



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SILVIA APARECIDA FERREIRA PERUZZO

ANÁLISE ESTÁTICA DA POSTUROGRAFIA EM PACIENTES COM
DOENÇA DE PARKINSON

CURITIBA
2023

SILVIA APARECIDA FERREIRA PERUZZO

ANÁLISE ESTÁTICA DA POSTUROGRAFIA EM PACIENTES COM
DOENÇA DE PARKINSON

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Medicina Interna e Ciências da Saúde, Curso de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr: Carlos Henrique F. Camargo

Co-Orientador: Prof. Dr: Hélio Afonso G. Teive

CURITIBA
2023

P471 Peruzzo, Silvia Aparecida Ferreira
Análise estática da posturografia em pacientes com doença de Parkinson [recurso eletrônico] / Silvia Aparecida Ferreira Peruzzo. – Curitiba, 2023.

Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique F. Camargo
Coorientador: Prof. Dr. Hélio Afonso G. Teive

1. Doença de Parkinson. 2. Equilíbrio postural. 3. Postura.
I. Camargo, Carlos Henrique F. II. Teive, Hélio Afonso G.
III. Programa de Pós-Graduação em Medicina Interna e Ciências da Saúde. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEDICINA INTERNA E
CIÊNCIAS DA SAÚDE - 40001016012P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEDICINA INTERNA E CIÊNCIAS DA SAÚDE da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **SILVIA APARECIDA FERREIRA PERUZZO** intitulada: **"ANÁLISE ESTÁTICA DA POSTUROGRAFIA EM PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON."**, sob orientação do Prof. Dr. CARLOS HENRIQUE FERREIRA CAMARGO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 24 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

24/03/2023 11:12:40.0

CARLOS HENRIQUE FERREIRA CAMARGO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/03/2023 10:54:38.0

DANIELI ISABEL ROMANOVITCH RIBAS

Avaliador Externo (UNIBRASIL CENTRO UNIVERSITÁRIO)

Assinatura Eletrônica

28/03/2023 11:44:03.0

FERNANDO SPINA TENSINI

Avaliador Externo (COMPLEXO HOSPITAL DE CLÍNICAS)

Assinatura Eletrônica

24/03/2023 10:23:54.0

ALEX TIBURTINO MEIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/UFPB)

Assinatura Eletrônica

24/03/2023 10:36:51.0

ADRIANA MORD

Avaliador Externo (FACULDADES PEQUENO PRÍNCIPE)

Rua General Carneiro, 181 - Prédio Central - 11º Andar - Curitiba - Paraná - Brasil

CEP 80060-150 - Tel: (41) 3360-1099 - E-mail: ppgmedicina@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 267557

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.pppg.ufpr.br/siga/validante/autenticacao/assinaturas.jsp> e insira o código 267557

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Carlos Henrique Ferreira Camargo, professor do Programa de Pós Graduação em Medicina Interna e Ciência da Saúde da Universidade Federal do Paraná, exemplo de profissionalismo, competência e dedicação. Suas orientações, direcionamentos e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Ao coorientador Prof. Dr. Hélio Afonso Ghizoni Teive, pela oportunidade de ingressar no Grupo de Pesquisa de Distúrbio do Movimento, bem como pela primeira recepção e contato na Universidade Federal do Paraná.

Aos pesquisadores da Associação Paranaense dos Portadores de Parkinson, os quais contribuíram na triagem e avaliação clínica dos pacientes, particularmente ao Dr. Renato Puppi Munhoz e Dr^a. Renata Ramina Pessoa.

Aos professores e colaboradores da Pós-graduação em Medicina Interna e Ciência da Saúde da Universidade Federal do Paraná, especialmente ao Prof. Dr. Odey Ramos Júnior por sua dedicação, comprometimento e partilha de seu conhecimento, e à Prof^a. Dr^a. Marise Bueno Zonta pela amizade, apoio e admiração profissional.

À Associação Paranaense dos Portadores de Parkinson, ao Laboratório de Ergonomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e à Clínica de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná pela disponibilização de seus centros de pesquisa e atendimento.

Aos familiares Léo Peruzzo e Júlia Peruzzo, que fizeram parte do convívio diário durante o desenvolvimento desta pesquisa.

E, de forma especial, aos pacientes portadores de Parkinson, assim como seus familiares, que contribuíram e participaram ao longo de todo este percurso.

RESUMO

A doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa caracterizada por bradicinesia, rigidez e tremor em repouso. A instabilidade postural é uma das características da DP. Os ajustes posturais antecipatórios observados na marcha, no equilíbrio, na estabilidade, na coordenação e na agilidade do paciente passam a ser prejudicados e lentos. A rigidez muscular favorece o desequilíbrio, dificulta a manutenção do controle postural e gera riscos de quedas. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de equilíbrio em pacientes com DP, por meio da posturografia estática. Foram incluídos 56 pacientes com DP, 57,1% do sexo masculino, com média de idade de $65,34 \pm 12,72$ anos, de acordo com os critérios da *Movement Disorders Society*, capazes de obedecer a comandos e colaborativos, com capacidade de deambular e permanecer em ortostatismo sem apoio e com disponibilidade de comparecer a todas as etapas de avaliação. Foi também formado um Grupo Controle (GC) com 30 participantes, 56,7% do sexo masculino, com média de idade de $62,73 \pm 15,20$ anos. Os pacientes foram avaliados quanto à gravidade da doença, de acordo com a escala Hoehn & Yahr (H&Y), e por meio da Escala Unificada de Avaliação para DP (MDS-UPDRS), além da avaliação fisioterapêutica postural clássica. A ferramenta para avaliação do equilíbrio utilizada neste estudo foi a posturografia estática (baropodometria e estabilometria). Todos os participantes do estudo foram submetidos às mesmas avaliações. O protocolo de avaliação iniciou-se em posição sentada; em seguida, o paciente passou para a posição ortostática sobre superfície da plataforma, mantendo o apoio bipodal, com postura ereta, estável e imóvel por 10 segundos para cada uma das seis condições sensoriais: pés paralelos, semi-tandem com o pé com maior rigidez à frente e semi-tandem com o pé com maior rigidez atrás, intercalados com os olhos abertos e fechados. As variáveis avaliadas foram o tipo de pé (normal, plano e cavo), a área com maior descarga de peso corporal na região de face plantar (Kg/cm^2), o estatocinesigrama (centro de pressão [COP] total [mm^2]), e o estabilograma (COP no eixo X [mm] e Y [mm]). Os pacientes com DP que participaram do estudo apresentavam quadro leve e moderado da doença. O início da doença ocorreu em torno de $57,04 (\pm 14,08)$ anos e com evolução em média de $8,30 (\pm 7,56)$ anos. Com base nos resultados da baropodometria, a pressão plantar encontrada pode ser classificada como pé cavo (92,8 %) nos pacientes com DP, diferentemente dos controles (16, 53%) ($p < 0,001$), além de tenderem a apresentar maior descarga de peso em região de retopé. As áreas do COP obtidas pelo estatocinesigrama e o estabilograma foram maiores nos pacientes com DP (quadro leve e moderado da doença) quando comparadas ao GC em todas as aferições ($p < 0,001$), tanto com os olhos abertos quanto fechados. Quando essa comparação foi realizada subdividindo-se os pacientes de acordo com a gravidade da doença medida pela escala de H&Y, houve uma diferença significativa entre os pacientes, desde os quadros mais leves até os moderados, com os controles. Pacientes com quadros leves (H&Y 1 e 1,5), mesmo sem queixas de alterações de equilíbrio, apresentaram resultados de oscilação da COP semelhantes aos pacientes com queixa de instabilidade postural, e diferente dos controles. Na comparação das áreas de descarga de peso corporal entre o grupo de pacientes com DP com e sem quedas, as medianas foram superiores no estatocinesigrama no grupo sem quedas e no estabilograma no grupo com relato de quedas. A oscilação do COP total no grupo sem quedas foi maior na avaliação com os pés paralelos com olhos abertos ($p = 0,040$) e fechados ($p = 0,046$), enquanto foi maior no grupo com quedas no sentido médio-lateral (ML) com os olhos abertos ($p = 0,046$) e fechados ($p = 0,023$). Quando se correlacionou a área de maior descarga

de peso corporal nas regiões em face plantar com o COP no eixo X (sentido médio-lateral [ML]), os resultados com significância estatística foram evidentes na avaliação do grupo sem quedas, no membro com maior rigidez à frente com os olhos abertos bilateralmente ($r_s=-0,381$; $p=0,015$; $r_s=0,360$; $p=0,022$) e no membro com maior rigidez atrás com os olhos abertos ($r_s=0,411$; $p=0,008$; $r_s=0,443$; $p=0,004$) e fechados ($r_s=-0,346$; $p=0,028$; $r_s=0,345$; $p=0,029$) bilateralmente, e no eixo Y (sentido ântero-posterior [AP]) do grupo com quedas com os pés paralelos e olhos abertos no membro com maior rigidez ($r_s=0,581$; $p=0,018$) e com olhos fechados bilateralmente ($r_s=0,547$; $p=0,028$; $r_s=0,646$; $p=0,007$); com o pé mais comprometido à frente e com olhos fechados no pé mais comprometido ($r_s=0,527$; $p=0,036$) e também com os olhos fechados, porém com o pé mais comprometido atrás bilateralmente ($r_s=0,558$; $p=0,025$; $r_s=0,558$; $p=0,025$). Na análise da correlação da descarga de peso corporal em face plantar com o COP nos grupos com e sem instabilidade, foram constatadas significâncias estatísticas no grupo sem instabilidade postural no COP sentido ML com os pés paralelos e olhos abertos no membro com maior rigidez ($r_s=0,389$; $p=0,030$), no membro com maior rigidez frente com os olhos abertos e fechados bilateralmente ($r_s=0,670$; $p<0,001$; $r_s=0,406$; $p=0,023$; $r_s=0,580$; $p<0,001$; $r_s=0,360$; $p=0,047$) e com o pé mais comprometido à frente com os olhos abertos também bilateralmente ($r_s=-0,366$; $p=0,042$; $r_s=0,431$; $p=0,015$); e com instabilidade no sentido AP com os pés paralelos com olhos abertos no membro com maior rigidez ($r_s=0,468$; $p=0,018$) e com olhos fechados bilateralmente ($r_s=0,400$; $p=0,048$; $r_s=0,452$; $p=0,023$). Conclui-se que a baropodometria e a estabilometria (estabilograma e o estatocinesigrama) são recursos diferenciais no mapeamento do perfil dos pés dos pacientes com DP, assim como na quantificação da oscilação do COP. A evolução da doença e a progressão da rigidez podem interferir nos mecanismos de compensação e, conseqüentemente, alterar a morfologia dos pés, deslocar a descarga de peso corporal posteriormente nos pés e aumentar a área de oscilação do COP, gerando déficit de equilíbrio e aumentando o risco de quedas.

Palavras-chave: Doença de Parkinson. Equilíbrio. Postura. Equilíbrio postural.

ABSTRACT

Parkinson's disease (PD) is a neurodegenerative disorder characterized by bradykinesia, rigidity, and rest tremor. Postural instability is a characteristic of PD. Anticipatory postural, which is noticeable in patient's gait, balance, stability, coordination, and agility adjustments become impaired and slow. Muscle rigidity leads to a balance hinders the maintenance of postural control and increases the risk of falls. The objective of this study was to evaluate changes in the balance of patients with PD, using static posturography. The study included 56 patients with PD, according to the criteria of the Movement Disorders Society, who were able to obey collaborative commands, could remain standing without support, and were available to attend all stages of the evaluation. In the PD group, 57.1% were male, and the mean age was 65.34 (\pm 12.72) years. A control group (CG) was also initially formed with 30 healthy participants, of which 56.7% were male, and the mean age was 62.73 (\pm 15.20) years. The PD patients were assessed for disease severity according to the Hoehn & Yahr (H&Y) scale and the Unified PD Rating Scale (MDS-UPDRS) in addition to classical postural physiotherapy assessment. The balance evaluation tool used in this study was static posturography (baropodometry and stabilometry). All study participants underwent the same assessments. The assessment protocol began in a sitting position. Then the patient moved to a standing position on the platform surface, maintaining bipodal support, with erect, stable, and immobile posture for 10 seconds for each of the six sensory conditions: parallel feet, semi-tandem with the foot with greater rigidity in front, and semi-tandem with the foot with greater rigidity behind, interspersed with eyes open and closed. The variables evaluated were the type of foot (normal, flat, and cavus), the area with the greatest body weight discharge in the plantar region (Kg/cm²), the statokinesigram (total center of pressure [COP] [mm²]), and the stabilogram (COP on the X [mm] and Y [mm] axis). The patients with PD who participated in the study had mild and moderate symptoms. The onset of the disease occurred around 57.04 (\pm 14.08) years and with an average evolution of 8.30 (\pm 7.56) years. Based on the results of baropodometry, the plantar pressure found can be classified as pes cavus (92.8%) in patients with PD, different from controls (16.53%) ($p < 0.001$). The patients also tended to put greater weight discharge on the hindfoot region. The areas of the COP obtained by statokinesigram and stabilogram were larger in patients with PD (mild and moderate symptoms) than in the CG in all assessments ($p < 0.001$), both with eyes open and closed. When this comparison was performed by subdividing the patients according to the severity of the disease measured by the H&Y scale, the patients with mild to moderate conditions exhibited a significant difference compared to the controls. Patients with mild conditions (H&Y 1 and 1.5), even without changes in balance, presented COP oscillation results similar to patients with postural instability complaints, and different from controls. When comparing the areas of body weight discharge between the groups of PD patients with and without falls, the medians were higher in the statokinesigram in the group without falls and in the stabilogram in the group with reported falls. The total COP oscillation in the group without falls was higher in the evaluation with feet parallel with eyes open ($p = 0.040$) and closed ($p = 0.046$), while it was higher in the group with falls in the medial-lateral (ML) direction with eyes open ($p = 0.046$) and closed ($p = 0.023$). When correlating the area of greatest body weight discharge in the plantar regions with the COP on the X-axis (ML direction), statistically significant results were evident in the evaluation of the group without falls when the limb with greater rigidity was in front with eyes open bilaterally ($r_s = -0.381$; $p = 0.015$; $r_s = 0.360$; $p = 0.022$) and when the limb with greater rigidity was behind with

eyes open ($r_s=0.411$; $p=0.008$; $r_s=0.443$; $p=0.004$) and closed ($r_s=-0.346$; $p=0.028$; $r_s=0.345$; $p=0.029$) bilaterally, and on the Y-axis (anteroposterior direction [AP]) of the group with falls with parallel feet and eyes open on the limb with greater rigidity ($r_s=0.581$; $p=0.018$) and with eyes closed bilaterally ($r_s=0.547$; $p=0.028$; $r_s=0.646$; $p=0.007$); with the more impaired foot in front and eyes closed with the more impaired foot ($r_s=0.527$; $p=0.036$), and with eyes closed but with the more impaired foot behind bilaterally ($r_s=0.558$; $p=0.025$; $r_s=0.558$; $p=0.025$). In the analysis of the correlation of body weight discharge in the plantar region with the COP in the groups with and without instability, statistical significances were found in the group without postural instability in the COP in the ML with the feet parallel and eyes open with the limb with greater rigidity ($r_s=0.389$; $p=0.030$), limb with greater rigidity in front the eyes open and closed bilaterally ($r_s=0.670$; $p<0.001$; $r_s=0.406$; $p=0.023$; $r_s=0.580$; $p<0.001$; $r_s=0.360$; $p=0.047$) and more impaired foot in front with eyes open also bilaterally ($r_s=-0.366$; $p=0.042$; $r_s=0.431$; $p=0.015$); and with instability in the AP direction with feet parallel with eyes open on the limb with greater rigidity ($r_s=0.468$; $p=0.018$) and with eyes closed bilaterally ($r_s=0.400$; $p=0.048$; $r_s=0.452$; $p=0.023$). Thus, baropodometry and stabilometry (stabilogram and statokinesigram) are differential resources to map the foot profile of PD patients and quantify COP oscillation. Conclusion: The evolution of the disease and the progression of rigidity may interfere with compensation mechanisms, consequently altering the foot morphology, displacing the body weight discharge posteriorly, and increasing the oscillation area of the COP, which leads to the lack of balance and increases the risk of falls.

Keywords: Parkinson's disease; balance; posture; postural balance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - (A) CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO E FORÇA DE APOIO. (B) RELAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE COM O CENTRO DE PRESSÃO	24
FIGURA 2 - ÁREAS DE DESCARGA DE PESO CORPORAL EM REGIÃO DA FACE PLANTAR	40
FIGURA 3 - VETORES DE FORÇA DA ESTATOCINESIGRAMA. EIXO X MÉDIO-LATERAL) E Y (ÂNTERO-POSTERIOR).....	40
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS COM O USO DE PLATAFORMA DE FORÇA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 5 - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO (POSIÇÃO SENTADA E ORTOSTATISMO - VISTA LATERAL DIREITA E POSTERIOR).....	43
FIGURA 6 - POSICIONAMENTO DE APOIO DE MEMBROS INFERIORES	433
FIGURA 7 - IMPRESSÃO PLANTAR CAPTADA PELA BAROPODOMETRIA.....	44
FIGURA 8 - (A) CÁLCULO PARA A CLASSIFICAÇÃO DO ARCO PLANTAR. (B) CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PÉS	45
FIGURA 9 - GRÁFICO DO PERFIL DO TIPO DE PÉ: NORMAL, PLANO E CAVO (DOENÇA DE PARKINSON X GRUPO CONTROLE)	49
FIGURA 10 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES SEM QUEDAS	54
FIGURA 11 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES COM QUEDAS	55
FIGURA 12 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES SEM QUEDAS.....	56
FIGURA 13 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES COM QUEDAS	57
FIGURA 14 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES SEM QUEDAS.....	58
FIGURA 15 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES COM QUEDAS	59
FIGURA 16 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES SEM	

INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO LEVE)	622
FIGURA 17 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADA).....	63
FIGURA 18 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES SEM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO LEVE)	64
FIGURA 19 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADO)	655
FIGURA 20 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES SEM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO LEVE)	66
FIGURA 21 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADO).....	67
QUADRO 1 - SINTOMAS NÃO-MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON	15
QUADRO 2 - MÚSCULOS DA CADEIA POSTERIOR.....	20
QUADRO 3 - ESTÁGIO DA DOENÇA DE PARKINSON SEGUNDO ESCALA DE HOEHN E YAHR (MODIFICADA)	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON E CONTROLE.....	48
TABELA 2 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON E DO GRUPO CONTROLE EM RELAÇÃO À ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y	50
TABELA 3 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES DOENÇA DE PARKINSON (ESCALA DE HOEHN & YAHR COM ESCORE 1 E 1,5 X 2 E 2,5 X 3 X GRUPO CONTROLE) COM A ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y	51
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS	52
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS COM DOENÇA DE PARKINSON COM A ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y	53
TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON COM E SEM INSTABILIDADE.....	60
TABELA 7 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM E SEM INSTABILIDADE DA DOENÇA DE PARKINSON COM A ÁREA DO COP TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO.....	61

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

L	Ângulo
AP	Ântero-Posterior
APPP	Associação Paranaense dos Portadores de Parkinson
CG	Centro de Gravidade
COP	Centro de Pressão (<i>Center of Pressure</i>)
DP	Doença de Parkinson
DJ-A	Desglicase Associada ao Parkinsonismo (<i>Parkinsonism Associated Deglyase</i>)
DNAJC6	Proteínas de Choque Térmico DNAJ membro C6 (DnaJ Heat Shock Protein <i>Family Member C6</i>)
EIAS	Espinha Ilíaca Ântero Superior
EIPS	Espinha Ilíaca Pósterio Superior
Eixo X	Sentido Médio-Lateral (ML)
Eixo Y	Sentido Ântero-Posterior (AP)
GBA	Proteína Glucocerebrosidase (<i>Glucocerebrosidase Protein</i>)
GC	Grupo Controle
HD	<i>Hard Disk</i>
H&Y	Hoehn & Yahr
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de Massa Corpórea
LRRK2	Quinase-2 Rica em Leucina (<i>Leucine Rich Repeat Kinase 2</i>)
MDS	<i>Movement Disorder Society</i>
ML	Médio-Lateral
MMII	Membros Inferiores
OMS	Organização Mundial de Saúde
PRNK	Proteínas Ligase Ubiquitina E3 RBR Parkin (Parkin RBR E3 Ubiquitin Protein Ligase)
PINK	Quinase-1 Induzida por PTEN (PTEN <i>Induced Putative Kinase 1</i>)
PTEN	<i>Induced Putative Kinase</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
SNAC	Gene Alfa-Sinucleína
SNM	Sinais e Sintomas Não Motores
SYNJ1	<i>Synaptojanin 1</i>
UPDRS-III	<i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale Part III</i>
▲	Triângulo
VPS35	Proteína Vacuolar 35 (<i>Retromer Complex Component 35</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	PARKINSONISMO.....	13
1.2	DOENÇA DE PARKINSON.....	14
1.2.1	Etiologia e Fisiopatologia da Doença de Parkinson.....	16
1.2.2	As Bases do Tratamento.....	18
1.3	ALTERAÇÕES DE EQUILÍBRIO NA DOENÇA DE PARKINSON.....	18
1.3.1	Mecanismos de Compensação de Equilíbrio.....	18
1.3.2	Mecanismos de Compensação de Equilíbrio na Doença de Parkinson.....	26
1.3.3	Avaliação de Equilíbrio.....	26
1.4	BAROPODOMETRIA.....	26
1.5	ESTABILOMETRIA.....	29
1.6	ABORDAGEM FISIOTERAPÊUTICA NA DOENÇA DE PARKINSON.....	31
1.6.1	Abordagem Geral.....	31
1.6.2	Abordagem Fisioterapêutica nas Alterações de Equilíbrio da Doença de Parkinson.....	31
1.7	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DESTE ESTUDO.....	33
2	HIPÓTESE.....	34
3	OBJETIVOS.....	34
3.1	Objetivo Geral.....	35
3.2	Objetivos Específicos.....	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1	DESENHO DO ESTUDO.....	36
4.2	SELEÇÃO DOS PACIENTES.....	36
4.3	ASPECTOS ÉTICOS.....	37
4.4	AVALIAÇÃO CLÍNICA.....	37
4.5	BAROPODOMETRIA E ESTABILOMETRIA.....	39
4.5.1	Calibração do Aparelho para a Baropodometria e Estabilometria.....	Erro!
	Indicador não definido.	
4.5.2	Preparação do Paciente e Execução do Exame.....	41
4.5.3	Obtenção e Análise dos Dados.....	44
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
5	RESULTADOS.....	47
5.1	PERFIL DA AMOSTRA.....	47
5.2	BAROPODOMETRIA.....	47
5.3	ESTABILOMETRIA.....	49
5.3.1	Área Total de Oscilação do Centro de Pressão: Comparação entre Grupos.....	49
5.3.2	Correlação da Descarga de Peso Corporal com a Oscilação do Centro de Pressão em Pacientes com Doença de Parkinson.....	52
5.3.2.1	Em Relação às Quedas.....	52
5.3.2.1.1	<i>Características Clínicas e Epidemiológicas.....</i>	<i>52</i>
5.3.2.2	Em Relação à Instabilidade Postural (Quadro Leve e Moderado).....	59
5.3.2.2.1	<i>Características Clínicas e Epidemiológicas.....</i>	<i>59</i>

6	DISCUSSÃOSUMÁRIO.....	68
7	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICES	
	APÊNDICE A - FICHA DE AVALIAÇÃO.....	92
	APÊNDICE B - AVALIAÇÃO POSTURAL.....	93
	ANEXOS	
	ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA.....	95
	ANEXO B - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (INCLUSÃO DO GRUPO CONTROLE).....	96
	ANEXO C - PARTE III – AVALIAÇÃO MOTORA DA ESCALA MDS-UPDRS.....	97
	ANEXO D - CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO.....	105
	ANEXO E - ARTIGO DA TESE.....	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 PARKINSONISMO

O parkinsonismo é definido pela presença de sinais e sintomas clássicos que são bradicinesia, em combinação com, pelo menos, um outro sintoma, tremor de repouso ou rigidez (POSTUMA *et al.*, 2015). O termo parkinsonismo ou síndrome parkinsoniana abrange um grande grupo de doenças, como DP, paralisia supranuclear progressiva, atrofia de múltiplos sistemas, degeneração corticobasal e parkinsonismo vascular, entre outras doenças raras (POSTUMA *et al.*, 2015; WILLIAMS; LITVAN, 2013).

A bradicinesia significa a lentidão dos movimentos, evoluindo com diminuição da amplitude ou velocidade (POSTUMA *et al.*, 2015). Este sintoma é o principal sinal clínico para o diagnóstico de parkinsonismo. A característica marcante da bradicinesia é a diminuição de mobilidade de membros superiores (MMSS) (TEIVE; SÁ, 2000). O tremor de repouso é outro sintoma comum, geralmente unilateral e em região distal de uma extremidade, representado pelo tremor com frequência entre 4 e 6 HZ no membro em repouso. A rigidez é caracterizada pelo aumento da resistência do membro a movimento passiva ou ativa, e pode estar associada ao fenômeno de “roda denteada” (JANKOVIC, 2008; POSTUMA *et al.*, 2015). A instabilidade postural não faz parte dos sinais clássicos para definição de parkinsonismo (POSTUMA *et al.*, 2015), embora seja uma evidência clínica preditora da DP (SCHONEBURG *et al.*, 2013).

O parkinsonismo pode ser primário ou secundário. O primário inclui a DP, correspondendo a cerca de 70% dos casos de parkinsonismo (CARDOSO; CAMARGOS; SILVA-JR, 1998; RIJK *et al.*, 1997). Os secundários são os parkinsonismos causados por quadros infecciosos, drogas, toxinas, pesticidas, vascular, entre outros mais raros (AHLSSKOG, 2001; BALDERESCHI *et al.*, 2008).

Tempo de evolução e características clínicas específicas ajudam a distinguir as diversas doenças que cursam com parkinsonismo. Além dos sinais motores, essenciais para o diagnóstico, os sinais e sintomas não motores (SNM) são fundamentais no diagnóstico diferencial. Por exemplo, as disautonomias, a presença de distúrbio comportamental do sono REM, sintomas de ataxia cerebelar podem nortear hipóteses diagnósticas para os parkinsonismos (TEIVE; CAMARGO;

MUNHOZ, 2019), principalmente na fase inicial da síndrome (FANCIULLI *et al.*, 2019).

Portanto, o diagnóstico diferencial pode ser realizado com base nos critérios clínicos de cada doença, avaliação dos distúrbios da marcha e análise de achados de neuroimagem (SHIN; HONG; YOUN, 2022).

1.2 DOENÇA DE PARKINSON

A DP é uma doença neurodegenerativa, progressiva e crônica, estudada inicialmente em 1817 por James Parkinson (PARKINSON, 1817), que afeta os neurônios dopaminérgicos da substância negra, resultando em sintomas motores típicos. A característica principal é a presença de parkinsonismo (POSTUMA *et al.*, 2015).

Em torno de 2-3% da população mundial acima de 65 anos apresenta DP (POEWE *et al.*, 2017). A prevalência da doença é de 428/100.000 em indivíduos com faixa etária de 30 a 69 anos (PRINGSHEIM *et al.*, 2014). No Brasil, a prevalência entre 1990 e 2016 foi de 128.366 (16,4%) casos da DP na faixa etária de 80 a <90 anos (GBD, 2018). Dorsey *et al.* (2018) estimam um aumento mundial de casos de pacientes com DP em torno de 12 milhões até 2040 (DORSEY *et al.*, 2018). Quanto à prevalência entre os sexos, foi observado maior comprometimento no sexo masculino (HIRSCH *et al.*, 2016).

Portanto, a DP tende a ocorrer com maior incidência com o avanço da idade, principalmente entre os homens (58,22/100,000 casos) em relação às mulheres (30,32/100,000 casos) com faixa etária entre 60 e 69 anos e entre 70 e 79 anos, com incidência, respectivamente, de 162,58/100,000 e 93,32/100,000 casos (HIRSCH *et al.*, 2016).

Além dos sinais e sintomas clássicos, deve-se dar ênfase aos SNM, que funcionam como marcadores biológicos/clínicos. Estudos demonstram que, na DP, podem ser observados fenótipos bastante variados (POSTUMA *et al.*, 2015). Os SNM são comuns, como distúrbios do sono, quadros algícos, alterações olfativas, constipação, psicose, depressão e disautonomia (Quadro 1). Todos esses fatores interferem diretamente na qualidade de vida do indivíduo e tendem a piorar com a evolução da doença (BAIG *et al.*, 2015; HUGHES *et al.*, 1992; MOREIRA *et al.*, 2017; MUNHOZ *et al.*, 2015; TEIVE; BERTUCCI FILHO; MUNHOZ, 2016; YOUNG BLOOD

et al., 2016).

QUADRO 1 - SINTOMAS NÃO-MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON

Disfunções Comportamentais	Distúrbios do Sono
Disfunção Cognitiva e Demência Psicose Apatia Depressão e Ansiedade	Insônia Distúrbio Comportamental do Sono REM Sonolência Excessiva Diurna Síndrome da Apneia e Hipopneia Obstrutiva do Sono
Disfunções Autonômicas	Alterações da Sensibilidade
Disfagia Disfunções Gastro-intestinais Alteração da Função Sexual Disfunções Urológicas Disfunções Autonômicas Cardio-vasculares Disfunção Termorregulatória Disfunções Respiratórias Distúrbios Dermatológicos	Disfunções Visuais Déficits Visuocognitivos Disfunção Olfatória Disfunção Vestibular Dor
	Outros SNM
	Disfunções oculomotoras Fadiga Alterações dentárias e maxilo-faciais

FONTE: Adaptado de Baing *et al.* (2015); Hughes *et al.* (1992); Moreira *et al.* (2017); Munhoz *et al.* (2015); Teive, Bertucci Filho; Munhoz (2016); Young Blood *et al.* (2016).

Os impactos que interferem diretamente na qualidade de vida podem ser determinados por quatro categorias impactantes: dificuldade nas atividades diárias (perda gradativa de funcionalidade; fadiga muscular; déficit cognitivo e comprometimento psicológico e de humor), perda de identidade (mudança nas relações familiares e maior dependência da rede de apoio), mudança no comportamento social (isolamento, dificuldade de comunicação e deslocamento) e dificuldade em superar problemas e desafios (estratégias psicológicas e entendimento da nova realidade) (PAOLUCCI *et al.*, 2020).

A melhor ferramenta para avaliação de pacientes com DP é a Escala Unificada de Avaliação para DP (*Movement Disorder Society - Unified Parkinson's Disease Rating Scale MDS-UPDRS*) (MARTINEZ-MARTIN *et al.*, 2013). Com base nesta escala, é possível determinar a evolução e, especialmente, as alterações de motricidade.

1.2.1 Etiologia e Fisiopatologia da Doença de Parkinson

A DP é uma doença multifatorial e sem etiologia definida. A etiologia da doença pode estar relacionada com diversos processos, como: agregação de proteínas, falha no catabolismo autofágico, estresse no retículo endoplasmático (MICHEL; HIRSCH; HUNOT, 2016), alterações nas mitocôndrias, excitotoxicidade, envelhecimento cerebral, fatores genéticos (TANNER; OTTMAN; LANGSTON, 1999), estresse oxidativo (DAUER; PRZEDBORSKI, 2003; ELLWANGER *et al.*, 2016) e alterações metabólicas que interferem no fluxo do cálcio, favorecendo a neurodegeneração (BLANDINI *et al.*, 2004).

A neurodegeneração pode ser causada pela agregação e acúmulo de proteínas alfa-sinucleína (SNAC) no SNC, com evolução de perda neural e falha sináptica, que levam à apoptose neural (MARTIN, 1999; SOTO, 2003). A SNAC estimula a formação de fibrilas que se agregam aos neurônios interferindo no metabolismo da dopamina (VOLLES; LANSBURY, 2003). A autofagia faz parte do metabolismo neural, na qual as falhas no catabolismo autofágico estão relacionadas à remoção de proteínas excedentes pelos lisossomos, causando acúmulo progressivo de agregados tóxicos intracelulares nas doenças neurodegenerativas, relacionadas com autofagia do lisossoma via ubiquitina proteossoma (SARDIELLO *et al.*, 2009; SARDIELLO; BALLABIO, 2009; WONG; CUERVO, 2010), evoluindo com sintomas motores nos casos de DP (BAJAJ *et al.*, 2019; SOTO, 2003).

Ainda que alguns marcadores patológicos da doença sejam conhecidos, ainda existem dúvidas em relação à fisiopatologia e os processos que tem relação com a neurodegeneração da DP, principalmente quanto à degeneração dos diversos sistemas envolvidos para o desenvolvimento da doença (MOORE *et al.*, 2005). Os núcleos da base, que têm relação com o sistema corticoespinocerebelar, parecem estar no centro da fisiopatologia da DP. A dopamina é um neurotransmissor inibitório (via indireta) e excitatório (via direta), produzida pela *pars compacta* da substância negra, localizada no mesencéfalo, e age, por meio da vias nigro estriatal, *striatum* (caudado e putâmen), atuando nos receptores dopaminérgicos D1 e D2. A lesão desses neurônios dopaminérgicos reduz a inibição gerada pela via indireta e diminui a excitação pela via direta (DAUER; PRZEDBORSKI, 2003; DICKSON, 2022; LEES; HARDY; REVESZ, 2009).

Os sinais clássicos da DP (rigidez e tremor) são decorrentes da falha de

condução excitatória do núcleo caudado e do putâmen para o sistema de controle motor corticoespinhal. A falha no transporte de dopamina favorece a falha do controle motor, evoluindo com o comprometimento progressivo, caracterizado pelos sinais clínicos primários observados nos pacientes com DP (BRESSAN; CRIPPA, 2005; MICHEL; HIRSCH; HUNOT, 2016; NIRENBERG *et al.*, 1997).

O comprometimento motor evolui conforme o avanço da DP (BEACH *et al.*, 2009). A grande maioria dos neurônios que morrem na substância negra contém agregados fibrilares chamados corpos de Lewy. A presença de corpos de Lewy nos neurônios nigrais (3-4%), independente do tempo de evolução da doença, também faz parte da neuropatologia da DP. A SNAC é uma proteína que constitui as fibrilas dos corpos de Lewy (GREFFARD *et al.*, 2010; WAKABAYASHI *et al.*, 2013). A degeneração neural é um marcador importante nas áreas em que os corpos de Lewy são encontrados (GIBB WRG; LEES AJ, 1998). A fisiopatologia das alterações motoras na DP é baseada, portanto, na morte dos neurônios dopaminérgicos na substância negra, associada ao acúmulo protéico de SNAC e formação de corpos de Lewy.

