

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS MÉDICAS

**AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO EM PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON  
POR MEIO DE EXAME DE POSTUROGRAFIA EM UNIDADE VIRTUAL**

LÍLIAN SALDANHA PAIVA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto de Mello Rieder

Dissertação de Mestrado

2011

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS MÉDICAS

**AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO EM PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON  
POR MEIO DE EXAME DE POSTUROGRAFIA EM UNIDADE VIRTUAL**

LÍLIAN SALDANHA PAIVA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto de Mello Rieder

Dissertação de Mestrado

2011

## AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Marcelo Wierzynski de Oliveira, meu melhor amigo e grande amor, pelo carinho, compreensão, companheirismo, paciência, ajuda e incentivo.

Aos meus filhos amados, Manoela Wierzynski e Antônio Wierzynski, que embora tão pequenos, com seis e três anos respectivamente, colaboraram nas horas em que a mamãe precisava estudar.

A minha querida sogra, Maria Elena Wierzynski, e meu querido dindo Mario Raul Ximendes, os quais tem sido incansáveis na ajuda com as crianças.

A minha família, especialmente minha mãe, Marilene Menezes Saldanha, da qual me orgulho muito, por ser exemplo irretocável de força, retidão e caráter.

Ao meu pai, Ayrton Candido Paiva, minha irmã, Lísia Saldanha Paiva e minhas sobrinhas, Monique, Camila e Isabela, pela alegria com minhas vitórias pessoais e profissionais.

Aos meus avós, Enio Brum Saldanha e Daicy Menezes Saldanha, in memoriam, que se aqui estivessem, muito se orgulhariam de mim.

Aos meus queridos amigos e colegas de trabalho, pela compreensão e incentivo.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Carlos Roberto de Mello Rieder, profissional de elevado destaque e expertise na área de Parkinson, pela maneira segura, gentil e objetiva com que me ajudou na execução deste trabalho e pela confiança em meu esforço.

Ao Prof. Dr. Luiz Lavinsky, pela confiança, por ter me dado a oportunidade de executar este trabalho em sua clínica e pelo exemplo de excelente profissional e professor que é.

Ao Fundo de Incentivo à Pesquisa e Eventos (FIPE) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre por financiar este estudo.

A todos os participantes deste estudo pela contribuição no aumento do conhecimento sobre o tema de Parkinson e equilíbrio.

À Dra. Cristina Dornelles pela cuidadosa revisão e análise estatística.

Finalmente, a Deus: *“Você se fez presente em todos os momentos, firmes e trêmulos. E, passo a passo, pude sentir a Sua mão na minha, transmitindo-me a segurança necessária para enfrentar meu caminho a seguir. A Sua presença é qualquer coisa como a luz e a vida, e sinto que, em meu gesto, existe o Seu gesto e, em minha voz, a Sua voz.”* (Vinicius de Moraes)

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	V
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ANEXOS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUÇÃO.....	XII
1. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
1.1 Doença de Parkinson.....	14
1.1.1 História.....	14
1.1.2 Epidemiologia.....	15
1.1.3 Etiologia.....	15
1.1.4 Núcleos da Base e Patologia da Doença de Parkinson.....	16
1.1.5 Diagnóstico.....	17
1.1.6 Escalas.....	21
1.1.7 Clínica.....	22
1.1.8 Tratamento.....	23
1.1.9 Quedas.....	25
1.2 Equilíbrio.....	27
1.2.1 Sistema Visual.....	29
1.2.2 Sistema Vestibular.....	29
1.2.3 Sistema Proprioceptivo.....	32
1.2.4 Estratégias Posturais.....	33
1.2.5 Instrumentos de Avaliação do Equilíbrio.....	34
1.3 Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU).....	37
1.4 Justificativa.....	44
2 OBJETIVOS.....	45
2.1 Objetivos Gerais.....	45
2.2 Objetivos Específicos.....	45
3 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	46
4 ARTIGO EM LÍNGUA INGLESA.....	52
Virtual Balance Assessment in Parkinson's Disease.....	53
Abstract.....	54
Introduction.....	55
Methods.....	56
Results.....	58
Discussion.....	60
References.....	63
Figures.....	65
Tables.....	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
6 ANEXOS.....	72

