para a análise estatística será utilizado o teste de Shapiro Wilk para análise de normalidade dos dados e teste t ou Wilcoxon para comparação entre os grupos, além de uma análise de erro padrão da medida entre as avaliações (parte 1); e o teste de anova-two way para a comparação intragrupo (parte 2).

Endereço: Rua Marilha, 591

Bairro: Jardim Piza

CEP: 86.041-140

UF: PR

Município: LONDRIANA

Telefone: (43)3371-9849

E-mail: cep@unopar.br



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 4.147.522

Correlações de Pearson serão realizadas entre as medidas de equilíbrio sentado e os scores dos questionários clínicos. A significância adotada será de 5% ($P < 0.05$). Resultados esperados: Espera-se encontrar diferenças entre os grupos na parte 1, com pior resultado para o grupo de indivíduos com DP. Espera-se ainda melhores resultados nos indivíduos com DP entre os momentos pré e pós intervenção, após conclusão da parte 2. Conclusão: o controle neuromuscular de tronco é um importante desfecho e contribui diretamente na manutenção do controle postural e diminuição do risco de quedas nos indivíduos com DP, assim avaliar e intervir sobre este desfecho de modo eficaz é essencial para garantir mais funcionalidade e melhor qualidade de vida para esta população.

Objetivo da Pesquisa:

Se espera que o grupo com DP apresente maior instabilidade postural do tronco do que o grupo controle; espera-se ainda que haja melhoras neste parâmetro após a aplicação do protocolo de intervenção.

Objetivo Primário: Avaliar o impacto da doença de Parkinson no controle neuromuscular do tronco; assim como determinar a eficácia de um modelo de intervenção para essa população.

Objetivo Secundário:

Parte-1 - Quantificar as respostas neuromusculares do tronco na postura sentada por meio de uma cadeira instável (Chair Wobbling) em adultos e idosos com e sem DP. Nesta fase será um estudo diagnóstico para comparar os grupos e identificar o padrão de comportamento neuromuscular do tronco dos indivíduos com DP a fim de melhor padronizar uma intervenção específica de tronco em equilíbrio. Também, esta etapa de pesquisa permitirá determinar a validade discriminante e a confiabilidade teste-reteste de todas as medidas empregadas nos indivíduos com DP por meio das análises de CCI e do erro da medida (SEM). Ressalta-se que para uma medida válida para uso clínico deve ter sua propriedade psicométrica confirmada; isto que se espera neste projeto de pesquisa.

Parte-2 – Determinar a eficácia de uma intervenção com base em programa específico de fisioterapia neurofuncional nas respostas neuromusculares do tronco quantificadas na Parte-1 do projeto de pesquisa. Outro objetivo é acompanhar ao longo do tempo o número de quedas por parte dos participantes do estudo após as oito semanas de intervenção.

Endereço: Rua Marcella, 591

Bairro: Jardim Piza

CEP: 86.041-140

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-9849

E-mail: cep@unopar.br



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 4.147.522

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos das intervenções são mínimos e se relacionam à fadiga pela submissão aos testes, não há perguntas nos questionários que possam causar algum constrangimento e o participante será acompanhado durante todo o decorrer das avaliações por pesquisadores treinados, equipados e com experiência no cuidado de indivíduos idosos com e sem DP. De qualquer forma, em caso de qualquer eventual problema, serão tomadas todas as providências cabíveis pela pesquisadora para a rápida e eficaz resolução do problema.

Benefícios:

Para os participantes da pesquisa, os benefícios envolvem educação em saúde, uma vez que, durante os momentos de avaliação e intervenção, os profissionais envolvidos estarão totalmente disponíveis para esclarecimento de dúvidas, explicações acerca dos recursos utilizados, dos objetivos da pesquisa e impactos sobre a DP, além de dúvidas gerais relacionadas à sua saúde e à DP. Também será dado feedback individualmente a cada

participante a respeito dos seus resultados de avaliação e intervenção, e ao final do protocolo de intervenção, se espera melhor controle neuromuscular de tronco nestes indivíduos. Espera-se, ainda, desenvolver um produto nacional capaz de avaliar a instabilidade postural na posição sentada e que seja de fácil uso para as

pesquisas e atendimentos clínicos no processo de reabilitação de diversos pacientes com disfunções neuro-músculo-esqueléticas como a DP.

Também, o presente projeto potencializará a especificidade de um método de tratamento para melhor isolar a região do tronco e assim obter melhores resultados quanto ao controle postural de indivíduos com a DP.

O projeto é inovador e potencializa a integração de vários pesquisadores e a divulgação da inovação brasileira quanto a construção da cadeira e sua utilização para o meio acadêmico, científico e saúde da população. O projeto tem impacto directo no desenvolvimento tecnológico para grande área de Ciências da Saúde, especificamente a área 21 onde a fisioterapia, terapia ocupacional e educação física caminham juntas. O projeto envolve

uma importante colaboração internacional com a UQAC e UmcGill (Canadá) em benefício de dois programas de pós-graduação Stricto Sensu do país: Mestrado e Doutorado acadêmico em Ciências da Reabilitação UEL/UNOPAR (Nota-5) e Mestrado profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde (Nota-4 com doutorado aprovado) ambos em Londrina, Paraná. O projeto contribuirá para

Endereço: Rua Marilha, 591

Bairro: Jardim Piza

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-9849

CEP: 85.041-140

E-mail: cep@unopar.br



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 4.147.522

formação de vários alunos envolvidos nesses dois programas além de beneficiar no futuro outros alunos de iniciação científica de ambas as Instituições (UNOPAR e UEL) e os próprios docentes em parcerias diretas e indiretas com o Canadá. O projeto também irá contribuir para inserção de alunos do Canadá no Brasil para formação e estágio em pesquisa. Além do processo contrário contribuindo assim para bilateralidade dos convênios internacionais.

Por fim, os resultados desta pesquisa servirão para a prática clínica, guiando os clínicos no processo de avaliação e intervenção das respostas neuromusculares do tronco em pacientes com DP. Os resultados também contribuirão para o desenvolvimento educacional do país, disseminando conhecimento por meio de publicações internacionais e nacionais, cujo o qualis seja superior ou igual a B1 conforme os periódicos apontados na

área 21. Certamente várias dissertações de Mestrado, assim como Teses de doutorado, poderão ocorrer durante a execução deste projeto além da disseminação dos resultados por meio das publicações científicas. Para a sociedade, espera-se inovar na elaboração de novos métodos de avaliação e intervenção que preconizem o segmento comprometido

funcionalmente de forma específica para melhorar a qualidade de vida ativa da população por meio da atuação profissional de alta qualidade.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

objetivo principal do projeto consiste em avaliar o impacto da doença de Parkinson (DP) no controle neuromuscular do tronco; assim como determinar a eficácia de um modelo de intervenção para essa população". Sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma: você será avaliado por meio de testes e instrumentos utilizados internacionalmente e validados pela literatura científica que avaliam o estágio clínico do comprometimento da doença (se você for do grupo que apresenta DP), avaliação da cognição, verificação da mobilidade de tronco e funcionalidade e medidas de comprimento de membros inferiores e tronco, e também será analisado seu controle neuromuscular de tronco em um equipamento experimental, na posição sentada e diante de diferentes situações de teste. As avaliações serão divididas em dois momentos, com intervalo de sete dias entre eles, sendo o primeiro com duração de aproximadamente uma hora (no qual serão utilizadas os instrumentos supracitados) e o segundo momento de aproximadamente 30 minutos, no qual serão reaplicados os testes de funcionalidade e mobilidade e controle neuromuscular de tronco.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos: Projeto, folha de rosto, TCLE e métodos de avaliação foram postados. Todos os

Endereço: Rua Marilha, 591

Bairro: Jardim Piza

CEP: 85.041-140

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-9849

E-mail: cep@unopar.br



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 4.147.522

todos documentos atendem a Resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde. Os Instrumentos de coleta de dados foram postados e estão adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências ou inadequações. Não foram observados óbices éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:

O protocolo de pesquisa atende às Resoluções CNS nº 466/12 e/ou CNS nº 510/2016 e demais Resoluções complementares do CNS, bem como ao disposto em Normas Operacionais, Manuais e Cartas Circulares do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Deverão ser apresentados relatórios (parciais e/ou final) a cada 12 meses a partir da data de aprovação deste protocolo. Para elaboração do relatório o(a) pesquisador(a) deverá utilizar o formulário específico disponível no site do CEP UNOPAR (<https://www.pgsskroton.com.br/unopar/comite-humanos.php>) e encaminhá-lo via Plataforma Brasil como NOTIFICAÇÃO.

O(a) pesquisador(a) também poderá apresentar relatórios a qualquer tempo, em casos de relevância. Os relatos de eventos adversos devem ser informados a este comitê, de acordo com o disposto na Carta Circular CONEP/CNS nº 008/2011.