A evolução da DP acontece em seis estágios neuropatológicos distintos e que envolvem diversas áreas que justificam as diferentes manifestações clínicas observadas. Em análise de microscópicas, foram visualizadas as lesões, por meio de imunorreações com SNAC no SNC obtidas em autópsia de 41 pacientes com DP. Como resultado, foi observado que as alterações morfológicas do SNC conforme o estágio da doença: (a) estágio 1: núcleo motor dorsal do vago, a formação reticular bulbar e o núcleo olfativo anterior; (b) estágio 2: núcleos da rafe, na formação reticular e no *locus coeruleus*; (c) estágio 3: porção compacta da substância negra mesencefálica (*locus niger*) e nos núcleos magnocelulares basais do prosencéfalo (n. septal medial, n. intersticial da banda diagonal, n. basal de Meynert); (d) estágio 4: núcleos orais da rafe (*linearis*, *centralis* e *dorsalis*), mesocórtex temporal anteromedial e central da amígdala; (e) estágio 5: mesocórtex temporal para o neocórtex (áreas pré-frontais, néocortex sensitivo, ínsula e giro do cíngulo); e (f) estágio 6: áreas corticais primárias, destacando-se as pré-motoras, motoras e sensitivas (BRAAK *et al.*, 2003; ROSSA *et al.*, 2008).

1.2.2 As Bases do Tratamento

O tratamento farmacológico baseado na levodopa (L-Dopa), utilizado há mais de 50 anos, tem apresentado excelentes resultados como precursor da dopamina (SCHMITT *et al.*, 2015). A ação da L-Dopa atua melhorando os sintomas cardinais de rigidez e bradicinesia, bem como a incapacidade funcional (GODWIN-AUSTEN *et al.*, 1969). Embora tenha efeito sintomático, principalmente na fase inicial da doença, o tratamento se torna mais desafiador a medida que a DP progride devido aos efeitos adversos: flutuações motoras, discinesias e distúrbios comportamentais (KATZENSCHLAGER; LEES, 2002; OBESO; OLANOW; NUTT, 2000). A terapia medicamentosa para DP é composta por outros medicamentos que auxiliam no controle desses efeitos. Outra opção de tratamento é a estimulação cerebral profunda, uma terapia invasiva com riscos específicos e indicações precisas, demonstrando uma boa resposta nos sintomas de discinesia e do tremor refratário (PESSOA *et al.*, 2018).

O tratamento da DP deve ser individualizado e necessita do apoio de uma equipe interdisciplinar. O atendimento interdisciplinar é o modelo ideal de abordagem dos de pacientes com DP, possibilitando alcançar melhores resultados, quando comparado ao atendimento individualizado (CABRERA-MARTOS *et al.*, 2020; MARCK *et al.*, 2013; POST *et al.*, 2011).

O estudo de Marck *et al.* (2013) preconiza a abordagem dos pacientes com DP por um especialista em distúrbios do movimento (MARCK *et al.*, 2013). As alterações como depressão, incapacidade, gravidade da doença e comprometimento cognitivos comprometem a qualidade de vida dos pacientes com DP (SCHRAG; JAHANSHAH; QUINN, 2000). As abordagens terapêuticas envolvem a equipe médica, psicologia, nutrição, fisioterapia, terapia ocupacional, serviço social e educação física. A reabilitação dos sintomas motores envolve os profissionais da terapia ocupacional e fisioterapia.

1.3 ALTERAÇÕES DE EQUILÍBRIO NA DOENÇA DE PARKINSON

1.3.1 Mecanismos de Compensação de Equilíbrio

As funções vitais como os batimentos cardíacos ou as incursões respiratórias

provocam uma oscilação postural, no qual estimulam os mecanismos de compensação para reestabelecer o equilíbrio, principalmente no sentido ântero-posterior (AP). A capacidade de manutenção do equilíbrio acontece principalmente com a ação de músculos antigravitacionais (grupos musculares extensores de tronco, cervical, quadril e joelho). Para a manutenção da estabilidade postural durante o ortostatismo estático se faz necessário a contração dos músculos, principalmente dos membros inferiores (MMII), com a ação dos músculos agonistas e antagonistas (KENDALL *et al.*, 2007). No entanto, esses mecanismos fisiológicos podem estar prejudicados na DP, por evoluir com distúrbios de movimento, ocasionando a instabilidade postural. As estratégias de controle de equilíbrio estático envolvem a ação dos grupos musculares da cadeia posterior, que atuam na compensação no sentido AP. A compensação no quadril é baseada no movimento puro de flexão ou extensão desta articulação. E a articulação do tornozelo tem a capacidade de restabelecer o equilíbrio, retornando o centro de massa para o eixo estável, baseado principalmente em movimentos de amplitude mínima de planti ou dorsiflexão (MANSOUR; FAGUNDES, 2018).

Além dos músculos dos MMII, os músculos do tronco também auxiliam na promoção da estabilidade postural. O eixo de movimento que favorece o equilíbrio estático no tronco é a flexão-extensão (JARMEY, 2018; HALL, 2019). Quanto a função estática de equilíbrio os MMII são considerados o pedestal, o tronco um segmento móvel com deslocamento do centro de gravidade (CG), a cabeça e a cervical controlam a coordenação (MARCEL, 1987). O principal grupo muscular responsável pela adaptação e controle de equilíbrio estático são os músculos da cadeia posterior. No quadro 2 estão destacados os principais músculos da cadeia posterior da coluna vertebral (grupo superficial e profundo), da pelve e dos MMII, em destaque no mesmo quadro estão representados os principais músculos da cadeia anterior, responsáveis para estabilização da articulação de tornozelo, o tibial anterior e o fibular longo (Quadro 2).

QUADRO 2 – GRUPOS MUSCULARES DE TRONCO E MEMBROS INFERIORES

Estrutura	Músculos	Função	Encurtamento
Coluna Vertebral Grupo Superficial	Iliocostal lombar*	Extensão e inclinação da coluna vertebral.	Acentua as curvas vertebrais.
	Iliocostal torácico*		
	Iliocostal cervical*		
	Longo do tórax*	Extensão da coluna vertebral.	Bilateral dos músculos da região torácica (retificação torácica); Unilateral (escoliose).
	Longo do pescoço*	Inclinação lateral da cabeça.	Inclinação lateral da cabeça.
	Longo da cabeça*	Extensão da cabeça. Músculo isolado: inclina a cabeça e gira a face para o mesmo lado.	Extensão e rotação da cabeça.
	Espinal do tórax*	Extensão da região torácica.	Retificação da região torácica.
	Espinal do pescoço*	Extensão da cabeça.	Cabeça em extensão.
	Semi-espinhal do tórax*	Eretor do tórax.	Retificação da região torácica.
	Semi-espinhal do pescoço*	Extensão e rotação contralateral do pescoço.	Pescoço e extensão e rotação.
Coluna Vertebral Grupo Profundo	Semi-espinhal da cabeça*	Extensão da cabeça e rotação para o lado oposto.	Cabeça em extensão e rotação.
	Multífido*	Extensor vertebral, inclinação lateral e rotação para o lado oposto.	Escoliose.
	Rotadores*	Unilateral: flexão e rotação lateral da coluna vertebral e a cabeça para o lado oposto; Bilateral: estende e estabiliza a coluna vertebral.	Escoliose.
	Interespinhais*	Extensão das vértebras.	Aumenta as curvas lombares e cervicais.
	Esplênio do pescoço*	Extensão da coluna cervical.	Extensão da coluna cervical.
	Esplênio da cabeça*	Extensão e rotação homolateral da cabeça.	Extensão e rotação da cabeça.

Estrutura	Músculos	Função	Encurtamento
MMII	Glúteo máximo*	Extensão e rotação lateral do quadril; Ílio fixo: rotação lateral e discreta adução; Fêmur fixo: retroversão de pelve.	Deformidade em extensão com a rotação lateral do quadril (retroversão de pelve).
	Bíceps da coxa*	Cabeça longa e curta do bíceps femoral: flexão e rotação lateral do joelho; Cabeça longa do bíceps: extensão e auxilia na rotação lateral do quadril.	Restrição da extensão do joelho com o quadril em flexão, ou restrição da flexão do quadril com o joelho em extensão. Valgo de joelho.
	Semimembrâneo* Semitendíneo*	Flexão e rotação medial da articulação do joelho, extensão e auxilia na rotação medial do quadril.	Restrição da extensão do joelho com o quadril em flexão, ou restrição da flexão do quadril com o joelho em extensão.
	Gastrocnêmio*	Flexão plantar do tornozelo e auxilia na flexão do joelho.	Restrição da dorsiflexão do tornozelo com o joelho em extensão.
	Poplíteo*	Sem carga e com a origem fixa: rotação medial da tibia sobre o fêmur e flexão do joelho; Com carga e com a inserção fixa: rotação lateral do fêmur sobre a tibia e flexão do joelho.	Leve flexão do joelho e rotação medial da perna sobre a coxa.
	Sóleo*	Flexão plantar do tornozelo.	Ortostatismo: hiperextensão de joelho e limita a dorsiflexão do tornozelo.
	Tibial anterior**	Dorsiflexão (articulação talocrural) e inversão (articulação subtalar).	Favorece a inversão do pé e restrição de mobilidade em dorsiflexão.
	Fibular longo**	Flexão plantar (articulação talocrural) e eversão (articulação subtalar).	Tendência a eversão do pé e diminuição de mobilidade em eversão.

LEGENDA: * Músculos da cadeia posterior (antigravitacionais); ** Principais músculos da cadeia anterior em MMII.

FONTE: Adaptada de Marques (2005), Jarmey (2018) e Hall (2019).

A condição de equilíbrio é baseada da teoria do equilíbrio mecânico, resultante das forças que agem sobre o objeto, representado pela fórmula $\Sigma F=0$. O símbolo " Σ " significa a soma dos vetores e " F " significa a força. Desta forma, as forças dos vetores se anulam, desta forma a equação representa o equilíbrio estático (Figura 1A). O controle de equilíbrio pode ser estático ou dinâmico. No estático quando um objeto permanece em repouso ocorre a manutenção da estabilidade, resultado da capacidade em manter uma postura estável vencendo as forças da gravidade (HEWITT, 2015). E na dinâmica que é caracterizada pela capacidade em garantir a estabilidade durante posturas desafiadoras e/ou de deslocamento do indivíduo (KENDALL *et al.*, 2007). A estabilidade é um propriedade resultante da ação da força de apoio e do peso do objeto, que se iguala à força da gravidade (HEWITT, 2015).

A articulação subtalar e a transversa do tarso, possibilita o movimento de pronação e supinação, abdução e adução do antepé. Na eversão é definida como a pronação e a abdução do antepé, enquanto que a inversão é definida como a supinação e adução do antepé (KENDALL *et al.*, 2007). O papel funcional dos pés envolve as propriedades de plasticidade e fixidez. A plasticidade capacidade de adaptação da estrutura em superfícies com relevos distintos e fixidez capacidade de manter a estabilidade em repouso com a descarga de peso corporal de forma simétrica (DUFOR; PILLU, 2007). O pé é subdividido em porção externa responsável pelo impulso durante a marcha e o interno relacionado pelo sistema de adaptação e equilíbrio. (MARCEL, 1987). Os músculos dos pés têm três ações: a manutenção do arco plantar, ação antigravitacional e de propulsão. Quanto a manutenção dos arcos da face plantar, observação a ação de diversos músculos disposto em região superficiais e profundos dos pés. O músculo tibial posterior responsável pela manutenção do arco externo e da altura do arco em face plantar, e se opõe ao pé valgo (MARCEL BIENFAIT, DESEQUILIBRIO; MARCEL, 1987). E os músculos fibular curto e quadrado plantar (músculos profundos) tende a deformar o arco em pé varo (MARCEL BIENFAIT, DESEQUILIBRIO; MARCEL, 1987). De forma isolada os músculos profundos são responsáveis pela proteção do arco AP (MARCEL, 1987). O adutor do hálux sustenta o arco interno e abductor do hálux o arco anterior. Enquanto o abductor transversal sustenta os dois arcos (MARCEL, 1987). Os músculos intrínsecos dos pés atuam predominantemente de forma estática, estabilizando as pequenas articulações. E os músculos extrínsecos atuam de forma dinâmica para a manutenção do equilíbrio (JARMEY, 2018). Em repouso a ação dos músculos da face

plantar tem ação de compensação imediata na morfologia dos pés e as alterações biomecânicas acontecem devido a comprometimentos posturais (cifose, escoliose e cifo escoliose) e/ou deformidades em MMII de evolução lenta (JARMEY, 2018). Durante o ortostatismo em repouso, o músculo sóleo se mantém contraído e evita a projeção anterior do tronco e os músculos lumbricais atuam principalmente na propriocepção plantar (JARMEY, 2018). Em relação ao controle de equilíbrio estático no sentido AP verifica-se a ação dos músculos sóleo e fibular terceiro (MARCEL, 1987).

A postura é definida pelas teorias da física como a capacidade de os segmentos corporais se manterem estáveis em relação aos vetores gravitacionais (WINTER, 1995). E o controle postural depende da regulação da relação entre o centro de massa e a base de sustentação corporal (ROGERS; MILLE, 2003). O equilíbrio depende da ação eficaz dos mecanismos de controle postural, dentro dos limites de estabilidade (BATISTA *et al.*, 2014). O COP é a representação do deslocamento do vetor de vertical do CG que incide no plano horizontal no solo (WINTER, 1995) (Figura 1B).

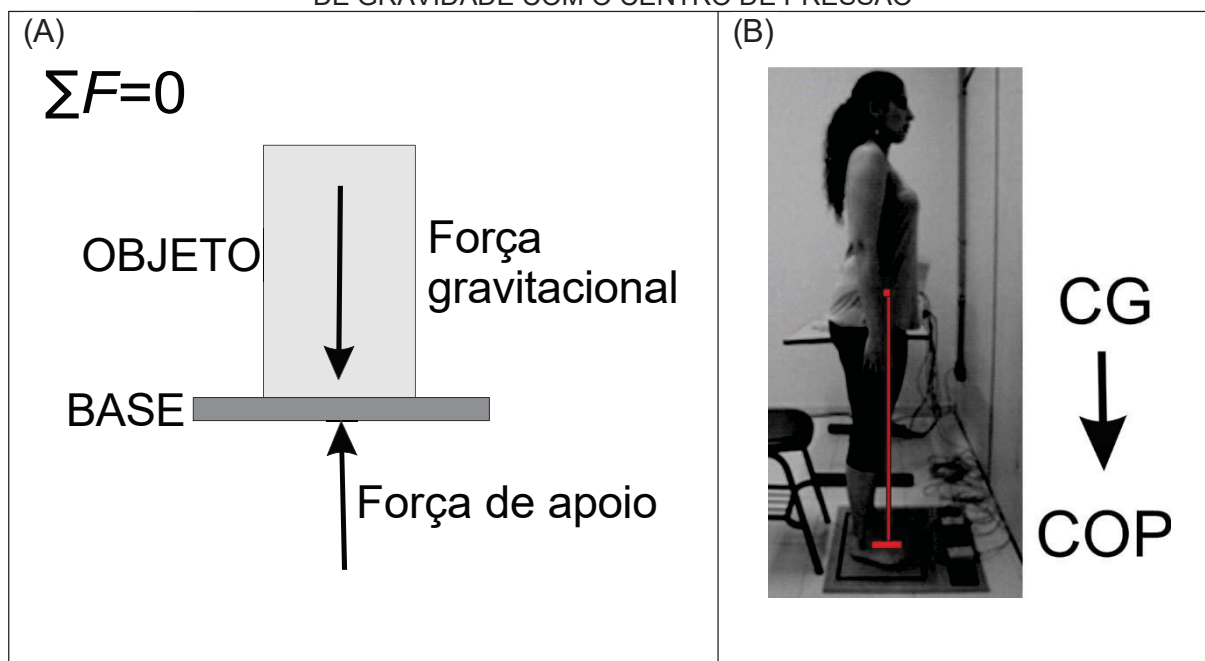
A oscilação postural depende do tamanho da base de apoio e área de sustentação. As quedas estão associadas, principalmente, à oscilação postural acentuada no sentido AP. A oscilação postural, representado na instabilidade postural, pode estar comprometida em pacientes com DP muito antes dos déficits de equilíbrio (SCHONEBURG *et al.*, 2013), variação que pode quantificada com o auxílio da estabilometria. O processo de evolução da doença aumenta o risco de quedas. Quanto mais comprometido o equilíbrio, maior a incidência de quedas nos pacientes com DP (MENANT *et al.*, 2011).

A manutenção do equilíbrio postural sofre influência do campo visual, da audição, da propriocepção, da contração muscular, da coordenação e do sistema somatossensorial, que tendem a ser modificados com o avanço da idade e com a presença de doenças que comprometem a estabilidade (BERGE *et al.*, 2019; FUKUNAGA *et al.*, 2014; KINSELLA-SHAW; HARRISON; TURVEY, 2011; UMURA *et al.*, 2015; RINALDUZZI *et al.*, 2015; SUZUKI *et al.*, 2015). Como mecanismo de compensação ocorre uma maior oscilação postural, deslocando o COP anteriormente como forma de manutenção do equilíbrio (RINALDUZZI *et al.*, 2015).

Mesmo em posição estática, o ser humano apresenta constante alinhamento dinâmico para manter o equilíbrio corporal, cuja resposta é resultado dos mecanismos de adaptações fisiológicas neuromusculares (BARBOSA *et al.*, 2016). A inclinação do

eixo corporal tende a modificar o CG, promovendo alterações de pisada e tipo de marcha (HORAK; DIMITROVA; NUTT, 2005). Quanto melhor o equilíbrio em posição estática, melhor será o desempenho nas atividades dinâmicas e eficiência de marcha levando a menor risco de quedas (GIARDINI *et al.*, 2018).

FIGURA 1 - (A) CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO E FORÇA DE APOIO. (B) RELAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE COM O CENTRO DE PRESSÃO



NOTA: (A) Vetores de força. (B) Vetor de força vertical.

LEGENDA: CG: Centro de Gravidade; COP: Centro de Pressão; Σ : soma dos vetores; F: força.

FONTE: (A) Adaptado de Hewitt (2015) (B) Adaptado de Batista *et al.* (2014) e Winter (1995).

Horling *et al.* (2008) afirmaram que a perda de força em regiões distais e proximais são fatores que favorecem a queda, especialmente quando ambas estão presentes, e quando um fator altera o equilíbrio postural. A falha nos mecanismos de compensação leva a episódios de quedas (HORLING *et al.*, 2008).

1.3.2 Mecanismos de Compensação de Equilíbrio na Doença de Parkinson

A instabilidade postural é uma das características da DP (RINALDUZZI *et al.*, 2015). Nela, os ajustes posturais antecipatórios passam a ser prejudicados e lentos (MARTINEZ-MENDEZ; SEKINE; TAMURA, 2011), o que se observa na marcha, no equilíbrio dinâmico, na estabilidade, na coordenação e na agilidade do paciente. A rigidez muscular favorece o déficit de equilíbrio e estimula o mecanismo de compensação da assimetria corporal (BOONSTRA *et al.*, 2014), além de acarretar

deformações posturais e possíveis assimetrias da face plantar dos pés, o que, por sua vez, aumenta a base de sustentação, o que dificulta a manutenção do controle postural (KIM *et al.*, 2009).

A rigidez acaba por contribuir para a instabilidade postural e favorecer o risco de quedas (BOONSTRA *et al.*, 2014). A manutenção do equilíbrio depende de quatro fatores: da altura do CG acima de base de sustentação, do tamanho da base de sustentação, da localização do centro de pressão (COP) e do peso corporal. (BATISTA *et al.*, 2014; WINTER, 1995). Em alguns casos, já na fase inicial da DP, observa-se alterações de equilíbrio relacionados aos sinais motores. Estudos sugerem que na tentativa de manter a estabilidade postural os indivíduos compensam os déficits, justificados pela maior rigidez articulares (BOONSTRA *et al.*, 2014), por meio de compensação dos movimentos.

No caso da DP, a modulação fisiológica de adaptação postural ocorre principalmente em MMII, com a ação dos músculos tibial anterior e gastrocnêmios. Com a evolução da DP, essas estruturas anatômicas sofrem modificações decorrentes da rigidez, que lentifica os reflexos de correção postural e estabilidade, aumentam o risco de quedas e, assim, comprometem a qualidade de equilíbrio dos pacientes (BECKLEY *et al.*, 1991). Destaca-se que a instabilidade postural e o congelamento da marcha são as causas principais de quedas nos pacientes com DP e, como consequência, existe o risco de fratura de quadril decorrente do incidente (TEIVE; MUNHOZ, 2014).

As quedas são situações comuns em pacientes com DP. Cerca de 70% dos pacientes apresentam quedas em um período do ano (SILVA DE LIMA *et al.*, 2019). Rogers *et al.* (2003) afirmam que o processo de envelhecimento favorece a instabilidade do equilíbrio postural e quedas, principalmente no plano lateral. Os pacientes com DP com baixo risco de quedas tendem a usar estratégias fisiológicas de compensação no tornozelo para manter a estabilidade postural. Nos grupos de pacientes com maior risco de quedas é possível constatar uma maior compensação em quadril. Nos pacientes com medo de cair, normalmente são utilizadas duas articulações como mecanismos de compensação (HORAK, 2006). A rigidez progressiva da DP proporciona uma perda gradativa da capacidade do controle do equilíbrio, principalmente relacionada ao mecanismo de compensação da articulação dos tornozelos. Portanto, nos pacientes com quadro mais avançado, a tentativa de controle do equilíbrio postural somente com os quadris não é suficiente,

ocasionando maior número de quedas (STYLIANOU *et al.*, 2011).

As modificações posturais globais, como a anteriorização de cabeça e tronco, tendem a fazer uma retroversão de pelve, bloqueando o movimento de quadril, gerando semiflexão de joelhos e refletindo na posição de tornozelo e na descarga de peso corporal na face plantar (KENDALL *et al.*, 2007). A postura escoliótica, que é um achado comum entre os portadores da DP, e tendem a evoluir com o avanço da doença, segue esta mesma lógica (WILCZYŃSKI *et al.*, 2017).

1.3.3 Avaliação de Equilíbrio

Os testes clínicos e as escalas específicas de equilíbrio, como Tinetti (CONTRERAS; GRANDAS, 2012), escala de equilíbrio (MITCHELL *et al.*, 1995), *Time up and go* (TUG), *Activities-Specific Balance Confidence* (ABC) Scale (JOHNSON *et al.*, 2013), e a escala de equilíbrio de Berg (FERRAZZOLI *et al.*, 2015; JOHNSON *et al.*, 2013) possibilitam a investigação de estabilidade postural, riscos de quedas e sintomas motores da DP. O teste clínico de instabilidade postural comumente utilizado é o teste de retropulsão, utilizado em diversos estudos na abordagem de pacientes com DP (EBERSBACH; GUNKEL, 2011; FERRAZZOLI *et al.*, 2015; GRIMBERGEN; MUNNEKE; BLOEM, 2004; JOHNSON *et al.*, 2013; RINALDUZZI *et al.*, 2015; SCHMIT *et al.*, 2006).

A análise por podoposturologia demonstra que os pacientes com PD têm valores mais elevados das variáveis quando comparado com pessoas sem déficit neurológico (KAMIENIARZ *et al.*, 2018). A posturografia é uma ferramenta de avaliação prática, de baixo custo e reconhecida no mapeamento de instabilidade postural fornecendo indicadores posturográficos qualitativos e quantitativos na avaliação de equilíbrio em paciente com DP, mesmo daqueles que não se queixam de disfunção de equilíbrio (BARGIOTAS *et al.*, 2018; FERRAZZOLI *et al.*, 2015). Este recurso possibilita a realização da estabilometria (estatocinesigrama e estabilograma) e a baropodometria.

1.4 BAROPODOMETRIA

A baropodometria avalia as disfunções dos pés, baseada na podografia digital. A quantificação da descarga de peso corporal sobre uma superfície é determinada

pela pressão que o objeto exerce sobre a área, onde a força acaba sendo distribuída. A pressão é calculada pela fórmula $p=F/A$ (p =pressão; F =força; A =área) (HEWITT, 2009), princípio físico aplicado aos cálculos na plataforma de força, decorrente da descarga peso que se distribui de forma semelhantes em todos os pontos de contato da base de apoio, respeitando o princípio de Pascal. No caso de um objeto sólido, considera-se que a força na base de contato - a unidade padrão internacional de força, o Newton por metro quadrado, denominado Pascal (Pa), representado por um quilopascal (1KPa=1.000Pa) (1Pa igual a 0,102 kg/m²) (HEWITT, 2009).

Existem aparelhos que possibilitam a avaliação do tipo de pé: a plantigrafia, o podoscópio e o baropodômetro (podoscópio digital). As alterações anatômicas acontecem principalmente no arco transversal, as cargas excessivas e/ou as mudanças nos padrões de movimento levam às lesões ostemioarticulares no pé e estruturas adjacentes (TIBAREWALA; GANGULI, 1983).

Um dos primeiros experimentos que avaliaram as forças verticais na face plantar ocorreu em 1882. O aparelho foi construído com uma placa de borracha esponjosa, demarcada com linhas horizontais, em papel quadriculado, e o registro sob a superfície era realizado com tinta (BEELY, 1882). Novos equipamentos foram desenvolvidos aos longos dos anos. Em 1980, foi possível avaliar as áreas de descarga de peso da face plantar e monitorar o tipo de pé (BETTS; FRANKS, 1980).

O podoscópio é um aparelho com um tampão de vidro ou de acrílico sobre uma base. A área de apoio fornece a impressão plantar, com o reflexo das áreas com alterações de coloração, devido à isquemia por pressão, imagem no formato instantâneo, que pode ser fotografado (podografia) (ORLIN; MCPOIL, 2000). As primeiras avaliações digitais foram realizadas em 1983, ano em que foi avaliada a descarga de peso em uma plataforma com seis extensômetros, que demonstrava o tipo pé e quantificava as áreas com descarga de peso corporal distribuído na face plantar, embora nessa época tratava-se de um recurso exclusivo da área de ortopedia (TIBAREWALA; GANGULI, 1983).

Atualmente, a baropodometria avalia a face plantar com o uso de um computador e um sensor de pressão (NEVES *et al.*, 2020). A baropodometria é considerada uma ferramenta de avaliação que demonstra resultados qualitativos (pé normal, plano e cavo) e quantitativos (descarga de peso plantar nas distintas regiões da face plantar, representada por colorimetria).

Os resultados da baropodometria também possibilitam acompanhar a evolução

do tratamento fisioterapêuticos após exercícios de alongamentos muscular em MMII (isquiotibiais e gastrocnêmios), que resultam em alterações reflexas da descarga de peso corporal e modificação do tipo de pé (BAUMFELD *et al.*, 2017; ROSÁRIO, 2014). Este recurso vem sendo usado na avaliação do aparelho locomotor (OLIVEIRA; MARANHO; JÚNIOR, 2021), em diversas afecções, principalmente na avaliação de pacientes com comprometimento postural (LUCARIELLO *et al.*, 2021; ROSÁRIO, 2014); desequilíbrio muscular em MMII (LALEVÉE *et al.*, 2021); distúrbios de locomoção (LALEVÉE *et al.*, 2021); pós-operatório de cirurgias ortopédicas (NOTARNICOLA *et al.*, 2018), sequelas neurológicas (SALON-MORENO *et al.*, 2014), relação com sobrepeso e obesidade (FABRIS *et al.*, 2006; MIJOVIĆ; LENCUR, 2019), lesões de face plantar (MIJOVIĆ; LENCUR, 2019) em diferentes faixas etárias, além de verificar a influência do tratamento baseado nas práticas integrativas (ANTÔNIO *et al.*, 2018; SALON-MORENO *et al.*, 2014).

Na pisada normal, existe uma harmonia na distribuição de carga e pressões, na impressão da face plantar. Todas as áreas da face plantar (antepé, mediopé e retropé) são visualizadas, além da ausência da compensação das estruturas articulares ou musculares. A principal característica do pé cavo é uma menor ou ausência de apoio na área de médio pé e uma maior pressão de pico na região de contato com o solo, enquanto o pé plano tem maior área de apoio principalmente na face medial do pé, assim diminuindo a área de impacto, aumentando a compensação estrutural corporal (BULDT *et al.*, 2015).

Outra forma de adaptação é o aumento de base de sustentação, inicialmente discreto e observado com o afastamento dos pés, diminuindo a amplitude da passada e da velocidade da marcha. A assimetria da posição de apoio plantar está relacionada às variações qualitativas de postura dinâmica e coordenação de posição dos MMII, que mantêm uma manutenção constante (WANG; NEWELL, 2012). As restrições biomecânicas e primárias (co-contracção muscular) são as respostas posturais frente à oscilação lateral e posterior em indivíduos com DP (DIMITROVA; HORAK; NUTT, 2004). Outras restrições estão associadas à flexibilidade de tronco, força de estabilidade, controle muscular, estrutura e dimensões da base de sustentação.

A baropodometria, além de avaliar o tipo de pé, possibilita o direcionamento para a confecção de palmilhas corretivas individualizadas (FERREIRA; ÁVILA; MASTROENI, 2015), com o objetivo de favorecer a correção postural, minimizar possíveis quadros álgicos decorrentes de possíveis compensações, diminuir riscos

de quedas, facilitar atividade de vida diária e locomoção e melhorar qualidade de vida.

Na qualidade de vida, as estratégias visam estimular o paciente a assumir as competências de suas atividade de vida diária, manter a rede de apoio (familiares) presente, favorecer a autonomia e estimular a sua atuação na sociedade, dentro de suas limitações (PAOLUCCI *et al.*, 2020).

1.5 ESTABILOMETRIA

A proposta para aferição da distribuição da pressão plantar, em 1882, demonstrava de forma qualitativa e limitada ao tipo do pé em superfícies de fácil deformação, como a impressão em argila, gesso, entre outros materiais com capacidade de serem moldados (BETTS; FRANKS, 1980). Em 1973, foi reconhecido o uso da estabilometria como ferramenta de avaliação do equilíbrio postural, determinando os eixos a serem avaliados, princípios das mensurações e demonstrando os primeiros resultados da estatocinesigrama com olhos abertos e fechados e comparando o estabilograma do eixo Y e X (SNIJDERS; VERDUIN, 1973). O estatocinesigrama registra a trajetória do COP sob a base de apoio, formando uma área em elipse baseada pela diagonal principal, que tem relação com a área de maior incidência (DUARTE; ZATSIORSKY, 2002) O uso da estabilometria foi padronizado dentro das normas da Sociedade Internacional de Posturografia (KAPTEYN *et al.*, 1983). E o estabilograma é a representação do COP nos eixos X (sentido médio-lateral [ML]) e Y (sentido ântero-posterior [AP]), de forma isolada, unidirecional e linear (DUARTE; ZATSIORSKY, 2002)

Em 1980, foi publicado o primeiro estudo que demonstrou a avaliação dos pacientes em posição bípede com os pés paralelos, intercalando com olhos abertos e fechados, além de se verificar o comportamento postural após oscilações espontâneas no sentido AP e ML. Ainda, foram incluídos diversos testes (quadro patológicos: pacientes portadores de síndromes hipertônicas, reflexos posturais normais: reação postural de Romberg, reação oculomotor, teste de Cyon, teste de degrau e resposta postural labiríntica), e a fase da avaliação da postura foi considerada como posturologia clínica (GAGEY; BARON; USHIO, 1980). A posturologia é o método utilizado para a avaliação de equilíbrio postural, classificado como estabilocinesigrama e estabilograma.

A sociedade japonesa, para a pesquisa do equilíbrio, padronizou um modelo de plataforma de força para a avaliação de estabilometria clínica da postura ortostática. Definiu os resultados baseando-se em modelos matemáticos compatíveis com um conversor analógico digital, demonstrando que o COP é o ponto de aplicação das forças verticais resultantes no eixo horizontal sob a plataforma (BIZZO *et al.*, 1985).

O COP e o CG são marcadores biomecânicos que possibilitam a mensuração da instabilidade postural (PALAKURTHI; BURUGUPALLY, 2019). As variáveis do COP podem ser captadas pela plataforma de força (SNIJDERS; VERDUIN, 1973). O modelo matemático utilizado na podoposturologia utiliza o comprimento do deslocamento de COP, a velocidade ao longo do eixo X e Y e descarga de peso (THOUMIE, 2012). A estabilometria fornece dados qualitativos do desempenho motor para a manutenção da postura em uma determinada posição no espaço (ALIFIROVA *et al.*, 2016; WANG; NEWELL, 2012), além de ser uma ferramenta capaz de fornecer uma avaliação fidedigna de dados não observados por um clínico. Seus parâmetros são comprovados e exatos e contribuem para o entendimento de variáveis como equilíbrio, oscilação e variações (DAWSON *et al.*, 2018).

O COP pode ser registrado na plataforma de força. O equipamento registra a área total (área em elipse) do deslocamento dos vetores de força e, também, no sentido vertical, que incide no solo, por meio do cálculo da área do deslocamento total do COP, com padrões de oscilação de ambos os eixos nos sentidos ML (Eixo X) e AP (Eixos Y) (BERETTA *et al.*, 2015). Atualmente, essa ferramenta pode ser considerada confiável para monitorar o equilíbrio na prática clínica (ICKENSTEIN *et al.*, 2012), além de ser precisa no mapeamento da instabilidade postural, o que auxilia no diagnóstico clínico, evolução da DP e registros do ganho decorrentes de reabilitação fisioterapêutica.

A posturografia estática foi utilizada em pacientes com queixa de tontura, porém sem distúrbios neurológicos associados, determinando que a privação visual interfere no COP (GAGEY, 1991). Jeka *et al.* (1994) realizaram a avaliação dos pacientes em posição tandem com um apoio do membro superior esquerdo em uma barra de ferro vertical, demonstrando que, mesmo com apoio fixo, existe a oscilação do COP (JEKA; LACKNER, 1994). A estabilometria foi utilizada na avaliação de pacientes com neuropatias, demonstrando que a postura e o decréscimo de descarga de peso corporal no membro acometido interfere na oscilação do COP nos eixos X e Y

(LAFOND; CORRIVEAU; PRINCE, 2004).

Cho (2011) avaliou os parâmetros de estabilometria de paciente com DP e com queixa de tontura, porém sem sinais clínicos típicos. Como resultado, foi observada uma maior instabilidade postural quando comparada com o GC. Destaca-se que a tontura foi o primeiro sintoma relatado por esse paciente, confirmando na avaliação clínica (teste de retropulsão) que a instabilidade postural confirma presença de déficit de equilíbrio (CHO, 2011).

Park *et al.* (2015) demonstram que os achados no COP são sugestivos para diagnosticar a DP na fase inicial da doença (PARK *et al.*, 2015). E foi comprovado que esses pacientes com comprometimento postural apresentam um grau de dificuldade em alcançar um bom alinhamento corporal (GEROIN *et al.*, 2015).