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AVD's	Atividades de Vida Diária
BRU	Unidade de Reabilitação do Equilíbrio
COMT	Catecol-O-metiltransferase
COP	Centro de Pressão
D-dopa	Forma dextrógira da levodopa
DP	Doença de Parkinson
FRT	Teste do Alcance Funcional
HY	Escala de Hoehn & Yahr
L-dopa	Forma levógira da levodopa
LOS	Limite de Estabilidade
MAO-B	Monoamina oxidase B
MCT	Motor Control Test
MPTP	1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetraidro-piridina
PDC	Posturografia Dinâmica Computadorizada
POMA	Performance-oriented Assessment of Mobility
PPT	Teste de Performance Física
PTG	Postural Training Games
SE	Escala de Schwab and England Activities of Daily Living
SOT	Sensory Organization Test
SV	Velocidade de Oscilação
UPDRS	Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Agrupamento das manifestações clínicas para utilização diagnóstica.
- Quadro 2. Critérios diagnósticos da Doença de Parkinson.
- Quadro 3. Critérios para diagnóstico de Doença de Parkinson do Banco de Cérebro de Londres.

## LISTA DE FIGURAS

### FIGURAS DA REVISÃO DA LITERATURA

- Figura 1. Pêndulo Invertido.
- Figura 2. Estratégias de Equilíbrio.
- Figura 3. Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU).
- Figura 4. Plataforma da BRU.
- Figura 5. Representação dos resultados obtidos em exame de posturografia.
- Figura 6. Representação gráfica do LOS (círculo azul) e do COP (círculo vermelho) gerada pela posturografia.

### FIGURAS DO ARTIGO

- Figure 1. (a) Limits of Stability (LOS), (b) Center of Pressure, when patient is on a firm surface with eyes opened (COP1) and (c) Center of Pressure, when patient is on a foam surface, with eyes closed (COP3) between controls, PD patients with normal pull test (PD NPT) and PD patients with abnormal pull test (PD APT).

**LISTA DE TABELAS**

ARTIGO: Virtual Balance Assessment in Parkinson's Disease

- Table 1. Characteristics of PD patients and controls.
- Table 2. BRU posturography parameters of PD patients and controls.
- Table 3. Balance analysis between PD patients in Hoehn and Yahr Stages 1, 2 and 3.
- Table 4. Differences in BRU posturography parameters between controls, PD patients with normal pull test and PD patients with abnormal pull test.



**LISTA DE ANEXOS**

- Anexo I Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação em estudo (Participantes do Grupo Estudado)
- Anexo II Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação em estudo (Participantes do Grupo Controle)
- Anexo III Escala de Estágio de Incapacidade de Hoehn e Yahr
- Anexo IV Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson
- Anexo V Escore na Escala de “Schwab and England Activities of Daily Living”
- Anexo VI Questionário

## RESUMO

Alterações posturais e quedas são características incapacitantes da doença de Parkinson (DP) e a avaliação clínica da estabilidade postural permanece difícil e imprecisa. Dentre os aparelhos disponíveis atualmente para avaliar o equilíbrio está a *Balance Rehabilitation Unit* ou Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU), que consiste em um aparelho que usa um sistema de realidade virtual para avaliar o equilíbrio por meio de posturografia. A BRU fornece valores quantitativos de Limite de Estabilidade (LOS), Centro de Pressão (COP) e Velocidade de Oscilação (SV), em onze condições sensoriais diferentes, representadas pelas etapas do exame. Tais parâmetros são gerados automaticamente pela BRU, não sendo necessária a realização de cálculos por parte do examinador.