Eventuais modificações no protocolo de pesquisa durante sua execução devem ser informadas ao CEP UNOPAR como EMENDA, identificando as alterações, juntamente com a apresentação da justificativa. Caso os relatórios pertinentes não sejam apresentados, o CEP poderá suspender temporariamente novas análises de outros protocolos de pesquisa do(a) mesmo(a) pesquisador(a) responsável.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1513011.pdf	17/06/2020 17:17:27		Aceito

Endereço: Rua Marinha, 591

Bairro: Jardim Piza

CEP: 85.041-140

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-9849

E-mail: cep@unopar.br



UNIVERSIDADE NORTE DO
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 4.147.522

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Controle_neuromuscular_do_tronco_DP. pdf	17/06/2020 17:13:46	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento.docx	17/06/2020 17:08:11	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	17/06/2020 17:07:54	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.docx	17/06/2020 17:07:32	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	09/05/2020 13:52:10	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	09/05/2020 13:43:34	Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 10 de Julho de 2020

Assinado por:
Audrey de Souza Marquez
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Marilha, 591

Bairro: Jardim Piza

CEP: 86.041-140

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-9849

E-mail: cep@unopar.br

ANEXO D

MDS-UPDRS – Unified Parkinson's Disease Rating Scale

MDS-UPDRS

A nova versão da UPDRS patrocinada pela *Sociedade de Distúrbios do Movimento* (Movement Disorders Society - MDS) baseia-se na crítica anteriormente formulada pelo Grupo de Trabalho para Escalas de Avaliação em Doença de Parkinson (*Mov Disord* 2003;18:738-750). Consequentemente, a MDS selecionou um coordenador principal para organizar um programa visando criar uma nova versão da UPDRS para a comunidade dos Distúrbios do Movimento a qual manteria o formato geral da versão original da UPDRS, mas que abordasse as fraquezas e ambiguidades identificadas na análise crítica. O coordenador principal nomeou subcomitês com coordenadores e membros. Cada parte foi redigida pelos membros do respetivo subcomitê e posteriormente revista e retificada por todo o grupo. Estes membros estão listados abaixo.

A MDS UPDRS tem quatro partes: Parte I (aspectos não motores da vida diária), Parte II (aspectos motores da vida diária), Parte III (avaliação motora) e Parte IV (complicações motoras). A Parte I tem dois componentes: IA refere-se a um determinado número de comportamentos avaliados pelo investigador através de toda a informação pertinente obtida a partir dos pacientes e cuidadores e IB, que é preenchida pelo paciente, com ou sem a ajuda do cuidador, mas de forma independente do investigador. Este componente pode, no entanto, ser revisto pelo avaliador, para garantir que todas as perguntas são respondidas de modo claro, podendo o avaliador ajudar a explicar qualquer ambiguidade encontrada. A Parte II é desenhada para ser um questionário de autopreenchimento, como a parte IB, porém pode ser revista pelo investigador para garantir o seu claro e completo preenchimento. Deve ser salientado que as versões oficiais das Partes 1A, 1B e 2 da MDS-UPDRS não têm avaliações *on* e *off* separadas. Contudo, para programas ou protocolos específicos, pode-se utilizar as mesmas questões para os estados *on* e *off separadamente*. A Parte III tem instruções para o avaliador fornecer ou demonstrar ao paciente e é preenchida pelo avaliador. A Parte IV tem instruções para o avaliador e também instruções para serem lidas ao paciente. Esta parte integra a informação obtida do paciente com as observações e julgamentos clínicos do avaliador, sendo preenchida pelo avaliador.

Os autores desta nova versão são:

Coordenador principal: Christopher G. Goetz

Part I: Werner Poewe (coordenador), Bruno Dubois, Anette Schrag

Part II: Matthew B. Stern (coordenador), Anthony E. Lang, Peter A. LeWitt

Part III: Stanley Fahn (coordenador), Joseph Jankovic, C. Warren Olanow

Part IV: Pablo Martinez-Martin (coordenador), Andrew Lees, Olivier Rascol, Bob van Hilten

Normas de Desenvolvimento: Glenn T. Stebbins (coordenador), Robert Holloway, David Nyenhuis

Apêndices: Cristina Sampaio (coordenador), Richard Dodel, Jaime Kulisevsky

Teste Estatístico: Barbara Tilley (coordenador), Sue Leurgans, Jean Teresi,

Consultores: Stephanie Shaftman, Nancy LaPelle

Pessoa de contato:

Christopher G. Goetz, MD Rush

University Medical Center

1725 W. Harrison Street, Suite

755 Chicago, IL USA 60612

Telefone: 312-942-8016

Email: cgoetz@rush.edu

1 de Julho de 2008

Parte I: Aspectos Não Motores das Experiências da Vida Diária (nM-EVD)

Visão geral: Esta parte da escala avalia o impacto dos aspectos não motores da Doença de Parkinson (DP) nas experiências de vida diária dos pacientes. Ela tem 13 questões. A Parte 1A é administrada pelo avaliador (seis questões) e foca-se em comportamentos complexos. A Parte 1B é uma componente do Questionário de autopreenchimento do paciente que abrange sete questões sobre as experiências não motoras da vida diária.

Parte 1A:

Ao administrar a Parte 1A, o avaliador deve utilizar as seguintes recomendações:

1. Assinale na parte superior do formulário a fonte principal dos dados: paciente, cuidador, ou paciente e cuidador em igual proporção.
2. A resposta a cada item deve referir-se ao período que abrange a semana anterior, incluindo o dia em que se coleta a informação.
3. Todos os itens devem ser pontuados com um valor inteiro (sem meios pontos, sem dados em falta). Na eventualidade de um item não se aplicar ou não poder ser quantificado (e.x., amputado que não consegue andar), o item é marcado com NA para Não Aplicável.
4. As respostas devem refletir o nível de funcionamento habitual e palavras como “habitualmente”, “geralmente”, “a maior parte do tempo” podem ser usadas com os pacientes.
5. Cada questão tem um texto para ser lido (Instruções para os pacientes/cuidador). Após esta instrução, pode-se elaborar e perguntar baseando-se nos sintomas alvo descritos nas Instruções para o avaliador. **NÃO SE DEVE LER AS OPÇÕES DE RESPOSTA** ao paciente/cuidador, porque estas estão escritas em terminologia médica. A partir da entrevista e das perguntas, o avaliador utiliza o juízo médico para chegar à melhor resposta.
6. Os pacientes podem ter co-morbididades e outras condições médicas que podem afetar a sua funcionalidade. O avaliador e o paciente devem avaliar o problema como ele se apresenta e não tentar separar elementos da Doença de Parkinson de outras condições.

EXEMPLO DE SELEÇÃO ENTRE AS OPÇÕES DE RESPOSTA PARA A PARTE 1A

Estratégias sugeridas para obter a resposta mais exata:

Após ler as instruções ao paciente, o avaliador necessitará de sondar todo o domínio sob discussão para determinar se é normal ou problemático. Se as questões não identificarem qualquer problema nesse domínio, assinalar 0 e passar para a próxima questão.

Se as questões identificarem um problema nesse domínio, deve-se tomar como ponto de referência uma pontuação intermediária (opção 2 ou ligeiro) para verificar se a funcionalidade do paciente se encontra neste nível, melhor ou pior. O avaliador não deverá ler as opções de resposta ao paciente pois as respostas usam terminologia médica. O avaliador deverá fazer as perguntas de sondagem necessárias para determinar a resposta que deve ser escolhida.

O avaliador deve discutir com o paciente as opções acima e abaixo para identificar a resposta mais exata, fazendo uma revisão final excluindo as opções acima e abaixo da resposta selecionada.



_____ Nome do paciente ou ID do Sujeito	_____ ID do Local	_____ (dd-mm-aaaa) Data da Avaliação	_____ Iniciais do Investigador
--	----------------------	--	-----------------------------------

MDS UPDRS

Parte I: Aspectos Não Motores das Experiências da Vida Diária (nM-EVD)

Parte 1A: Comportamentos complexos: [preenchido pelo avaliador]

Fonte primária da informação:

☐ Paciente
 ☐ Cuidador
 ☐ Paciente e Cuidador em proporções iguais

Para ler ao paciente: Vou colocar-lhe seis questões acerca de comportamentos que podem ou não ter vivenciado. Algumas questões referem-se a problemas comuns e outras questões a problemas que são incomuns. Se tem um problema numa destas áreas, por favor escolha a melhor resposta que descreve como se sentiu NA MAIOR PARTE DO TEMPO durante a ÚLTIMA SEMANA. Se não é afetado pelo problema, pode simplesmente responder NÃO. Tento ser minucioso, por isso posso colocar-lhe questões que nada têm a ver consigo.

1.1 Disfunção cognitiva

Instruções para o avaliador: Considere todos os tipos de alteração das funções cognitivas, incluindo lentidão cognitiva, alteração do raciocínio, perda de memória, déficit de atenção e orientação. Pontue o seu impacto nas atividades da vida diária, tal como estas são identificadas pelo paciente e/ou cuidador.

Instruções para os pacientes [e cuidador]: Durante a última semana, teve dificuldade em lembrar-se de coisas, acompanhar conversas, prestar atenção, pensar claramente ou em orientar-se em casa ou na cidade? [se sim, o avaliador pede ao paciente ou cuidador para especificar, para melhor esclarecimento].

0: Normal: Sem disfunção cognitiva.

1: Discreto: Disfunção cognitiva identificada pelo paciente ou cuidador, sem interferência concreta na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais normais.

2: Ligeiro: Disfunção cognitiva clinicamente evidente, mas apenas com interferência mínima na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais normais.