1.6 ABORDAGEM FISIOTERAPÊUTICA NA DOENÇA DE PARKINSON

1.6.1 Abordagem Geral

Os programas de tratamento fisioterapêuticos são eficientes em pacientes com DP, principalmente na fase inicial da doença, favorecendo a melhora da qualidade de vida, minimizando os riscos de quedas. Durante a fase de reabilitação fisioterapêutica dos paciente com DP, são observadas as principais limitações motoras decorrentes das limitações de motricidade e diminuição dos níveis de atividade física, além da qualidade de mobilidade (bradicinesia e rigidez) e equilíbrio (HUANG *et al.*, 2017). Como forma de tratamento pode ser proposto exercícios baseados em realidade virtual, que são indicados para estimular a descarga de peso bilateral e unilateral, fortalecimento muscular e deslocamento do CG. Os ganhos observados com este tipo de terapia são independência funcional, melhora do equilíbrio estático e dinâmico (LEE; LEE; SONG, 2015). Os exercícios baseados em treino de marcha e ganho de força muscular demonstraram um melhor desempenho nas fases da marcha, equilíbrio e resistência muscular, minimizando o risco de quedas (MORA *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2016).

1.6.2 Abordagem Fisioterapêutica nas Alterações de Equilíbrio da Doença de Parkinson

A reabilitação para a instabilidade postural tende a ser lenta, porém eficaz,

promovendo a estabilidade postural e aumentando a força em MMII, diminuindo, assim, o risco de queda (PIZZIGALLI; AHMAIDI; RAINOLDI, 2014). A reabilitação dos distúrbios de equilíbrio demonstra a melhora do quadro clínico e lentifica o processo de evolução motora da doença (SANTOS *et al.*, 2012; STOŽEK *et al.*, 2016).

As alterações de equilíbrio podem ser minimizadas com a abordagem fisioterapêutica baseada em exercícios de coordenação, propriocepção, treino de marcha, equilíbrio dinâmico e estático (KEUS *et al.*, 2007), exercícios para mobilidade articular e força muscular para melhorar capacidade funcional e alongamento muscular (CABRERA-MARTOS *et al.*, 2020; PAOLUCCI *et al.*, 2020; WILD *et al.*, 2013), exercícios de treino de impacto leve e moderado (PAOLUCCI *et al.*, 2020). Terapias com dança, hidroterapia e *biofeedback* (HIDALGO-AGUDO *et al.*, 2020), artes marciais, atividades com resistência (RADDER *et al.*, 2020), além das atividades complementares, como Tai Chi e Yoga (KHUZEMA; BRAMMATHA; ARUL SELVAN, 2020), podem ser utilizadas. As estratégias da fisioterapia são baseadas na promoção de reabilitação, alívio dos sintomas, orientando-se estratégias com a finalidade de, principalmente, prevenir quedas (MORRIS, 2000).

Quando associado à reabilitação de equilíbrio e ao fortalecimento muscular em MMII em mulheres idosas, foi verificada uma melhor estratégia no equilíbrio dinâmico e estático (ZOUITA *et al.*, 2020). Estudos revelam que os exercícios de fortalecimento muscular com carga progressiva demonstraram ganho de força e desempenho físico nos pacientes com DP com quadro leve e moderado (BRIENESSE; EMERSON, 2013; LIMA; SCIANNI; RODRIGUES-DE-PAULA, 2013). A perda de força muscular decorrente do imobilismo e perda progressiva de funcionalidade justificam a abordagem fisioterapêutica com exercícios de fortalecimento muscular (PAOLUCCI *et al.*, 2020).

Novos estudos também demonstram a importância na reabilitação cardiovascular com treinamento com carga e resistência, com efeito benéfico após três meses de treinamento e melhora da pressão arterial média e da modulação autonômica (KANEGUSUKU *et al.*, 2017). É de extrema importância que os pacientes sejam encaminhados para a reabilitação desde o diagnóstico inicial da DP para minimizar a progressão, as limitações e as complicações decorrentes da doença.

1.7 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DESTE ESTUDO

Os objetivos fisioterapêuticos no paciente com DP são baseados em minimizar as compensações posturais decorrentes da evolução da doença; promover reequilíbrio muscular; manter e ganhar a amplitude de movimento, estimular o equilíbrio dinâmico e estático; auxiliar as atividades de vida diária; treinar estratégias de compensação postural; prevenir quedas e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida nas categorias relacionadas as atividades de vida diária (funcionalidade; resistência muscular; melhora cognitiva, psicológica e do humor), identidade pessoal (relacionamento familiar e independência), comportamento social (convívio social, comunicação e deslocamento) e superação dos problemas e desafios (estratégias psicológicas e entendimento da nova realidade).

A relevância do estudo pode ser demonstrada pela busca do diagnóstico e reabilitação fisioterapêutica precoce das alterações de equilíbrio em pacientes com DP, possibilitando, assim, um melhor planejamento da reabilitação fisioterapêutica no quadro inicial e moderado da doença, podendo inclusive evitar os episódios de quedas, limita a locomoção, independência e o convívio social.

Outro fator importante a ser destacado é que a ferramenta de avaliação utilizada nesta pesquisa é um recurso de baixo custo, além de ser um método de aferição rápida e precisa. Neste sentido, os resultados deste estudo poderão impactar positivamente em uma população que sofre de uma doença neurodegenerativa.

2 HIPÓTESE

H0: Existe um déficit de equilíbrio nos pacientes com quadro inicial da doença de Parkinson, que contribui para alterações na pressão plantar e na oscilação do centro de pressão.

H1: Não existe um déficit de equilíbrio nos pacientes com quadro inicial da doença de Parkinson, que contribui para alterações na pressão plantar e na oscilação do centro de pressão.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as alterações de equilíbrio em pacientes com doença de Parkinson por meio da posturografia estática.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as alterações morfológicas dos pés dos pacientes com doença de Parkinson, por meio de baropodometria;
- Comparar a descarga de peso corporal em diferentes regiões da face plantar entre pacientes com doença de Parkinson e controles;
- Avaliar a oscilação do centro de pressão na posição ortostática e estática em pacientes com doença de Parkinson;
- Correlacionar a oscilação do centro de pressão e a descarga de peso corporal na face plantar entre os pacientes com doença de Parkinson com e sem quedas;
- Correlacionar a oscilação do centro de pressão e a descarga de peso corporal na face plantar entre os pacientes com doença de Parkinson, com e sem instabilidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESENHO DE ESTUDO

Estudo do tipo observacional analítico transversal.

4.2 SELEÇÃO DOS PACIENTES

Foram selecionados pacientes com diagnóstico de doença de Parkinson (DP), de acordo com os critérios da *Movement Disorders Society* (POSTUMA *et al.*, 2015), na Associação Paranaense dos Portadores de Parkinson (APPP), no período entre 2014 e 2018. O grupo controle (CG) foi constituído por voluntários da comunidade que participavam do projeto de extensão do Centro Universitário Autônomo do Brasil, na cidade de Curitiba (PR), em 2018.

Foram incluídos pacientes: (a) capazes de obedecer a comandos e colaborativos; (b) capazes de deambular e permanecer em ortostatismo sem apoio; (c) com disponibilidade de comparecer a todas as etapas de avaliação; (d) pacientes com DP com escore da escala de Hoehn & Yahr (H&Y) 1, 1,5, 2, 2,5 e 3. Os critérios de exclusão foram: (a) discinesia; (b) uso de órteses e/ou prótese de quadril ou joelho; (c) amputações de segmentos menores e/ou maiores de MMII; (d) portadores de alterações posturais graves (cifose, escoliose, cifo escoliose e/ou camptocormia) que comprometessem a deambulação e/ou permanecer em posição estática; (e) portadores de sequelas motoras decorrentes de doenças neurológicas (exceto DP); (f) histórico de sintomas vestibulares e/ou auditivos, deficiência visual grave; (g) presença de qualquer tipo de lesão e/ou úlcera na face plantar, fascite plantar e/ou esporão de calcâneo.

Foram avaliados 56 pacientes com DP, respeitando os critérios de inclusão e exclusão do estudo, 32 (57%) do gênero masculino, com média de idade de $65,34 \pm 12,72$ anos. Foi também formado o GC, inicialmente com 42 participantes saudáveis. Dentre os selecionados, quatro não compareceram para a avaliação no laboratório de ergonomia, dois com prótese de quadril e/ou joelho, um com uso de órtese (bengala), um com incapacidade em permanecer em ortostatismo sem apoio, dois com histórico de vertigem e dois com uso de lentes corretivas, totalizando 30 participantes. Do GC, 32 (57%) do gênero masculino, com média de idade de $62,73 \pm 15,20$ anos.

Os grupos foram pareados com base na idade, sexo e escolaridade. Todos os participantes do estudo foram submetidos as mesmas avaliações.

4.3 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC-UFPR), sob parecer número 2.426.739, respeitando a Resolução CNS 466/2012 (Anexos A e B).

4.4 AVALIAÇÃO CLÍNICA

Os dados demográficos, história clínica, evolução da doença, uso de medicamentos, exames complementares e história familiar foram coletados por meio de questionário padronizado, no dia da primeira abordagem ao paciente (Apêndice A). Os pacientes com DP foram questionados quanto ao número e riscos de quedas. Para análise, foram considerados pacientes “com quedas” aqueles que apresentaram mais de um episódio de quedas nos últimos seis meses.

Os pacientes com DP foram avaliados quanto à gravidade da doença de acordo com a escala de H&Y (HOEHN; YAHR, 1967; SCHENKMAN *et al.*, 2001), ferramenta de avaliação com escore zero para pacientes sem limitações motoras, até cinco para pacientes graves e dependentes (Quadro 4), e por meio da *Movement Disorders Society – Unified Parkinson’s Disease Rating Scale Part III* (MDS-UPDRS-III) (GOETZ *et al.*, 2008) (Anexo C). Essa parte da escala consiste em 18 itens, que avaliam a fala, expressão facial, rigidez, bradicinesia, marcha, estabilidade postural, postura e tremor. Cada item pontua de zero até quatro, sendo a pontuação mínima zero e a máxima 132. Esta etapa foi realizada por um médico neurologista especialista em distúrbios do movimento, profissional da APPP, com os pacientes após, pelo menos, cinco horas do uso da última dose da levodopa (fase OFF).

Foi utilizada uma balança digital do modelo W903 (Wiso Outsourcing®, Brazil), com capacidade máxima de 180 Kg, para a conferência da massa corporal. Foram verificadas a massa corporal (Kg), a estatura (metros), seguida do cálculo do índice de massa corpórea (IMC) (CARNEIRO *et al.*, 2012). A classificação seguiu as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), que determina os valores normais entre 18.5 e 24.9 kg/m², sobrepeso entre 25-29.9 kg/m² e obeso com valores

acima de 30.0 kg/m² (OMS, 2000).

QUADRO 4 - ESTÁGIO DA DP SEGUNDO ESCALA DE HOEHN E YAHR (MODIFICADA)

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

FONTE: Schenkman *et al.* (2001).

Também foi avaliado o tipo de pé, que pode ser classificado como pé normal, cavo ou plano. O pé cavo apresenta aumento do arco longitudinal medial e, em alguns casos, mais acentuado, evolui com ausência do contato de mediopé em solo e mantém o apoio apenas em antepé e retropé (CAVANAGH; RODGERS, 1987). O pé plano apresenta diminuição ou ausência do arco longitudinal medial, além de ser caracterizado pela rotação plantar medial do tálus, diminuição da altura do arco plantar longitudinal medial e abdução do antepé (MCCRORY *et al.*, 1997).

A avaliação postural foi realizada em ambos os grupos, para verificar possíveis alterações posturais (cifose, escoliose ou cifo escoliose grave) que acabassem interferindo na capacidade em permanecer em posição estática, sendo este um critério de exclusão do estudo. A avaliação postural clássica foi realizada por um fisioterapeuta, durante a inspeção observacional qualitativa da coluna vertebral e assimetrias corporais no plano sagital, frontal anterior e posterior, utilizando-se um simetrógrafo.

Na vista anterior, foram avaliadas: simetria dos olhos, da comissura labial, dos ombros, da clavícula, do triângulo de Tales, das espinhas ilíacas ântero-superior, joelhos (normal, valgo ou varo). Na vista posterior: cabeça (normal, inclinada e/ou rodada), do ângulo inferior da escápula, da espinhas ilíacas póstero-superiores, da linha poplíteia e a inclinação dos pés (normal, varo ou valgo). Na vista sagital esquerda:

posição da cabeça (normal ou protusa), lordose cervical e lombar (normal, retificada ou hiperlordose), cifose torácica (normal, retificada ou hipercifose), posição da pelve (normal, antevertida ou retrovertida), posição do joelho (normal, hiperflexão ou recurvatum) (Apêndice B) (KENDALL *et al.*, 2007).

4.5 BAROPODOMETRIA E ESTABILOMETRIA

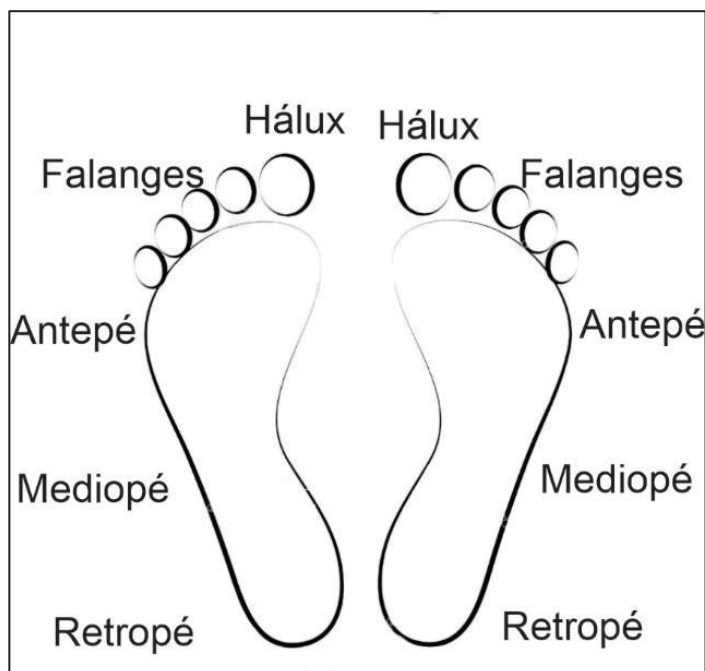
As avaliações de baropodometria e estabilometria foram realizadas por um único pesquisador, em horário agendado, na Clínica de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e no laboratório de Ergonomia da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR).

Quanto à escolha da ferramenta de avaliação, foi optado pela posturografia estática (baropodometria e estabilometria), que inclui um programa específico instalado em uma plataforma computadorizada, modelo EPS (KINETEC® / *BTS Bioengineering Corp., Milan, Italy*), software Biomech Studio®. Este equipamento possui uma única plataforma, com dimensões 675 x 540 x 5 mm, que é posicionada em uma superfície plana, firme e sem tapete. A baropodometria tem capacidade de registro de pressão plantar através de imagem bidimensional (captação de imagem de 400 frames em dez segundos). Como resultado, a baropodometria possibilita o mapeamento do tipo de pisada, enquanto a estabilometria registra a descarga de peso e a oscilação do (COP) (MANCINI; HORAK, 2010).

A descarga de peso (Kg/cm^2) identifica as áreas da face plantar com maior descarga de massa corporal, subdividida em um sistema de máscara gerado no próprio software. O sistema divide o pé em cinco regiões: hálux, falanges, antepé (metatarsos), mediopé (ossos navicular, cubóide e cuneiformes) e retropé (ossos tálus e calcâneo) (CAVANAGH; RODGERS, 1987; SÁNCHEZ RAMÍREZ, 2017) (Figura 2).

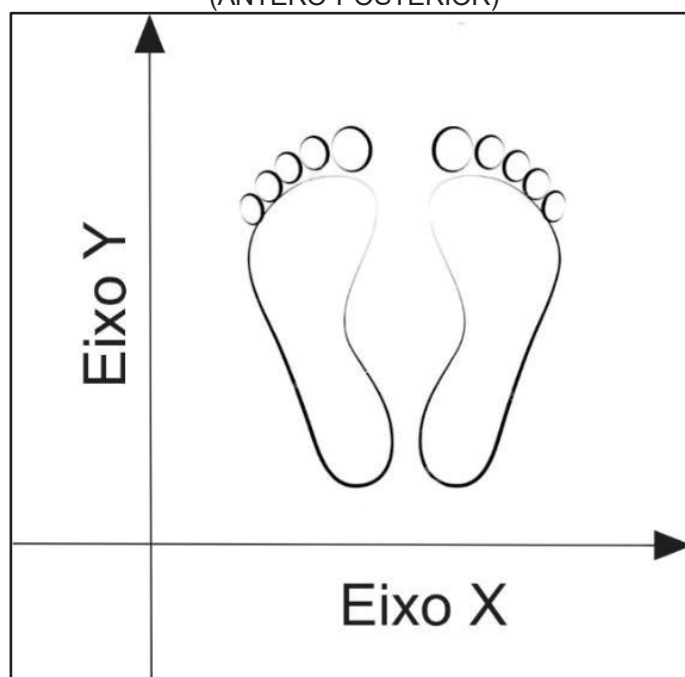
A OSCILAÇÃO POSTURAL PODE SER AVALIADA A PARTIR DO RESULTADO DO DESLOCAMENTO DO VETOR DE FORÇA QUE INCIDE NO SOLO, REPRESENTADA POR PONTOS NA SUPERFÍCIE DA PLATAFORMA DENOMINADO COP. A OSCILAÇÃO DO COP PODE SER MAPEADA ATRAVÉS DO ESTATOCINESIGRAMA E DO ESTABILOGRAMA. O ESTATOCINESIGRAMA REGISTRA A TRAJETÓRIA DO COP SOB A BASE DE APOIO, FORMANDO UMA ÁREA EM ELIPSE BASEADA PELA DIAGONAL PRINCIPAL, QUE TEM RELAÇÃO COM A ÁREA DE MAIOR INCIDÊNCIA. O ESTABILOGRAMA É A REPRESENTAÇÃO DO COP NOS EIXOS X (SENTIDO ML) E Y (SENTIDO AP), DE FORMA ISOLADA E LINEAR (DUARTE; ZATSIORSKY, 2002) (FIGURA 3).

FIGURA 2 - ÁREAS DE DESCARGA DE PESO CORPORAL EM REGIÃO DA FACE PLANTAR



FONTE: A autora (2022).

FIGURA 3 - VETORES DE FORÇA DA ESTATOCINESIGRAMA. EIXO X (MÉDIO-LATERAL) E Y (ÂNTERO-POSTERIOR)



NOTA: Eixo X (Sentido Médio-Lateral); Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior).
 FONTE: A autora (2022).

4.5.1 Calibração do Aparelho para a Baropodometria e Estabilometria

A avaliação da estabilometria indica a capacidade de adaptação e alteração postural, ou seja, permite avaliar a quantidade de oscilação sobre a plataforma de

força em uma determinada posição. Para iniciar a avaliação de baropodometria, o equipamento deveria estar ligado à plataforma do COP retangular. O equipamento possui quatro sensores localizado na ângulos internos da plataforma adaptada ao computador. Assim que o software era iniciado, reconhecia a conexão, solicitando os dados cadastrais do paciente: nome, sobrenome, data de nascimento, idade, estatura, massa corporal, número do sapato, e, a partir desse momento, era criado um banco de dados que poderia ser acessando com o sobrenome do avaliado.

Finalizado o registro dos dados cadastrais, o software calibrava o equipamento de acordo com estatura e massa corporal, adaptando os sensores de carga para reconhecer a descarga de peso do paciente, seguido da autorização para o início da avaliação (BARELA; DUARTE, 1970) (Figura 4).

Quando o paciente estivesse posicionado sobre a plataforma, a captação de dados poderia ser acionada na tecla de início do exame e, durante os próximos 10 segundos, os registros de dados seriam realizados; ao término do tempo, o computador finalizava o processo e solicitava para salvar os dados (KITAMURA *et al.*, 1993). Os dados eram registrados em imagens de alta resolução e mapeamento das áreas de descarga de peso, além de gráficos da estatocinesigrama e estabilograma, nos seis momentos distintos do protocolo.

4.5.2 Preparação do Paciente e Execução do Exame

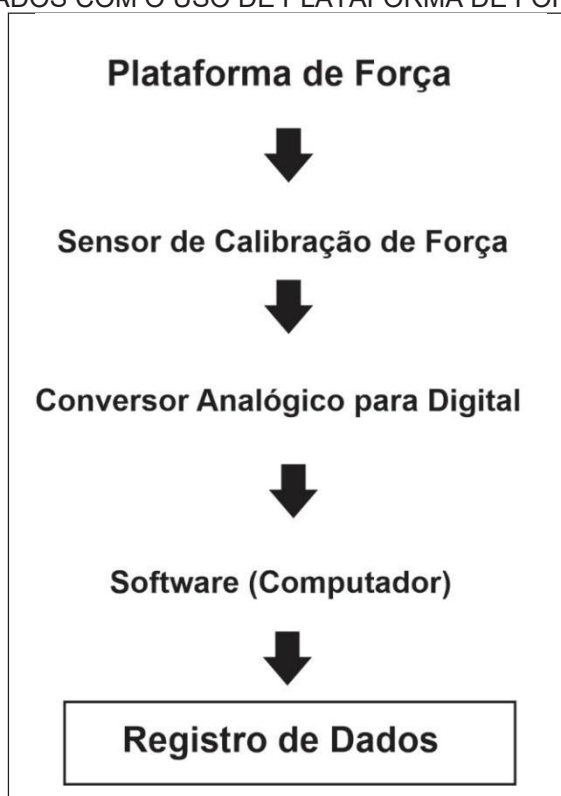
Todos os pacientes com DP foram avaliados no estado “ON”, aproximadamente uma hora após a última dose da levodopa (BERETTA *et al.*, 2015; MITTUR; GUPTA; MODI, 2017). O melhor momento de tratamento possível foi escolhido para não comprometer o desempenho motor e, principalmente, prevenir acidentes (quedas) durante o exame.

Os participantes foram instruídos a permanecer descalço e usar roupas leves (FILIPPIN *et al.*, 2007; KEIONEN; KAURANEN; VANHARANTA, 2003), com a exposição da região distal dos MMII. O protocolo de avaliação iniciou-se em posição sentada, em uma cadeira sem apoio lateral, com os MMSS relaxados ao longo do tronco e com os pés paralelos e apoiados sobre a plataforma (KASAHARA *et al.*, 2015).

Em seguida, o paciente passou para a posição ortostática sobre superfície, mantendo o apoio bipodal, com os pés ligeiramente afastados na medida da largura

dos ombros, e o peso corporal distribuído simetricamente em ambos os pés (FILIPPIN *et al.*, 2007; KEIONEN; KAURANEN; VANHARANTA, 2003); com o olhar fixo em um ponto à frente na altura dos olhos (FILIPPIN *et al.*, 2007; KEIONEN; KAURANEN; VANHARANTA, 2003), e com os MMSS relaxados em posição anatômica, paralelos ao tronco (Figura 5) (KEIONEN; KAURANEN; VANHARANTA, 2003; OLIVEIRA; BARRETO, 2005).

FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS COM O USO DE PLATAFORMA DE FORÇA



FONTE: Adaptado de Barela e Duarte (1970).

No momento da captação de dados, os pacientes foram instruídos a manter a postura ereta, estável e imóvel por dez segundos para cada uma das seis condições sensoriais, com os pés paralelos, semi-tandem com o pé com maior rigidez à frente e semi-tandem com o pé com maior rigidez atrás, intercalados com os olhos abertos e fechados (Figura 6). A postura em semi-tandem em posição estática faz parte da avaliação do equilíbrio lateral (KONCZAK *et al.*, 2007).

FIGURA 5 - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO (POSIÇÃO SENTADA E ORTOSTATISMO – VISTA LATERAL DIREITA É POSTERIOR)



FONTE: A autora (2022).

Durante a avaliação, os pacientes seguiram os seguintes comandos: “olhe para o ponto fixo”; “mantenha a mesma posição e feche os olhos”; “coloque apenas o pé esquerdo à frente e olhe para o ponto fixo”; “feche os olhos e mantenha a mesma posição dos pés”; “coloque o pé direito à frente, deixe o pé esquerda atrás e olhe para o ponto fixo”; “feche os olhos” (ALFIERI; TEODORI; DE GUIRRO, 2006; FILIPPIN *et al.*, 2007; KEIONEN; KAURANEN; VANHARANTA, 2003; OLIVEIRA; BARRETO, 2005). Também foram orientados com seguintes comandos verbais: “permaneça em silêncio”, “estou ao seu lado, para evitar quedas” e “qualquer intercorrência avise, que será interrompida a avaliação”.

FIGURA 6 - POSICIONAMENTO DE APOIO DE MEMBROS INFERIORES



NOTA: Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

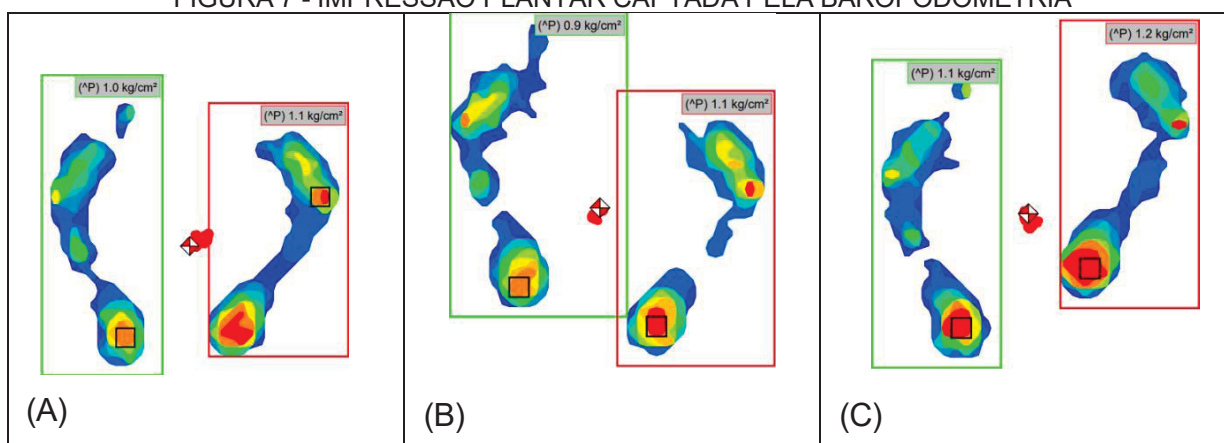
FONTE: A autora (2022).

4.5.3 Obtenção e Análise dos Dados

O registro das imagens foi representado no pé esquerdo e no pé direito de forma independente. Também foi realizada a baropodometria, conhecida como “teste de pisada”, na qual são registradas as áreas de pressão na face plantar de acordo com as áreas de maior e menor descarga de peso, em momentos estáticos em todas as incidências descritas no protocolo de avaliação, possibilitando o mapeamento dessas áreas.

Quando registradas as variáveis utilizando-se uma frequência de 100 Hz, minimizando as possíveis interferências na avaliação estática (MITCHELL *et al.*, 1995), no intervalo de tempo de 10 segundos em 400 frames, os dados são enviados para o computador. O software gera uma matriz e processa as 400 imagens capturadas, em forma de interface, e calcula a média, pico mínimo e máximo de descarga de peso, além da construção da imagem referente a esses dados. A pressão mínima de obtenção da imagem é igual a 0,05 kgf/cm², construindo uma imagem em alta resolução no formato do pé esquerdo e do pé direito, representada com cores com as maiores pressões representada pelo vermelho, seguindo do amarelo, laranja, verde, azul claro e o azul escuro para a menor pressão. As áreas de maior descarga de peso corporal em face plantar são representadas na figura pelas cores quentes e as de menor descarga de peso por cores frias (Figura 7) (ORLIN; MCPOIL, 2000).

FIGURA 7 - IMPRESSÃO PLANTAR CAPTADA PELA BAROPODOMETRIA

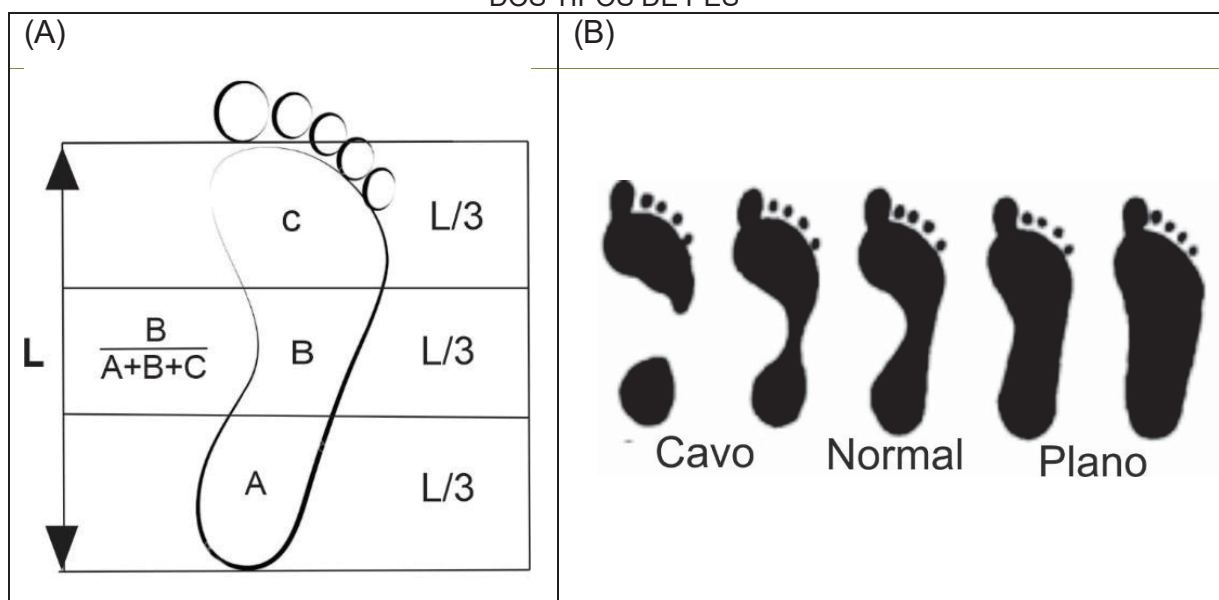


NOTA: As áreas com cores quentes são as regiões com maior descarga de peso e com cores frias as regiões com menor descarga de peso. (A): Pés paralelos; (B): Semi-tandem com pé mais comprometido à frente e (C): Semi-tandem com o pé rígido atrás.

FONTE: A autora (2022).

A baropodometria também possibilita determinar o tipo de pé, com base na área impressa, a qual é subdividida em três regiões distintas: antepé (A), mediopé (B) e retropé (C). O modelo matemático para obter o índice do arco plantar (IAP) é realizado a partir da divisão da área do mediopé (B) pela área total da impressão plantar total (A+B+C) (Figura 8A). Com base neste resultado, é possível classificar o arco longitudinal medial (ALM): pé cavo (índice do arco $\leq 0,21$), pé normal ($0,21 >$ índice do arco $< 0,26$) e pé plano (índice do arco $\geq 0,26$) (CAVANAGH; RODGERS, 1987; PRADO-JÚNIOR *et al.*, 1995) (Figura 8B).

FIGURA 8 - (A) CÁLCULO PARA A CLASSIFICAÇÃO DO ARCO PLANTAR. (B) CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PÉS



FONTE: (A) Adaptado de Cavanagh e Rodgers (1987). (B) Adaptado de Prado Júnior *et al.*, (1995).

A posturografia estática realiza a avaliação baseada no controle postural, representado pelo COP. Na plataforma de força, é possível mensurar as forças verticais que incidem na superfície de suporte. A plataforma de força é composta por sensores de força do tipo piezoelétrica para medir os componentes de força x (Fx) (AP), força y (Fy) (ML) e força z (Fz) (vertical), baseado em um modelo 2D. Os cálculos do COP são realizados com apoio e a reação do momento de força ou toque. Os dados adquiridos pelo COP podem ser visualizados pelo estatocinesigrama e no estabilograma (DUARTE; ZATSIORSKY, 2002).

Durante a avaliação, foi possível registrar os resultados da estabilometria e baropodometria, utilizando-se o mesmo protocolo. Os filtros para o processamento de dados são padronizados com o objetivo de gerar resultados confiáveis durante a

interpretação do COP, porém os estudos necessitam seguir protocolos para a obtenção de dados (KOLTERMANN *et al.*, 2018). Os resultados foram armazenados em HD externo e após impressos, interpretados, emitido laudos, sendo entregue uma cópia do exame e laudo para cada paciente.

As variáveis estudadas foram tipo de pisada, a área com maior descarga de peso em face plantar (Kg/cm^2), a estatocinesigrama (COP total) (mm^2), e a estabilograma do eixo X (sentido ML) (mm) e do eixo Y (sentido AP) (mm), comparação entre o grupo de paciente com DP e GC, além da correlação de variáveis relacionadas com a rigidez, quedas, instabilidade postural e marcha.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram apresentados como médias, medianas, desvio padrão, intervalo de confiança (variáveis quantitativas), frequências e porcentagens (variáveis categóricas). A normalidade das variáveis foi avaliada pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. O teste t de Student ou o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney foram usados para comparar dois grupos em termos de variáveis quantitativas. Para mais de dois grupos, foi usado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para a comparação dos grupos em relação às variáveis categóricas, foi utilizado o teste exato de Fisher. Para avaliar a associação entre as variáveis, foi estimado o coeficiente de correlação de Spearman. A correlação foi considerada muito forte ($>0,9$), forte (0,7 a 0,89), moderada (0,4 a 0,69), fraca (0,2 a 0,39) e muito fraca (0,0 a 0,19). Os valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. A análise estatística foi realizada utilizando-se o software IBM SPSS Statistics 22 e Excel Office 2010.

5 RESULTADOS

5.1 PERFIL DA AMOSTRA

Foram avaliados 56 pacientes com DP, 32 (57%) do sexo masculino, com média de idade de $65,34 \pm 12,72$ anos. O início da doença ocorreu em torno de $57,04 \pm 14,08$ anos e com evolução em média de $8,30 \pm 7,56$ anos (Tabela 1).

Os pacientes com DP apresentaram quadro leve e moderado. A gravidade da doença, segundo a escala de Hoehn & Yahr, foi categorizada como leve com escores 1 e 1,5 (21 casos) e escores 2 e 2,5 (10 casos), e moderada 3 (25 casos). Todos os pacientes apresentavam rigidez, enquanto 25 (44,6%) manifestavam instabilidade postural (Tabela 1).

5.2 BAROPODOMETRIA

Com base nos resultados da baropodometria, foi possível determinar se o paciente tinha um pé normal, plano ou cavo. Foi observado maior incidência de pé cavo (52, 92,8%) bilateralmente nos casos dos pacientes com DP, diferentemente dos controles (16, 7%) ($p < 0,001$) (Tabela 1) (Figura 9).