Como a posturografia da BRU pode representar uma nova forma de avaliar quantitativamente o equilíbrio de pessoas com Doença de Parkinson e há poucos estudos que exploraram a sua utilização nessa área, neste estudo foram avaliados 44 pacientes com DP e 76 controles saudáveis.

Os resultados são apresentados sob a forma de artigo, onde é feita inicialmente a caracterização do grupo estudado (idade, sexo, tempo de doença, medicações utilizadas e escores nas escalas UPDRS – *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*, SE – *Schwab and England Activities for Daily Living* e Hoehn and Yahr). Após, é feita a comparação da avaliação do equilíbrio por meio do exame de posturografia realizado em BRU, em participantes com DP e indivíduos sem a doença, correlacionando as alterações no exame de posturografia com o estágio da doença avaliado pela escala de Hoehn e Yahr, *pull test* e quedas.

Por fim, pode-se dizer que a utilização de um sistema de realidade virtual que recria o ambiente de estimulação sensorial e registra as respostas posturais com esses estímulos pode ser uma ferramenta útil para avaliar o equilíbrio de pacientes com DP e pode ser útil para predizer desequilíbrio mesmo naqueles pacientes com DP que ao exame clínico se apresentam estáveis.

## **ABSTRACT**

Balance impairment and falls are disabling features of Parkinson's disease (PD) and clinical evaluation of postural stability remains difficult and imprecise. Among the devices currently available to assess balance, there is Balance Rehabilitation Unit (BRU), which consists in a virtual reality system to assess balance by posturography. The BRU provides quantitative measures of limits of stability (LOS), center of pressure (COP) and sway velocity (SV), in eleven different sensorial conditions, represented by the steps of the exam and these parameters are generated automatically by the BRU.

As the BRU posturography may represent a new way to quantitatively assess the balance of people with Parkinson's disease and there are few studies that have explored the use of this device, this study evaluated 44 patients with PD and 76 healthy controls.

The results are presented in an article, where are described the characteristics of the studied group (age, gender, disease duration, used medications and scores on UPDRS - Unified Parkinson's Disease Rating Scale, SE - Schwab and England Activities for Daily Living, and Hoehn and Yahr). The results of posturography are compared between PD patients and healthy controls. The findings of posturography in the studied group are related to performance in pull test, Hoehn and Yahr Stages and falls.

Ultimately, it can be said that the use of a virtual reality system that recreates the environment of sensory stimulations and records the postural responses can be a useful tool for assessing the balance of patients with PD and can be useful to identify balance impairment even when those patients are not presenting this symptom clinically.

## INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa cujas principais manifestações são alterações do movimento decorrentes da deficiência de dopamina na via nigro-estriatal. Os principais sintomas motores são tremor, rigidez, bradicinesia, alterações da postura e do equilíbrio. Além disso, os pacientes podem apresentar alterações emocionais e cognitivas, que são freqüentes com a progressão da doença. O diagnóstico é primariamente clínico, baseado na história médica e no exame físico <sup>(1,2,3)</sup>.

A maior parte dos pacientes com DP apresenta uma inadequada interação dos sistemas responsáveis pelo equilíbrio corporal: sistema vestibular, visual e proprioceptivo. Em consequência dessa alteração esses pacientes tendem a deslocar seu centro de gravidade para frente, sendo incapazes de realizar movimentos compensatórios para readquirir equilíbrio e, assim, apresentam desequilíbrios e instabilidade postural, aumentando o risco de quedas, principalmente na população mais idosa <sup>(1,4,5)</sup>.

Há vários testes de equilíbrio e aparelhos descritos na literatura para se avaliar o equilíbrio. Dentre os aparelhos disponíveis atualmente, existe a *Balance Rehabilitation Unit* ou Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU), que consiste em um aparelho que usa um sistema de realidade virtual que permite avaliar o equilíbrio por meio de posturografia. A BRU, desenvolvido pela Medicaa®, quantifica as desordens do equilíbrio e fornece valores quantitativos de limite de estabilidade (LOS), centro de pressão (COP) e velocidade de oscilação (SV) <sup>(6)</sup>.