3: Moderado: As disfunções cognitivas interferem, mas não impedem, que o paciente desempenhe as suas atividades e interações sociais normais.

4: Grave: A disfunção cognitiva impede que o paciente desempenhe as suas atividades e interações sociais normais.

Pontuação

1.2 Alucinações e Psicose <u>Instruções para o avaliador:</u> Considere ilusões (interpretações falsas de estímulos reais) e alucinações (sensações falsas espontâneas). Considere todos os principais domínios sensoriais (visual, auditivo, tátil, olfativo e gustativo). Determine a presença de sensações não formadas (por exemplo, sensação de presença ou falsas impressões transitórias) bem como de sensações formadas (completamente desenvolvidas e detalhadas). Avalie a noção de realidade que o paciente tem em relação às alucinações e identifique delírios e pensamentos psicóticos. <i>Instruções para o paciente [e cuidador]: Durante a última semana, viu, ouviu, cheirou ou sentiu coisas que não estavam realmente lá? [se sim, o avaliador pede ao paciente ou cuidador para especificar, para melhor esclarecimento].</i> 0: Normal: Sem alucinações ou comportamento psicótico. 1: Discreto: Ilusões ou alucinações não formadas, mas o paciente reconhece-as sem perda de noção da realidade. 2:Ligeiro: Alucinações formadas, independentes de estímulos ambientais. Sem perda de noção da realidade. 3: Moderado: Alucinações formadas com perda de noção da realidade. 4: Grave: O paciente tem delírios ou paranóia.	Pontuação
1.3. Humor depressivo <u>Instruções para o avaliador:</u> Considere desânimo, tristeza, desespero, sentimentos de vazio ou perda da capacidade de sentir prazer (anedonia). Determine a sua presença e duração na última semana e pontue a sua interferência na capacidade do paciente desempenhar rotinas diárias e envolver-se em interações sociais. <i>Instruções para o paciente [e cuidador]: Durante a última semana, sentiu-se mal, triste, desesperado ou incapaz de apreciar coisas? Se sim, esse sentimento durou mais de um dia de cada vez? Este sentimento trouxe-lhe dificuldades em desempenhar as suas atividades habituais ou em estar com outras pessoas? [Se sim, o avaliador pede ao paciente ou cuidador para especificar, para melhor esclarecimento].</i> 0: Normal: Sem humor depressivo. 1: Discreto: Episódios de humor depressivo que não se prolongam por mais de um dia de cada vez. Sem interferência na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 2:Ligeiro: Humor depressivo mantido por vários dias, mas sem interferência na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 3: Moderado: Humor depressivo que interfere mas não impede o paciente de desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 4:Grave: Humor depressivo que impede o paciente de desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais.	

1.4 Ansiedade <u>Instruções para o avaliador:</u> Determine a presença da sensação de nervosismo, tensão, preocupação ou ansiedade (incluindo ataques de pânico) durante a última semana e pontue a sua duração e interferência com a capacidade do paciente desempenhar rotinas diárias e envolver-se em interações sociais. <u>Instruções para o paciente [e cuidador]:</u> Durante a última semana, sentiu-se nervoso, preocupado ou tenso? Se sim, este sentimento durou mais de um dia de cada vez? Isto fez com que tivesse dificuldade em realizar as suas atividades habituais ou em estar com outras pessoas? [Se sim, o avaliador pede ao paciente ou cuidador para especificar, para melhor esclarecimento]. 0: Normal: Sem ansiedade. 1: Discreto: Sentimento de ansiedade presente mas não mantido por mais de um dia de cada vez. Sem interferência na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 2: Ligeiro: Sentimento de ansiedade presente e mantido por mais de um dia de cada vez. Sem interferências na capacidade do paciente desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 3: Moderado: O sentimento de ansiedade interfere mas não impede o paciente de desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais. 4: Grave: O sentimento de ansiedade impede o paciente de desempenhar as suas atividades e interações sociais habituais.	Pontuação
1.5 Apatia <u>Instruções para o avaliador:</u> Considere os níveis de atividade espontânea, assertividade, motivação e iniciativa e pontue o seu impacto no desempenho das rotinas diárias e interação social. Aqui, o avaliador deve tentar distinguir entre apatia e sintomas semelhantes que são melhor explicados pela depressão. <u>Instruções para o paciente (e cuidador):</u> Durante a última semana, sentiu-se sem interesse em realizar atividades ou estar com pessoas? [se sim, o avaliador pede ao paciente ou cuidador para especificar, para melhor esclarecimento]. 0: Normal: Sem apatia. 1: Discreto: Apatia referida pelo paciente e/ou cuidador, mas sem interferência na realização das suas atividades e interações sociais habituais. 2: Ligeiro: Apatia que interfere com atividades e interações sociais esporádicas. 3: Moderado: Apatia que interfere com a maioria das atividades e interações sociais. 4: Grave: Passivo e com completa perda de iniciativa.	

1.6 ASPECTOS DA SÍNDROME DE DESREGULAÇÃO DOPAMINÉRGICA

Pontuação

Instruções para o avaliador: Considere o envolvimento em várias atividades, incluindo jogo atípico ou excessivo (e.x., cassinos ou bilhetes de loteria), ímpeto sexual atípico ou excessivo (e.x., interesse incomum por pornografia, masturbação, exigências sexuais ao parceiro), outras atividades repetitivas (e.x., passatempos, desmontar, ordenar ou organizar objetos), ou tomar medicação extra não prescrita por razões não relacionadas com o estado físico (ou seja, comportamentos aditivos). Pontue o impacto destas atividades ou comportamentos anormais do paciente na sua vida pessoal, familiar e relações sociais (incluindo a necessidade de pedir dinheiro emprestado ou outras dificuldades financeiras como a suspensão do cartão de crédito, conflitos graves com a família, perda de horas de trabalho, de refeições ou de sono devido à atividade).

Instruções para o paciente [e cuidador]: Durante a última semana, teve algum desejo extremamente forte e difícil de controlar? Sentiu-se tentado a fazer ou pensar algo e depois teve dificuldade em parar essa atividade? [dê ao paciente exemplos como jogar, limpar, usar o computador, tomar medicação a mais, obsessão pela comida ou sexo, tudo variando de pessoa para pessoa].

0: Normal: Ausência de problemas.

1: Discreto: Os problemas estão presentes mas geralmente não causam dificuldades ao paciente ou família/cuidador.

2: Ligeiro: Os problemas estão presentes e geralmente causam algumas dificuldades na vida pessoal e familiar do paciente.

3: Moderado: Os problemas estão presentes e geralmente causam muitas dificuldades na vida pessoal e familiar do paciente.

4: Grave: Os problemas estão presentes e impedem o paciente de desempenhar as atividades habituais e interações sociais ou impedem a manutenção dos padrões anteriores na vida pessoal e familiar.

As questões restantes da Parte I (Experiências Não Motoras da Vida Diária) [Sono, Sonolência diurna, Dor e outras Sensações, Problemas Urinários, Problemas de Obstipação Intestinal, Tonturas ao se levantar, e Fadiga] estão no **Questionário do Paciente** juntamente com todas as questões da Parte II [Experiências Motoras da Vida Diária].

Questionário do Paciente:

INSTRUÇÕES

Este questionário irá colocar-lhe questões sobre as suas experiências de vida diária.

São 20 perguntas. Queremos ser minuciosos e, portanto, algumas das perguntas podem não se aplicar à sua situação atual ou futura. Se não tiver o problema, marque simplesmente 0 ou NÃO.

Estamos interessados na sua funcionalidade média ou habitual durante a última semana, incluindo o dia de hoje. Alguns pacientes conseguem fazer coisas melhor numa parte do dia do que noutras. No entanto, apenas é permitida uma resposta para cada questão. Portanto, escolha a resposta que melhor descreve aquilo que consegue fazer na maior parte do tempo.

Você pode ter outras doenças além da doença de Parkinson. Não se preocupe em distinguir a doença de Parkinson de outras doenças. Apenas responda à questão com a sua resposta mais adequada.

Use apenas as respostas 0, 1, 2, 3 ou 4, e mais nenhuma. Não deixe nenhum espaço em branco.

O seu médico ou outro profissional de saúde podem rever as questões com você, mas este questionário é para ser preenchido pelo paciente, seja sozinho ou com a ajuda do seu cuidador.

Quem está preenchendo este questionário (escolha a resposta mais adequada):

☐

Paciente

☐

Cuidador

☐

Paciente e cuidador em igual proporção

Parte I: Aspectos Não Motores das Experiências da Vida Diária (nM-EVD)	
1.7 PROBLEMAS DO SONO Durante a última semana, você teve algum problema para adormecer à noite ou em permanecer dormindo durante a noite? Considere o quanto descansado se sentiu ao acordar de manhã. 0: Normal: Sem problemas. 1: Discreto: Os problemas do sono existem, mas habitualmente não impedem que tenha uma noite de sono completa. 2: Ligeiro: Os problemas do sono causam habitualmente alguma dificuldade em ter uma noite de sono completa. 3: Moderado: Os problemas do sono causam muitas dificuldades em ter uma noite de sono completa, mas habitualmente ainda durmo mais de metade da noite. 4: Grave: Habitualmente não consigo dormir durante a maior parte da noite.	Pontuação
1.8 SONOLÊNCIA DIURNA Durante a última semana, teve dificuldade em manter-se acordado durante o dia? 0: Normal: Sem sonolência durante o dia. 1: Discreto: Tenho sonolência durante o dia, mas consigo resistir e permaneço acordado. 2: Ligeiro: Por vezes adormeço quando estou sozinho e relaxado. Por exemplo, enquanto leio ou vejo televisão. 3: Moderado: Por vezes adormeço quando não deveria. Por exemplo, enquanto como ou falo com outras pessoas. 4: Grave: Adormeço frequentemente quando não deveria. Por exemplo, enquanto como ou falo com outras pessoas.	