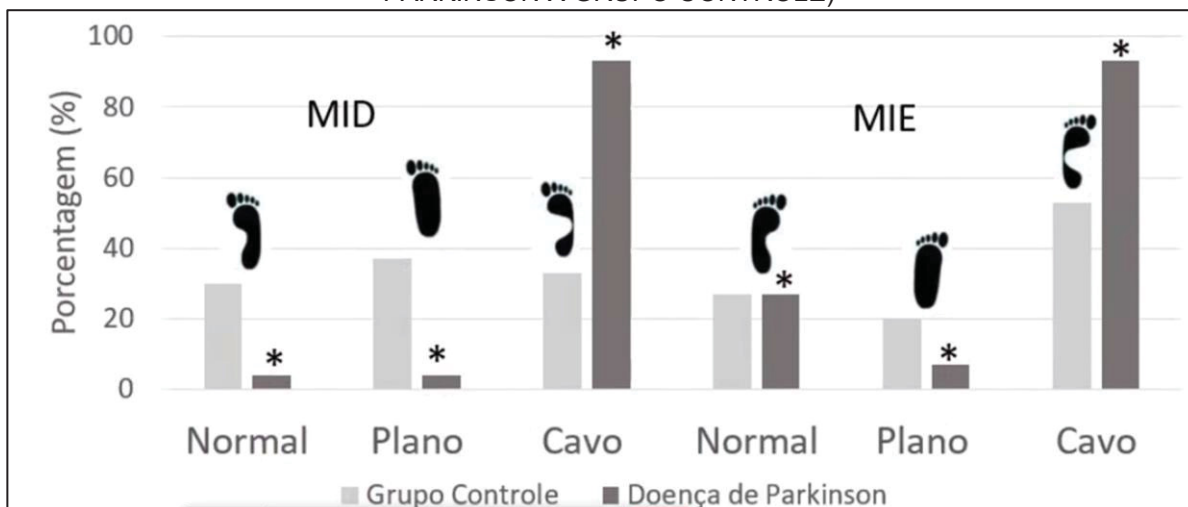
Entre os 56 pacientes com DP, no dimídio mais rígido, 53 (95%) tinham pé cavo e em 3 (5%) o pé era normal. Dentre esses 3 pacientes, 2 tinham quadro inicial da doença (Tabela 1). Quanto à escala de H&Y dos pacientes com pé cavo, o escore médio foi de $2,25 \pm 0,82$, e dos pacientes com pé normal foi de $1,67 \pm 0,76$ ($p = 0,238$).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON E CONTROLE

VARIÁVEIS	DP [56]	GC [30]	p<0,05
Média de Idade (anos)	65,34 ±12,72	62,73 ±15,20	0,771*
Sexo (%)			0,572*
Masculino	32 (57,1%)	17 (56,7%)	
Feminino	24 (42,9%)	13 (43,3%)	
Escolaridade (%)			n 250*
Não Alfabetizado	6 (10,7%)	0 (0,0%)	
Ensino Fundamental Incompleto	19 (33,9%)	4 (13,3%)	
Ensino Fundamental Completo	4 (7,1%)	7 (23,3%)	
Ensino Médio Completo	14 (25,0%)	9 (30,0%)	
Ensino Superior Completo	13 (23,2%)	10 (33,3%)	
Idade de Início dos Sintomas (anos)	57,04 ±14,08	-	
Duração da Evolução da Doença (anos)	8,30 ±7,56	-	
Hoehn & Yahr (%)			
0	0 (0%)	-	
1 e 1,5	21 (37,5%)	-	
2 e 2,5	10 (17,9%)	-	
3	25 (44,6%)	-	
4 e 5	0 (0%)	-	
Avaliação Motora			
Sem Instabilidade Postural	31 (55,4%)	-	
Com Instabilidade Postural	25 (44,6%)	-	
Sem Rigidez	0 (0,0%)	-	
Com Rigidez em Dimídio mais Comprometido	56 (100%)	-	
Esquerdo	32 (57,1%)	-	
Direito	24 (42,9%)	-	
Tipo de pé			
Pé Direito (%)			<n 001*
Normal	2 (3,6%)	9 (30,0%)	
Plano	2 (3,6%)	11 (36,7%)	
Cavo	52 (92,8%)	10 (33,3%)	
Pé Esquerdo (%)			<n 001*
Normal	0 (0,0%)	8 (26,7%)	
Plano	4 (7,1%)	6 (20,0%)	
Cavo	52 (92,9%)	16 (53,3%)	
Bilateralmente			n 504*
Pés Iguais	50 (89,3%)	25 (83,3%)	
Pés Diferentes	6 (10,7%)	5 (16,7%)	
Área de maior descarga de peso corporal			
Pé Direito (%)			0,007*
Hálux	5 (8,9%)	0 (0%)	
Falanges	0 (0%)	1 (3,3%)	
Antepé	14 (25%)	6 (20%)	
Mediopé	0 (0%)	0 (0%)	
Retropé	37 (66,1%)	23 (76,7%)	
Pé Esquerdo (%)			n 002*
Hálux	4 (7,1%)	0 (0%)	
Falanges	0 (0%)	1 (3,3%)	
Antepé	11 (19,6%)	12 (40%)	
Mediopé	0 (0%)	0 (0%)	
Retropé	41 (73,2%)	17 (56,7%)	

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson, GC: Grupo Controle. *Teste Exato de Fisher, p significativo (<0,05).

FIGURA 9 - GRÁFICO DO PERFIL DO TIPO DE PÉ: NORMAL, PLANO E CAVO (DOENÇA DE PARKINSON X GRUPO CONTROLE)



LEGENDA: MID: Membro Inferior Direito. MIE: Membro Inferior Esquerdo. * $p < 0,001$.

*Teste Exato de Fisher, p significativo ($< 0,05$).

FONTE: A autora (2022).

5.3 ESTABILOMETRIA

5.3.1 Área Total de Oscilação do Centro de Pressão: Comparação entre Grupos

A área total de deslocamento do Centro de Pressão (COP) foi superior nos pacientes com DP quando comparada aos controles. A oscilação no grupo com DP ficou em torno de 15,85 e 18,65 mm² nos três posicionamentos (pés paralelos, semi-tandem com pé com maior rigidez à frente e semi-tandem com pé com maior rigidez atrás), enquanto no grupo controle cerca de 0,02 e 0,07 mm². Quando comparadas as áreas do COP entre pacientes com DP e controles, obteve-se significância estatística em todos os casos, tanto com os olhos abertos como fechados (Tabela 2).

Quando essa comparação foi realizada subdividindo-se os pacientes de acordo com a gravidade da doença medida pela escada de H&Y, houve uma diferença significativa entre os pacientes, desde os quadros mais leves até os moderados, com os controles (Tabela 3). Pacientes com quadros leves (H&Y 1 e 1,5), mesmo sem queixas de alterações de equilíbrio, apresentaram resultados de oscilação da COP semelhantes aos pacientes com queixa de instabilidade postural, e diferente dos controles.

TABELA 2 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON E DO GRUPO CONTROLE EM RELAÇÃO À ÁREA DO COP TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y

ESTABILOMETRIA					
Oscilação	Incidência	Olhos	DP [56]	GC [30]	$p < 0,05$
Área Total do COP (mm ²)	Pés Paralelos	Abertos	18,05 (16,96;19,64)	0,02 (0,03;0,58)	<0,001*
		Fechados	16,70 (16,78;19,53)	0,03 (0,03;235,95)	<0,001*
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	18,10 (17,44;20,04)	0,04 (0,05;1,25)	<0,001*
		Fechado	18,65 (18,09;20,71)	0,03 (0,03;235,95)	<0,001*
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	15,85 (16,56;19,45)	0,07 (0,08;5,82)	<0,001*
		Fechado	17,50 (17,39;20,34)	0,07 (0,07;2,61)	<0,001*
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pés Paralelos	Aberto	22,03 (21,31;23,13)	0,30 (-0,05;2,44)	<0,001*
		Fechado	21,62 (21,08;22,92)	0,30(-4,24;16,08)	<0,001*
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	21,93 (20,55;22,10)	2,10 (1,69;2,78)	<0,001*
		Fechado	21,33 (20,15;21,75)	0,30 (-0,13;3,34)	<0,001*
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	22,16 (21,11;23,04)	0,80 (0,32;3,25)	<0,001*
		Fechado	22,02 (21,33;22,72)	0,80 (0,31;2,59)	<0,001*
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pés Paralelos	Aberto	26,41 (25,60;27,35)	2,10 (1,69;2,78)	<0,001*
		Fechado	26,61 (25,70;27,39)	2,05 (-7,44;29,60)	<0,001*
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	25,54 (24,82;26,54)	2,05 (-7,44;29,60)	<0,001*
		Fechado	25,46 (24,87;26,67)	1,90 (1,55;2,62)	<0,001*
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	26,22 (25,52;27,35)	2,75 (1,22;7,75)	<0,001*
		Fechado	26,32 (26,21;27,84)	2,40 (1,58;5,18)	<0,001*

NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%; Eixo X (Sentido Médio-Lateral); Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior).

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson, GC: Grupo Controle, mm²: milímetros quadrados, mm: milímetros, COP: Centro de Pressão, ML: Médio-Lateral, AP: Ântero-Posterior. >: maior. *Teste U de Mann-Whitney, p significativo (<0,05).

TABELA 3 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES DP (ESCALA DE HOEHN & YAHR COM ESCORE 1 E 1,5 X 2 E 2,5 X 3 X GRUPO CONTROLE) COM A ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y

Oscilação	Incidência	Olhos	H&Y=1 e 1,5 [21]	H&Y=2 e 2,5 [10]	H&Y=3 [25]	GC [30]	p (<0,05)
Área Total do COP (mm ²)	Pés paralelos	Abertos	18,90 (16,22; 20,40)	15,90 (13,90; 18,80)	19,10 (16,49; 21,55)	0,02 (0,03; 0,58)	<0,001*
		Fechados	17,00 (16,15; 20,65)	15,85 (14,15; 18,63)	17,70 (16,19; 20,97)	0,03 (0,03; 235,95)	<0,001*
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pé > Rigidez à frente	Aberto	19,00 (16,61; 21,15)	16,80 (15,02; 20,86)	17,60 (16,84; 20,90)	0,04 (0,05; 1,25)	<0,001*
		Fechado	19,40 (18,00; 21,78)	19,15 (16,56; 21,74)	17,50 (16,51; 21,45)	0,03 (0,03; 235,95)	<0,001*
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pé > Rigidez atrás	Aberto	17,10 (15,33; 20,11)	15,60 (14,09; 18,95)	16,00 (16,04; 21,21)	0,07 (0,08; 5,82)	<0,001*
		Fechado	18,00 (16,48; 21,41)	16,15 (14,30; 22,00)	17,30 (16,38; 21,48)	0,07 (0,07; 2,61)	<0,001*
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pés paralelos	Aberto	20,95 (19,34; 22,93)	23,83 (22,39; 26,34)	21,95 (21,15; 23,49)	0,30 (-0,05; 2,44)	<0,001*
		Fechado	21,17 (19,92; 23,46)	24,07 (22,31; 26,51)	21,35 (20,43; 22,97)	0,30 (-4,24; 16,08)	<0,001*
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pé > Rigidez à frente	Aberto	21,95 (19,15; 21,82)	22,42 (21,01; 25,13)	20,94 (20,24; 22,41)	2,10 (1,69; 2,78)	<0,001*
		Fechado	22,07 (19,36; 22,11)	21,13 (19,29; 24,40)	21,31 (19,63; 21,90)	0,30 (-0,13; 3,34)	<0,001*
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pé > Rigidez atrás	Aberto	21,68 (18,77; 23,24)	24,01 (21,89; 25,65)	22,10 (21,37; 23,22)	0,80 (0,32; 3,25)	<0,001*
		Fechado	21,66 (20,21; 22,63)	23,68 (21,39; 25,28)	21,99 (20,97; 22,95)	0,80 (0,31; 2,59)	<0,001*
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pés paralelos	Aberto	25,54 (21,13; 27,04)	27,17 (26,26; 28,89)	26,80 (25,55; 28,33)	2,10 (1,69; 2,78)	<0,001*
		Fechado	25,90 (24,18; 27,14)	27,49 (25,38; 28,94)	27,30 (25,57; 28,26)	2,05 (-7,44; 29,60)	<0,001*
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pé > Rigidez à frente	Aberto	24,68 (23,46; 26,03)	25,25 (24,12; 27,37)	26,12 (24,92; 27,97)	2,05 (-7,44; 29,60)	<0,001*
		Fechado	24,68 (23,27; 26,18)	25,15 (24,18; 27,66)	26,22 (25,06; 28,12)	1,90 (1,55; 2,62)	<0,001*
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pé > Rigidez atrás	Aberto	25,61 (24,09; 27,25)	26,22 (24,70; 28,85)	25,36 (24,31; 27,10)	2,75 (1,22; 7,75)	<0,001*
		Fechado	25,87 (25,12; 27,73)	26,30 (25,03; 28,69)	26,97 (26,21; 28,99)	2,40 (1,58; 5,18)	<0,001*

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson, H&Y: Hoehn & Yahr, mm²: milímetros quadrados, mm: milímetros, COP: Centro de Pressão, ML: Médio-Lateral, AP: Antero-Posterior. >: maior.

NOTA: Eixo X (Sentido Médio-Lateral), Eixo Y (Sentido Antero-Posterior). *Teste Kruskal Wallis, p significativo (<0,05).

5.3.2 Correlação da Descarga de Peso Corporal com a Oscilação do Centro de Pressão em Pacientes com Doença de Parkinson

5.3.2.1 Em Relação às Quedas

5.3.2.1.1 Características Clínicas e Epidemiológicas

Dos 56 pacientes com DP, 16 (29%) referiram quedas. Os pacientes com DP foram, então, divididos em um grupo “DP com quedas” (n=16) e outro “DP sem quedas” (n= 40). Entre as variáveis avaliadas, observou-se a idade dos pacientes com média superior a nove anos no grupo com quedas ($p=0,023$), além do início dos sintomas em torno de $60,44 \pm 6,57$ anos e com evolução em média de $10,94 \pm 11,12$ anos. Quando comparada a avaliação motora, os pacientes com quedas tinham mais instabilidade postural ($p=0,015$) (Tabela 4).

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS

VARIÁVEIS	DP Sem Quedas [40]	DP Com Quedas [16]	$p < 0,05$
Média de Idade (anos)	62,93 \pm 13,79	71,38 \pm 6,65	0,023**
Sexo (%)			
Masculino (n=32)	24 (75,0%)	8 (25,0%)	0,558*
Feminino (n=24)	16 (66,7%)	8 (33,3%)	
Idade de Início dos Sintomas (anos)	55,68 \pm 15,44	60,44 \pm 9,51	0,257**
Duração da Evolução da Doença (anos)	7,25 \pm 5,39	10,94 \pm 11,12	0,495***
Hoehn & Yahr (%)			
0 (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	0,175*
1 e 1,5 (n=21)	16 (76,2%)	5 (23,8%)	
2 e 2,5 (n=10)	9 (90,0%)	1 (10,0%)	
3 (n=25)	15 (60,0%)	10 (40,0%)	
4 e 5 (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	
Avaliação Motora			
Sem Instabilidade Postural (n=31)	25 (80,6%)	6 (19,4%)	0,015*
Com Instabilidade Postural (n=25)	15 (60,0%)	10 (40,0%)	
Sem Rigidez (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	1,0*
Com Rigidez (n=56)	40 (71,4%)	16 (28,6%)	
Rigidez em Dimídio Esquerdo (n=25)	19 (76,0%)	6 (24,0%)	0,562*
Rigidez em Dimídio Direito (n=31)	21 (67,7%)	10 (32,3%)	

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson. * Teste Exato de Fisher, p significativo ($<0,05$), ** Teste t de Student de amostras independentes, p significativo ($<0,05$), *** Teste de Mann-Whitney, p significativo ($<0,05$).

O estatocinesigrama foi superior no grupo “DP sem quedas” nas três posições, tanto com os olhos abertos como fechados. Ao contrário, os estabilogramas dos eixos X e Y foram superiores em todas as avaliações no grupo “DP com quedas”. Os dados foram relevantes na comparação do COP total e do eixo X, com os pés paralelos com os olhos abertos e fechados, e com o pé com maior rigidez à frente com os olhos abertos (Tabela 5).

TABELA 5 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS COM DOENÇA DE PARKINSON COM A ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO Y

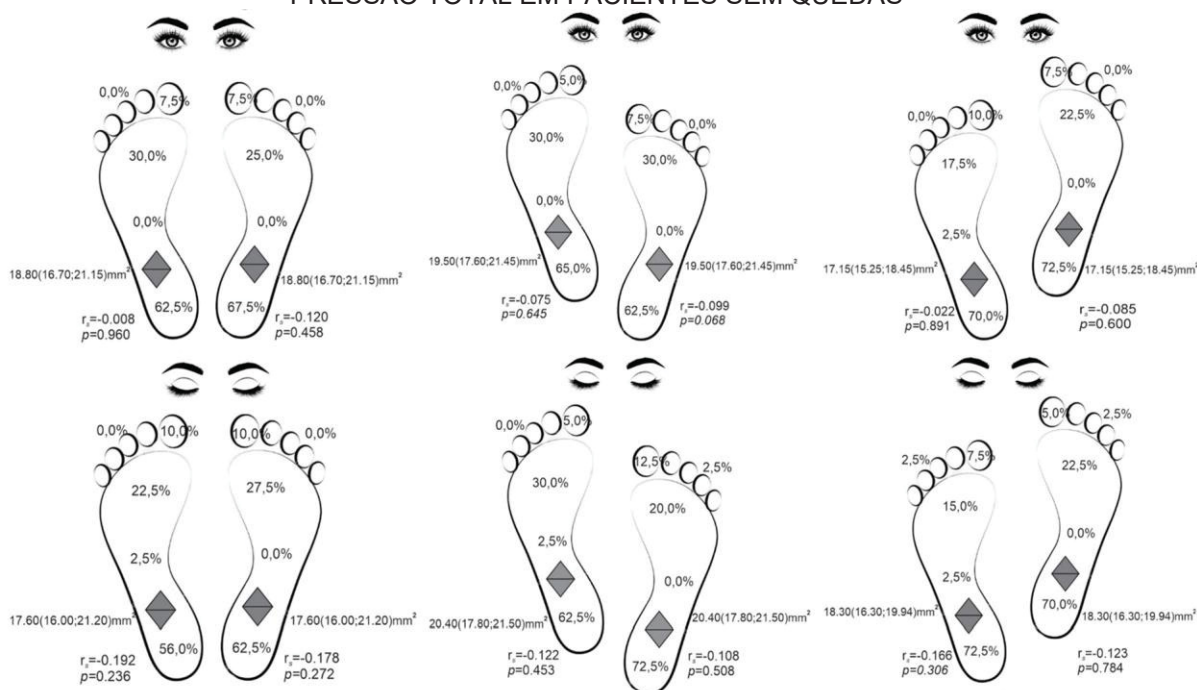
ESTABILOMETRIA (PACIENTES COM DP)						
Oscilação	Incidência	Olhos	Sem Quedas [40]	Com Quedas [16]	$p < 0,05$	
Área Total do COP (mm ²)	Pés Paralelos	Abertos	18,80 (16,70;21,15)	14,05 (13,10;20,00)	0,040*	
		Fechados	17,60 (16,00;21,20)	15,00 (13,30;21,00)	0,046*	
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	19,50 (17,60;21,45)	15,80 (13,90;17,50)	0,017*	
		Fechado	20,40 (17,80;21,50)	16,25 (14,70;18,60)	0,049*	
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	17,15 (15,25;18,45)	15,35 (14,70;19,95)	0,800*	
		Fechado	18,30 (16,30;19,94)	15,65 (14,70;18,00)	0,468*	
	Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pés Paralelos	Aberto	21,64 (20,68;22,51)	24,03 (22,08;25,14)	0,046*
			Fechado	21,06 (20,08;22,24)	22,73 (21,64;26,14)	0,023*
Pé > Rigidez à Frente		Aberto	21,02 (19,78;22,18)	22,09 (21,90;23,75)	0,049*	
		Fechado	21,13 (19,48;21,86)	22,08 (20,38;23,28)	0,139*	
Pé > Rigidez Atrás		Aberto	21,90 (20,92;23,17)	22,40 (21,07;24,50)	0,452*	
		Fechado	21,79 (21,03;22,43)	22,96 (21,66;24,11)	0,142*	
Área do COP Eixo Y (AP) (mm)		Pés Paralelos	Aberto	26,26 (25,66;27,19)	26,76 (25,37;29,39)	0,394*
			Fechado	26,46 (25,53;27,24)	27,82 (25,78;29,28)	0,165*
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	25,54 (24,53;26,45)	26,29 (24,47;28,04)	0,355*	
		Fechado	25,37 (24,53;26,85)	25,90 (24,00;27,88)	0,612*	
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	25,91 (25,12;27,05)	29,95 (24,27;30,39)	0,204*	
		Fechado	26,29 (25,20;27,78)	26,61 (24,96;30,28)	0,346*	

NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%; Eixo X (Sentido médio-lateral), Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior).

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson, mm²: milímetros quadrados, mm: milímetros, COP: Centro de Pressão, ML: Médio-Lateral, AP: Ântero-Posterior. >: maior. *Teste U de Mann-Whitney, p significativo (<0,05).

Quando correlacionada à área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP Total em pacientes sem relato de quedas, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 10). Na Figura 10, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 10 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES SEM QUEDAS



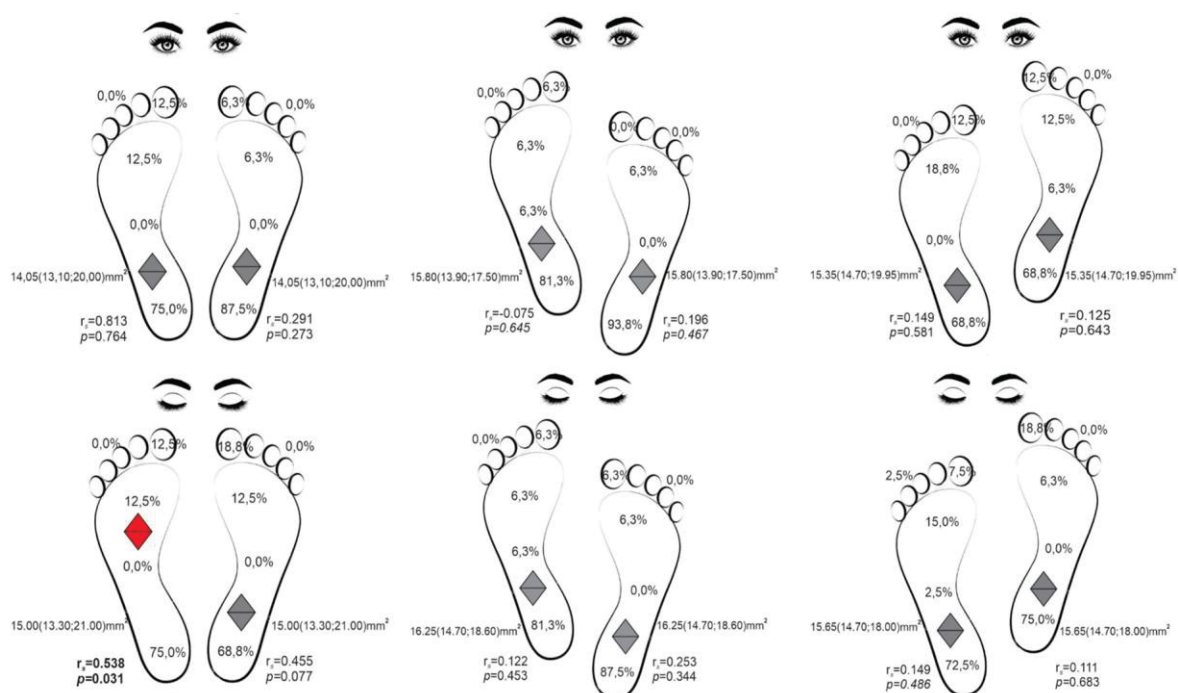
NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%. Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm²: milímetros quadrados. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Foi correlacionada a área de maior de descarga de peso corporal na face plantar com o COP total, levando-se em conta o relato de quedas. Quanto mais próxima a descarga de peso esteve da região plantar posterior (retropé), maior o deslocamento do COP. Houve significância estatística na incidência com os pés paralelos e com olhos fechados no membro com maior rigidez ($r_s=0,538$; $p=0,031$) (Figura 11). Na Figura 11, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 11 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES COM QUEDAS



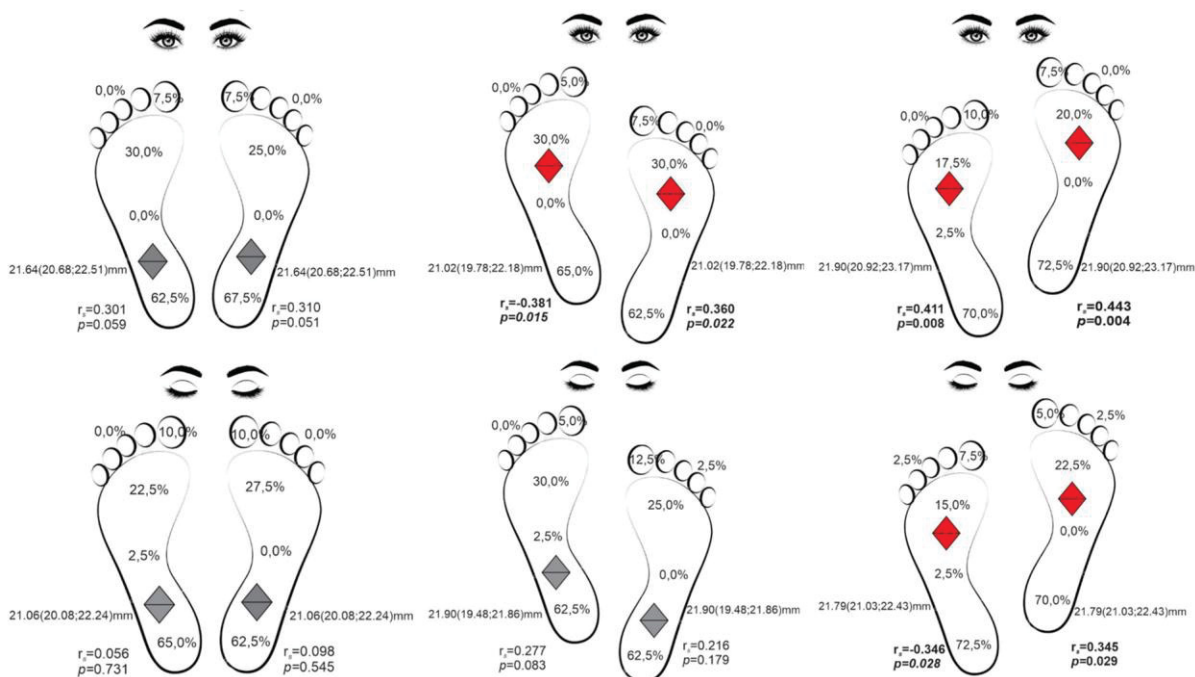
NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%. Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm²: milímetros quadrados. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Quanto mais a descarga de peso corporal foi posterior, maior o deslocamento do COP no eixo X (sentido ML) nos pacientes sem relato de quedas. Houve significância estatística na incidência com o MI rígido à frente bilateralmente com os olhos abertos ($r_s = 0,381$; $p = 0,015$ / $r_s = 0,360$; $p = 0,022$), com o MI rígido atrás e com os olhos abertos ($r_s = 0,411$; $p = 0,008$ / $r_s = 0,443$; $p = 0,004$), e com os olhos fechados ($r_s = 0,346$; $p = 0,028$ / $r_s = 0,345$; $p = 0,029$) em ambos os pés (Figura 12). Na Figura 12, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

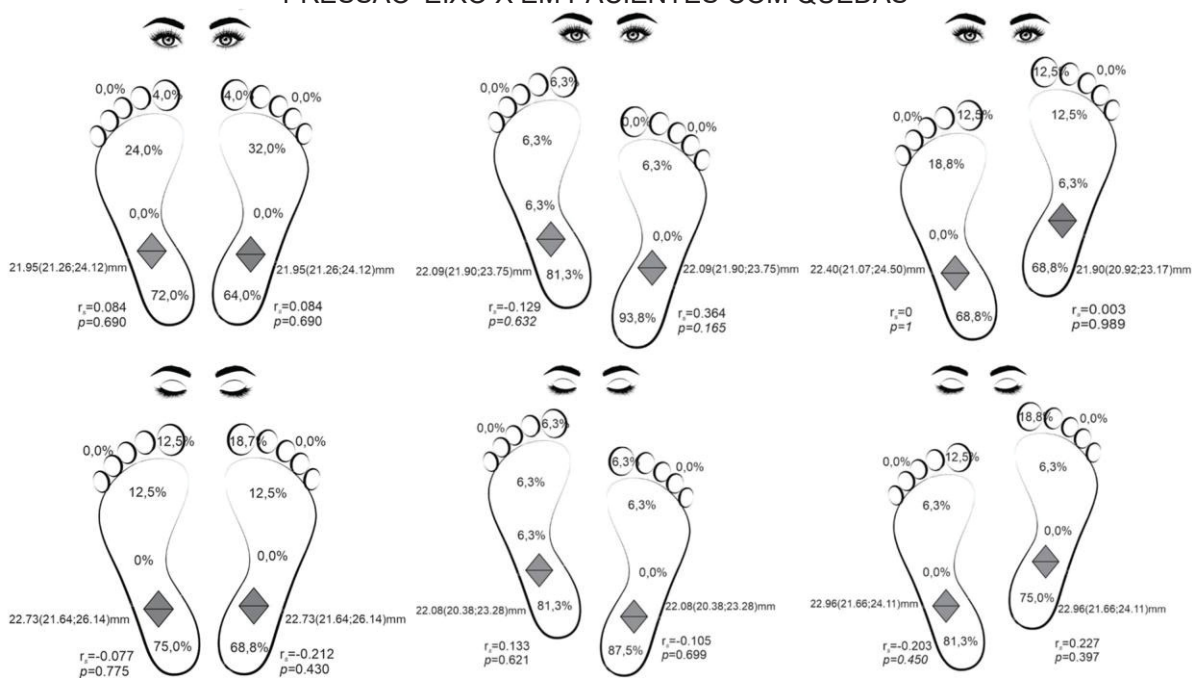
FIGURA 12 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES SEM QUEDAS



NOTA: Eixo X (Sentido Médio-Lateral), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.
 LEGENDA: mm: milímetros. ML: Médio-Lateral. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).
 FONTE: A autora, 2022.

Quando correlacionada a área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP no eixo X (sentido ML) em pacientes com relato de quedas, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 13). Na Figura 13, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 13 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES COM QUEDAS



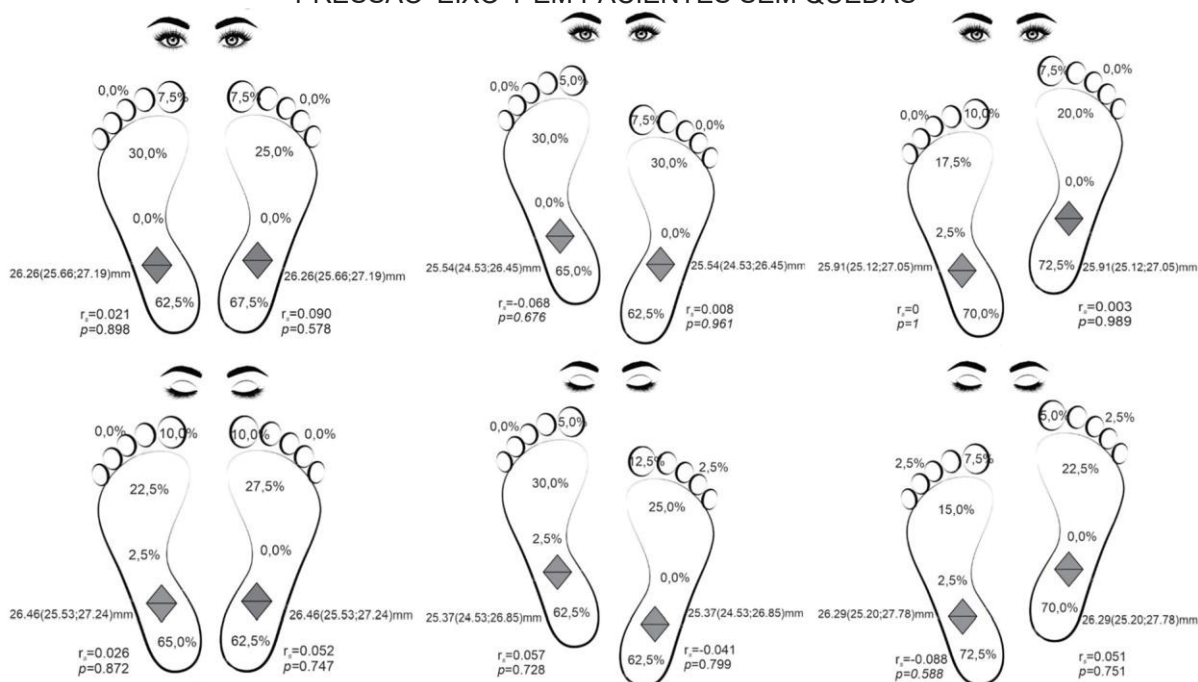
NOTA: Eixo X (Sentido Médio-Lateral), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm: milímetros. ML: Médio-Lateral. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Quando correlacionada a área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP no eixo Y (sentido AP) em pacientes sem relato de quedas, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 14). Na Figura 14, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 14 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES SEM QUEDAS



NOTA: Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm: milímetros. AP: Ântero-Posterior. r_s : Teste Spearman, p significativo ($<0,05$).

FONTE: A autora, 2022.

Foi correlacionada a área de maior descarga de peso corporal na face plantar com o COP no eixo Y, levando-se em conta o relato de presença de quedas. Quanto mais próxima a descarga de peso esteve da região plantar posterior (retropé), maior o deslocamento do COP. Houve significância estatística na incidência com os pés paralelos com olhos abertos no MI rígido ($r_s=0,581$; $p=0,018$) e com olhos fechados bilateralmente ($r_s=0,547$; $p=0,028$ / $r_s=0,646$; $p=0,007$), com o MI rígido à frente e com olhos fechados ($r_s=0,527$; $p=0,036$), e com o MI rígido atrás, com os olhos fechados, em ambos os pés ($r_s=0,558$; $p=0,025$; $r_s=0,558$; $p=0,025$) (Figura 15). Na Figura 15, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E EPIDEMIOLÓGICAS DOS PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON COM E SEM INSTABILIDADE

VARIÁVEIS	DP Sem Instabilidade Quadro Leve [31]	DP Com Instabilidade Quadro Moderado [25]	<i>p</i> <0,05
Média de Idade (anos)	61,58 ±11,98	70,00 ± 12,26	0,012**
Sexo (%)			
Masculino (n=32)	18 (56,2%)	14 (43,8%)	0,790*
Feminino (n=24)	13 (54,2%)	11 (45,8%)	
Idade de Início dos Sintomas (anos)	54,29 ±13,71	60,44 ± 14,06	0,105**
Duração da Evolução da Doença (anos)	7,29 ± 2,30	9,56 ± 9,64	0,908***
Média de Idade (Hoehn & Yahr (anos))			
0	-	-	
1 e 1,5	62,57 ± 11,91	-	
2 e 2,5	59,50 ± 12,51	-	
3	-	70,00 ± 12,26	
4 e 5	-	-	
Hoehn & Yahr (%)			
0 (n=01)	0 (0%)	0 (0%)	0,000*
1 e 1,5 (n=21)	21 (100%)	0 (0%)	
2 e 2,5 (n=10)	10 (100%)	0 (0%)	
3 (n=25)	0 (0%)	25 (100%)	
4 e 5 (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	
UPDRS Escore da Avaliação Motora			
Sem Rigidez (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	
Com Rigidez (n=56)	31 (55,4%)	25 (44,6%)	
Rigidez em Dimídio Esquerdo (n=25)	15 (60,0%)	10 (40,0%)	0,595*
Rigidez em Dimídio Direito (n=31)	16 (51,6%)	15 (48,4%)	

LEGENDA: DP: Doença de Parkinson. *Teste Exato de Fisher, *p* significativo (<0,05), **Teste t de amostras independentes, *p* significativo (<0,05), ***Teste de Mann-Whitney, *p* significativo (<0,05).