A avaliação é realizada com o paciente em ortostase e braços estendidos ao longo do corpo.

O programa gera relatórios com os dados de limite de estabilidade (LOS), centro de pressão (COP) e de velocidade de oscilação (SV) em onze condições sensoriais, representadas por onze etapas que compõem a posturografia. Tais parâmetros são gerados

automaticamente pela BRU, não sendo necessária a realização de cálculos por parte do examinador.

Todos os estímulos recriam situações da vida corriqueira, como atravessar ruas, observar carros em movimento, subir e descer escadas, entre outras.

A posturografia pode representar uma nova forma de avaliar quantitativamente o equilíbrio de pessoas com DP. No entanto, poucos estudos avaliaram a utilização da BRU na Doença de Parkinson.

## **1. REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.1 DOENÇA DE PARKINSON**

#### **1.1.1 HISTÓRIA**

A Doença de Parkinson (DP), descrita em 1817 por James Parkinson, em sua monografia intitulada “*An Essay on the Shaking Palsy*” é caracterizada pelo início assimétrico da tríade: tremor, rigidez e bradicinesia. No texto, parcialmente válido até os dias atuais, a descrição era de “um movimento trêmulo involuntário, com força muscular diminuída, tendência de inclinação do corpo para frente, tendência de rapidamente começar a correr, mas com os sentidos e o intelecto intactos” <sup>(7)</sup>. Foi considerada pioneira, embora incompleta, pois não citava a rigidez, a máscara parkinsoniana e a instabilidade postural. Isso levou à mudança do nome da doença para “mal de Parkinson” pelo médico francês Jean-Martin Charcot (1825 – 1893), conhecido com o pai da neurologia <sup>(8)</sup>.

Mesmo com a evolução da DP e a compreensão dos aspectos clínicos nas décadas seguintes, somente na segunda metade do século XX os cientistas começaram a descobrir os principais mecanismos fisiopatológicos da doença <sup>(9)</sup>. Nos anos 20 houve a descrição da redução dos neurônios na substância negra dos pacientes com DP e nos anos 50 viu-se que a L-dopa, precursora da dopamina, era capaz de reverter os sintomas motores em ratos tratados com reserpina (droga depletora das catecolaminas). Logo após, foi descoberta uma deficiência de dopamina nos núcleos da base e houve a tentativa de administrar dopamina nos pacientes. Apesar dos resultados promissores, a dose utilizada era muito elevada e os pacientes não toleravam os efeitos colaterais <sup>(10)</sup>.

No final da década de 60, as pesquisas comprovaram que a L-dopa (forma levógira) e não a D-dopa (forma dextrógira) era o tratamento efetivo para a Doença de Parkinson, apesar dos efeitos colaterais. Outras medicações foram introduzidas ao

tratamento para a redução desses efeitos, tais como inibidores periféricos da dopadescarboxilase, benserazida e carbidopa <sup>(11)</sup>.

### **1.1.2 EPIDEMIOLOGIA**

A Doença de Parkinson (DP) é uma das doenças mais comumente presentes na clínica neurológica. É a segunda doença neurodegenerativa mais comum, sendo somente menos prevalente que a doença de Alzheimer. Apresenta distribuição universal e atinge todos os grupos étnicos e classes sócio-econômicas, havendo uma leve predominância no sexo masculino <sup>(1,3)</sup>.

A idade média de início da doença é de 55 anos. Estima-se uma incidência de 20 casos por 100.000 habitantes/ano, a qual aumenta com a idade, acometendo cerca de 1 a 3% da população acima dos 65 anos e aumenta para 4% a 5% aos 85 anos. Tanto a prevalência quanto a incidência aumentam com a idade. No Brasil, um estudo realizado com pessoas com idade igual ou maior do que 64 anos apresentou prevalência de 3,3%, semelhante aos dados encontrados em outros países <sup>(12,13)</sup>.