1.13 FADIGA Durante a última semana, sentiu-se habitualmente fatigado? Esta sensação <u>não</u> é por estar com sono ou triste. 0: Normal: Sem fadiga. 1: Discreto: Sinto fadiga. No entanto, não me causa dificuldade em fazer coisas ou em estar com pessoas. 2: Ligeiro: A fadiga causa-me alguma dificuldade em fazer coisas ou em estar com pessoas. 3: Moderado: A fadiga causa-me muita dificuldade em fazer coisas ou em estar com pessoas. No entanto, não me impede de fazer nada. 4: Grave: A fadiga impede-me de fazer coisas ou de estar com pessoas.		Pontuação
Parte II: Aspectos Motores de Experiências da Vida Diária (M-EVD)		
2.1 FALA Durante a última semana, teve dificuldades com a sua fala? 0: Normal: Não (sem problemas). 1: Discreto: A minha forma de falar é com uma voz baixa, arrastada ou irregular, mas os outros não me pedem para repetir. 2: Ligeiro: A minha forma de falar faz com que, ocasionalmente, as pessoas me peçam para repetir, mas não todos os dias. 3: Moderado: A minha forma de falar é pouco clara, de tal modo que, as outras pessoas me pedem para repetir todos os dias, apesar da maioria da minha fala ser compreendida. 4: Grave: A maioria ou toda a minha fala não é compreendida.		Pontuação

Parte III: Avaliação Motora

Visão Geral: Esta parte da escala avalia os sinais motores da DP. Ao administrar a Parte III da MDS-UPDRS o avaliador deve cumprir as seguintes diretrizes:

Na parte superior do formulário, marque se o paciente está utilizando medicação para o tratamento de sintomas da doença de Parkinson e, se estiver sob o uso de levodopa, o tempo desde a última dose.

Se o paciente recebe tratamento para os sintomas da doença de Parkinson, marque também o estado clínico do paciente usando as seguintes definições:

ON é estado funcional típico de quando os pacientes recebem medicação e têm uma boa resposta.

OFF é o estado funcional típico de quando os pacientes têm uma má resposta apesar de tomarem medicação.

O avaliador deve "pontuar o que vê". É evidente que outros problemas médicos concomitantes, tais como um acidente vascular cerebral, paralisia, artrite, contratura, e problemas ortopédicos, tais como prótese da coxa-femoral ou joelho e escoliose, podem interferir com itens individuais da avaliação motora. Em situações em que é absolutamente impossível testar (ex., amputações, plegia, membro engessado), utilize a anotação "NA" para Não Aplicável. Nas demais circunstâncias, avalie cada tarefa que o paciente desempenha no contexto das suas comorbidades.

Todos os itens devem ser pontuados com um valor inteiro (sem meios pontos, sem dados em falta).

Instruções específicas são fornecidas para testar cada item. Estas devem ser seguidas em todas as circunstâncias. O avaliador demonstra enquanto descreve a tarefa que o paciente deve realizar e pontua a função imediatamente depois. Para os itens Espontaneidade Global de Movimento e Tremor de Repouso (3.14 e 3.17), estes itens foram colocados deliberadamente no final da escala porque a informação clínica pertinente para a pontuação será obtida durante toda a avaliação.

No final da pontuação, indicar se discinesia (coreia ou distonia) esteve presente no momento da avaliação, e se assim for, se estes movimentos interferiram com a avaliação motora.

3a O paciente usa medicação para o tratamento dos sintomas da doença de Parkinson? Não Sim

3b Se o paciente recebe medicação para o tratamento dos sintomas da doença de Parkinson, marque o estado clínico do paciente usando as seguintes definições:

ON: On é o estado funcional típico de quando os pacientes estão a tomar medicação e têm uma boa resposta.

OFF: Off é o estado funcional típico de quando os pacientes têm uma resposta fraca apesar de tomarem medicação.

3c O paciente usa Levodopa ? Não Sim

3.C1 Se sim, minutos desde a última dose de levodopa: _____

3.1 FALA <u>Instruções para o avaliador:</u> Escute a fala espontânea do paciente e participe da conversa se necessário. Tópicos sugeridos: pergunte sobre o trabalho do paciente, passatempos, exercício, ou como ele chegou ao consultório. Avalie o volume, modulação (prosódia) e a clareza, incluindo fala arrastada, palilalia (repetição de sílabas) e taquifemia (discurso rápido, juntando as sílabas). 0: Normal: Sem problemas de fala. 1: Discreto: Perda de modulação, dicção ou volume, mas todas as palavras são facilmente compreensíveis. 2: Ligeiro: Perda de modulação, dicção ou volume, com algumas palavras não claras, mas a frase como um todo é fácil de compreender. 3: Moderado: A fala é difícil de compreender ao ponto de algumas, mas não a maioria das frases, serem difíceis de compreender. 4: Grave: A maioria da fala é difícil de compreender ou ininteligível.	Pontuação
3.2 EXPRESSÃO FACIAL <u>Instruções para o avaliador:</u> Observe o paciente sentado em repouso durante 10 segundos, sem falar e também enquanto fala. Observe a frequência do piscar de olhos, face tipo máscara ou perda de expressão facial, sorriso espontâneo ou afastamento dos lábios. 0: Normal: Expressão facial normal. 1: Discreto: Mínima fâcies inexpressiva manifestada apenas pela diminuição na frequência do piscar de olhos. 2: Ligeiro: Além da diminuição da frequência do piscar de olhos, presença de fâcies inexpressiva na parte inferior da face, particularmente nos movimentos da boca, tal como menos sorriso espontâneo, mas sem afastamento dos lábios. 3: Moderado: Fâcies inexpressiva com afastamento dos lábios por algum tempo quando a boca está em repouso. 4: Grave: Fâcies inexpressiva com afastamento dos lábios na maior parte do tempo quando a boca está em repouso.	

3.3 RIGIDEZ <u>Instruções para o avaliador:</u> A rigidez é avaliada usando movimentos passivos lentos das grandes articulações com o paciente numa posição relaxada e o avaliador manipulando os membros e pescoço. Primeiro teste sem a manobra de ativação. Teste e pontue o pescoço e cada membro separadamente. Para os braços, teste as articulações do punho e cotovelos simultaneamente. Para as pernas teste as articulações coxo-femural e do joelho simultaneamente. Se não for detectada rigidez, use uma manobra de ativação tais como bater o primeiro e o segundo dedo, abrir/fechar a mão, ou toque do calcanhar, no membro que não está sendo testado. Explique ao paciente que deve tentar relaxar o máximo possível enquanto é testada a rigidez. 0: Normal: Sem rigidez. 1: Discreto: Rigidez apenas detectada com uma manobra de ativação. 2: Ligeiro: Rigidez detectada sem a manobra de ativação, mas a amplitude total de movimento é facilmente alcançada. 3: Moderado: Rigidez detectada sem a manobra de ativação; amplitude total alcançada com esforço. 4: Grave: Rigidez detectada sem a manobra de ativação e amplitude total de movimento não alcançada.	Pontuação Pescoço MSD MSE MID MIE
3.4 BATER DOS DEDOS DA MÃO (PINÇA) <u>Instruções para o avaliador:</u> Cada mão é testada separadamente. Faça a demonstração da tarefa, mas não realize a tarefa enquanto o paciente é testado. Instrua o paciente para que toque com o indicador no polegar 10 vezes, o mais rápido e amplo possível. Pontue cada lado separadamente, avaliando velocidade, amplitude, hesitações, interrupções e diminuição da amplitude. 0: Normal: Sem problemas. 1: Discreto: Qualquer dos seguintes: a) o ritmo regular é interrompido com uma ou duas interrupções ou hesitações nos movimentos; b) lentidão mínima; c) a amplitude diminui perto do fim das 10 repetições. 2: Ligeiro: Qualquer um dos seguintes: a) 3 a 5 interrupções durante os movimentos; b) lentidão ligeira; c) a amplitude diminui no meio da sequência das 10 repetições. 3: Moderado: Qualquer um dos seguintes: a) mais de 5 interrupções durante os movimentos ou pelo menos uma pausa mais longa (<i>bloqueio</i>); b) lentidão moderada; c) a amplitude diminui após o primeiro movimento. 4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.	D E