Quando comparadas as áreas do COP entre os grupos com e sem instabilidade, não foram observadas significâncias estatísticas em nenhuma das avaliações (Tabela 7).

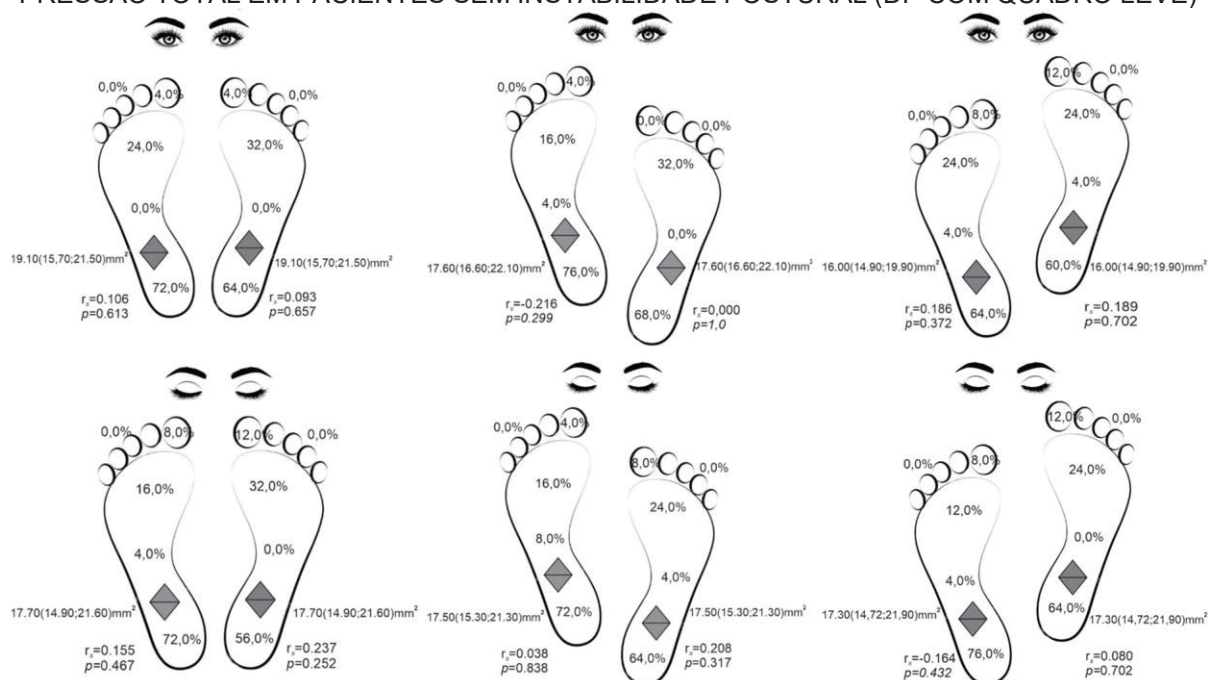
TABELA 7 - COMPARAÇÃO DAS MEDIANAS REFERENTES A ESTABILOMETRIA DOS PACIENTES COM E SEM INSTABILIDADE DA DOENÇA DE PARKINSON COM A ÁREA DO CENTRO DE PRESSÃO TOTAL, NO EIXO X E NO EIXO

ESTABILOMETRIA (PACIENTES COM DP)						
Oscilação	Incidência	Olhos	Sem Instabilidade Quadro Leve [31]	Com Instabilidade Quadro Moderado [25]	$p < 0,05$	
Área Total do COP (mm ²)	Pés Paralelos	Abertos	16,80 (15,10;20,00)	19,10 (15,70;21,50)	0,515*	
		Fechados	16,40 (15,70;18,60)	17,70 (14,90;21,60)	0,773*	
	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	18,40 (15,52;20,10)	17,60 (16,60;22,10)	0,856*	
		Fechado	19,40 (17,80;21,40)	17,50 (15,30;21,30)	0,331*	
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	15,70 (15,20;17,90)	16,00 (14,90;19,90)	0,686*	
		Fechado	17,70 (15,70;19,00)	17,30 (14,72;21,90)	0,915*	
	Pés Paralelos	Aberto	22,44 (20,95;23,97)	21,95 (21,26;24,12)	0,987*	
		Fechado	21,78 (20,61;23,84)	21,35 (20,60;23,62)	0,586*	
Área do COP Eixo X (ML) (mm)	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	21,98 (21,09;22,29)	20,94 (19,97;23,19)	0,993*	
		Fechado	21,57 (20,07;22,57)	21,31 (19,81;21,95)	0,735*	
	Pé > Rigidez Atrás	Aberto	22,33 (20,89;24,65)	22,10 (21,02;23,28)	0,876*	
		Fechado	22,21 (21,03;23,20)	21,99 (21,35;22,84)	0,908*	
	Pés Paralelos	Aberto	26,03 (25,66;27,19)	26,80 (25,42;28,36)	0,542*	
		Fechado	26,50 (25,74;27,24)	27,30 (25,40;28,14)	0,656*	
	Área do COP Eixo Y (AP) (mm)	Pé > Rigidez à Frente	Aberto	24,96 (23,91;26,45)	26,12 (25,54;27,94)	0,091*
			Fechado	25,14 (24,16;26,08)	26,22 (25,37;27,81)	0,094*
Pé > Rigidez Atrás		Aberto	26,21 (25,11;27,35)	26,54 (24,66;27,74)	0,494*	
		Fechado	26,27 (25,15;27,78)	26,97 (24,96;29,85)	0,356*	

NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%; Eixo X (Sentido Médio-Lateral), Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo. LEGENDA: DP: Doença de Parkinson, mm²: milímetros quadrados, mm: milímetros, COP: Centro de Pressão, ML: Médio-Lateral, AP: Ântero-Posterior. >: maior. *Teste U de Mann-Whitney, p significativo (<0,05).

Quando correlacionada a área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP no eixo total em pacientes sem instabilidade postural, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 16). Na Figura 16, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 16 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES SEM INSTABILIDADE POSTURAL (DP COM QUADRO LEVE)



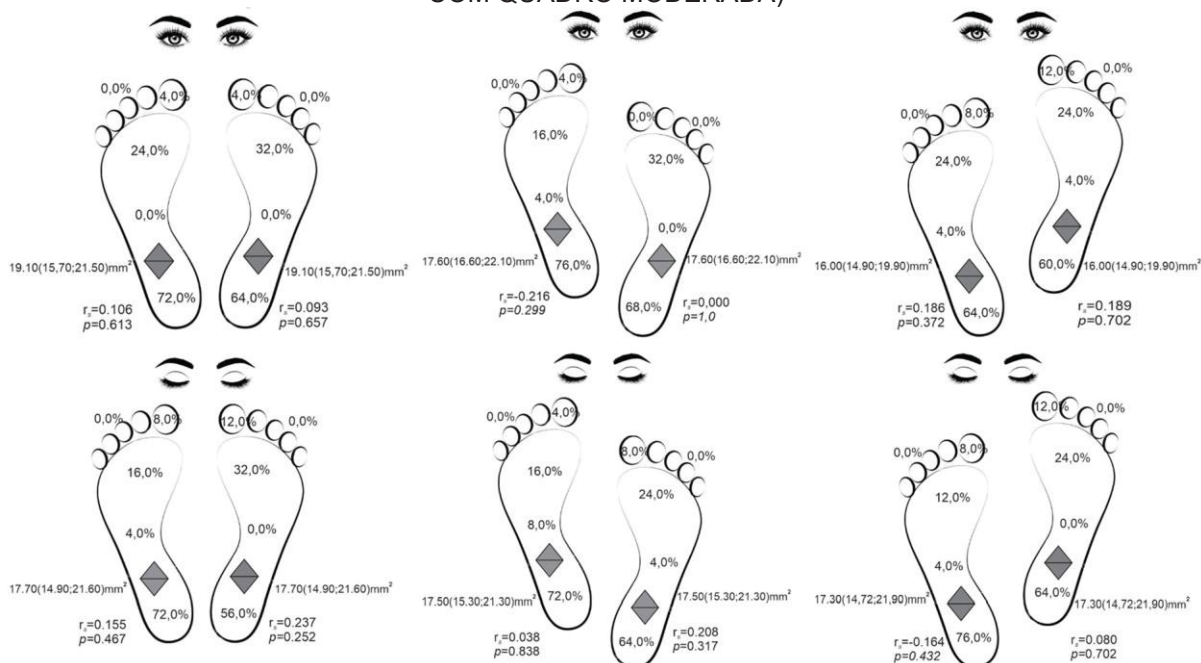
NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%. Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm²: milímetros quadrados. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Quando correlacionada a área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP total em pacientes com instabilidade postural, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 17). Na Figura 17, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 17 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO TOTAL EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADA)



NOTA: COP Total: área em elipse com intervalo de confiança de 95%. Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm²: milímetros. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Quanto mais a descarga de peso corporal foi posterior, maior o deslocamento do COP no eixo X (sentido ML) nos pacientes sem instabilidade postural (DP com quadro leve). Houve significância estatística na incidência com os pés paralelos no MI rígido, e com olhos abertos ($r_s=0,389$; $p=0,30$), com o MI rígido à frente bilateralmente com os olhos abertos ($r_s=0,670$; $p<0,001$; $r_s=0,406$; $p=0,023$) e fechados ($r_s=0,580$; $p<0,001$; $r_s=0,360$; $p=0,47$), com o MI rígido atrás e com os olhos abertos em ambos os pés ($r_s=0,366$; $p=0,042$; $r_s=0,431$; $p=0,015$) (Figura 18). Na Figura 18, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 18 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES SEM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO LEVE)



NOTA: Eixo X (Sentido Médio-Lateral), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.
 LEGENDA: mm: milímetros. ML: Médio-Lateral. r_s : Teste Spearman, p significativo ($<0,05$).
 FONTE: A autora, 2022.

Foi correlacionada a área de maior descarga de peso corporal na face plantar com o COP no eixo X, levando-se em conta o quadro de instabilidade postural (DP com quadro moderado). Quanto mais próxima a descarga de peso esteve da região plantar posterior (retropé), maior o deslocamento do COP. Houve significância estatística na incidência com o MI rígido à frente no MI rígido e com olhos abertos ($r_s=0,406$; $p=0,023$) (Figura 19). Na Figura 19, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 19 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO X EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADO)



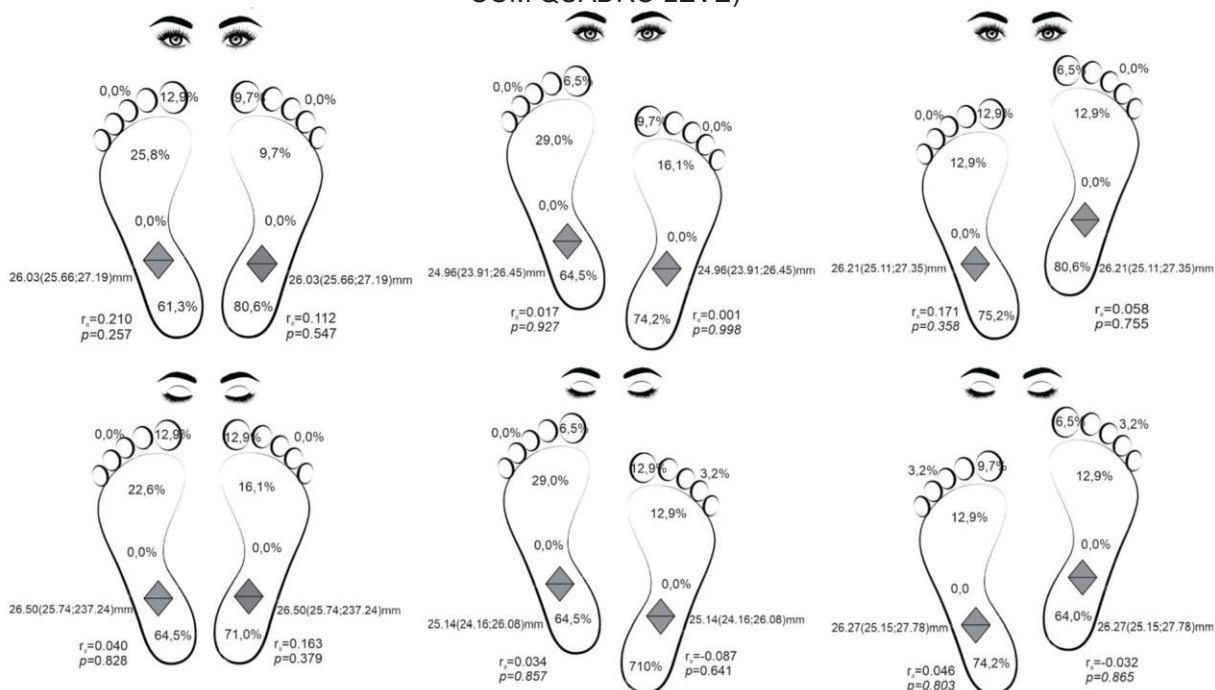
NOTA: Eixo X (Sentido médio-lateral), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm: milímetros. ML: Médio-Lateral. rs: Teste Spearman, p significativo ($<0,05$).

FONTE: A autora, 2022.

Quando correlacionada a área de maior descarga de peso corporal em face plantar com o COP no eixo Y (sentido AP) em pacientes sem instabilidade postural, não foi encontrada correlação estatística em nenhuma das incidências (Figura 20). Na Figura 20, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 20 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES SEM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSONO COM QUADRO LEVE)



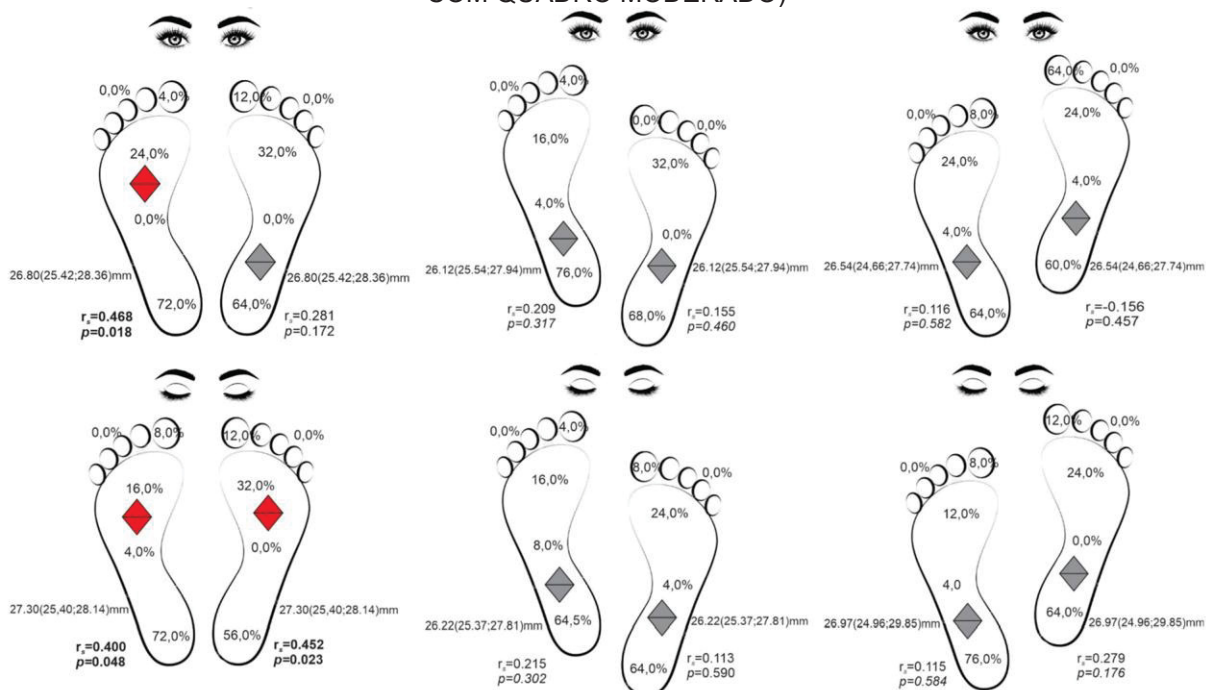
NOTA: Eixo Y (Sentido Ântero-Posterior), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm: milímetros. AP: Ântero-Posterior. rs: Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

Quanto mais a descarga de peso corporal foi posterior, maior o deslocamento do COP no eixo Y (sentido AP), quando correlacionados à descarga de peso com o COP em pacientes com instabilidade postural (DP com quadro moderado). Houve significância estatística na incidência com os pés paralelos do MI rígido, com os olhos abertos ($r_s=0,468$; $p=0,018$), e com olhos fechados bilateralmente ($r_s=0,400$; $p=0,48$ / $r_s=0,452$; $p=0,023$) (Figura 21). Na Figura 21, o dimídio com maior rigidez está representado no pé esquerdo.

FIGURA 21 - CORRELAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARGA DE PESO COM O CENTRO DE PRESSÃO EIXO Y EM PACIENTES COM INSTABILIDADE POSTURAL (DOENÇA DE PARKINSON COM QUADRO MODERADO)



NOTA: Eixo Y (Sentido Antero-Posterior), Dimídio com maior rigidez representado no pé esquerdo.

LEGENDA: mm: milímetros. AP: Antero-Posterior. r_s : Teste Spearman, p significativo (<0,05).

FONTE: A autora, 2022.

6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram importantes alterações de equilíbrio postural registradas na podoposturologia, que interferem diretamente na manutenção da estabilidade em pacientes com DP, relacionadas às estratégias de ajustes postural antecipatórias (estratégia de tornozelo, quadril e tronco).

Durante a avaliação na plataforma de força em posturas estáticas (pés paralelos e semi-tandem), foram registradas oscilações significativas do COP, principalmente quando correlacionados às quedas sofridas por esses pacientes. Os episódios de quedas limitam a independência. A estabilometria possibilita a investigação de sintomas subclínicos em pacientes no quadro inicial da doença (FERRAZZOLI *et al.*, 2015) e a posturografia é uma ferramenta clínica que possibilita a personalização de tratamentos com base na oscilação postural (MANCINI; HORAK, 2010).

Com relação ao mapeamento do tipo de pé, foi encontrado um perfil de pé cavo em 92,8% dos casos de DP. Além disso, dois entre os três pacientes com pés normais estavam no estágio inicial da doença, e a maioria dos pacientes tinha pés normais no lado menos afetado. A rigidez da DP pode afetar a biomecânica corporal, interferindo diretamente no controle postural, favorecendo a anteriorização de cabeça, cifose torácica e amplitude de tronco diminuída (camptocormia), além do encurtamento do músculo tibial anterior (PARK; KANG; HORAK, 2015).

Mckay *et al.* (2021) verificaram uma resposta motora superior do músculo tibial anterior durante perturbações externas na DP em relação aos controles, enquanto o antagonista (fibular longo) acabou bloqueando o deslocamento do centro de massa, dificultando a correção do equilíbrio e diminuindo a mobilidade articular (MCKAY *et al.*, 2021). O músculo tibial anterior tem a função de estabilizar a articulação de tornozelo. Portanto, com a rigidez pela DP, ocorre a diminuição da mobilidade dessa articulação, o que favorece a inversão do pé, alterando a descarga de peso corporal na base de apoio, modificando, assim, o pé para o tipo cavo (PARK; KANG; HORAK, 2015).

Por definição, a rigidez na DP é assimétrica e progressiva (POSTUMA *et al.*, 2015). A rigidez do músculo tibial anterior é importante também na explicação de uma tendência dos pacientes com DP apresentarem uma descarga de peso corporal acentuada em retropé na face plantar. Como esse músculo atua na dorsiflexão de

tornozelo, a sua diminuição de mobilidade refletiria na menor amplitude de movimento articular, ocasionando a tendência da descarga do peso para a região posterior do pé (PARK; KANG; HORAK, 2015). Geroin *et al.* (2015) compararam a oscilação do COP entre os dimídios corporais de dez pacientes com DP ($H\&Y=2,3 \pm 0,67$) e dez controle, comprovando um maior deslocamento para a região de retropé do lado mais acometido pela rigidez (GEROIN *et al.*, 2015), diferentemente do presente estudo, que demonstrou descarga de peso bilateralmente em retropé.

Boonstra *et al.* (2014) investigaram formas como os pacientes com DP compensam essas assimetrias no controle de equilíbrio. Como resultado, foi observado que, no dimídio mais comprometido com a rigidez, houve menor torque em relação ao menos acometido. Desta forma, foi observada maior contração muscular do membro menos comprometido, gerando uma resistência ao movimento na articulação do quadril, que limitou a velocidade de resposta de adaptação. Isso confirmou que o controle de equilíbrio acontece de forma assimétrica, contribuindo para a estabilidade vertical (BOONSTRA *et al.*, 2014).

Os pacientes com DP demonstraram maior deslocamento do COP - tanto na área elíptica (total) quanto nos sentidos AP e ML - do que os controles, resultados que foram significativos nas seis avaliações distintas. Os resultados vêm ao encontro do estudo realizado por Paolucci *et al.* (2018), que analisaram o COP em um grupo de 28 pacientes com DP, com escore médio de H&Y de $2,4 \pm 0,6$ contra 30 participantes saudáveis. Os autores concluíram que os pacientes com DP apresentaram maior oscilação do COP total e nos eixos X e Y, tanto com olhos abertos como fechados (PAOLUCCI *et al.*, 2018).

Com a evolução da doença, a rigidez e a bradicinesia pioraram, e os pacientes tenderam a uma anteriorização da postura do tórax, alguns apresentando camptocormia. Há uma falha de compensação de quadril e de tornozelo, possivelmente relacionada à perda de flexibilidade articular e ao comprometimento do controle motor. A oscilação do COP no sentido ML, por outra vez, é comumente encontrada em pacientes com DP em fase inicial, comportamento que pode estar relacionado com a diminuição das estratégias de compensação na região de quadril.

No quadro avançado da doença, a oscilação tende a ser no sentido AP, estratégia que envolve a região de quadril e de tornozelo (STYLIANOU *et al.*, 2011).

Na DP, os distúrbios motores favorecem as mudanças nos limites de estabilidade, aumentando a base de sustentação (BURG *et al.*, 2006; HORAK, 2006). Como

reflexo, quanto maior a base de sustentação, maior a estabilidade postural no sentido ML, principalmente com os pés paralelos (BERETTA *et al.*, 2015; WINTER, 1995). Desta forma, com a estabilidade preservada no sentido ML, maior é a oscilação no outro sentido, AP.

Na postura em semi-tandem, os dois mecanismos trabalham separados, porém de forma invertida, o sentido ML relacionado ao mecanismo de compensação de tornozelo (músculos inversores e eversores) e o sentido AP no quadril (músculos abdutores e adutores) (GUPTA *et al.*, 1986). A levodopa pode reduzir a oscilação postural e melhorar o equilíbrio de inclinação no sentido AP, possivelmente por melhora da rigidez e da bradicinesia (MENANT *et al.*, 2011). Neste estudo, todas as testagens foram feitas com os pacientes na fase ON da levodopa para prevenção de acidentes. Entretanto, os resultados poderiam ser diferentes se os pacientes tivessem sido testados também no período OFF, com o objetivo de realizar uma avaliação quantitativa do COP.

A instabilidade postural é um dos principais sinais motores da DP, sendo avaliada pelo teste de retropulsão, baseado em estímulos externos no sentido AP. Como resultado, classifica a estabilidade postural, além de ser considerado um teste preditor de risco de quedas, principalmente com quadro moderado da doença (GRIMBERGEN; MUNNEKE; BLOEM, 2004; MUNHOZ; TEIVE, 2014).

No presente estudo, foi encontrada oscilação de equilíbrio nos pacientes com DP no estágio leve e moderado da doença sem instabilidade postural ao exame clínico semelhante aos pacientes que tinham instabilidade ao teste de retropulsão. Chastan *et al.* (2008) realizaram um estudo com o objetivo de investigar os aspectos da posturografia e estratégia de equilíbrio de pacientes com DP no estágio inicial da doença (sem instabilidade postural clínica). Foram avaliados nove pacientes com DP, com média de idade de $63 \pm 8,3$ anos, com o estágio inicial da doença (média de H&Y em $1,22 \pm 0,26$) e média de evolução da doença de $3,2 \pm 2$ anos, comparados com 18 controles pareados por idade. Os resultados demonstraram que a área de oscilação foi maior em condições com olhos abertos e fechados no grupo com DP, sugerindo que a instabilidade postural pode estar presente mesmo na fase inicial da doença (CHASTAN *et al.*, 2008). A posturografia pode, portanto, servir como um teste para avaliar alterações de equilíbrio em fases precoces da DP, nas quais o teste da retropulsão não tenha sensibilidade para tal.

Quando comparados pacientes com e sem instabilidade postural, os

resultados para o COP no eixo X foram superiores no grupo sem instabilidade, em todas as avaliações com olhos abertos e com o pé com maior rigidez à frente com olhos fechados, e para o COP total e no eixo Y no grupo com instabilidade, com os pés paralelos com os olhos abertos e fechados.

Ebersbach *et al.* (2011) avaliaram o equilíbrio com o uso da posturografia relacionando a avaliação clínica também com o teste da retropulsão. Participaram do estudo 58 pacientes com DP (subdivididos em dois grupos, com ou sem instabilidade postural), com média de idade de $55,9 \pm 7,8$ anos, tempo médio de evolução da doença $9,5 \pm 6,3$ anos e escore médio de H&Y de $2,4 \pm 0,9$. Os resultados demonstraram que a mediana de deslocamento do COP do pé foi superior no grupo com instabilidade postural (122 [26/277] mm) ao do sem instabilidade (85 [72/114] mm) (EBERSBACH; GUNKEL, 2011).

Portanto, os achados de pacientes sem instabilidade têm um maior deslocamento no eixo X, e pacientes com instabilidade no eixo Y está de acordo com os mecanismos de compensação de equilíbrio e evolução da doença (BOONSTRA *et al.*, 2014; GUPTA *et al.*, 1986; STYLIANOU *et al.*, 2011),

Quando comparados os resultados em relação à visão, o presente estudo demonstrou variações superiores quando os pacientes foram submetidos ao teste com privação de visão, semelhantes aos resultados de Degani *et al.* (2020). Esses autores investigaram 27 pacientes, subdivididos em três grupos: G1 - pacientes com DP (idade média de 60 ± 8 anos), com sintomas clínicos de alteração de equilíbrio e H&Y com escore igual a 2; G2 – pacientes com DP e H&Y com escore igual a 2,5 (idade média de 63 ± 8 anos); e G3 - participantes saudáveis, pareados por idade (idade média de 60 ± 4 anos). Os resultados demonstram que a área do COP, oscilação total do COP, velocidade média do COP e deslocamento média do COP foram sempre superiores nos pacientes com DP, aumentando no estágio avançado da doença. Quando ausente o campo de visão, a oscilação foi superior em todos os casos. Desta forma, foi possível concluir que, mesmo no estágio inicial da doença, com ou sem comprometimento da visão, a posturografia pode ser usada como marcador subclínico da DP, principalmente quando observadas a velocidade e a área de oscilação do COP (DEGANI *et al.*, 2020).

Blaszczyk *et al.* (2007) avaliaram a oscilação espontânea do COP em posição estática em pacientes com DP, demonstrando um comprometimento importante do equilíbrio postural, principalmente com o deslocamento do COP nos pacientes com

DP e com privação da visão.

Doná *et al.* (2016) quantificaram o limite de estabilidade e analisaram a influência das entradas visual, somatossensorial e visuovestibular no controle postural, por meio de posturografia computadorizada. Na comparação entre grupos, foi observada significância estatística em ambos os casos, com olhos abertos (DP: 2,4 [1,5;4,0]) cm; GC: 1,7 [1,3;2,7] cm) e com olhos fechados (DP: 2,7 [1,4;4,78] cm e GC: 1,8 [0,9;2,6] cm), concluindo que a oscilação do COP foi maior nos pacientes com DP, tanto com olhos abertos como fechados, e que os parâmetros relacionados com instabilidade postural também tendem a aumentar com o avanço da doença (DONÁ *et al.*, 2016).

Os achados de Blaszczyk *et al.* (2007), Doná *et al.* (2016), Degani *et al.* (2020) e do presente estudo confirmam a premissa de que o comprometimento sensorial (dependência ou privação visual) interfere no processo de ajuste postural dos pacientes com DP. A associação de alterações visuais, perda progressiva da propriocepção e aumento da rigidez parece estar relacionada ao grande número de quedas sofridas pelos pacientes com DP.

No atual estudo, quando comparados os pacientes com DP com e sem relato de quedas, a oscilação do COP total foi maior no grupo sem quedas. Quando realizada a comparação do COP nos eixos isolados (sentido ML e AP), pelo contrário, a oscilação foi acentuada no grupo com quedas. Quando correlacionados à descarga de peso corporal na face plantar com a oscilação do COP no eixo X (sentido ML), houve resultados significativos no grupo sem quedas, nas avaliações em semi-tandem com os olhos abertos e fechados. Nesses pacientes, quanto maior o deslocamento do COP, maior a descarga em retropé, destacando-se que este grupo correspondeu a 71,4% (40) da amostra.

Ferrazzoli *et al.* (2015) compararam 29 pacientes com DP (destes, 23 com baixo risco de quedas) com 12 controles. Os pesquisadores demonstraram a relação entre o deslocamento do COP com a resposta motora, a mobilidade de tornozelo e a oscilação de tronco, observados na DP, que podem estar relacionados com a rigidez axial (FERRAZZOLI *et al.*, 2015). Diferentemente, quando avaliada a oscilação do COP no sentido AP, as correlações foram positivamente significantes com os pacientes com quedas.

No estudo de Horak (2006), os pacientes com DP com baixo risco de quedas usaram estratégias fisiológicas de compensação no tornozelo para manter a

estabilidade postural. Nos grupos de pacientes com maior risco de quedas, foram constatadas a compensação em quadril. Nos pacientes com medo de cair, foram utilizadas as duas articulações como mecanismos de compensação (HORAK, 2006). A rigidez progressiva da DP proporciona uma perda gradativa da capacidade do controle do equilíbrio, principalmente relacionado ao mecanismo de compensação da articulação dos tornozelos. Portanto, nos pacientes com quadro mais avançado, a tentativa de controle do equilíbrio postural somente com os quadris não é suficiente, ocasionando maior número de quedas (STYLIANOU *et al.*, 2011).

Mitchell *et al.* (1995) avaliaram 22 pacientes com DP, com escores do H&Y entre 1 e 4; e 24 idosos saudáveis. Os autores demonstraram o aumento da atividade do COP no sentido ML em pacientes com histórico de quedas, podendo reproduzir uma tentativa de manter a estabilidade com um aumento da rigidez na articulação de tornozelo (MITCHELL *et al.*, 1995). Entretanto, também foram encontradas alterações no sentido AP, na posição em semi-tandem (pé com maior rigidez atrás).

Kitamura *et al.* (1993) analisaram a interferência da visão no deslocamento do COP. O estudo demonstrou que a postura ereta sofre influência da visão, e quando os olhos estão fechados, existe a tendência do deslocamento do COP para a posição posterior. Assim, a visão desempenha um mecanismo de ajuste da postura estática, favorecendo a manutenção da estabilidade e evitando as quedas. Grande parte dos episódios de quedas na DP acontece no sentido posterior (KITAMURA *et al.*, 1993).

Johnson *et al.* (2013) demonstraram a eficácia de testes de equilíbrio e o uso da posturografia para detectar a oscilação de equilíbrio em grupos com quedas (subdividido em 1-2, 3-5 e 6 ou mais episódios de quedas) e sem relatos de quedas. Foram avaliados 48 pacientes com DP (destes, 26 com histórico de quedas nos últimos dois anos). Dos pacientes com DP com histórico de quedas, o escore médio de H&Y foi em torno de 3,1 ($\pm 0,1$) (quadro moderado da doença), enquanto no grupo sem quedas 1,8 ($\pm 0,1$) (quadro leve da doença).

Independentemente da frequência de quedas do grupo do estudo, os resultados relacionados aos testes de equilíbrio e instabilidade foram semelhantes. Entretanto, quando analisadas a frequência de quedas e a evolução da doença, foi constatada uma relação diretamente proporcional, quanto mais avançado o quadro da doença, mais episódios de quedas. Outras avaliações mostraram que, quanto mais eficiente o desempenho nas atividades de vida diária, menor a incidência de

quedas, assim como quanto melhor o equilíbrio corporal, menor os episódios de quedas (JOHNSON *et al.*, 2013).

Outras variáveis em destaque foram o tempo e a velocidade de reação, pela posturografia dinâmica. Quanto maior o número de quedas, maior o tempo de reação de adaptação corporal, e quanto menor o número de quedas, maior a velocidade e a resposta do deslocamento, medidos pelo estatocinesigrama (JOHNSON *et al.*, 2013). Assim, a oscilação do COP total no grupo sem quedas do presente estudo pode estar relacionada com maior tempo de resposta e velocidade de reação de adaptação corporal.

Portanto, a maior oscilação do COP tem relação com a rigidez, que, por sua vez, reduz a mobilidade articular e favorece o desequilíbrio postural, ocasionando quedas (GRIMBERGEN; MUNNEKE; BLOEM, 2004; TERMOZ *et al.*, 2008). A prevalência de quedas tende a ser maior em pacientes com DP com quadros moderados e avançados da doença, que demonstraram maior oscilação do COP no sentido AP, sugerindo que o avanço da doença, associado com a progressão da rigidez, interfere na biomecânica de compensação do equilíbrio.

As principais limitações do presente estudo foram as ausências dos testes validados para avaliação de equilíbrio e postura, como o teste de Berg, *timed up and go*, além das avaliações em posição estática em tandem e dinâmicas (associadas a estímulos externos e marcha). Poderia, também, ser de extrema importância a avaliação dinâmica durante a marcha, reafirmando as descobertas referentes à instabilidade postural e déficit de equilíbrio. Os pacientes foram avaliados somente na fase ON da levodopaterapia.

Sugere-se, para estudos futuros, a inclusão no protocolo de avaliações dinâmicas, aplicação de testes específicos, especialmente para a avaliação de equilíbrio, assim como um grupo controle com maior número de participantes, com comparação dos resultados nas fases ON e OFF da levodopaterapia. Além disso, a realização da captação de dados por um tempo prolongado (maior de dez segundos), por mais de uma tentativa, tornando o teste ainda mais fidedigno.