### **1.1.3 ETIOLOGIA**

Os mecanismos etiológicos da Doença de Parkinson ainda não são totalmente conhecidos. Embora mutações de alguns genes tenham sido identificadas e se fale no papel de toxinas exógenas ou endógenas associadas à suscetibilidade genética na doença de Parkinson, a etiologia da doença permanece desconhecida na maioria dos casos <sup>(14)</sup>.

Os fatores ambientais vêm sendo investigados desde 1983, quando pesquisadores identificaram que MPTP (1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetraidro-piridina), utilizado por alguns usuários de drogas, podia mimetizar a Doença de Parkinson. A MPTP é uma pré-toxina que, convertida a metabólitos tóxicos, determina a morte de células dopaminérgica. Embora MPTP não esteja normalmente presente no meio ambiente, a estrutura de seu núcleo químico responsável pela toxicidade é componente comum de muitas substâncias <sup>(14)</sup>.

Vários estudos sugerem que fatores ambientais estão relacionados com a doença, pois esta parece apresentar uma incidência maior em indivíduos residentes no meio rural, que tiveram contato com pesticidas e/ou herbicidas <sup>(14)</sup>.

Outra possibilidade seria que compostos endógenos tóxicos pudessem ser formados como resultado de um metabolismo alterado, os quais seriam responsáveis pelo

lento e progressivo dano dos neurônios dopaminérgicos. Tanto o metabolismo enzimático de dopamina pela monoamina oxidase B (MAO-B) quanto sua auto-oxidação produziriam radicais livres, com dano celular por estresse oxidativo <sup>(13)</sup>.

Apesar de vários fatores serem sugeridos como fatores de risco para o desenvolvimento da DP, o envelhecimento é o fator mais consistentemente implicado, seguido pela hereditariedade. Embora a DP possa, em algumas ocasiões, ser puramente genética, estas formas são raras.

Atualmente, acredita-se que a DP seja decorrente de uma combinação de susceptibilidade genética e exposição ambiental. Uma predisposição genética poderia, por exemplo, gerar anormalidades de enzimas responsáveis pelo metabolismo de toxinas, provocando, assim, acúmulo das mesmas e toxicidade para as células da substância negra que produzem dopamina <sup>(13,14)</sup>.

#### **1.1.4 NÚCLEOS DA BASE E PATOLOGIA DA DOENÇA DE PARKINSON**

Mergulhados no interior da substância branca subcortical, cada hemisfério cerebral apresenta, em sua porção basal, aglomerados simétricos de células nervosas, os chamados núcleos da base.

Consistem em um sistema motor acessório, os quais funcionam em íntima associação com o córtex cerebral e sistema motor córtico-espinhal no controle de padrões complexos de atividade motora. Além disso, atuam em iniciar e parar o movimento, bem como no controle do curso temporal, na escala da intensidade dos movimentos e no planejamento cognitivo das combinações de padrões motores seqüenciais para atingir objetivos conscientes específicos.

São constituídos pelos núcleos caudado, putâmen, globo pálido, núcleo subtalâmico e substância negra, dividida em parte compacta e parte reticulada. O caudado e o putâmen por apresentarem estruturas anatômicas e funcionais semelhantes são chamados em conjunto de corpo estriado. A porção ventral do estriado é conhecida como núcleo acumbens e está mais relacionada com o sistema límbico.

As lesões ocorridas nos núcleos da base podem originar patologias, cujo quadro clínico expressa disfunções motoras, cognitivas e emocionais. Entre essas patologias, decorrentes de disfunções nos circuitos dos núcleos da base, está a DP <sup>(2,15)</sup>.