3.9 LEVANTAR-SE DA CADEIRA <u>Instruções para o avaliador:</u> Coloque o paciente sentado numa cadeira de encosto reto e com braços, com ambos os pés no chão e costas no fundo da cadeira (se o paciente não for muito baixo). Peça ao paciente para cruzar os seus braços sobre o peito e depois levantar-se. Se o paciente não conseguir, tentar novamente até um máximo de duas vezes. Se ainda assim não conseguir, permitir ao paciente que se chegue à frente na cadeira para se levantar com os braços cruzados ao nível do peito. Permitir apenas uma tentativa nesta situação. Se sem sucesso, permitir que o paciente se empurre usando as mãos nos braços da cadeira. Permitir um máximo de três tentativas usando esta estratégia. Se ainda assim não conseguir, ajude o paciente a levantar-se. Após o paciente estar de pé, observe a postura para o item 3.13. 0: Normal: Sem problemas. Capaz de se levantar rapidamente sem hesitações. 1: Discreto: O levantar é mais lento que o normal; ou pode ser necessária mais que uma tentativa; ou pode ser necessário mover-se à frente na cadeira para se levantar. Sem necessidade de usar os braços da cadeira. 2: Ligeiro: Empurra-se para cima usando os braços da cadeira sem dificuldade. 3: Moderado : Precisa de se empurrar, mas tende a cair para trás; ou pode ter de tentar mais do que uma vez utilizando os braços da cadeira, mas consegue levantar-se sem ajuda. 4: Grave: Incapaz de se levantar sem ajuda.	Pontuação
3.10 MARCHA <u>Instruções para o avaliador:</u> A avaliação da marcha é melhor realizada solicitando que o paciente caminhe para longe e depois em direção ao avaliador para que quer o lado direito, quer o lado esquerdo do corpo possam ser facilmente observados simultaneamente. O paciente deve andar pelo menos 10 metros (30 pés), depois dar a volta e regressar para junto do avaliador. Este item mede vários comportamentos: amplitude dos passos, velocidade do passos, altura da elevação do pés, contato do calcanhar durante a marcha, dar a volta, e o balanceio dos braços, mas não o bloqueio da marcha (<i>freezing</i>). Aproveite para avaliar o bloqueio da marcha (<i>freezing</i>) (próximo item 3.11) enquanto o paciente caminha. Observe postura para o item 3.13. 0: Normal: Sem problemas. 1: Discreto: Marcha independente com mínima alteração. 2: Ligeiro: Marcha independente mas com alteração substancial. 3: Moderado : Precisa de um auxílio de marcha (bengala, muleta, andador) para andar em segurança, mas não de outra pessoa. 4: Grave: Incapaz de caminhar ou consegue apenas com ajuda de outra pessoa.	

3.11 BLOQUEIO NA MARCHA (<i>FREEZING</i>) <u>Instruções para o avaliador:</u> Enquanto avalia a marcha, avalie também a presença de qualquer episódio de bloqueio na marcha (<i>freezing</i>). Procure hesitações no início e titubeação nos movimentos especialmente quando se vira e atinge o final da tarefa. Na medida em que a segurança permitir, os pacientes NÃO podem usar truques sensoriais durante a avaliação. 0: Normal: Sem bloqueio na marcha (<i>freezing</i>). 1: Discreto: Bloqueio ao iniciar a marcha, ao se virar ou ao atravessar portas com apenas uma interrupção durante qualquer um destes eventos, mas depois continua sem bloqueios durante a marcha em linha reta. 2: Ligeiro: Bloqueio no início, nas voltas ou ao atravessar portas com mais de uma interrupção durante qualquer uma destas atividades, mas depois continua sem bloqueios durante a marcha em linha reta. 3: Moderado: Bloqueia uma vez durante a marcha em linha reta. 4: Grave: Bloqueia várias vezes durante a marcha em linha reta.	Pontuação
3.12 ESTABILIDADE POSTURAL <u>Instruções para o avaliador:</u> Este teste avalia a resposta ao movimento súbito do corpo produzido por um puxão rápido e forte sobre os ombros, enquanto o paciente está de pé com os olhos abertos e os pés confortavelmente afastados e paralelos um ao outro. Teste a retropulsão. Posicione-se atrás do paciente e instrua-o sobre o que ocorrerá. Explique ao paciente que pode dar um passo atrás para evitar a queda. Deve haver uma parede sólida atrás do avaliador a, pelo menos, 1-2 metros de distância para permitir a observação do número de passos atrás. O primeiro puxão é uma demonstração instrutiva e é deliberadamente mais suave e não pontuado. Na segunda vez os ombros devem ser puxados rápida e bruscamente em direção ao avaliador com força suficiente para deslocar o centro de gravidade de modo a que o paciente tenha de dar um passo para trás. O avaliador deve estar preparado para amparar o paciente, mas deve estar suficientemente afastado para permitir espaço suficiente para o paciente dar vários passos e recuperar de forma independente. Não permita que o paciente flexione o corpo anormalmente em antecipação ao puxão. Observe o número de passos para trás ou a queda. Até inclusive dois passos para a recuperação é considerado normal, por isso uma pontuação anormal começa aos três passos. Se o paciente não compreender o teste, o avaliador pode repeti-lo para que a pontuação seja baseada numa avaliação que o avaliador sinta que reflete as limitações do paciente e não a falta de compreensão ou preparação. Observe a postura em pé para o item 3.13. 0: Normal: Sem problemas. Recupera com um ou dois passos. 1: Discreto: 3 a 5 passos, mas o paciente recupera sem ajuda. 2: Ligeiro: Mais de 5 passos, mas o paciente recupera sem ajuda. 3: Moderado: Mantém-se de pé em segurança, mas com ausência de resposta postural; cai se não for aparado pelo avaliador. 4: Grave: Muito instável, tende a perder o equilíbrio espontaneamente ou com um ligeiro puxão nos ombros.	

3.13 POSTURA <u>Instruções para o avaliador:</u> A postura é avaliada com o paciente em posição ereta após se ter levantado da cadeira, durante a marcha, e enquanto são testados os reflexos posturais. Se notar uma postura incorreta, diga ao paciente para se posicionar direito e observe se a postura melhora (ver a opção 2 abaixo). Pontue a pior postura observada nestes três momentos de observação. Esteja atento à flexão e inclinação lateral. 0: Normal: Sem problemas. 1: Discreto: O paciente não está completamente ereto, mas a postura pode ser normal para uma pessoa mais idosa. 2: Ligeiro: Evidente flexão, escoliose ou inclinação lateral, mas o paciente consegue corrigir e adotar uma postura normal quando solicitado. 3: Moderado: Postura encurvada, escoliose ou inclinação lateral, que não pode ser voluntariamente corrigida pelo paciente até uma postura normal. 4: Grave: Flexão, escoliose ou inclinação com postura extremamente anormal.	Pontuação
3.14: ESPONTANEIDADE GLOBAL DE MOVIMENTO (BRADICINESIA CORPORAL) <u>Instruções para o avaliador:</u> Esta pontuação global combina todas as observações de lentidão, hesitação e pequena amplitude e pobreza de movimentos em geral, incluindo a redução da gesticulação e do cruzamento de pernas. Esta avaliação é baseada na impressão global do avaliador após observar os gestos espontâneos enquanto sentado, e a forma do levantar e andar. 0: Normal: Sem problemas. 1: Discreto: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos discreta. 2: Ligeiro: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos ligeira. 3: Moderado: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos moderada. 4: Grave: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos grave.	

3.15 TREMOR POSTURAL DAS MÃOS <u>Instruções para o avaliador:</u> Todo o tremor, <u>incluindo o tremor de repouso reemergente</u>, que está presente na postura é incluído nesta pontuação. Pontue cada mão separadamente. Pontue a maior amplitude observada. Instrua o paciente a estender os braços em frente do corpo com as palmas das mãos viradas para baixo. O punho deve estar reto e os dedos confortavelmente separados para que não se toquem. Observe esta postura durante 10 segundos. 0: Normal: Sem tremor. 1: Discreto: O tremor está presente mas tem menos de 1 cm de amplitude. 2: Ligeiro: O tremor tem pelo menos 1 cm mas menos de 3 cm de amplitude. 3: Moderado: O tremor tem pelo menos 3 cm, mas menos de 10 cm de amplitude. 4: Grave: O tremor tem pelo menos 10 cm de amplitude.	Pontuação D E
3.16 TREMOR CINÉTICO DAS MÃOS <u>Instruções para o avaliador:</u> Este tremor é testado através da manobra de dedo-nariz. Iniciando com o braço estendido, peça ao paciente que execute pelo menos três manobras dedo-nariz com cada mão, chegando o mais longe possível para tocar o dedo do avaliador. A manobra dedo-ao-nariz deve ser executada com lentidão suficiente para que o tremor não seja ocultado, o que pode acontecer com movimentos muito rápidos do braço. Repetir com a outra mão, pontuando cada mão separadamente. O tremor pode estar presente durante o movimento ou quando se alcança qualquer um dos alvos (nariz ou dedo). Pontue a maior amplitude observada. 0: Normal: Sem tremor. 1: Discreto: O tremor está presente mas tem menos de 1 cm de amplitude. 2: Ligeiro: O tremor tem pelo menos 1 cm mas menos de 3 cm de amplitude. 3: Moderado: O tremor tem pelo menos 3 cm mas menos de 10 cm de amplitude. 4: Grave: O tremor tem pelo menos 10 cm de amplitude.	 D E

3.17 AMPLITUDE DO TREMOR DE REPOUSO

Instruções para o avaliador: Este e o próximo item foram colocados deliberadamente no final da avaliação para permitir ao avaliador reunir observações sobre o tremor de repouso que podem ter surgido a qualquer momento da avaliação, incluindo quando o paciente está calmamente sentado, durante a marcha e durante as atividades em que algumas partes do corpo estão em movimento, mas outras estão em repouso. Pontue a amplitude máxima observada em qualquer momento, como a pontuação final. Pontue apenas a amplitude e não a persistência ou a intermitência do tremor.