Portanto, as análises dos dados demonstraram a importância da posturografia na avaliação do equilíbrio postural nos pacientes com DP, podendo ser usada no diagnóstico precoce e na prevenção de quedas e alteração biomecânicas que geram limitações nesse grupo de pacientes.

7 CONCLUSÕES

A baropodometria e a estabilometria (estabilograma e o estatocinesigrama) são recursos diferenciais no mapeamento do perfil dos pés dos pacientes com doença de Parkinson (DP), assim como na quantificação da oscilação do centro de pressão (COP), desde as fases mais leves da DP. A progressão da rigidez pode alterar a morfologia dos pés, deslocar a descarga de peso corporal posteriormente nos pés e aumentar a área de oscilação do COP, gerando déficit de equilíbrio e aumento do risco de quedas.

- (a) Os pacientes com DP apresentam predominantemente o pé do tipo cavo bilateralmente. Quando pés diferentes, o pé cavo ocorreu no dimídio mais comprometido pela rigidez. Houve diferença significativa para os controles que apresentaram distribuição homogênea entre pés normais, cavos e planos.
- (b) A descarga de peso corporal em região de face plantar tende a ser acentuada em retropé bilateralmente nos pacientes com DP.
- (c) A oscilação do COP total, no sentido médio-lateral (ML) e no sentido ântero-posterior (AP) do grupo dos pacientes com DP (quadro leve e moderado), foi maior quando comparada com o grupo controle. Quando essa comparação foi realizada subdividindo-se os pacientes de acordo com a gravidade da doença, medida pela escada de Hoehn & Yahr (H&Y), houve uma diferença significativa entre os pacientes, desde os quadros mais leves até os moderados, com os controles. Pacientes com quadros leves (H&Y 1 e 1,5), mesmo sem queixas de alterações de equilíbrio, apresentaram resultados de oscilação da COP semelhantes aos pacientes com queixa de instabilidade postural, e diferente dos controles.
- (d) Nos pacientes com DP sem quedas, as correlações da descarga de peso corporal na face plantar com a oscilação do COP foram maiores no sentido ML. Nos pacientes com DP com quedas, essas correlações foram maiores no sentido AP, predominantemente com os olhos fechados.
- (e) Nos pacientes com DP sem instabilidade, as correlações da descarga de peso corporal na face plantar com a oscilação do COP foram maiores no sentido ML. Nos pacientes com DP com instabilidade, essas correlações foram maiores no sentido AP.

REFERÊNCIAS

AHLISKOG, J. E. Diagnosis and differential diagnosis of Parkinson disease and parkinsonism. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 7, p. 63–70, 2001.

ALIFIROVA, V. M. *et al.* A Method for quantitative evaluation of the results of postural tests. **Bulletin of Experimental Biology and Medicine**, v. 161, n. 3, p. 439–441, 2016.

ANTÔNIO, A. M. *et al.* Lower limb auriculotherapy points improves balance in young healthy subjects-assessed by computerized baropodometry. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 32, n. February, p. 46–50, 2018.

ARTIGAS, N. R.; FRANCO, C.; RIEDER, C. R. M. Postural instability and falls are more frequent in Parkinson's disease patients with worse trunk mobility. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 74, n. 7, p. 519–523, 2016.

BAIG, F. *et al.* Delineating nonmotor symptoms in early Parkinson's disease and first-degree relatives. **Movement Disorders**, v. 30, n. 13, p. 1759–1766, 2015.

BAJAJ, L. *et al.* Lysosome biogenesis in health and disease. **Neurochemistry**, v. 148, p. 573–589, 2019.

BALDERESCHI, M. *et al.* Pesticide exposure might be a strong risk factor for Parkinson's disease. **Annals of Neurology**, v. 63, n. 1, p. 128, 2008.

BARBOSA, A. F. *et al.* Gait, posture and cognition in Parkinson's disease. **Dementia e Neuropsychologia**, v. 10, n. 4, p. 280–286, 2016.

BARELA, A. M. F.; DUARTE, M. Use of force plate for acquisition of kinetic data during human gait. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 1, p. 56–61, 1970.

BARGIOTAS, I. *et al.* On the importance of local dynamics in statokinesigram : A multivariate approach for postural control evaluation in elderly. **PloS One**, v. 13, n. 2, p. 1–15, 2018.

BATISTA, W. O. *et al.* Influence of the length of institutionalization on older adults' postural balance and risk of falls: A transversal study. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 22, n. 4, p. 645–653, 2014.

BAUMFELD, D. *et al.* Reliability of baropodometry on the evaluation of plantar load distribution : A transversal study. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1–4, 2017.

BEACH, T. G. *et al.* Unified staging system for Lewy body disorders: Correlation with nigrostriatal degeneration, cognitive impairment and motor dysfunction. **Acta Neuropathol**, v. 117, n. 6, p. 613–634, 2009.

BECKLEY, D. J. *et al.* Electrophysiological correlates of postural instability in Parkinson's disease. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 81, n. 4, p. 263–268, 1991.

BEELY, F. Zur mechanik des stehens. Uber die bedeutung des fussgewolbes beim stehen. **Archiv Klinische Chirurgie**, v. 27, p. 457–471, 1882.

BERETTA, V. S. *et al.* Challenging postural tasks increase asymmetry in patients with Parkinson's disease. **PLoS ONE**, v. 10, n. September, p. 1–11, 2015.

BERGE, J. E. *et al.* Hearing as an independent predictor of postural balance in 1075 patients evaluated for dizziness. **Otolaryngology - Head and Neck Surgery (United States)**, v. 161, n. 3, p. 478–484, 2019.

BETTS, R. P.; FRANKS, C. I. Static and dynamic foot-pressure measurements in clinical orthopaedics. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 18, n. September, p. 674–684, 1980.

BIENFAINT, M. Physiological basis of manual therapies and osteopathy. 3ed. Argentina: Paidotribo, 2006.

BIENFAINT, M. Os desequilíbrios estáticos. 5ed. São Paulo: Summus, 1995.

BIZZO, G. *et al.* Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 23, n. 5, p. 474–476, 1985.

BLANDINI, F. *et al.* Neurodegeneration and energy metabolism: From chemistry to clinics. **Cell Death and Differentiation**, v. 11, n. 4, p. 479–484, 2004.

BOONSTRA, T. A. *et al.* Parkinson's disease patients compensate for balance control asymmetry. **Journal of Neurophysiology**, v. 112, n. 12, p. 3227–3239, 2014.

BRAAK, H. *et al.* Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. **Neurobiology of Aging**, v. 24, n. 2, p. 197–211, 2003.

BRESSAN, R. A.; CRIPPA, J. A. The role of dopamine in reward and pleasure behaviour - Review of data from preclinical research. **Acta Psychiatrica Scandinavica, Supplement**, v. 111, n. 427, p. 14–21, 2005.

BRIENESSE, L. A.; EMERSON, M. N. Effects of resistance training for people with Parkinson's disease: A systematic review. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 14, n. 4, p. 236–241, 2013.

BULDT, A. K. *et al.* Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. **Gait & Posture**, v. 42, n. 1, p. 42–48, 2015.

BURG, J. C. E. *et al.* Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 12, p. 492–498, 2006.

CABRERA-MARTOS, I. *et al.* Effects of a core stabilization training program on balance ability in persons with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 34, n. 6, p. 764–772, 2020.

CARDOSO, F.; CAMARGOS, S. T.; SILVA-JR, G. A. Etiology of parkinsonism in a brazilian movement disorders clinic. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 56, n. 2, p. 171–175, 1998.

CAVANAGH, P. R.; RODGERS, M. M. The arch index: A useful measure from footprints. **Journal of Biomechanics**, v. 20, n. 5, p. 547–551, 1987.

CHASTAN, N. *et al.* Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease. **Movement Disorders**, v. 23, n. 3, p. 366–372, 2008.

CHO, H. Posturographic evaluation of dizziness complaining patients under suspicion to develop Parkinson's disease. **Neuroscience and Medicine**, v. 02, n. 01, p. 28–33, 2011.

CONTRERAS, A.; GRANDAS, F. Risk of falls in Parkinson's disease: A cross-sectional study of 160 patients. **Parkinson's Disease**, v. 2012, p. 1–10, 2012.

DAUER, W.; PRZEDBORSKI, S. Parkinson's disease: mechanisms and models. **Neuron**, v. 39, n. September 11, p. 889–909, 2003.

DAWSON, N. *et al.* Examining the reliability, correlation, and validity of commonly used assessment tools to measure balance. **Health Science Reports**, v. 1, n. 12, p. 1–8, 2018.

DEGANI, A. M. *et al.* Postural behavior in medicated Parkinson disease patients: A preliminary study searching for indicators to track progress. **Central Nervous System Disease**, v. 12, p. 1–10, 2020.

DICKSON, D. W. Neuropathology of Parkinson disease. **Cold Spring Harb Perspect**

Med, v. 2, n. a009258, p. 1–16, 2022.

DIMITROVA, D.; HORAK, F. B.; NUTT, J. G. Postural muscle responses to multidirectional translations in patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurophysiology**, v. 91, n. 1, p. 489–501, 2004.

DONÁ, F. *et al.* Changes in postural control in patients with Parkinson's disease: a posturographic study. **Physiotherapy (United Kingdom)**, v. 102, n. 3, p. 272–279, 2016.

DORSEY, E. R. *et al.* The emerging evidence of the Parkinson pandemic. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 8, n, s1, p. S3–S8, 2018.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. **Experimental Brain Research**, v. 146, n. 1, p. 60–69, 2002.

DUFOUR, M.; PILLU M. **Biomécanique fonctionnelle**. 2th ed. Holanda: Elsevier Masson, 2007.

EBERSBACH, G.; GUNKEL, M. Posturography reflects clinical imbalance in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 26, n. 2, p. 241–246, 2011.

ELLWANGER, J. H. *et al.* Biological functions of selenium and its potential influence on Parkinson's disease. **Acad Bras Cienc.**, v. 88, n. 3 Suppl., p. 1655–1674, 2016.

FABRIS, S. M. *et al.* Computerized baropodometry in obese patients. **Obesity Surgery**, v. 16, p. 1574–1578, 2006.

FANCIULLI, A. *et al.* Early distinction of Parkinson-variant multiple system atrophy from Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 349, n. 3, p. 440–441, 2019.

FERRAZZOLI, D. *et al.* Balance dysfunction in Parkinson's disease: The role of posturography in developing a rehabilitation program. **Parkinson's Disease**, v. 2015, p. 1–10, 2015.

FERREIRA, E. I.; ÁVILA, C. A. V.; MASTROENI, M. F. Use of custom insoles for redistributing plantar pressure, decreasing musculoskeletal pain and reducing postural changes in obese adults. **Fisioterapia em Movimento**, v. 28, n. 2, p. 213–221, 2015.

FUKUNAGA, J. Y. *et al.* Postural control in Parkinson's disease. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 80, n. 6, p. 508–514, 2014.

GAGEY, P. M. Non-vestibular dizziness and static posturography. **Acta oto-rhino-**

laryngologica belg, v. 45, n. 3., p. 335–339, 1991.

GAGEY, P. M.; BARON, J. B.; USHIO, N. Introduction to clinical posturology. **Agressologie**, v. 21, p. 119–123, 1980.

GBD, P. D. C. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **Lancet Neurology**, v. 17, n. 11, p. 939–953, 2018.

GEROIN, C. *et al.* Does the pisa syndrome affect postural control, balance, and gait in patients with Parkinson's disease? An observational cross-sectional study. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 21, n. 7, p. 736–741, 2015.

GIARDINI, M. *et al.* Instrumental or physical-exercise rehabilitation of balance improves both balance and gait in Parkinson's disease. **Neural Plasticity**, v. 2018, n. 1, p. 1–17, 2018.

GIBB WRG; LEES AJ. The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, v. 51, n. 6, p. 745–752, 1998.

GODWIN-AUSTEN, R. B. *et al.* Effects of L-Dopa in Parkinson's disease. **Lancet**, n. July 26, p. 165–168, 1969.

GOETZ, C. G. *et al.* Movement disorder society-sponsored revision of the unified Parkinson's disease rating scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. **Movement Disorders**, v. 23, n. 15, p. 2129–2170, 2008.

GREFFARD, S. *et al.* A stable proportion of Lewy body bearing neurons in the substantia nigra suggests a model in which the Lewy body causes neuronal death. **Neurobiology of Aging**, v. 31, p. 99–103, 2010.

GRIMBERGEN, Y. A. M.; MUNNEKE, M.; BLOEM, B. R. Falls in Parkinson's disease. **Current Opinion in Neurology**, v. 17, n. 4, p. 405–415, 2004.

GUPTA, C. M. *et al.* Protection of mice against Plasmodium berghei infection by a tuftsin derivative. **FEBS Letters**, v. 205, n. 2, p. 351–354, 1986.

HALL, S. J. **Basic biomechanics**. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019.

HEWITT, P. G. Conceptual physics fundamentals. In: **Fundamentals of Conceptual Physics**. 1th ed. Pearson: New York, 2009. p. 30–38.

HEWITT, P. G. Conceptual physics. In: **Newton's first Law of motion**. 12th ed.

Pearson: New York, 2015. p. 47–68.

HIDALGO-AGUDO, R. D. *et al.* Additional physical interventions to conventional physical therapy in Parkinson's disease : A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Clinical Medicine**, v. 9, n. 1038, p. 1–16, 2020.

HIRSCH, L. *et al.* The incidence of Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Neuroepidemiology**, v. 46, n. 4, p. 292–300, 2016.

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

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

HORAK, F. B.; DIMITROVA, D.; NUTT, J. G. Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. **Experimental Neurology**, v. 193, n. 2, p. 504–521, 2005.

HORLING, C. G. C. *et al.* A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. **Neurology**, v. 4, n. 9, p. 504–515, 2008.

HUANG, Y. Z. *et al.* Fatigue and Muscle Strength Involving Walking Speed in Parkinson's Disease: Insights for Developing Rehabilitation Strategy for PD. **Neural Plasticity**, v. 9, n. 4, p. 190–5, 2017.

HUGHES, A. J. *et al.* Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease : a clinico-pathological study of 100 cases. **Journal of Neurology, and Psychiatry**, v. 55, p. 181–184, 1992.

ICKENSTEIN, G. W. *et al.* Static posturography in aging and Parkinson's disease. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 4, n. 20, p. 1–7, 2012.

JANKOVIC, J. Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 79, n. 4, p. 368–376, 2008.

JARMEY, C. **The concise book of muscles**. 4th ed. California: North Athantic Book,. 2018.

JEKA, J. J.; LACKNER, J. R. Fingertip contact influences human postural control. Experimental Brain Research. **Experimental Brain Research**, v. 100, n. April, p. 495–502, 1994.

JOHNSON, L. *et al.* Clinical and posturographic correlates of falling in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 28, n. 9, p. 34–38, 2013.

KAMIENIARZ, A. *et al.* A posturographic procedure assessing balance disorders in Parkinson's disease: a systematic review. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 2301–2316, 2018.

KANEGUSUKU, H. *et al.* Effects of progressive resistance training on cardiovascular autonomic regulation in patients with Parkinson disease: A randomized controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 98, n. 11, p. 2134–2141, 2017.

KAPTEYN, T. S. *et al.* Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. **Agressologie**, v. 24, n. 7, p. 321–326, 1983.

KASAHARA, S. *et al.* The effect of aging on vertical postural control during the forward and backward shift of the center of pressure. **Gait and Posture**, v. 42, p. 448–454, 2015.

KATZENSCHLAGER, R.; LEES, A. J. Treatment of Parkinson's disease: Levodopa as the first choice. **Journal of Neurology, Supplement**, v. 249, n. 2, p. 19–24, 2002.

KEIONEN, P.; KAURANEN, K.; VANHARANTA, H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, n. January, p. 17–22, 2003.

KENDALL, F. P. *et al.* **Muscles: Testing and Function, with Posture and Pain**. 5th ed. United States: Lippincott Williams & Willkins, 2007.

KEUS, S. H. J. *et al.* Evidence-based analysis of physical therapy in Parkinson's disease with recommendations for practice and research. **Movement Disorders**, v. 22, n. 4, p. 451–460, 2007.

KHUZEMA, A.; BRAMMATHA, A.; ARUL SELVAN, V. Effect of home-based Tai Chi, Yoga or conventional balance exercise on functional balance and mobility among persons with idiopathic Parkinson's disease: An experimental study. **Hong Kong Physiotherapy Journal**, v. 40, n. 1, p. 39–49, 2020.

KIM, S. *et al.* Postural feedback scaling deficits in Parkinson's disease. **J Neurophysiol**, v. 102, n. September, p. 2910–2920, 2009.

KINSELLA-SHAW, J. M.; HARRISON, S. J.; TURVEY, M. T. Interleg coordination in quiet standing: Influence of age and visual environment on noise and stability. **Journal of Motor Behavior**, v. 43, n. 4, p. 285–294, 2011.

KITAMURA, J. ICHI *et al.* Visual influence on center of contact pressure in advanced

Parkinson's disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 74, n. 10, p. 1107–1112, 1993.

KOLTERMANN, J. *et al.* Validation of various filters and sampling parameters for a COP analysis. **Technologies**, v. 6, n. 56, p. 1–12, 2018.

KONCZAK, J. *et al.* The perception of passive motion in Parkinson's disease. **Journal of Neurology**, v. 254, n. 5, p. 655–663, 2007.

LAFOND, D.; CORRIVEAU, H.; PRINCE, F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. **Diabetes Care**, v. 27, n. 1, p. 173–178, 2004.

LALEVÉE, M. *et al.* A comparative study between isolated gastrocnemius tightness patients and controls by quantitative Gait analysis and baropodometry. **Foot and Ankle Clinics**, v. 27, p. 772–776, 2021.

LEE, N.-Y.; LEE, D.-K.; SONG, H. S. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, And depressive disorder status of Parkinson's disease patients. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 1, p. 145–147, 2015.

LEES, A. J.; HARDY, J.; REVESZ, T. Parkinson's disease. **Lancet**, v. 373, p. 2055–2066, 2009.

LIMA, L. O.; SCIANNI, A.; RODRIGUES-DE-PAULA, F. Progressive resistance exercise improves strength and physical performance in people with mild to moderate Parkinson's disease: A systematic review. **Journal of Physiotherapy**, v. 59, n. 1, p. 7–13, 2013.

LUCARIELLO, A. *et al.* Long-term effects of asymmetrical posture in boxing assessed by baropodometry. **Italian Journal of Anatomy and Embriology**, v. 125, n. Suppl. 91, p. 2021, 2021.

MANCINI, M.; HORAK, F. B. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 46, n. 2, p. 239–248, 2010.

MANSOUR, N. R.; FAGUNDES, D. S. **Cinesiologia e biomecânica**. 1ed. Porto Alegre: Artmed/SAGAH, 2019.

MARCK, M. A. VAN DER *et al.* Effectiveness of multidisciplinary care for Parkinson's Disease : A randomized, controlled trial. **Movement Disorders**, v. 28, n. 5, p. 605–611, 2013.

MARQUES, A. P. Cadeias musculares: Um programa para ensinar avaliação

fisioterapêutica global. 2ed. São Paulo: Manole, 2005.

MARTIN, J. B. Molecular basis of the neurodegenerative disorders. **The New England Journal of Medicine**, v. 340, n. 25, p. 1970–1980, 1999.

MARTINEZ-MARTIN, P. *et al.* Expanded and independent validation of the movement disorder society-unified Parkinson's disease rating scale (MDS-UPDRS). **Journal of Neurology**, v. 260, n. 1, p. 228–236, 2013.

MARTINEZ-MENDEZ, R.; SEKINE, M.; TAMURA, T. Detection of anticipatory postural adjustments prior to gait initiation using inertial wearable sensors. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 8, n. 1, p. 8–17, 2011.

MCCRORY, J. L. *et al.* Arch index as a predictor of arch height. **The Foot**, v. 7, n. 2, p. 79–81, 1997.

MCKAY, J. L. *et al.* Abnormal center of mass feedback responses during balance: A potential biomarker of falls in Parkinson's disease. **PLoS ONE**, v. 16, n. 5 May, p. 1–24, 2021.

MENANT, J. C. *et al.* Postural sway approaches center of mass stability limits in Parkinson's disease patients (or subjects) and methods. **Movement Disorders**, v. 26, n. 4, p. 637–643, 2011.

MICHEL, P. P.; HIRSCH, E. C.; HUNOT, S. Understanding dopaminergic cell death pathways in Parkinson disease. **Neuron**, v. 90, n. 4, p. 675-691, 2016.

MIJOVIĆ, B.; LENCUR, S. Foot baropodometry regarding on body weight. **Koza & Obuća**, v. 68, n. 3, p. 24–25, 2019.

MITCHELL, S. L. *et al.* Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease: increased mediolateral activity during quiet standing. **Neuroscience Letters**, v. 197, n. 2, p. 133–136, 1995.

MITTUR, A.; GUPTA, S.; MODI, N. B. Pharmacokinetics of Rytary®, an extended-release capsule formulation of Carbidopa – Levodopa. **Clinical Pharmacokinetics**, v. 56, n. February, p. 999–1014, 2017.

MOORE, D. J. *et al.* Molecular pathophysiology of Parkinson's disease. **Molecular Pathophysiology of Parkinson's Disease**, v. 28, n. 1, p. 57–87, 2005.

MORA, J. L. A. *et al.* Incremento de las capacidades físicas equilibrio y marcha en adultos mayores con Parkinson. **Revista Podium**, v. 17, n. 2, p. 654–71, 2022.

MOREIRA, R. C. *et al.* Quality of life in Parkinson's disease patients: progression markers of mild to moderate stages. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 75, n. 8, p. 497–502, 2017.

MORRIS, M. E. Movement disorders in people with parkinson disease: A model for physical therapy. **Physical Therapy**, v. 80, n. 6, p. 578–597, 2000.

MUNHOZ, R. P. *et al.* Non-motor signs in Parkinson's disease: a review. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 73, n. 5, p. 454–462, 2015.

MUNHOZ, R. P.; TEIVE, H. A. Pull test performance and correlation with falls risk in Parkinson's disease. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 72, n. 8, p. 587–591, 2014.

NEVES, J. C. DE J. *et al.* The influence of medium longitudinal arch on plant distribution and posterior pliability. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 27, n. 1, p. 16–21, 2020.

NIRENBERG, M. J. *et al.* The dopamine transporter: Comparative ultrastructure of dopaminergic axons in limbic and motor compartments of the nucleus accumbens. **Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 18, p. 6899–6907, 1997.

NOTARNICOLA, A. . *et al.* Baropodometry on patients after total knee arthroplasty. **Musculoskelet Surg**, v. 102, p. 129–137, 2018.

OBESO, J. A.; OLANOW, C. W.; NUTT, J. G. Levodopa motor complications in Parkinson's disease. **Trends in Neurosciences**, v. 23, n. 10 SUPPL., p. 0–5, 2000.

OKUMURA, T. *et al.* Somatosensory shift of postural control in dizzy patients. **Acta Oto-Laryngologica**, v. 135, n. 9, p. 925–930, 2015.

OLIVEIRA, L. B.; MARANHO, D. A.; JÚNIOR, A. C. Reliability of wireless insole baropodometry of normal individual's gait. **Acta Ortop Bras**, v. 29, n. 5, p. 238–241, 2021.

ORLIN, M. N.; MCPOIL, T. G. Plantar pressure assessment. **Physical Therapy**, v. 80, n. 4, p. 399–409, 2000.

PALAKURTHI, B.; BURUGUPALLY, S. P. Postural instability in Parkinson's disease: A review. **Brain Sciences**, v. 9, n. 209, p. 1–16, 2019.

PAOLUCCI, T. *et al.* Romberg ratio coefficient in quiet stance and postural control in Parkinson's disease. **Neurological Sciences**, v. 39, n. 8, p. 1355–1360, 2018.

PAOLUCCI, T. *et al.* Evidence of rehabilitative impact of progressive resistance training

(PRT) programs in Parkinson disease : An umbrella review. **Parkinson's Disease**, v. 2020, n. 4, p. 1–9, 2020.

PARK, J.-H.; KANG, Y.-J.; HORAK, F. B. What Is wrong with balance in Parkinson's disease? **Journal of Movement Disorders**, v. 8, n. 3, p. 109–114, 2015.

PARK, J. H. *et al.* Development of a balance analysis system for early diagnosis of Parkinson's disease. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 48, p. 139–148, 2015.

PARKINSON, J. Introdução à “Paralisia agitante”, de James Parkinson (1817). In: BERRIOS, G. E. **J. Rev. Latinoam. Psicopatol. Fund.**, v. 19, n. 1, p. 114–121, 1817.

PIZZIGALLI, L.; AHMAIDI, S.; RAINOLDI, A. Effects of sedentary condition and longterm physical activity on postural balance and strength responses in elderly subjects. **Sport Sciences for Health**, v. 10, n. 2, p. 135–141, 2014.

POEWE, W. *et al.* Parkinson disease. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 3, p. 1–21, 2017.

POST, B. *et al.* Multidisciplinary care for Parkinson's disease: not if , but how! **Postgraduate Medical**, v. 87, p. 575–578, 2011.

POSTUMA, R. B. *et al.* MDS Clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 30, n. 12, p. 1591–1599, 2015.

PRADO-JÚNIOR, I. *et al.* Anormalidades podais em crianças assintomáticas. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 30, n. 6, p. 363–366, 1995.

PRINGSHEIM, T. *et al.* The prevalence of Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Movement Disorders**, v. 29, n. 13, p. 1583–1590, 2014.

RADDER, D. L. M. *et al.* Physiotherapy in Parkinson's disease: A meta-analysis of present treatment modalities. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 34, n. 10, p. 871–880, 2020.

RIJK, C. M. *et al.* Prevalence of parkinsonism and Parkinson's disease in Europe: the EUROPARKINSON collaborative study. **Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 62, n. 1, p. 10–15, 1997.

RINALDUZZI, S. *et al.* Balance dysfunction in Parkinson's disease. **BioMed Research International**, v. 2015, 2015.

ROGERS, M. W.; MILLE, M. L. Lateral stability and falls in older people. **Exercise and**

Sport Sciences Reviews, v. 31, n. 4, p. 182–187, 2003.

ROSÁRIO, J. L. P. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. **Bodywork & Movement Therapies**, v. 18, p. 215–219, 2014.

ROSSO, A. L. Z.; NICARRETTA, D. H.; MATTOS, J. P. Correlações anatomiclínicas na doença de Parkinson. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 44, n. 4, p.14-47, 2008.

SALON-MORENO, J. *et al.* Changes in spasticity, widespread pressure pain sensitivity, and baropodometry after the application of dry needling in patients who have had a stroke: a randomized controlled trial. **Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 37, n. 8, p. 569–579, 2014.

SÁNCHEZ RAMÍREZ, C. Caracterización Morfológica del arco plantar longitudinal medial del pie en una población chilena. **International Journal of Morphology**, v. 35, n. 1, p. 85–91, 2017.

SANTOS, P. C. R. *et al.* Effects of leg muscle fatigue on gait in patients with Parkinson's disease and controls with high and low levels of daily physical activity. **Gait and Posture**, v. 47, p. 86–91, 2016.

SANTOS, V. V. *et al.* Effects of a physical therapy home-based exercise program for Parkinson's disease. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 4, p. 709–715, 2012.

SARDIELLO, M. *et al.* A gene network regulating lysosomal biogenesis and function. **Science**, v. 325, n. July 24, p. 473–478, 2009.

SARDIELLO, M.; BALLABIO, A. Lysosomal enhancement: A clear answer to cellular degradative needs. **Cell Cycle**, v. 8, n. 24, p. 4021–4022, 2009.

SCHENKMAN, M. L. *et al.* Spinal movement and performance of a standing reach task in participants with and without Parkinson disease. **Physical Therapy**, v. 81, n. 8, p. 1400–1411, 2001.

SCHMIT, J. M. *et al.* Deterministic center of pressure patterns characterize postural instability in Parkinson's disease. **Exp Brain Res**, v. 168, p. 357–367, 2006.

SCHMITT, I. *et al.* L-Dopa increases α -synuclein DNA methylation in Parkinson's disease patients in vivo and in vitro. **Movement Disorders**, v. 30, n. 13, p. 1794–1801, 2015.

SCHONEBURG, B. *et al.* Framework for understanding balance dysfunction in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 28, n. 11, p. 1474–1482, 2013.

SCHRAG, A.; JAHANSHAHI, M.; QUINN, N. What contributes to quality of life in patients with Parkinson's disease? **Neurology Psychiatry**, v. 69, p. 308–312, 2000.

SHIN, H. W.; HONG, S. W.; YOUN, Y. C. Clinical aspects of the differential diagnosis of Parkinson's disease and parkinsonism. **Journal of Clinical Neurology (Korea)**, v. 18, n. 3, p. 259–270, 2022.

SILVA DE LIMA, A. L. *et al.* Falling among people with Parkinson's disease: motor, non-motor, or both? **Arquivos de neuro-psiquiatria**, v. 77, n. 11, p. 759–760, 2019.

SNIJDERS, C. J.; VERDUIN, M. Stabilograph, an accurate instrument for sciences interested in postural equilibrium. **Agressologie**, v. 14, n. Spec No C, p. 15–20, 1973.

SOTO, C. Unfolding the role of protein misfolding in neurodegenerative diseases. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 4, n. 1, p. 49–60, 2003.

STOŽEK, J. *et al.* The effect of the rehabilitation program on balance, gait, physical performance and trunk rotation in Parkinson's disease. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 28, n. 6, p. 1169–1177, 2016.

STYLIANOU, A. P. *et al.* Postural sway in patients with mild to moderate Parkinson's disease. **International Journal of Neuroscience**, v. 121, n. 11, p. 614–621, 2011.

SUZUKI, Y. *et al.* Association between age and dynamic balance capability assessed by use of force plates. **Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v. 64, n. 4, p. 419–425, 2015.

TANNER, C. M.; OTTMAN, R.; LANGSTON, J. W. Parkinson disease in twins. **JAMA**, v. 281, n. 4, p. 341–346, 1999.

TEIVE, H. A. G.; BERTUCCI FILHO, D. C.; MUNHOZ, R. P. Unusual motor and non-motor symptoms and signs in the early stage of Parkinson's disease. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 74, n. 10, p. 781–784, 2016.

TEIVE, H. A. G.; CAMARGO, C. H. F.; MUNHOZ, R. P. Reply to: Early distinction of Parkinson variant multiple system atrophy from Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 34, n. 6, p. 929, 2019.

TEIVE, H. A. G.; MUNHOZ, R. P. Postural instability in Parkinson's disease – 120 years after Charcot's death. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 72, n. 8, p. 633–635, 2014.

TEIVE, H. A. G.; SÁ, D. S. The rolex sing first manifestation of Parkinson's disease. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 58, n. 3A, p. 724–725, 2000.

TERMOZ, N. *et al.* The control of upright stance in young , elderly and persons with Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v. 27, p. 463–470, 2008.

THOUMIE, P. Intérêts et limites de la posturographie pour l'évaluation des troubles de l'équilibre. **Lettre de Medecine Physique et de Readaptation**, v. 28, n. 3, p. 139–144, 2012.

TIBAREWALA, D. N.; GANGULI, S. Biomechanical evaluation of human lower-extremity disability in erect standing. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 21, p. 91–96, 1983.

VOLLES, M. J.; LANSBURY, P. T. Zeroing in on the pathogenic form of α -synuclein and its mechanism of neurotoxicity in Parkinson's disease. **Biochemistry**, v. 42, n. 26, p. 7871–7878, 2003.

WAKABAYASHI, K. *et al.* The Lewy body in Parkinson's disease and related neurodegenerative disorders. **Mol Neurobiol.**, v. 47, n. 2, p. 494–508, 2013.

WANG, Z.; NEWELL, K. M. Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing. **Experimental Brain Research**, v. 222, n. 4, p. 333–344, 2012.

WILCZYŃSKI, J. *et al.* Body posture, postural stability, and metabolic age in patients with Parkinson's disease. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1–9, 2017.

WILD, L. B. *et al.* Characterization of cognitive and motor performance during dual-tasking in healthy older adults and patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurology**, v. 260, n. 2, p. 580–589, 2013.

WILLIAMS, D. R.; LITVAN, I. Parkinsonian syndromes. **Continuum (Minneapolis)**, v. 19, n. 5, p. 1189–1212, 2013.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & Posture**, v. 3, p. 193–214, 1995.

WONG, E.; CUERVO, A. M. Autophagy gone awry in neurodegenerative diseases. **Nature Neuroscience**, v. 13, n. 7, p. 805–811, 2010.

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 Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 8, n. 17, p. 1–10, 2016.

YOUNG BLOOD, M. R. *et al.* Classification and characteristics of pain associated with Parkinson's disease. **Parkinson's Disease**, v. 2016, p. 1–8, 2016.

ZOUITA, S. *et al.* Effects of combined balance and strength training on measures of balance and muscle strength in older women with a history of falls. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. December, p. 1–18, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A - FICHA DE AVALIAÇÃO**FICHA DE AVALIAÇÃO**

DADOS PESSOAIS:

NOME: _____

IDADE: _____ DATA DE NASCIMENTO: ____/____/____

SEXO: () Feminino () Masculino

ENDEREÇO:

Rua/Avenida: _____ nº _____

CEP: _____ Complemento: _____ Bairro: _____

Cidade: _____ Estado: _____

Telefone 1: (____) _____ Telefone 2: (____) _____

e-mail: _____

HISTÓRICO DA DOENÇA:

Tempo de evolução da doença: _____ () meses () anos

Idade do início dos sintomas: _____ anos

Faz uso de medicação: () Sim () Não

Quais? _____

Massa corporal: _____ quilos

Estatura: _____ cm

Numeração do calçado: _____

Dominância: () destro () sinistro

Apresenta quedas: () Sim () Não

Observações:

APÊNDICE B - AVALIAÇÃO POSTURAL

AVALIAÇÃO POSTURAL:						
VISTA ANTERIOR						
	Direita			Esquerda		
Olhos	Alinhada	Elevado	Deprimida	Alinhada	Elevado	Deprimida
Comissura labial	Simetria	Desvio para Direita		Simetria	Desvio para Esquerda	
Ombros	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
Clavícula	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
▲ Tales	Simetria	>	<	Simetria	>	<
EIAS	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
Joelhos	Normal	Varo	Valgo	Normal	Varo	Valgo

VISTA POSTERIOR						
	Direita			Esquerda		
Cabeça	Normal	Inclinada	Rodada	Normal	Inclinada	Rodada
L Inferior da Escápula	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
EIPS	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
Linha Poplítea	Alinhada	Elevado	Deprimido	Alinhada	Elevado	Deprimido
Inclinação dos Pés	Normal	Varo	Valgo	Normal	Varo	Valgo

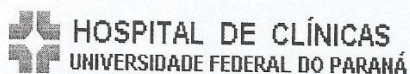
VISTA SAGITAL ESQUERDA			
Cabeça	Normal	Protusa	Rodada
Lordose Cervical	Normal	Retificada	Hiperlordose
Cifose Torácica	Normal	Retificada	Hipercifose
Lordose Lombar	Normal	Retificada	Hiperlordose
Pelve	Normal	Antevertida	Retrovertida
Joelho	Normal	Hiperflexão	Recurvatum

Siglas: ▲ : Triângulo; EIAS: Espinha Ilíaca Antero Superior; L : Ângulo; EIPS: Espinha Ilíaca Pósterio Superior.