A DP é decorrente da morte progressiva de neurônios dopaminérgicos, localizados predominantemente na substância negra mesencefálica e pela presença de inclusões citoplasmáticas, os corpúsculos de Lewy. Calcula-se que, por ocasião do início



dos sintomas parkinsonianos, cerca de 60 a 80% dessa população neuronal tenha sido irreversivelmente danificada <sup>(16,17)</sup>.

O mecanismo fisiopatológico central na DP é a diminuição da influência dopaminérgica sobre o estriado em decorrência da morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra. Ou seja, ocorre uma redução da modulação da dopamina estriatal e, conseqüentemente, exacerbação da modulação colinérgica, induzindo às alterações motoras, uma vez que o estriado possui papel chave dentro das vias motoras cerebrais.

Os corpúsculos de Lewy são inclusões eosinofílicas intracitoplasmáticas compostas por numerosas proteínas que aparecem nos neurônios remanescentes das áreas de degeneração. Apesar de serem a marca patológica da Doença de Parkinson, também podem ser encontrados em outros processos degenerativos do sistema nervoso central como na doença de Alzheimer. Na população em geral, também se encontram em proporção de cerca de 1% nos indivíduos com 50 anos de idade, chegando de 6 a 10% aos 80 anos <sup>(16,18)</sup>.

Estima-se que os sinais clínicos motores da doença não ocorram até que haja redução de cerca de 80% de dopamina no estriado e de 50% dos neurônios dopaminérgicos. Sendo assim, deve existir uma fase pré-sintomática em que haja desenvolvimento de dano neuronal sem manifestações clínicas da doença. Ainda é desconhecido se indivíduos, descritos como portadores assintomáticos dos corpúsculos de Lewy estão em estado pré-clínico da doença <sup>(16,18)</sup>.

### **1.1.5 DIAGNÓSTICO**

O diagnóstico da DP baseia-se ainda nos critérios clínicos, embora o exame neuropatológico seja o padrão ouro. O diagnóstico clínico é baseado na identificação da combinação dos sinais motores: tremor de repouso, bradicinesia e rigidez com roda dentada <sup>(19)</sup>.

Estudos têm demonstrado a dificuldade em diferenciar clinicamente a DP de outras síndromes parkinsonianas. A maior dificuldade de precisão diagnóstica reside na grande freqüência com que as manifestações clínicas ocorrem em outras doenças <sup>(20)</sup>.

As anormalidades posturais fazem parte das síndromes parkinsonianas, porém devido a sua baixa especificidade e sensibilidade não são utilizadas como critério diagnóstico.

A DP é a forma mais comum de parkinsonismo, nome dado aos distúrbios com características semelhantes a ela. É também chamada de parkinsonismo primário ou Doença de Parkinson idiopática. Outras formas de parkinsonismo incluem parkinsonismo

secundário, síndromes parkinsonianas-plus e outras doenças hereditárias com manifestações parkinsonianas <sup>(20,21)</sup>.

Gelb e colaboradores propuseram em 1999 uma combinação de critérios que propõe níveis de confiança diagnóstica (quadros 1 e 2), em que são necessários três entre os quatro principais aspectos: tremor de repouso, bradicinesia, rigidez e início assimétrico de sintomas, além de uma positiva e sustentada resposta à levodopa ou aos agonistas dopaminérgicos e na ausência de manifestações atípicas que indiquem um diagnóstico alternativo, tais como demência precoce, paralisia do olhar conjugado vertical, congelamento ou instabilidade postural grave precoces, disautonomia grave e sintomática precoce) e excluídas as demais condições causadoras de parkinsonismo (uso de medicamentos, lesão cerebral focal de etiologia conhecida sobre as vias dopaminérgicas, exposição a tóxicos específicos, etc) <sup>(22)</sup>.