Como parte desta pontuação, o paciente deve sentar-se calmamente numa cadeira, com as mãos colocadas nos braços da cadeira (e não no colo) e os pés confortavelmente apoiados no chão durante 10 segundos sem nenhuma outra instrução. O tremor de repouso é avaliado separadamente para os quatro membros e também para o lábio/mandíbula. Pontue apenas a amplitude máxima observada a qualquer momento, sendo essa a pontuação final.

Extremidades

- 0: Normal: Sem tremor.
- 1: Discreto.: ≤ 1 cm de amplitude máxima.
- 2: Ligeiro: > 1 cm mas < 3 cm de amplitude máxima.
- 3: Moderado: 3 - 10 cm de amplitude máxima.
- 4: Grave: > 10 cm de amplitude máxima.

Lábio/ Mandíbula

- 0: Normal: Sem tremor.
- 1: Discreto: ≤ 1 cm de amplitude máxima.
- 2: Ligeiro: > 1 cm mas ≤ 2 cm de amplitude máxima.
- 3: Moderado: > 2 cm mas ≤ 3 cm de amplitude máxima.
- 4: Grave: > 3 cm de amplitude máxima.

Pontuação

MSD

MSE

MID

MIE

**Lábio/
Mandíbula**

Parte IV: Complicações Motoras

Visão geral e instruções: Nesta seção, o avaliador deve utilizar informações históricas e objetivas para avaliar duas complicações motoras, discinesias e flutuações motoras, que incluem distonia no período OFF. Utilize todas as informações provenientes do paciente, do cuidador e da avaliação para responder às seis questões que resumem a funcionalidade do paciente na última semana incluindo hoje. Como nas outras seções, pontue apenas com números inteiros (não são permitidos meios pontos) e não deixe nenhum item por pontuar. Se o item não poder ser pontuado, coloque N/A para Não Aplicável. Você terá de escolher algumas respostas baseadas em percentagens e, portanto, terá que definir quantas horas o paciente está geralmente acordado e usar este número como o denominador para o período em "OFF" e discinesias. Para a distonia do "OFF", o tempo total em "OFF" será o denominador.

Definições operacionais para o avaliador utilizar:

Discinesias: Movimentos involuntários imprevisíveis.

Palavras que os pacientes habitualmente utilizam para descrever discinesias: "movimentos irregulares", "repentinos" ou de "contorção". É fundamental alertar o paciente para a diferença entre discinesias e tremor, um erro comum quando os pacientes estão avaliando discinesias.

Distonia: postura contorcida, frequentemente com um componente de torção.

Palavras que os pacientes habitualmente utilizam para descrever distonia: "espasmos", "cãimbras" e "postura".

Flutuação motora: resposta variável à medicação:

Palavras que os pacientes habitualmente reconhecem para flutuações motoras: "desgaste", "perda de efeito", "efeito montanha-russa", "ligado-desligado", "efeito irregular da medicação".

OFF: Período funcional típico quando os pacientes apresentam pouca resposta apesar de tomarem medicação ou a resposta funcional típica quando os pacientes NÃO estão sendo tratados para o parkinsonismo. As palavras que os pacientes habitualmente reconhecem incluem "momentos maus", "momentos difíceis", "hora do tremor", "momentos de lentidão", "momentos em que a medicação não faz efeito".

ON: Período funcional típico quando os pacientes estão recebendo medicação e apresentam uma boa resposta. Palavras que os pacientes habitualmente reconhecem incluem "hora boa", "período para me deslocar" "horas em que a medicação faz efeito."

A . DISCINESIAS [excluindo distonia do período OFF]

4.1 TEMPO COM DISCINESIAS

Instruções para o avaliador: Determine o número de horas por dia em que o paciente está acordado e depois o número de horas com discinesias. Calcule a percentagem. Se o paciente apresentar discinesias no consultório, pode usá-las como referência para assegurar que os pacientes e os cuidadores compreendem o que estão pontuando. Você pode também fazer uma representação dos movimentos discinéticos que observou anteriormente no paciente ou mostrar-lhe movimentos discinéticos típicos de outros pacientes. Exclua desta questão a distonia dolorosa matinal e noturna.

Instruções para o paciente [e cuidador]: Durante a última semana quantas horas habitualmente dormiu no total, incluindo o sono noturno e as sonecas diurnas? Muito bem, se dorme ____ horas, está acordado ____ horas. Dessas horas acordado(a), em quantas horas no total tem movimentos irregulares, repentinos ou de contorção? Não considere os períodos em que está com tremor, que é um movimento regular oscilante, nem períodos em que tem cãimbras dolorosas ou espasmos nos pés no início da manhã ou à noite. Eu irei perguntar-lhe acerca destes mais tarde. Concentre-se apenas nesses tipos de movimentos irregulares, repentinos ou de contorção. Some todo o tempo durante o dia em que está acordado quando estes movimentos habitualmente ocorrem. Quantas horas ____ (utilize este número para os seus cálculos)?

0: Normal: Sem discinesias.

1: Discreto: ≤ 25% do período do dia em que está acordado.

2: Ligeiro: 26 - 50% do período do dia em que está acordado.

3: Moderado: 51 - 75% do período do dia em que está acordado.

4: Grave: > 75% do período do dia em que está acordado.

1. Total Horas acordado: _____

2. Total Horas com discinesias: _____

3. % Discinesias = ((2/1)*100): _____

Pontuação

4.2 IMPACTO FUNCIONAL DAS DISCINESIAS

Pontuação

Instruções para o avaliador: Determine o grau do impacto das discinesias na funcionalidade diária do paciente em termos das atividades e interações sociais. Use as respostas do paciente e do cuidador, bem como as suas observações durante a consulta para chegar à melhor resposta.

Instruções para o paciente [e cuidador]: Durante a última semana você teve habitualmente dificuldade em fazer coisas ou estar com outras pessoas quando estes movimentos involuntários acontecem? Os movimentos impediram-no(a) de fazer as coisas ou de estar com outras pessoas?

0. Normal: Sem discinesias ou sem impacto das discinesias nas atividades ou interações sociais.
1. Discreto: As discinesias têm impacto em algumas atividades mas o paciente habitualmente realiza todas as suas atividades e participa em interações sociais durante o período em que tem discinesias.
2. Ligeiro: As discinesias têm impacto sobre muitas atividades mas o paciente habitualmente realiza todas as suas atividades e participa em interações sociais durante os episódios de discinesias.
3. Moderado: As discinesias têm impacto em atividades ao ponto de o paciente habitualmente não realizar algumas das suas atividades ou não participa em algumas atividades sociais durante o período em que tem discinesias.
- 4: Grave: As discinesias têm impacto na funcionalidade ao ponto de o paciente habitualmente não realizar a maioria das atividades ou não participar na maioria das atividades sociais durante os episódios de discinesias.

B. FLUTUAÇÕES MOTORAS

4.3 TEMPO EM OFF

Pontuação

Instruções para o avaliador: Use o número de horas que o paciente está acordado proveniente do item 4.1 e determine o número de horas passadas em "OFF". Calcule a percentagem. Se o paciente tiver um período OFF no consultório, pode apontar esse estado como uma referência. Pode também usar o seu conhecimento do paciente para descrever o período OFF típico. Pode ainda fazer uma representação de um período OFF que observou anteriormente no paciente ou mostrar-lhe o típico estado de OFF de outro paciente. Escreva o número típico de horas em OFF porque precisará desse número para completar o item 4.6.

Instruções para o paciente [e cuidador]: Alguns pacientes com doença de Parkinson têm um bom efeito da medicação durante o período em que estão acordados e chamamos a isso período "ON". Outros pacientes tomam a sua medicação mas ainda assim têm alguns momentos maus, momentos difíceis, momentos de lentidão ou momentos do tremor. Os médicos chamam a isso período "OFF". Durante a semana passada, já me disse que estava geralmente acordado(a) _____ horas por dia. Dessas horas acordado(a), quantas horas no total é que tem este tipo de período difícil ou em OFF _____ (use este número para os seus cálculos).

- 0: Normal: Sem período OFF.
- 1: Discreto: ≤ 25% do período do dia em que está acordado.
- 2: Ligeiro: 26 - 50% do período do dia em que está acordado.
- 3: Moderado: 51 - 75% do período do dia em que está acordado.
- 4: Grave: > 75% do período do dia em que está acordado.