FONTE: KENDALL *et al.* (2007)

ANEXOS

ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA



Curitiba, 10 de setembro de 2010.

Ilmo (a) Sr. (a)
Silvia Aparecida Ferreira Peruzzo
Neste

Prezada Pesquisadora:

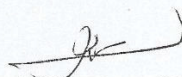
Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "ANALISE DO COMPORTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO PLANTAR E ALTERAÇÕES DE EQUILÍBRIO NA DOENÇA DE PARKINSON", foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, em reunião ordinária realizada no dia 31 de agosto de 2010. O referido projeto atende aos aspectos das Resoluções CNS 196/96, e demais, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Ministério da Saúde.

CAAE: 0223.0.208.000-10
Registro CEP: 2315.209/2010-08

Conforme a Resolução 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

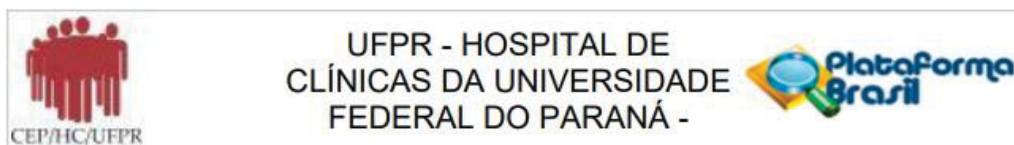
Data para entrega do primeiro relatório: 10 de março de 2011.

Atenciosamente,



Renato Tambara Filho
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Hospital de Clínicas/UFPR

ANEXO B - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (INCLUSÃO DO GRUPO CONTROLE)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO PLANTAR E ALTERAÇÕES DE EQUILÍBRIO NA DOENÇA DE PARKINSON

Pesquisador: Helio Afonso Ghizoni Teive

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 79892617.2.0000.0096

Instituição Proponente: Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.426.739

ANEXO C - PARTE III – AVALIAÇÃO MOTORA DA ESCALA MDS-UPDRS

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). Conseqüentemente, 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 ambigüidades identificadas na análise crítica. O coordenador principal nomeou subcomitês com coordenadores e membros. Cada parte foi redigida pelos membros do respectivo 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 ambigüidade 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 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	Pontuação
<p><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).</p> <p>0: Normal: Sem problemas de fala.</p> <p>1: Discreto: Perda de modulação, dicção ou volume, mas todas as palavras são facilmente compreensíveis.</p> <p>2: Ligeiro: Perda de modulação, dicção ou volume, com algumas palavras não claras, mas a frase como um todo é fácil de compreender.</p> <p>3: Moderado: A fala é difícil de compreender ao ponto de algumas, mas não a maioria das frases, serem difíceis de compreender.</p> <p>4: Grave: A maioria da fala é difícil de compreender ou ininteligível.</p>	<input data-bbox="1294 573 1362 640" type="text"/>
<p>3.2 EXPRESSÃO FACIAL</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Expressão facial normal.</p> <p>1: Discreto: Mínima fâcies inexpressiva manifestada apenas pela diminuição na frequência do piscar de olhos.</p> <p>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.</p> <p>3: Moderado: Fâcies inexpressiva com afastamento dos lábios por algum tempo quando a boca está em repouso.</p> <p>4: Grave: Fâcies inexpressiva com afastamento dos lábios na maior parte do tempo quando a boca está em repouso.</p>	<input data-bbox="1294 1240 1362 1308" type="text"/>

<p>3.3 RIGIDEZ</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem rigidez.</p> <p>1: Discreto: Rigidez apenas detectada com uma manobra de ativação.</p> <p>2: Ligeiro: Rigidez detectada sem a manobra de ativação, mas a amplitude total de movimento é facilmente alcançada.</p> <p>3: Moderado: Rigidez detectada sem a manobra de ativação; amplitude total alcançada com esforço.</p> <p>4: Grave: Rigidez detectada sem a manobra de ativação e amplitude total de movimento não alcançada.</p>	<p>Pontuação</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>Pescoço</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>MSD</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>MSE</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>MID</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>MIE</p>
<p>3.4 BATER DOS DEDOS DA MÃO (PINÇA)</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>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.</p> <p>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</p> <p>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.</p> <p>4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.</p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p>D</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>E</p>

	Pontuação
<p>3.5 MOVIMENTOS DAS MÃOS</p> <p><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 a fechar a mão com força com o braço fletido ao nível do cotovelo de forma que a palma da mão esteja virada para o avaliador. Peça ao paciente para abrir a mão 10 vezes o mais rápido e amplo possível. Se o paciente não fechar a mão firmemente ou não abrir a mão por completo, lembre-o de o fazer. Pontue cada lado separadamente, avaliando velocidade, amplitude, hesitações, interrupções e diminuições da amplitude.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: Qualquer dos seguintes: a) o ritmo regular é interrompido com uma ou duas interrupções ou hesitações dos movimentos; b) lentidão mínima; c) a amplitude diminui perto do fim da tarefa.</p> <p>2: Ligeiro: Qualquer dos seguintes: a) 3 a 5 interrupções durante o movimento; b) lentidão ligeira; c) a amplitude diminui no meio da tarefa.</p> <p>3: Moderado: Qualquer dos seguintes: a) mais de 5 interrupções durante o movimento ou pelo menos uma pausa mais prolongada (<i>bloqueio</i>); b) lentidão moderada; c) a amplitude diminui após a primeira sequência de abrir e fechar.</p> <p>4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.</p>	<p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">D</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">E</p>
<p>3.6 MOVIMENTOS DE PRONAÇÃO-SUPINAÇÃO DAS MÃOS</p> <p><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 a estender o braço em frente ao seu corpo com a palma da mão virada para baixo; depois a virar a palma da mão para cima e para baixo alternadamente 10 vezes o mais rápido e amplo possível. Pontue cada lado separadamente, avaliando velocidade, amplitude, hesitações, interrupções e diminuições da amplitude.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: Qualquer dos seguintes: a) o ritmo regular é interrompido com uma ou duas interrupções ou hesitações dos movimentos; b) lentidão mínima; c) a amplitude diminui perto do fim da sequência.</p> <p>2: Ligeiro: Qualquer dos seguintes: a) 3 a 5 interrupções durante o movimento; b) lentidão ligeira; c) a amplitude diminui no meio da sequência.</p> <p>3: Moderado: Qualquer dos seguintes: a) mais de 5 interrupções durante o movimento ou pelo menos uma pausa mais prolongada (<i>bloqueio</i>); b) lentidão moderada; c) a amplitude diminui após a primeira sequência de pronação-supinação.</p> <p>4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.</p>	<p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">D</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">E</p>

3.7 BATER DOS DEDOS DOS PÉS	Pontuação
<p><u>Instruções para o avaliador:</u> Coloque o paciente sentado numa cadeira de encosto reto e com braços, com ambos os pés no chão. Teste cada pé separadamente. Faça a demonstração da tarefa, mas não realize a tarefa enquanto o paciente é testado. Instrua o paciente a colocar o calcanhar no chão numa posição confortável e depois tocar com os dedos dos pés 10 vezes no chão, o mais rápido e amplo possível. Pontue cada lado separadamente, avaliando velocidade, amplitude, hesitações, interrupções e diminuições da amplitude.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: Qualquer dos seguintes: a) o ritmo regular é interrompido com uma ou duas interrupções ou hesitações dos movimentos; b) lentidão mínima; c) a amplitude diminui perto do fim das 10 repetições.</p> <p>2: Ligeiro: Qualquer dos seguintes: a) 3 a 5 interrupções durante o movimento; b) lentidão ligeira; c) a amplitude diminui a meio da tarefa.</p> <p>3: Moderado: Qualquer dos seguintes: a) mais de 5 interrupções durante a sequência ou pelo menos uma pausa mais prolongada (<i>bloqueio</i>); b) lentidão moderada; c) a amplitude diminui após a primeira repetição.</p> <p>4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.</p>	<div style="text-align: center;"> <input data-bbox="1262 591 1331 658" type="checkbox"/> D </div> <div style="text-align: center;"> <input data-bbox="1262 757 1331 824" type="checkbox"/> E </div>
<p>3.8 AGILIDADE DAS PERNAS</p> <p><u>Instruções para o avaliador:</u> Coloque o paciente sentado numa cadeira de encosto reto e com braços, com ambos os pés confortavelmente no chão. Teste cada pé separadamente. Faça a demonstração da tarefa, mas não realize a tarefa enquanto o paciente é testado. Instrua o paciente a colocar o pé no chão numa posição confortável e depois a levá-lo e batê-lo no chão 10 vezes, o mais rápido e alto possível. Pontue cada lado separadamente, avaliando velocidade, amplitude, hesitações, interrupções e diminuições da amplitude.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: Qualquer dos seguintes: a) o ritmo regular é interrompido com uma ou duas interrupções ou hesitações dos movimentos; b) lentidão discreta; c) a amplitude diminui perto do fim da tarefa.</p> <p>2: Ligeiro: Qualquer dos seguintes: a) 3 a 5 interrupções durante os movimentos; b) lentidão ligeira; c) a amplitude diminui no meio da tarefa.</p> <p>3: Moderado: Qualquer dos seguintes: a) mais de 5 interrupções durante a sequência ou pelo menos uma pausa mais prolongada (<i>bloqueio</i>); b) lentidão moderada; c) a amplitude diminui após o primeiro movimento.</p> <p>4: Grave: Não consegue ou quase não consegue executar a tarefa devido à lentidão, interrupções ou decrementos.</p>	<div style="text-align: center;"> <input data-bbox="1262 1249 1331 1317" type="checkbox"/> D </div> <div style="text-align: center;"> <input data-bbox="1262 1415 1331 1482" type="checkbox"/> E </div>

3.9 LEVANTAR-SE DA CADEIRA

Pontuação

Instruções para o avaliador: 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.

3.10 MARCHA

Instruções para o avaliador: 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 (*freezing*). Aproveite para avaliar o bloqueio da marcha (*freezing*) (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.

	Pontuação
<p>3.11 BLOQUEIO NA MARCHA (FREEZING)</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem bloqueio na marcha (<i>freezing</i>).</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>3: Moderado: Bloqueia uma vez durante a marcha em linha reta.</p> <p>4: Grave: Bloqueia várias vezes durante a marcha em linha reta.</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: auto;"></div>
<p>3.12 ESTABILIDADE POSTURAL</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem problemas. Recupera com um ou dois passos.</p> <p>1: Discreto: 3 a 5 passos, mas o paciente recupera sem ajuda.</p> <p>2: Ligeiro: Mais de 5 passos, mas o paciente recupera sem ajuda.</p> <p>3: Moderado: Mantém-se de pé em segurança, mas com ausência de resposta postural; cai se não for aparado pelo avaliador.</p> <p>4: Grave: Muito instável, tende a perder o equilíbrio espontaneamente ou com um ligeiro puxão nos ombros.</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: auto;"></div>

	Pontuação
<p>3.13 POSTURA</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: O paciente não está completamente ereto, mas a postura pode ser normal para uma pessoa mais idosa.</p> <p>2: Ligeiro: Evidente flexão, escoliose ou inclinação lateral, mas o paciente consegue corrigir e adotar uma postura normal quando solicitado.</p> <p>3: Moderado: Postura encurvada, escoliose ou inclinação lateral, que não pode ser voluntariamente corrigida pelo paciente até uma postura normal.</p> <p>4: Grave: Flexão, escoliose ou inclinação com postura extremamente anormal.</p>	<input data-bbox="1281 678 1350 745" type="text"/>
<p>3.14: ESPONTANEIDADE GLOBAL DE MOVIMENTO (BRADICINESIA CORPORAL)</p> <p><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.</p> <p>0: Normal: Sem problemas.</p> <p>1: Discreto: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos discreta.</p> <p>2: Ligeiro: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos ligeira.</p> <p>3: Moderado: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos moderada.</p> <p>4: Grave: Lentidão global e pobreza de movimentos espontâneos grave.</p>	<input data-bbox="1281 1447 1350 1514" type="text"/>

3.15 TREMOR POSTURAL DAS MÃOS

Pontuação

Instruções para o avaliador: Todo o tremor, incluindo o tremor de repouso reemergente, 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.

D

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.

E

4: Grave: O tremor tem pelo menos 10 cm de amplitude.

3.16 TREMOR CINÉTICO DAS MÃOS

Instruções para o avaliador: 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 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

ANEXO D – CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

De: "Parkinson's Disease" <mharjorie.vizarra@hindawi.com>

Enviada: 2023/02/01 11:08:45

Para: chcamargo@uol.com.br

Assunto: Manuscript submitted to Parkinson's Disease



Dear Dr. Camargo,

Congratulations, the manuscript titled "Static Posturography Analysis in Patients with Parkinson's Disease" has been successfully submitted to Parkinson's Disease.

We will confirm this submission with all authors of the manuscript, but you will be the primary recipient of communications from the journal. As submitting author, you will be responsible for responding to editorial queries and making updates to the manuscript.

In order to view the status of the manuscript, please visit the manuscript details page.

Thank you for submitting your work to Parkinson's Disease.

MANUSCRIPT DETAILS

Kind regards,
Mharjorie Vizarra
Parkinson's Disease

This email was sent to chcamargo@uol.com.br. You have received this email in regards to the account creation, submission, or peer review process of a submitted paper, published by Hindawi Limited.

Hindawi Limited, 3rd Floor, Adam House, 1 Fitzroy Square, London, W1T 5HF, United Kingdom

Hindawi respects your right to privacy. Please see our privacy policy for information on how we store, process, and safeguard your data.

[Unsubscribe](#)

Static Posturography Analysis in Patients with Parkinson's Disease

Running tittle - Balance in Parkinson's Disease

Silvia Aparecida Ferreira-Peruzzo, PT ^{1,2,3} fisioterapeutasilvia@hotmail.com

Carlos Henrique F. Camargo, MD, PhD, FAAN ¹ chcamargo@uol.com.br

Marise Bueno Zonta, PT, PhD^{1,4} marisebzonta@gmail.com

Renata Ramina Pessoa, MD, MSc ⁵ renata.raminapessoa@gmail.com

Renato Puppi Munhoz, MD, PhD ⁶ renato.munhoz@uhn.ca

Hélio A.G. Teive, MD, PhD^{1,4} hagteive@mps.com.br

- 1- Neurological Diseases Group, Postgraduate Program in Internal Medicine, Internal Medicine Department, Hospital de Clínicas, Federal University of Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil
- 2- School of Health Sciences, Autonomous University of Brazil, Curitiba, Paraná, Brazil
- 3- Ergonomics Laboratory, Federal University of Technology of Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil
- 4- Movement Disorders Unit, Neurology Service, Internal Medicine Department, Hospital de Clínicas, Curitiba, Paraná, Brazil
- 5- Association of Patients with Parkinson's Disease of Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil

6- Gloria and Morton Shulman Movement Disorders Centre, Toronto Western
Hospital, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

Corresponding author: SAFP, UniBrasil University Center. Physical therapy clinic.

Address: R. Konrad Adenauer, 442 - Tarumã, Curitiba - PR, 82820-540

fisioterapeutasilvia@hotmail.com

Words – 4503

Tables – 5

Figures - 3

Abstract

Background: Parkinson's disease (PD) is characterized by the presence of a rigid-akinetic syndrome that is associated later with postural instability. The disease causes balance deficits that can lead to postural deformities and foot asymmetry. The aim of this study was to evaluate changes in the balance of patients with PD.

Methods: 56 patients with PD and 30 controls were evaluated using static posturography (baropodometry and stabilometry). The variables considered were foot type, the area of greatest body weight dissipation in the plantar region, statokinesigram (center of pressure [COP]), and stabilogram (COP in the X- and Y-axis).

Results: Patients with PD had pes cavus (92.8%) ($p < 0.001$), with greater weight discharge in the hindfoot. The COP sway areas were higher in the PD patients in all assessments ($p < 0.001$). The total COP area increased in the no-fall group in the foot parallel assessment, as well as on the X-axis in the group with falls with eyes open ($p = 0.046$) and closed ($p = 0.023$). The correlation of body weight discharge with COP sway was significant in the group without postural instability in the COP X-axis with feet parallel and eyes open on the rigid limb, and in the group with postural instability in the Y-axis with feet parallel and eyes open on the rigid limb, and with eyes closed bilaterally.

Conclusion: The progression of rigidity may interfere with the compensation mechanisms and alter the foot morphology, shifting the body weight discharge posteriorly and increasing the COP sway, generating balance deficit and increasing the risk of falls.

Keywords: Parkinson's disease; balance; posture; postural balance.

Introduction

Parkinson's disease (PD) is a progressive, chronic, neurodegenerative disease leading to typical motor symptoms. The main feature is the presence of asymmetric parkinsonism, bradykinesia associated with rigidity, and rest tremor [1]. As observed in several neurodegenerative diseases, the incidence of PD increases with advancing age, especially in men (58.22/100,000 cases), 60 to 69 years old and 70 to 79 years old [2].

Postural instability is not part of the classical symptoms for defining parkinsonism [1], although it is a predictive clinical evidence of PD [3]. In PD, anticipatory postural adjustments become impaired and slow [4], which are observed in the gait, balance, stability, coordination, and agility of the patient. Muscle rigidity favors the lack of balance and stimulates the mechanism to compensate for body asymmetry [5]. It also leads to postural deformities and possible asymmetry of the plantar surface of the feet, which in turn increases the support base, making it difficult to maintain postural stability [6]. This physiological postural adaptation occurs mainly in the lower limbs (LL), with the action of the tibialis anterior and gastrocnemius muscles. [7]. In some cases, balance changes related to motor signals are already observed in the early stage of PD.

Balance depends on the effective action of postural control mechanisms, within the limits of stability [8]. Maintaining balance depends on four factors: the height of the center of gravity, the size of the support base, the location of the center of pressure (COP), and body weight [9]. Maintenance of postural balance is influenced by the visual field, hearing, proprioception, muscle contraction, coordination, and somatosensory system that tend to change with advancing age and the evolution of PD [10,11].

Posturography is a practical, low-cost, and recognized assessment tool used to map postural instability, providing qualitative and quantitative posturographic indicators for balance assessment of patients with PD, even those who do not complain of balance dysfunction [12]. This feature allows stabilometry (statokinesigram and stabilogram) and baropodometry. Stabilometry is a tool that evaluates the COP on a force platform [13].

Thus, the objective of this study was to evaluate balance changes in patients with PD using static posturography.

Methods

Selection of patients

Patients were diagnosed with PD according to the criteria of the Movement Disorders Society [1], at the Association of Patients with Parkinson's Disease of Paraná (APPP), between 2014 and 2018.

The included patients were (a) able to obey collaborative commands; (b) could walk and remain standing without support; and (c) available to attend all stages of the evaluation. Exclusion criteria were (a) the use of hip or knee braces and/or prostheses; (b) amputation of minor and/or major segments of the lower and/or upper limbs; (c) severe postural deformities (kyphosis, scoliosis, or kyphoscoliosis) that compromised walking and/or remaining in a static position; (d) neurological diseases with the presence of motor sequela, history of vestibular and/or auditory symptoms, severe visual impairment; (e) any type of lesion on the plantar surface of the foot, plantar fascia region, and/or calcaneal spur.

A total of 71 patients with PD were selected. Of these, 14 were excluded due to absence during the evaluation and/or difficulty standing unassisted. Therefore, 56

patients were evaluated. A control group (CG) was also initially formed with 42 healthy participants. Among those selected, 2 refused to participate in the study, and 10 were excluded due to the use of braces, inability to stand in orthostatism, or lack of attendance to the evaluation, totaling 30 participants. The groups were paired based on age, gender, and education.

Ethical Aspects

The project was approved by the Ethics Committee for Human Research of the Hospital de Clínicas of the Federal University of Paraná (HC-UFPR), in opinion number 2,426,739, respecting the resolution of the HC-UFPR Ethics Committee for Human Research and CNS Resolution 466/2012.

Clinical Evaluation

Demographic data, clinical history, disease progression, use of medications, complementary exams, and family history were collected using a standardized questionnaire on the day that the patient was the first approached about the study.

PD patients were assessed for disease severity according to the Hoehn & Yahr (H&Y) scale [14] and the Movement Disorders Society – Unified Parkinson's Disease Rating Scale Part III (MDS-UPDRS-III) [15]. This step was performed by a neurologist specializing in movement disorders with the patients at least 5 hours after taking a dose of levodopa (OFF phase).

Classical postural evaluation was performed during the qualitative observational examination of the spine and body asymmetries in the sagittal, anterior frontal, and posterior planes using a symmetrograph [16].

Baropodometry and Stabilometry

All evaluations were performed by the same researcher, at scheduled times, at the Ergonomics laboratory of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Static posturography (baropodometry and stabilometry) was chosen as an evaluation tool. It includes a specific program installed on a computerized platform, model EPS (KINETEC® / BTS Bioengineering Corp., Milan, Italy), software Biomech Studio®. This equipment has a single platform with dimensions of 675 × 540 × 05 mm, which is placed on a flat, firm, and mat-free surface. Baropodometry can record plantar pressure through two-dimensional imaging (image capture of 400 frames in 10 seconds). The resulting baropodometry maps the foot type, while stabilometry records weight discharge and COP sway [12]. The weight discharge (Kg/cm^2) identifies the areas of the plantar fascia with greater body mass discharge, subdivided into a mask system generated by the software.

The system divides the foot into five regions: hallux, phalanges, forefoot (metatarsals), midfoot (navicular, cuboid, and cuneiform bones), and hindfoot (talus and calcaneus bones) [17]. Postural sway can be evaluated from the result of the power vector detachment of the force vector on the ground, represented by points on the surface of the platform called COP. COP sway can be mapped using the statokinesigram and stabilogram. Statokinesigram records the trajectory of the COP under the support base, forming an ellipse, based on the main diagonal, which is related to the area of most incidence. A stabilogram represents COP in the X-axis (medial-lateral [ML]) and Y-axis (anteroposterior direction [AP]) in an isolated and linear form [18].

Calibration of the Device for Baropodometry and Stabilometry

Stabilometry evaluation indicates the capacity for postural adaptation and change, i.e., the amount of sway on the force platform in a given position. To start the baropodometry evaluation, the equipment must be attached to the rectangular COP platform. The equipment has four sensors located at the internal angles of the platform adapted to the computer. As soon as the software starts, it recognizes the connection, requesting the patient's registration data: first name, last name, date of birth, age, height, body mass, shoe size. After the database is created, it can be accessed with the last name of the person evaluated. Once the data registration is completed, the software calibrates the equipment according to height and body mass, adapting the load sensors to recognize the patient's weight discharge, followed by the authorization to start the evaluation [19]. Once the patient is positioned on the platform, data capture is started by clicking the appropriate key to start the exam, and the data is recorded for the next 10 seconds. At the end of this time, the computer finishes the process and asks to save the data [20]. Data are recorded in high-resolution images, the areas of weight discharge mapped, and the statokinesigram and stabilogram charts constructed at six different times according to the protocol.

Patient Preparation and Examination

All PD patients were evaluated in the "ON" state, approximately 1 hour after the last dose of levodopa [13]. The best possible treatment time was chosen to not compromise motor performance and most importantly to prevent accidents (falls) during the examination.

Participants were instructed to remain barefoot and wear light clothing [21] that exposed the distal region of the lower limbs. The evaluation protocol began in a sitting

position in a chair without lateral support, with the upper limbs (upper limbs) relaxed along the trunk and the feet parallel and supported on the platform [22]. The patient then moved to a standing position on the surface, maintaining bipodal support with the feet slightly apart at shoulder width and the body weight symmetrically distributed on both feet [21]. Their gaze was fixed on a point at eye level [21], and their upper limbs relaxed in an anatomical position parallel to the trunk [21]. During the data capture, patients were instructed to maintain an upright, stable, and immobile posture for 10 seconds for each of the six sensory conditions, with feet parallel, semi-tandem with the rigid foot in front, and semi-tandem with the rigid foot behind, interspersed with eyes open and closed. The semi-tandem stance in static position is part of the lateral balance assessment [23].

During the evaluation, the patients received the following commands: “look at the fixed point”; “keep the same position and close your eyes”; “place only your left foot in front of you and look at the fixed source”; “close your eyes and maintain the same foot position”; “put your right foot in front and leave your left foot behind and look at the fixed point”; “close your eyes” [21]. They also told the following verbal commands: “remain silent”, “I’m by your side to avoid falls”, and “any problems, let me know, and the evaluation will be stopped.”

Data Collection and Analysis

The images were independently registered on the left foot and right foot. Baropodometry was also performed as the “step test”, which registers the pressure areas on the plantar surface according to the areas of greatest and least weight discharge at static moments in all incidences described in the evaluation protocol, to map these areas. The variables are recorded using a frequency of 100 Hz, minimizing

possible interference in the static evaluation [24], at time intervals of 10 seconds in 400 frames; then the data are sent to the computer. The software generates a matrix and processes the 400 captured images in the form of an interface, where it calculates the average, minimum, and maximum peak weight discharge, and constructs an image of the data. The minimum pressure to obtain the image is 0.05 kgf/cm², to build a high-resolution image in the shape of the left foot and the right foot. The highest pressures are represented by red, followed by yellow, orange, green, light blue, and dark blue for the lowest pressure. The areas of highest pressure are represented by warm colors and the lowest pressures are represented by cool colors (Figure 1) [25].

Baropodometry also enables determination of the type of foot, based on the printed area, which is subdivided into three distinct regions: forefoot (A), midfoot (B), and hindfoot (C). The mathematical model to obtain the plantar arch index (PAI) divides the midfoot area (B) by the total area of the total pressure (A+B+C). The result is used to classify the medial longitudinal arch (MLA) as cavus foot (arch index \leq 0.21), normal foot ($0.21 >$ arch index $<$ 0.26), and flat feet (arch index \geq 0.26) [17].

Evaluation of the static posturography is based on postural control, represented by COP. The force platform can measure the vertical forces that are on the support surface. The force platform has piezoelectric-type force sensors to measure the force components x (Fx) (AP), y force (Fy) (ML), and z force (Fz) (vertical), based on a 2D model. The calculations COP are performed with support and the reaction of the moment of force or touch. The data acquired by the COP can be visualized by statokinesigram and in the stabilogram [18].

During the evaluation, the stabilometry and baropodometry results are recorded using the same protocol. Data processing filters are standardized to

generate reliable results during COP interpretation, but studies must follow protocols to obtain data [25].

Statistical Analysis

The results were presented as means, medians, standard deviation, confidence intervals (quantitative variables), and frequencies and percentages (categorical variables). The normality of the variables was assessed using the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests. Student's t test or the nonparametric Wilcoxon-Mann-Whitney test was used to compare two groups in terms of quantitative variables. For more than two groups, the ANOVA test or the nonparametric Kruskal-Wallis test was used. To compare the categorical variables of the groups, the chi-square test or Fisher's exact test was used. To evaluate the association between the variables, Spearman's correlation coefficient was estimated. The correlation was considered very strong (>0.9), strong (0.7 to 0.89), moderate (0.4 to 0.69), weak (0.2 to 0.39), and very weak (0.0 to 0.19). Statistical significance was indicated by <0.05 . Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 22 software and Excel Office 2010.

Results

We evaluated 56 patients with PD, 32 (57%) males, with a mean age of 65.3 ± 12.7 years. The onset of the disease occurred around 57.0 ± 14.1 years and with an average evolution of 8.30 ± 7.56 years (Table 1). Patients with PD presented mild and moderate conditions and 25 (44.6%) manifested postural instability (Table 1).

A higher incidence of pes cavus (52, 92.8%) was observed bilaterally in patients with PD than in controls (16, 53%) ($p < 0.001$) (Table 1). Among the 56

patients with PD, in the rigid dimidium, 53 (95%) had pes cavus and in three (5%) the foot was normal. Among these three patients, two had an initial presentation of the disease (Table 1). On the H&Y scale of patients with pes cavus, the mean score was 2.25 ± 0.82 , and patients with a normal foot scored 1.67 ± 0.76 ($p=0.238$).

Of the 56 patients with PD, 25 (45%) manifested postural instability. The PD patients were then divided into a "PD without instability" group ($n=31$) and another "PD with instability" group ($n=25$). Among the variables, the patients in the instability group were a mean of 8.42 years older than the stability group ($p=0.012$). Among the patients with PD, 16 (29%) reported falls. These patients were then divided into groups of "PD with falls" ($n=16$) and "PD without falls" ($n=40$). The patients with falls had a higher mean age ($p=0.023$) and greater postural instability ($p=0.015$) (Table 2).

Stabilometry

The total displacement area of COP was greater in PD patients than in controls. The sway in the PD group was approximately 15.85 and 18.65 mm² in the three positions (feet parallel, semi-tandem with rigid front foot, and semi-tandem with rigid back foot), while in the control group it was around 0.02 and 0.07 mm². When comparing the COP areas between patients with PD and controls, statistical significance was obtained in all cases, both with open and closed eyes (Table 3). When this comparison was made by subdividing the patients according to the severity of the disease measured by the H&Y scale, a significant difference was observed between patients with mild to moderate symptoms and the controls (Table 4). Patients with mild symptoms (H&Y 1 and 1.5), even without changes in balance, presented COP sway results similar to patients with complaints of postural instability and different from controls.

The statokinesigram was higher in the “PD without falls” group in all three positions, both with eyes open and closed. In contrast, the X- and Y-axes in the stabilograms were higher at all assessments in the “PD with falls” group. The data were relevant when comparing the total COP and the X-axis, with the feet parallel with eyes open and closed, and with the foot rigid in front with eyes open (Table 5). When comparing the areas of COP between the groups with and without instability, no statistical significance was observed in any of the evaluations.

The area of greatest body weight discharge on the plantar fascia was correlated with the total COP, considering the report of falls. The closer the weight discharge was to the posterior plantar region (hindfoot), the greater the COP displacement. The incidence was statistically significant with the feet parallel and with the eyes closed in the rigid limb with rigidity ($r_s=0.538$; $p=0.031$). The more posterior the body weight discharge, the greater the displacement of the COP on the X-axis (ML direction) in patients without report of falls. There was statistical significance in the incidence with the rigid lower limb bilaterally in front with eyes open ($r_s=0.381$; $p=0.015$ / $r_s=0.360$; $p=0.022$), with the rigid LL behind and eyes open ($r_s=0.411$; $p=0.008$ / $r_s=0.443$; $p=0.004$), and with eyes closed ($r_s=0.346$; $p=0.028$ / $r_s=0.345$; $p=0.029$) in both feet. The area of increased body weight discharge in the plantar fascia was correlated with COP on the Y-axis, considering the report of the presence of falls. The closer the weight discharge was to the posterior plantar region (hindfoot), the greater the COP displacement. The incidence was statistically significant on parallel feet with eyes open on the rigid LL ($r_s=0.581$; $p=0.018$) and with eyes closed bilaterally ($r_s=0.547$; $p=0.028$ / $r_s=0.646$; $p=0.007$), with the rigid LL in front on the rigid LL and with eyes closed ($r_s=0.527$; $p=0.036$) and with the rigid LL behind with eyes closed on both feet ($r_s=0.558$; $p=0.025$; $r_s=0.558$; $p=0.025$) (Figure 2).

The more posterior the body weight discharge, the greater the COP shift in the X-axis (ML direction) in patients without postural instability (PD with mild symptoms). There was statistical significance in the incidence with parallel feet with eyes open to the rigid LL ($r_s=0.389$; $p=0.30$), with rigid LL bilaterally with eyes open ($r_s=0.670$; $p=0.001$; $r_s=0.406$; $p=0.023$) with eyes closed ($r_s=0.580$; $p=0.001$; $r_s=0.360$; $p=0.47$); and with the rigid LL behind on both feet with eyes open ($r_s=0.431$; $p=0.015$). The area of greatest body weight discharge on the plantar fascia correlated with the total COP in the X-axis considering the symptoms of postural instability (PD with moderate symptoms). The closer the weight discharge was to the posterior plantar region (hindfoot), the greater the COP displacement. There was statistical significance in the incidence with rigid LL in front and eyes closed ($r_s=0.406$; $p=0.023$). The more posterior the body weight discharge, the greater the COP shift on the Y-axis (AP direction) when correlated with weight discharge on COP in patients with postural instability (PD with mild symptoms). There was statistical significance in the incidence of rigid LL with feet parallel and with eyes open ($r_s=0.468$; $p=0.018$) and with eyes closed bilaterally ($r_s=0.400$; $p=0.48$ / $r_s=0.452$; $p=0.023$) (Figure 3).

DISCUSSION

The results of the present study demonstrated important alterations in postural balance recorded in podoposturology, which directly interfere with the ability of patients with PD to maintain stability related to anticipatory postural adjustment strategies (ankle, hip, and trunk strategies). During the evaluation with the force platform in static postures (feet parallel and semi-tandem), significant COP sways were recorded, especially when correlated with the falls suffered by these patients. Stabilometry investigates subclinical symptoms in patients in the early stages of the

disease [26], and posturography is a clinical tool that enables the personalization of treatments based on postural sway [12].

The foot mapping found pes cavus in 92.8% of PD cases. In addition, two out of three patients with normal feet were in the early stage of the disease, and most of the patients had normal feet on the less affected side. PD rigidity can affect body biomechanics, directly interfering with postural control, favoring head anteriorization, thoracic kyphosis, and camptocormia and shortening of the tibialis anterior muscle [7]. McKay et al. (2021) found better motor response of the tibialis anterior muscle during external perturbations in PD compared to controls, while the antagonist (fibularis longus) ended up blocking the displacement of the center of mass, hindering balance correction and decreasing joint mobility [8]. An important function of the anterior tibial muscle is to stabilize the ankle joint. The decreased mobility of this joint due to rigidity in PD leads to inversion of the foot, changing the body weight discharge at the base of the support, modifying the foot to the cavus type [7].

The rigidity of the tibialis anterior muscle is also important in explaining the tendency of patients with PD to present accentuated body weight discharge in the plantar aspect of the hindfoot. As this muscle acts in ankle dorsiflexion, its decrease in mobility is reflected in a lower range of joint motion, causing a tendency to discharge weight toward the hindfoot [7]. Geroin et al. (2015) compared the COP sway between the body dimidium of ten PD patients ($H\&Y=2.3 \pm 0.67$) and ten controls, proving a greater shift toward the hindfoot region of the lower limb [27].