#### **Quadro 1. Agrupamento das manifestações clínicas para utilização diagnóstica**

---

##### GRUPO A: Manifestações características da Doença de Parkinson

- Tremor
- Bradicinesia
- Rigidez
- Início assimétrico

##### GRUPO B: Manifestações sugestivas de um diagnóstico alternativo

- Manifestações incomuns no curso clínico inicial
  - Instabilidade postural proeminente nos primeiros três anos de início dos sintomas
  - Fenômeno de congelamento nos primeiros três anos
  - Alucinações não relacionadas às medicações nos primeiros três anos
  - Presença de demência precedendo sintomas motores ou no primeiro ano de doença
  - Paralisia ocular supranuclear (outra do que restrição do olhar para cima ou redução da velocidade dos movimentos oculares verticais)
  - Disautonomia sintomática e severa não relacionada com o uso de medicações
  - Documentação de uma condição conhecida como causadora de parkinsonismo e plausível conexão com os sintomas do paciente, tais como lesão cerebral focal compatível com os sintomas ou uso de neurolépticos nos últimos 6 meses
-

## **Quadro 2. Critérios diagnósticos da Doença de Parkinson**

---

### **Critérios para o diagnóstico POSSÍVEL da Doença de Parkinson**

Pelo menos 2 de 4 manifestações do grupo A estarem presentes e pelo menos uma delas ser tremor ou bradicinesia

E

Nenhuma das manifestações do grupo B estarem presentes ou sintomas estarem presentes por menos de 3 anos, e nenhuma das manifestações do grupo B estarem presentes até o momento

E

Significativa e mantida resposta à levodopa ou a um agonista dopaminérgico seja documentada ou pacientes não tenham tido um adequado tratamento com levodopa ou agonista dopaminérgico

### **Critérios para o diagnóstico PROVÁVEL da Doença de Parkinson**

Pelo menos 3 de 4 manifestações do grupo A estarem presentes

E

Nenhuma das manifestações do grupo B estarem presentes (observação: duração dos sintomas de pelo menos três anos é necessária para preencher este critério)

E

Significativa e mantida resposta à levodopa ou a um agonista dopaminérgico seja documentada

### **Critérios para o diagnóstico DEFINITIVO da Doença de Parkinson**

Todos os critérios para o diagnóstico de doença POSSÍVEL e confirmação histopatológica do diagnóstico pela necropsia

---

As características clínicas da DP e a sua progressão são muito variáveis para cada paciente. Existem diferentes propostas para os critérios clínicos a serem considerados no diagnóstico clínico da DP.

De acordo com o estudo realizado por Huges e colaboradores (1992) em que foram avaliados com necropsia 100 cérebros de pacientes diagnosticados clinicamente por neurologistas britânicos como sendo portadores de DP, houve confirmação anátomo-patológica somente em 75% dos casos. Porém, quando os diagnósticos patológicos e clínicos de 143 casos vistos por neurologistas especializados em distúrbios do movimento do National Hospital for Neurology and Neurosurgery de Londres foram revisados, o valor preditivo positivo do diagnóstico clínico de DP aumentou para 98,6% <sup>(21)</sup>.

Os critérios propostos pelo Banco de Cérebro de Londres têm sido utilizados e consistem em três etapas (quadro 3) <sup>(21)</sup>.

### **Quadro 3. Critérios para Diagnóstico de DP do Banco de Cérebro de Londres**

---

#### **Primeira etapa – Diagnóstico da Síndrome Parkinsoniana**

- Bradicinesia associada a pelo menos uma das seguintes manifestações: rigidez muscular, tremor de repouso ou instabilidade postural.