1. Total Horas acordado: _____
2. Total Horas em OFF: _____
3. % OFF = ((2/1)*100): _____

4.4 IMPACTO FUNCIONAL DAS FLUTUAÇÕES <u>Instruções para o avaliador:</u> Determine o grau de impacto das flutuações motoras na funcionalidade diária do paciente em termos de atividades e interações sociais. Esta questão concentra-se na diferença entre o período ON e o período OFF. Se o paciente não tem períodos OFF, a pontuação deve ser 0, mas se o paciente tem flutuações muito ligeiras, é também possível pontuar 0 neste item se não houver impacto nas atividades. Utilize as respostas do paciente e do cuidador e as suas observações no consultório para chegar à melhor resposta. Instruções para o paciente [e cuidador]: <i>Pense naqueles períodos difíceis ou em “OFF” que ocorreram durante a última semana. Tem habitualmente mais problemas para fazer coisas ou em estar com pessoas, comparando estas horas com o resto do dia quando sente que a medicação está fazendo efeito? Há alguma coisa que faz durante o seu período bom que tenha dificuldade em fazer ou interrompe quando está no seu período difícil?</i> 0: Normal: Sem flutuações ou flutuações sem impacto nas atividades ou interações sociais. 1: Discreto: As flutuações têm impacto em algumas atividades, mas durante o OFF o paciente realiza habitualmente todas as suas atividades e participa em interações sociais que tipicamente ocorrem durante o período ON. 2: Ligeiro: As flutuações têm impacto sobre muitas atividades, mas durante o OFF, o paciente ainda realiza habitualmente todas as suas atividades e participa em interações sociais que tipicamente ocorrem durante o estado ON. 3: Moderado: As flutuações têm impacto sobre as atividades durante o OFF ao ponto de o paciente não realizar habitualmente algumas atividades ou não participar em algumas interações sociais que são realizadas no período ON. 4: Grave: As flutuações têm impacto sobre a funcionalidade ao ponto de, durante o OFF, o paciente não desempenhar a maioria das atividades ou não participar na maioria das interações sociais que ocorrem durante o período ON.	Pontuação
4.5 COMPLEXIDADE DAS FLUTUAÇÕES MOTORAS <u>Instruções para o avaliador:</u> Determine a previsibilidade do aparecimento do período em OFF, quer devido à dose, hora do dia, ingestão de alimentos ou outros fatores. Use a informação fornecida pelo paciente e cuidador e complemente com as suas observações. Pergunte ao paciente se consegue prever o seu aparecimento sempre num momento específico, predominantemente em um momento específico (caso em que deverá investigar mais para distinguir mínima de ligeira), aparece apenas por vezes num momento específico ou se são totalmente imprevisíveis? Restringir a percentagem permitirá que você descubra a resposta correta. Instruções para o paciente [e cuidador]: <i>Para alguns pacientes, os períodos difíceis ou “OFF” ocorre em momentos específicos do dia ou quando fazem atividades como comer ou exercício. Durante a última semana, soube habitualmente quando iam ocorrer estes períodos difíceis? Em outras palavras, esses períodos difíceis aparecem <u>sempre</u> num momento específico? Aparecem <u>a maioria das vezes</u> em um momento específico? Aparecem apenas <u>algumas vezes</u> num momento específico? Esses períodos são totalmente imprevisíveis?</i> 0: Normal: Sem flutuações motoras. 1: Discreto: Períodos de OFF são previsíveis em todo ou quase todo o tempo (> 75%). 2: Ligeiro: Períodos de OFF são previsíveis a maior parte do tempo (51-75%). 3: Moderado: Períodos de OFF são previsíveis alguma parte do tempo (26-50%). 4: Grave: Episódios de OFF são raramente previsíveis (≤ 25%).	

C. DISTONIA EM “OFF”							
4.6 DISTONIA DOLOROSA DO PERÍODO OFF <u>Instruções para o avaliador:</u> Para os pacientes que têm flutuações motoras, determine qual a proporção habitual dos episódios de <i>OFF</i> que incluem distonia dolorosa? Você já determinou o número de horas do período “OFF” (4.3). Determine quantas dessas horas estão associadas com distonia e calcule a percentagem. Se não houver períodos de <i>OFF</i>, marque 0. <i>Instruções para o paciente [e cuidador]:</i> Numa questão que lhe coloquei anteriormente, disse-me que normalmente tem ____ horas em “OFF” quando a sua doença de Parkinson está mal controlada. Durante estes períodos difíceis ou em “OFF”, em geral, tem câibras dolorosas ou espasmos? Do total de ____ horas deste período difícil, se somar todo o tempo em um dia quando estas câibras dolorosas ocorrem, quantas horas perfaz? 0: Normal: Sem distonia OU SEM PERÍODO OFF. 1: Discreto: ≤ 25% do tempo do período OFF. 2: Ligeiro: 26-50% do tempo do período OFF. 3: Moderado: 51-75% do tempo do período OFF. 4: Grave: > 75% do tempo do período OFF. <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="padding: 5px;">1. Total Horas em OFF:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">2. Total Horas c/ Distonia:</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">3. % Distonia OFF = ((2/1)*100):</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">_____</td> </tr> </table>	1. Total Horas em OFF:	_____	2. Total Horas c/ Distonia:	_____	3. % Distonia OFF = ((2/1)*100):	_____	Pontuação
1. Total Horas em OFF:	_____						
2. Total Horas c/ Distonia:	_____						
3. % Distonia OFF = ((2/1)*100):	_____						
<u>Sumário para o paciente:</u> LER AO PACIENTE Isto completa a minha avaliação da sua doença de Parkinson. Sei que as questões e tarefas levaram algum tempo mas pretendia ser abrangente e cobrir todas as possibilidades. Ao fazê-lo, posso ter perguntado sobre problemas que nem sequer tem, e posso ter mencionado problemas que pode nunca vir a desenvolver. Nem todos os pacientes desenvolvem todos estes problemas, mas como podem ocorrer, é importante perguntar todas as questões a cada paciente. Obrigado pelo tempo dispensado e pela atenção no preenchimento desta avaliação.							

_____	_____	____ - ____ - ____	_____
Nome do paciente ou ID do sujeito	ID do Local	(dd-mm-aaaa) Data da Avaliação	Iniciais do Investigator

Folha de pontuações da MDS UPDRS

1.A	Fonte da informação	☐ Paciente ☐ Cuidador ☐ Paciente + Cuidador	3.3b	Rigidez – MSD	
			3.3c	Rigidez – MSE	
Parte I			3.3d	Rigidez – MID	
1.1	Disfunção cognitivo		3.3e	Rigidez – MIE	
1.2	Alucinações e psicoses		3.4a	Bater dos dedos das mãos – Mão direita	
1.3	Humor depressivo		3.4b	Bater dos dedos das mãos – Mão esquerda	
1.4	Ansiedade		3.5a	Movimentos das mãos – Mão direita	
1.5	Apatia		3.5b	Movimentos das mãos – Mão esquerda	
1.6	Aspectos da SDD		3.6a	Movimentos de Pronação- supinação – Mão dir.	
1.6a	Quem preenche o questionário	☐ Paciente ☐ Cuidador ☐ Paciente + Cuidador	3.6b	Movimentos de Pronação- supinação – Mão esq.	
			3.7a	Bater dos dedos dos pés – Pé direito	
1.7	Problemas de sono		3.7b	Bater dos dedos dos pés – Pé esquerdo	
1.8	Sonolência diurna		3.8a	Agilidade das pernas – Perna direita	
1.9	Dor e outras sensações		3.8b	Agilidade das pernas – Perna esquerda	
1.10	Problemas urinários		3.9	Levantar-se da cadeira	
1.11	Problemas de obstipação intestinal		3.10	Marcha	
1.12	Tonturas ao se levantar		3.11	Bloqueio na marcha (Freezing)	
1.13	Fadiga		3.12	Estabilidade postural	
Parte II			3.13	Postura	
2.1	Fala		3.14	Espontaneidade global de movimento	
2.2	Saliva e baba		3.15a	Tremor postural – Mão direita	
2.3	Mastigação e deglutição		3.15b	Tremor postural – Mão esquerda	
2.4	Tarefas para comer		3.16a	Tremor cinético – Mão direita	
2.5	Vestir		3.16b	Tremor cinético – Mão esquerda	
2.6	Higiene		3.17a	Amplitude tremor repouso – MSD	
2.7	Escrita		3.17b	Amplitude tremor repouso – MSE	
2.8	Passatempos e outras actividades		3.17c	Amplitude tremor repouso – MID	
2.9	Virar na cama		3.17d	Amplitude tremor repouso – MIE	
2.10	Tremor		3.17e	Amplitude tremor repouso – Lábio/Mandíbula	
2.11	Sair da cama, carro e cadeira baixa		3.18	Persistência do tremor de repouso	
2.12	Marcha e equilíbrio			Discinesias estiveram presentes?	☐ Não ☐ Sim
2.13	Bloqueios na marcha			Interferiram com as pontuações?	☐ Não ☐ Sim
3a	O paciente toma medicação?	☐ Não ☐ Sim		Estadiamento Hoehn e Yahr	
3b	Estado clínico do paciente	☐ Off ☐ On	Parte IV		
3c	O paciente toma Levodopa?	☐ Não ☐ Sim	4.1	Tempo com discinesias	
3.C1	Se sim, minutos desde a última dose:		4.2	Impacto funcional das discinesias	
Parte III			4.3	Tempo em OFF	
3.1	Fala		4.4	Impacto funcional das flutuações	
3.2	Expressão facial		4.5	Complexidade das flutuações motoras	
3.3a	Rigidez – Pescoço		4.6	Distonia dolorosa do período OFF	

ANEXO E
Escala de Hoehn & Yahr Modificada

Estágios	Sintomas
0	Nenhum sinal da doença.
1	Doença unilateral.
1,5	Envolvimento unilateral e axial.
2	Doença bilateral sem déficit de equilíbrio.
2,5	Doença bilateral leve, com recuperação no “teste do empurrão”.
3	Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural; capacidade de viver independente.
4	Incapacidade grave, ainda capaz de caminhar ou permanecer de pé sem ajuda.
5	Confinado à cama ou cadeira de rodas a não ser que receba ajuda.