PD patients demonstrated greater COP displacement in both the (total) elliptical area and in the AP and ML directions than controls; with significant results in the six separate assessments. As the disease progresses, the rigidity and bradykinesia worsen, and patients tend to forward-flex the chest posture. The failure

of hip and ankle compensation could be related to lost joint flexibility and impaired motor control. However, COP sway in the ML direction is commonly found in patients with early-stage PD, and this behavior may be related to decreased compensation strategies only in the hip region. In the advanced stage of the disease, the sway tends to be more pronounced in the AP direction, a strategy involving the ankle and hip regions [28]. In PD, motor disturbances favor changes in stability limits, increasing the base of support [29,30]. As a reflex, the larger the base of support, the greater the postural stability in the ML direction, especially with the feet parallel [9,13]. Thus, with the stability preserved in the ML direction, the sway in the AP direction is greater. In the semi-tandem posture, the two mechanisms work separately, but in an inverted manner, the ML direction is a strategy to compensate at the ankle (inverters and evertors) and AP direction at the hip (abductors and adductors muscles) [5]. However, in patients with PD, this biomechanics is compromised by rigidity and bradykinesia [23]. Levodopa can reduce postural sway and improve balance inclination in the AP direction, possibly by improving rigidity and bradykinesia [31]. In this study, all testing was done on patients in the ON phase of levodopa to prevent accidents. However, the results might be different if the patients had also been tested in the OFF period.

Postural instability is one of the main motor signs of PD. Postural instability is assessed by the retropulsion test, based on external stimuli in the AP direction. This test classifies postural stability and is considered a predictor of fall risk [32,33]. In the present study, balance sway was found in patients with PD in the mild stage of the disease, without postural instability on clinical examination, similar to patients who had instability on the retropulsion test. Chastan et al. [3] investigated aspects of posturography and balance strategy in patients with PD in the early stage of the disease. Their results showed that the sway area was greater in both open and closed

eye conditions in the PD group, suggesting that postural instability may be present even in the early stage of the disease, but at this stage vision deprivation does not interfere with the outcome [3]. Therefore, posturography can serve as a test to assess balance changes in the early stages of PD, in which the retropulsion test is not sensitive enough.

When comparing patients with and without postural instability, the results for the COP in the X-axis were higher in the group without instability, in all evaluations with eyes open and with the front foot rigid with eyes closed, and for the total COP and in the Y-axis in the group with instability, with the feet parallel with eyes open and closed. Ebersbach et al. [34] evaluated balance using posturography by relating the clinical evaluation also with the retropulsion test. Corroborating the results of our study, they demonstrated that the median displacement was higher in the group with postural instability [34]. Therefore, patients without postural instability have a greater dislocation on the Y-axis according to their balance compensating strategies and the evolution of the disease [5,28].

The association of visual changes, progressive loss of proprioception, and increased rigidity seem to be related to the large number of falls suffered by patients with PD. In the current study, when comparing PD patients with and without reports of falls, the total COP sway was higher in the group without falls. However, when the COP in the isolated axes (ML and AP directions) was compared, the sway was accentuated in the group with falls. Horak's study [29] found that PD patients with low risk of falls used physiological ankle compensation strategies to maintain postural stability. HG compensation was noted in the groups of patients with the highest risk of falls. Patients with fear of falling both use joints as compensation mechanisms [29]. The progressive PD rigidity leads to a progressive loss of the ability to control balance

by the ankles. Therefore, in advanced patients, controlling postural balance only on the hips is not sufficient, leading to a greater number of falls [28]. Mitchell et al. [24] evaluated 22 patients with PD, with H&Y scores between 1 and 4, and 24 healthy elderly people. A history of falls in the past 12 months was investigated in patients with PD. The authors demonstrated an increase in COP activity in the ML direction in patients with a history of falls, possibly trying to maintain stability with increased rigidity in the ankle joint [24]. However, changes were also found in the AP direction in the semi-tandem position (rigid back foot). Kitamura et al. (1993) analyzed the interference of vision on COP displacement. Their study demonstrated that upright posture is influenced by vision, and when the eyes are closed, COP tends to shift backward. Thus, vision plays a role in adjusting static posture, facilitating stability, and preventing falls. Most falls in PD are backward [20]. Thus, the prevalence of falls tends to be higher in PD patients with moderate and advanced stages of the disease, who demonstrated greater COP sway in the AP direction, suggesting that the advancement of the disease associated with the progression of rigidity interferes with balance compensation biomechanics.

The main limitations of the present study were the absence of validated tests to assess balance and posture, such as the Berg test, timed up and go, as well as static tandem, and dynamic assessments. The patients were evaluated only in the ON phase of levodopa therapy. This concern for patient safety may have limited the range of results, especially in patients with milder PD. Future studies should include the protocol of dynamic evaluation, application of specific tests especially for balance evaluation, as well as a control group with a larger number of participants, with comparison of results in the ON and OFF phases of levodopa therapy. In addition,

performing data capture for a prolonged time (greater than 10 seconds) for more than one attempt would make the test even more reliable.

In conclusion, baropodometry and stabilometry are differential resources for mapping the foot profile of patients with PD and quantifying COP sway at the milder stages of PD. The evolution of the disease and the progression of rigidity may interfere with compensation mechanisms and alter foot morphology, consequently displacing the body weight discharge backward and increasing the COP sway, which leads to lack of balance and increases the risk of falls.

References

1. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Marek K, Litvan I. MDS Clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2015;30(12):1591–9.
2. Hirsch L, Jette N, Frolkis A, Steeves T, Pringsheim T. The incidence of Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Neuroepidemiology*. 2016;46(4):292–300.
3. Chastan N, Debono B, Maltête D, Webes J. Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease. *Mov Disord*. 2008;23(3):366–72.
4. Martinez-Mendez R, Sekine M, Tamura T. Detection of anticipatory postural adjustments prior to gait initiation using inertial wearable sensors. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2011;8(1):8–17. Available from: <http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/17>
5. Boonstra TA, Schouten AC, Van Vugt JPP, Bloem BR, Van Der Kooij H. Parkinson's disease patients compensate for balance control asymmetry. *J Neurophysiol*. 2014;112(September 24):3227–39.
6. Kim S, Horak FB, Carlson-kuhta P, Park S, Kim S, Fb H, et al. Postural feedback scaling deficits in Parkinson's disease. *J Neurophysiol*. 2009;102(September):2910–20.
7. 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.
8. McKay JL, Lang KC, Bong SM, Hackney ME, Factor SA, Ting LH. Abnormal center of mass feedback responses during balance: A potential biomarker of falls in Parkinson's disease. *PLoS One* [Internet]. 2021;16(5 May):1–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0252119>
9. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3:193–214.
10. Suzuki Y, Nakata Y, Kato H, Tanabe Y, Iwabuchi S, Ishikawa K. Association between age and dynamic balance capability assessed by use of force plates. *Japanese J Phys Fit Sport Med*. 2015;64(4):419–25.
11. Rinalduzzi S, Trompetto C, Marinelli L, Alibardi A, Missori P, Fattapposta F, et al. Balance dysfunction in Parkinson's disease. *Biomed Res Int*. 2015;2015.
12. Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(2):239–48.
13. Beretta VS, Gobbi LTB, Lirani-Silva E, Simieli L, Orcioli-Silva D, Barbieri FA. Challenging postural tasks increase asymmetry in patients with Parkinson's disease. *PLoS One*. 2015;10(September):1–11.
14. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism : onset , progression , and mortality. *Neurology*. 1967;17(5):427–42.
15. 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.
16. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers M, Romani W. *Muscles : Testing and Function, with Posture and Pain*. 5th ed. Wilkins LW&, editor. United States; 2005. 49–118 p.
17. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints.

- J Biomech. 1987;20(5):547–51.
18. Duarte M, Zatsiorsky VM. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. *Exp Brain Res*. 2002;146(1):60–9.
 19. Barela AMF, Duarte M. Use of force plate for acquisition of kinetic data during human gait. *Brazilian J Mot Behav*. 1970;6(1):56–61.
 20. Kitamura J ichi, Nakagawa H, Inuma K, Kobayashi M, Okauchi A, Oonaka K ichi, et al. Visual influence on center of contact pressure in advanced Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(10):1107–12.
 21. Keionen P, Kauranen K, Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(January):17–22.
 22. Kasahara S, Saito H, Anjiki T, Osanai H. The effect of aging on vertical postural control during the forward and backward shift of the center of pressure. *Gait Posture* [Internet]. 2015;42:448–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.07.056>
 23. Konczak J, Krawczewski K, Tuite P, Maschke M. The perception of passive motion in Parkinson's disease. *J Neurol*. 2007;254(5):655–63.
 24. Mitchell SL, Collin JJ, De Luca CJ, Burrows A, Lipsitz LA. Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease: increased mediolateral activity during quiet standing. *Neurosci Lett*. 1995;197(2):133–6.
 25. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther*. 2000;80(4):399–409.
 26. Ferrazzoli D, Fasano A, Maestri R, Bera R, Palamara G, Ghilardi MF, et al. Balance dysfunction in Parkinson's disease: The role of posturography in developing a rehabilitation program. *Parkinsons Dis*. 2015;2015:1–10.
 27. Geroin C, Smania N, Schena F, Dimitrova E, Verzini E, Bombieri F, et al. Does the Pisa syndrome affect postural control, balance, and gait in patients with Parkinson's disease? An observational cross-sectional study. *Park Relat Disord*. 2015;21(7):736–41.
 28. Stylianou AP, McVey MA, Lyons KE, Pahwa R, Luchies CW. Postural sway in patients with mild to moderate Parkinson's disease. *Int J Neurosci*. 2011;121(11):614–21.
 29. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(Suppl. 2):7–11.
 30. Burg JCE Van Der, Wegen EEH Van, Rietberg MB, Kwakkel G, Diee JH Van. Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. *Park Relat Disord*. 2006;12:492–8.
 31. Menant JC, Latt MD, Menz HB, Fung VS, Lord SR. Postural sway approaches Center of mass stability limits in Parkinson's disease patients (or subjects) and methods. *Mov Disord*. 2011;26(4):637–43.
 32. Munhoz RP, Teive HA. Pull test performance and correlation with falls risk in Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr*. 2014;72(8):587–91.
 33. Teive HAG, Munhoz RP. Postural instability in Parkinson's disease - 120 years after Charcot's death. *Arq Neuropsiquiatr*. 2014;72(8):633–5.
 34. Ebersbach G, Gunkel M. Posturography Reflects Clinical Imbalance in Parkinson's Disease. *Mov Disord*. 2011;26(2):241–6.

TABLE 1. EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL PROFILE OF PATIENTS WITH PD AND CONTROL.8

VARIABLES	PD [56]	CG [30]	p<0.05
Mean Age (years)	65.34 ±12.72	62.73 ±15.20	0.771*
Gender			
Male	32 (57.1%)	17 (56.7%)	0.572*
Female	24 (42.9%)	13 (43.3%)	
Education			
Illiterate	6 (10.7%)	0 (0.0%)	
Incomplete Elementary Education	19 (33.9%)	4 (13.3%)	0.250*
Complete Elementary Education	4 (7.1%)	7 (23.3%)	
Complete High School	14 (25.0%)	9 (30.0%)	
Complete Higher Education	13 (23.2%)	10 (33.3%)	
Age of symptoms onset (years)	57.04 ±14.08	-	
Duration of the disease evolution (years)	8.30 ±7.56	-	
Hoehn & Yahr (%)			
0	0 (0%)	-	
1 and 1.5	21 (37.5%)	-	
2 and 2.5	10 (17.9%)	-	
3	25 (44.6%)	-	
4 and 5	0 (0%)	-	
Motor evaluation			
Without postural instability	31 (55.4%)	-	
With postural instability	25 (44.6%)	-	
Foot type			
Right foot			
Normal	2 (3.6%)	9 (30.0%)	
Flat	2 (3.6%)	11 (36.7%)	<0.001*
Cavus	52 (92.8%)	10 (33.3%)	
Left			
Normal	0 (0.0%)	8 (26.7%)	
Flat	4 (7.1%)	6 (20.0%)	<0.001*
Cavus	52 (92.9%)	16 (53.3%)	
Bilaterally			
Feet Equal	50 (89.3%)	25 (83.3%)	
Feet Different	6 (10.7%)	5 (16.7%)	0.504*
Area of greatest body weight discharge			
Right foot			
Hallux	5 (8.9%)	0 (0%)	0.007*
Metatarsus	0 (0%)	1 (3.3%)	
Forefoot	14 (25%)	6 (20%)	
Midfoot	0 (0%)	0 (0%)	
Hindfoot	37 (66.1%)	23 (76.7%)	
Left			
Hallux	4 (7.1%)	0 (0%)	0.002*
Metatarsus	0 (0%)	1 (3.3%)	
Forefoot	11 (19.6%)	12 (40%)	
Midfoot	0 (0%)	0 (0%)	
Hindfoot	41 (73.2%)	17 (56.7%)	

LEGEND: PD: Parkinson's Disease, CG: Control Group. *Fisher's Exact Test, significant p (<0.05)

TABLE 2. EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF PD PATIENTS WITH AND WITHOUT A HISTORY OF FALLS.

VARIABLES	PD Without Falls [40]	PD With Falls [16]	p<0.05
Mean Age (years)	62.93 ±13.79	71.38 ± 6.65	0.023**
Gender			
Male (n=32)	24 (75.0%)	8 (25.0%)	0.558*
Female (n=24)	16 (66.7%)	8 (33.3%)	
Age the symptoms began (years)	55.68 ±15.44	60.44 ± 9.51	0.257**
Duration of the disease evolution (years)	7.25 ± 5.39	10.94 ± 11.12	0.495***
Hoehn & Yahr (%)			
0 (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	0.175*
1 and 1.5 (n=21)	16 (76.2%)	5 (23.8%)	
2 and 2.5 (n=10)	9 (90.0%)	1 (10.0%)	
3 (n=25)	15 (60.0%)	10 (40.0%)	
4 and 5 (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	
Motor evaluation			
Without postural instability (n=31)	25 (80.6%)	6 (19.4%)	0.015*
With postural instability(n=25)	15 (60.0%)	10 (40.0%)	
Without rigidity (n=0)	0 (0%)	0 (0%)	1.0*
With rigidity (n=56)	40(71.4%)	16 (28.6%)	
Rigid side (n=25)	19 (76.0%)	6 (24.0%)	0.562*
Normal side (n=31)	21 (67.7%)	10 (32.3%)	

LEGEND: PD: Parkinson's Disease *Fisher's exact test, p significant (<0.05), **Student's t test of independent samples, p significant (<0.05), *** Mann-Whitney test, p significant (<0.05).

TABLE 3. COMPARISON OF THE MEDIANS REFERRING TO THE STABILOMETRY OF THE PATIENTS WITH PD AND THE CG IN RELATION TO THE AREA OF THE TOTAL COP, ON THE X-AXIS AND Y-AXIS.

STABILOMETRY					
Sway	Incidence	Eyes	PD [56]	CG [30]	p<0.05
Total Area of COP (mm ²)	Feet parallel	Open	18.05 (16.96;19.64)	0.02 (0.03;0.58)	<0.001*
		Closed	16.70 (16.78;19.53)	0.03 (0.03;235.95)	<0.001*
	Front Foot Rigid	Open	18.10 (17.44;20.04)	0.04 (0.05;1.25)	<0.001*
		Closed	18.65 (18.09;20.71)	0.03 (0.03;235.95)	<0.001*
	Back Foot Rigid	Open	15.85 (16.56;19.45)	0.07 (0.08;5.82)	<0.001*
		Closed	17.50 (17.39;20.34)	0.07 (0.07;2.61)	<0.001*
Area of COP X-axis (ML) (mm)	Feet parallel	Open	22.03 (21.31;23.13)	0.30 (-0.05;2.44)	<0.001*
		Closed	21.62 (21.08;22.92)	0.30(-4.24;16.08)	<0.001*
	Front Foot Rigid	Open	21.93 (20.55;22.10)	2.10 (1.69;2.78)	<0.001*
		Closed	21.33 (20.15;21.75)	0.30 (-0.13;3.34)	<0.001*
	Back Foot Rigid	Open	22.16 (21.11;23.04)	0.80 (0.32;3.25)	<0.001*
		Closed	22.02 (21.33;22.72)	0.80 (0.31;2.59)	<0.001*
Area of COP Y-axis (mm)	Feet parallel	Open	26.41 (25.60;27.35)	2.10 (1.69;2.78)	<0.001*
		Closed	26.61 (25.70;27.39)	2.05 (-7.44;29.60)	<0.001*
	Front Foot Rigid	Open	25.54 (24.82;26.54)	2.05 (-7.44;29.60)	<0.001*
		Closed	25.46 (24.87;26.67)	1.90 (1.55;2.62)	<0.001*
	Back Foot Rigid	Open	26.22 (25.52;27.35)	2.75 (1.22;7.75)	<0.001*
		Closed	26.32 (26.21;27.84)	2.40 (1.58;5.18)	<0.001*

NOTE: TOTAL COP: AREA ELLIPSE WITH 95% CONFIDENCE INTERVAL; X-AXIS (MEDIAL-LATERAL DIRECTION); Y-AXIS (ANTEROPOSTERIOR DIRECTION).

LEGEND: PD: Parkinson's Disease, CG: Control Group, mm²: square millimeters, mm: millimeters, COP: Center of pressure, ML: medial-lateral, AP: anteroposterior. *Mann-Whitney U-test, p significant (<0.05).

Table 4. COMPARISON OF MEDIAN REFERRING STABILOMETRY OF THE PD PATIENTS (HOEHN & YAHR SCALE WITH SCORE 1 AND 1.5 x 2 AND 2.5 x 3 x CONTROL GROUP) WITH THE TOTAL COP AREA, ON THE X-AXIS AND THE Y-AXIS.

Sway	Incidence	Eyes	H&Y=1 and 1.5			H&Y=2 and 2.5			H&Y=3			CG [30]	p (<0.05)
			[21]	[10]	[25]	[10]	[25]	[25]	[30]				
Total Area of COP (mm ²)	Feet parallel	Open	18.90 (16.22; 20.40)	15.90 (13.90; 18.80)	19.10 (16.49; 21.55)	0.02 (0.03; 0.58)	<0.001*						
		Closed	17.00 (16.15; 20.65)	15.85 (14.15; 18.63)	17.70 (16.19; 20.97)	0.03 (0.03; 235.95)	<0.001*						
	Front Foot Rigid	Open	19.00 (16.61; 21.15)	16.80 (15.02; 20.86)	17.60 (16.84; 20.90)	0.04 (0.05; 1.25)	<0.001*						
		Closed	19.40 (18.00; 21.78)	19.15 (16.56; 21.74)	17.50 (16.51; 21.45)	0.03 (0.03; 235.95)	<0.001*						
Area of COP X-axis (L-L) (mm)	Back Foot Rigid	Open	17.10 (15.33; 20.11)	15.60 (14.09; 18.95)	16.00 (16.04; 21.21)	0.07 (0.08; 5.82)	<0.001*						
		Closed	18.00 (16.48; 21.41)	16.15 (14.30; 22.00)	17.30 (16.38; 21.48)	0.07 (0.07; 2.61)	<0.001*						
	Feet parallel	Open	20.95 (19.34; 22.93)	23.83 (22.39; 26.34)	21.95 (21.15; 23.49)	0.30 (-0.05; 2.44)	<0.001*						
		Closed	21.17 (19.92; 23.46)	24.07 (22.31; 26.51)	21.35 (20.43; 22.97)	0.30 (-4.24; 16.08)	<0.001*						
Area of COP Y-axis (A-P) (mm)	Front Foot Rigid	Open	21.95 (19.15; 21.82)	22.42 (21.01; 25.13)	20.94 (20.24; 22.41)	2.10 (1.69; 2.78)	<0.001*						
		Closed	22.07 (19.36; 22.11)	21.13 (19.29; 24.40)	21.31 (19.63; 21.90)	0.30 (-0.13; 3.34)	<0.001*						
	Back Foot Rigid	Open	21.68 (18.77; 23.24)	24.01 (21.89; 25.65)	22.10 (21.37; 23.22)	0.80 (0.32; 3.25)	<0.001*						
		Closed	21.66 (20.21; 22.63)	23.68 (21.39; 25.28)	21.99 (20.97; 22.95)	0.80 (0.31; 2.59)	<0.001*						
Area of COP Y-axis (A-P) (mm)	Feet parallel	Open	25.54 (21.13; 27.04)	27.17 (26.26; 28.89)	26.80 (25.55; 28.33)	2.10 (1.69; 2.78)	<0.001*						
		Closed	25.90 (24.18; 27.14)	27.49 (25.38; 28.94)	27.30 (25.57; 28.26)	2.05 (-7.44; 29.60)	<0.001*						
	Front Foot Rigid	Open	24.68 (23.46; 26.03)	25.25 (24.12; 27.37)	26.12 (24.92; 27.97)	2.05 (-7.44; 29.60)	<0.001*						
		Closed	24.68 (23.27; 26.18)	25.15 (24.18; 27.66)	26.22 (25.06; 28.12)	1.90 (1.55; 2.62)	<0.001*						
Back Foot Rigid	Open	25.61 (24.09; 27.25)	26.22 (24.70; 28.85)	25.36 (24.31; 27.10)	2.75 (1.22; 7.75)	<0.001*							
	Closed	25.87 (25.12; 27.73)	26.30 (25.03; 28.69)	26.97 (26.21; 28.99)	2.40 (1.58; 5.18)	<0.001*							

LEGEND: PD: Parkinson's Disease, H&Y: Hoehn & Yahr Scale, mm2: square millimeters, mm: millimeters, COP: Center of Pressure Sway, ML: medial-lateral, AP: anteroposterior.

NOTE: X-AXIS (MEDIAL-LATERAL DIRECTION), Y-AXIS (ANTEROPOSTERIOR DIRECTION), MIE REPRESENTED AS LIMB WITH RIGIDITY.

** : Kruskal Wallis test, significant $p (<0.05)$.

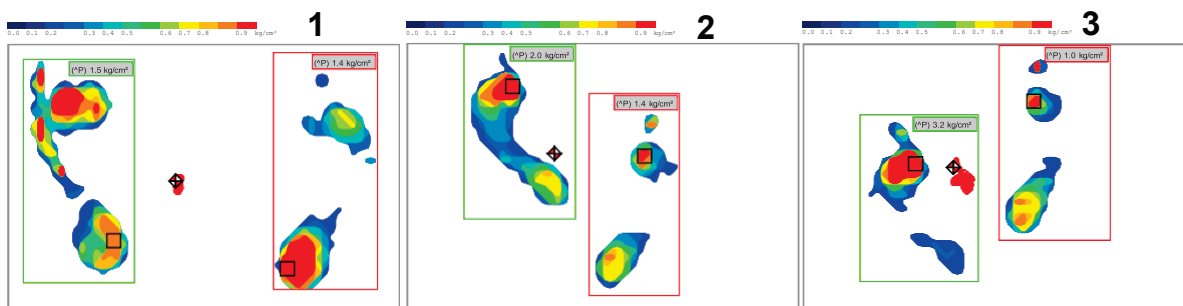
Table 5. Comparison of the median stabilometry of patients with PD with and without a history of falls with the total COP area, on the X-axis and Y-axis.

STABILOMETRY (PATIENTS WITH PD)					
Sway	Incidence	Eyes	Without Falls [40]	With falls [16]	$p < 0.05$
Total Area of COP (mm ²)	Feet parallel	Open	18.80 (16.70;21.15)	14.05 (13.10;20.00)	0.040*
		Closed	17.60 (16.00;21.20)	15.00 (13.30;21.00)	0.046*
	Front Foot Rigid	Open	19.50 (17.60;21.45)	15.80 (13.90;17.50)	0.017*
		Closed	20.40 (17.80;21.50)	16.25 (14.70;18.60)	0.049*
	Back Foot Rigid	Open	17.15 (15.25;18.45)	15.35 (14.70;19.95)	0.800*
		Closed	18.30 (16.30;19.94)	15.65 (14.70;18.00)	0.468*
Area of COP X-axis (ML) (mm)	Feet parallel	Open	21.64 (20.68;22.51)	24.03 (22.08;25.14)	0.046*
		Closed	21.06 (20.08;22.24)	22.73 (21.64;26.14)	0.023*
	Front Foot Rigid	Open	21.02 (19.78;22.18)	22.09 (21.90;23.75)	0.049*
		Closed	21.13 (19.48;21.86)	22.08 (20.38;23.28)	0.139*
	Back Foot Rigid	Open	21.90 (20.92;23.17)	22.40 (21.07;24.50)	0.452*
		Closed	21.79 (21.03;22.43)	22.96 (21.66;24.11)	0.142*
Area of COP Y-axis (mm)	Feet parallel	Open	26.26 (25.66;27.19)	26.76 (25.37;29.39)	0.394*
		Closed	26.46 (25.53;27.24)	27.82 (25.78;29.28)	0.165*
	Front Foot Rigid	Open	25.54 (24.53;26.45)	26.29 (24.47;28.04)	0.355*
		Closed	25.37 (24.53;26.85)	25.90 (24.00;27.88)	0.612*
	Back Foot Rigid	Open	25.91 (25.12;27.05)	29.95 (24.27;30.39)	0.204*
		Closed	26.29 (25.20;27.78)	26.61 (24.96;30.28)	0.346*

NOTE: TOTAL COP: AREA IN ELLIPSE WITH 95% CONFIDENCE INTERVAL; X-AXIS (MEDIOLATERAL DIRECTION), Y-AXIS (ANTEROPOSTERIOR DIRECTION), DIMIDIUM WITH RIGIDITY REPRESENTED IN THE LEFT FOOT.

LEGEND: PD: Parkinson's disease, mm²: square millimeters, mm: millimeters, COP: Center of pressure, ML: medio-lateral, AP: anteroposterior. *Mann-Whitney U-test, p significant (< 0.05).

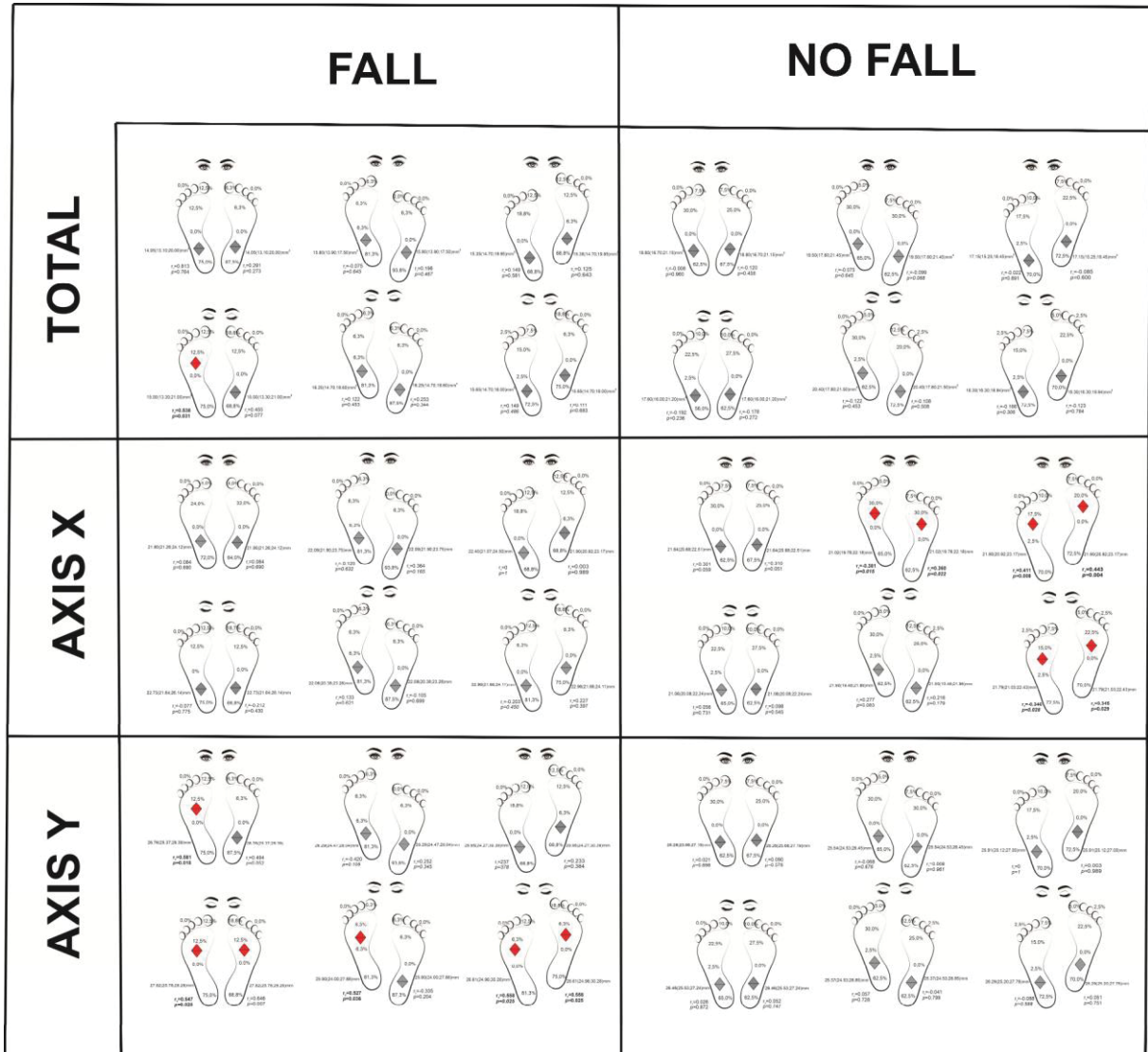
FIGURE 1: PLANTAR IMPRESSION CAPTURED BY BAROPODOMETRY, DEMONSTRATING THE AREAS OF BODY WEIGHT DISCHARGE. THE AREAS WITH WARM COLORS ARE THE REGIONS WITH GREATER WEIGHT DISCHARGE AND WITH COLD COLORS THE REGIONS WITH LESS WEIGHT DISCHARGE.



NOTE: (1): Parallel Feet; (2): Semi-tandem with Rigid Foot in Front and (3): Semi-tandem with Rigid Foot Behind.

SOURCE: Authors, 2022.

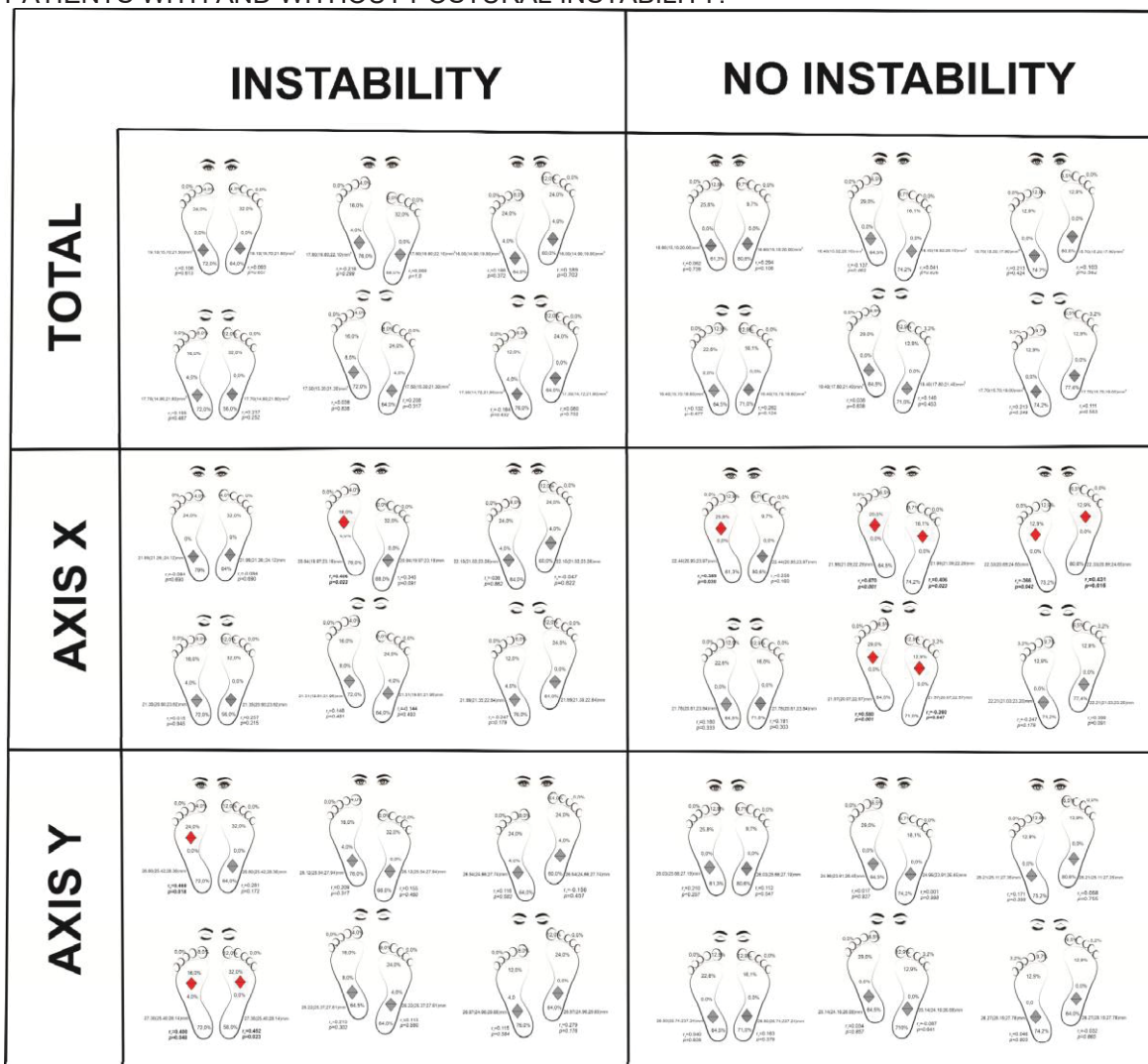
FIGURE 2 - CORRELATION OF THE AREAS OF WEIGHT DISCHARGE WITH THE COP IN PATIENTS WITH AND WITHOUT FALLS.



NOTE: X-AXIS (MEDIO-LATERAL DIRECTION), Y-AXIS (ANTEROPOSTERIOR DIRECTION), DIMIDIUM WITH RIGIDITY REPRESENTED IN THE LEFT FOOT.

LEGEND: PD: Parkinson's disease, mm: millimeters, COP: Center of pressure, AP: anteroposterior, ML: medio-lateral. Diamond = COP displacement on the plantar side (hallux, forefoot, midfoot, hindfoot), when red, correlation of the COP displacement with plantar area of the corresponding foot is significant. rs: Spearman test, significant $p < 0.05$.

FIGURE 3 - CORRELATION OF THE AREAS OF WEIGHT DISCHARGE WITH THE COP IN PATIENTS WITH AND WITHOUT POSTURAL INSTABILITY.



NOTE: X-AXIS (MEDIO-LATERAL DIRECTION), Y-AXIS (ANTEROPOSTERIOR DIRECTION), DIMIDIUM WITH RIGIDITY REPRESENTED IN THE LEFT FOOT.

LEGEND: PD: Parkinson's disease, mm: millimeters, COP: Center of pressure, AP: anteroposterior. Diamond = COP displacement on the plantar side (hallux, forefoot, midfoot, hindfoot), when red, correlation of the COP displacement with plantar area of the corresponding foot is significant. r_s : Spearman test, significant $p (<0.05)$.