ANEXO F

Mini Exame do Estado Mental

Paciente: _____
 Data da Avaliação: ____/____/____ Avaliador: _____

ORIENTAÇÃO:

- Dia da Semana (1 Ponto).....()
- Dia do mês (1 Ponto)()
- Mês (1 Ponto).....()
- Ano (1 Ponto)()
- Hora Aproximada (1 Ponto).....()
- Local Específico (apartamento ou setor) (1 Ponto).....()
- Instituição (residência, hospital, clínica) (1 Ponto).....()
- Bairro ou Rua próxima (1 Ponto).....()
- Cidade (1 Ponto).....()
- Estado (1 Ponto).....()

MEMÓRIA IMEDIATA

- Fale 3 palavras não correlacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente sobre as 3 palavras. Dê um ponto para cada resposta correta.....()

Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente.

ATENÇÃO E CÁLCULO

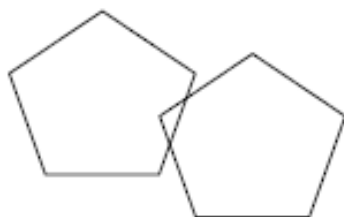
- (100-7) Sucessivos, 5 vezes sucessivamente
 (1 ponto para cada cálculo correto)()
 (alternativamente soletrar mundo de trás pra frente)

EVOCAÇÃO

- Pergunte ao paciente pelas 3 palavras ditas anteriormente
 (1 ponto por palavra).....()

LINGUAGEM

- Nomear um relógio e uma caneta (2 pontos).....()
- Repetir: “Nem aqui, nem ali, nem lá” (1 ponto)()
- Comando: Pegue este papel com a mão direita,
 dobre ao meio e coloque no chão (3 pontos).....()
- Ler e obedecer: “feche os olhos” (1 ponto).....()
- Escrever uma frase (1 ponto)()
- Copiar um desenho (1 ponto)()



ESCORE (____/ 30)

ANEXO G

Escala de Mobilidade de Tronco

ESCALA DE MOBILIDADE DE TRONCO

NOME:

Sexo:

Idade:

Data da Lesão:

Lado Dominante ou parético:

Data da Avaliação:

Diagnóstico:

Avaliador:

ITENS DA ESCALA

PONTUAÇÃO DA ESCALA

INCLINAÇÃO LATERAL

1. Inclinação lateral direita

INSTRUÇÕES: paciente deve inclinar seu tronco lateralmente à direita até que seu cotovelo direito alcance a porção lateral do quadril correspondente e voltar a posição inicial.

3. Não realiza.
 2. Realiza com GRANDES compensações (rotação, flexão, extensão do tronco)
 1. Realiza com PEQUENAS compensações (rotação, flexão, extensão do tronco).
 0. Realiza sem compensações.

2. Inclinação lateral esquerda

INSTRUÇÕES: paciente deve inclinar seu tronco lateralmente à esquerda até que seu cotovelo esquerdo alcance a porção lateral do quadril correspondente e voltar a posição inicial.

3. Não realiza.
 2. Realiza com GRANDES compensações (rotação, flexão, extensão do tronco).
 1. Realiza com PEQUENAS compensações (rotação, flexão, extensão do tronco).
 0. Realiza sem compensações.

ROTAÇÃO

3. Rotação para direita

INSTRUÇÕES: paciente deve tocar com a mão direita o encosto da cadeira à esquerda, na altura dos ombros, girando sua cintura escapular, e voltar a posição inicial.

3. Não realiza
 2. Realiza com GRANDES compensações (flexão e/ou extensão do tronco, aumento da flexão dos joelhos, perda do contato dos pés com o solo, abdução e/ou flexão do quadril contralateral).
 1. Realiza com PEQUENAS compensações (flexão e/ou extensão do tronco, aumento da flexão dos joelhos, perda do contato dos pés com o solo, abdução e/ou flexão do quadril contralateral).
 0. Realiza sem compensações.

4. Rotação para esquerda

INSTRUÇÕES: paciente deve tocar com a mão esquerda o encosto da cadeira à direita, na altura dos ombros, girando sua cintura escapular, e voltar a posição inicial.

3. Não realiza.
 2. Realiza com GRANDES compensações (flexão e/ou extensão do tronco, aumento da flexão dos joelhos, perda do contato dos pés com o solo, abdução e/ou flexão do quadril contralateral).
 1. Realiza com PEQUENAS compensações (flexão e/ou extensão do tronco, aumento da flexão dos joelhos, perda do contato dos pés com o solo, abdução e/ou flexão do quadril contralateral).
 0. Realiza sem compensações.

- | | |
|--|--|
| | 1. Realiza com PEQUENAS compensações (flexão e/ou extensão do tronco, aumento da flexão dos joelhos, perda do contato dos pés com o solo, abdução e/ou flexão do quadril contralateral).
0. Realiza sem compensações. |
|--|--|

FLEXÃO/EXTENSÃO

5. Flexão de tronco

INSTRUÇÕES: paciente deve tocar os joelhos com os cotovelos e voltar a posição inicial.

- | |
|--|
| 3. Não realiza.
2. Realiza com GRANDES compensações (inclinação lateral do tronco).
1. Realiza com PEQUENAS compensações (inclinação lateral do tronco).
0. Realiza sem compensações. |
|--|

6. Extensão de tronco

INSTRUÇÕES: paciente deve tocar o encosto da cadeira com os ombros ou as costas e voltar a posição inicial.

- | |
|--|
| 3. Não realiza.
2. Realiza com GRANDES compensações (inclinação lateral e/ou flexão do tronco, perda do contato dos pés com o solo).
1. Realiza com PEQUENAS compensações (inclinação lateral e/ou flexão do tronco, perda do contato dos pés com o solo).
0. Realiza sem compensações. |
|--|

SENTADO

7. Como o paciente está sentado

INSTRUÇÕES: com o paciente sentado, observar a postura dele.

- | |
|---|
| 4. Marcada flexão E/OU inclinação lateral com extrema anormalidade de postura
3. Postura severamente inclinada com cifose E/OU moderadamente inclinado para um lado.
2. Coloca-se moderadamente inclinado, definidamente anormal; pode estar ligeiramente inclinado para um lado.
1. Não fica totalmente ereto, postura levemente inclinada, poderia ser normal para pessoas mais idosas.
0. Senta ereto. |
|---|

Considerações:

- ☐ Posição inicial para os testes: paciente sentado em uma cadeira (sem apoio para os braços), pés apoiados no solo, costas afastadas 10 cm do encosto da cadeira.
- ☐ Todos os testes devem ser demonstrados para o paciente.
- ☐ Grandes compensações são movimentos amplos, associados ao movimento que deve ser realizado, são facilmente percebidos pelo examinador.
- ☐ Pequenas compensações são movimentos sutis, associados ao movimento que deve ser realizado, apenas detectados por um examinador muito atento.

ANEXO H

Escala de Atividades de Vida Diária de Schwab and England

SCHWAB AND ENGLAND ACTIVITIES OF DAILY LIVING

100%	Completamente independente. Capaz de realizar atividades rotineiras sem lentidão, dificuldade ou prejuízo. Não percebe dificuldades. Essencialmente normal.
90%	Completamente independente. Capaz de realizar atividades rotineiras porém com algum grau de lentidão, dificuldade e prejuízo funcional. Pode tomar o dobro do tempo. Começa perceber suas dificuldades.
80%	Independente para maioria das atividades rotineiras. Toma cerca do dobro do tempo na realização das mesmas. Consciente das dificuldades e lentificação.
70%	Não é completamente independente. Maior dificuldade na realização de atividades rotineiras. Algumas atividades rotineiras tomam 3-4x mais tempo. Pode tomar grande parte do dia para realização dessas atividades.
60%	Algum grau de dependência. Pode realizar a maioria das atividades rotineiras porém com muita lentidão, dificuldade e prejuízo funcional. Erros; algumas atividades são impossíveis.
50%	Mais dependente. Necessita auxílio na metade das atividades rotineiras. Dificuldades em todas atividades.
40%	Muito dependente. Pode auxiliar nas atividades rotineiras porém necessitando auxílio em quase todas.
30%	Com esforço ocasionalmente (porém não sempre) realiza ou inicia algumas atividades sozinho. Necessita de muito auxílio.
20%	Não realiza nada sozinho. Pode auxiliar muito pouco em algumas atividades da rotina.
10%	Totalmente dependente, incapaz de auxiliar em atividades rotineiras.
0%	Funções vegetativas tais como deglutição e controle vesical e intestinal não são funcionantes. Restrito ao leito.