---

#### **Segunda etapa – Critérios de Exclusão da DP**

- História de acidentes vasculares encefálicos de repetição com progressão em graus dos sintomas

- História de traumas cranianos repetidos
- Antecedente comprovado de encefalite
- Crises Oculógiras
- Uso de neuroléptico desde o início dos sintomas da doença
- Mais que um caso de acometimento familiar
- Remissão prolongada de sintomas
- Persistência de acometimento unilateral após três anos
- Paralisia ocular supranuclear
- Sinais Cerebelares
- Acometimento autonômico precoce e acentuado
- Sinais piramidais – Babinski presente
- Presença de lesões expansivas intracranianas: tumores, hidrocefalia à

neuroimagem

- Exposição ao MPTP
- Resposta terapêutica ruim a altas doses de levodopa

---

#### **Terceira etapa – Critérios de sustentação para o diagnóstico da DP (três ou mais para o diagnóstico definitivo)**

- Início unilateral, acometimento assimétrico
  - Doença progressiva
  - Assimetria persistente afetando principalmente o lado de início da doença
  - Resposta excelente à levodopa (melhora de 70 a 100%)
  - Resposta à levodopa por cinco anos ou mais
  - Discinesia induzida pela terapia com levodopa
  - Evolução clínica de dez anos ou mais
-

O diagnóstico definitivo para DP só é possível com a confirmação pela necropsia. Os critérios propostos para confirmação histopatológica da DP consistem em redução substancial de células nervosas na substância negra ou no *locus ceruleus* (devem ser examinadas pelo menos quatro diferentes seções em cada uma dessas áreas antes de concluir que os corpúsculos de Lewy estão ausentes); nenhuma evidência patológica para outra doença que produza parkinsonismo, por exemplo: paralisia supranuclear progressiva, degeneração córtico-gânglio-basal, atrofia de múltiplos sistemas.

### 1.1.6 ESCALAS

Com o desenvolvimento de novos tratamentos para a Doença de Parkinson, foram criadas escalas para avaliar a progressão da doença e a eficácia de tratamentos e medicamentos <sup>(23)</sup>.

Segundo a Escala de Estágio de Incapacidade de Hoehn e Yahr (ANEXO III), desenvolvida em 1967, a doença de Parkinson pode ser classificada, indicando o estado geral de um paciente. A escala de Hoehn e Yahr (HY) compreende as seguintes fases: Fase 1 - O indivíduo tem apenas um lado do corpo afetado por tremores, rigidez ou ambos os sintomas; Fase 2 - os mesmos sintomas afetam os dois lados do corpo; Fase 3 - além dos sintomas da fase 2 o indivíduo tem o equilíbrio afetado. Geralmente adquire uma postura encurvada e tem extrema dificuldade para mudar de direção rapidamente ou dar passos para trás sem perder o equilíbrio; Fase 4 - o quadro já o impede de fazer a higiene pessoal, precisando de auxílio até mesmo para se alimentar e Fase 5 - ele não consegue se levantar da cama ou da cadeira sem ajuda. Consegue andar, mas, muitas vezes, com o apoio de alguém ou de uma bengala <sup>(10,23)</sup>.

Nessa escala, os pacientes classificados nos estágios 1, 2 e 3 apresentam incapacidade leve a moderada, enquanto que nos estágios 4 e 5 apresentam incapacidade mais grave.

A escala de Hoehn e Yahr avalia os pacientes levando em consideração os reflexos posturais, assim como a bilateralidade da doença, especialmente no que se refere à independência para as atividades da vida diária <sup>(23)</sup>.

Outras escalas foram desenvolvidas, tais como a Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (Unified Parkinson's Disease Rating Scale – UPDRS) (ANEXO IV). Foi criada em 1987 e surgiu da necessidade de se obter um método uniforme para avaliar os sinais da DP. É composta por 42 itens, divididos em quatro partes: atividade mental,

comportamento e humor; atividades de vida diária (AVD's); exploração motora e complicações da terapia medicamentosa <sup>(23, 24, 25)</sup>.

Outra escala utilizada é a escala de "Schwab and England Activities of Daily Living - SE" (ANEXO V), que analisa o grau de independência para realizar atividades do dia a dia dos parkinsonianos. Tem representação em porcentagem e varia de 100% (paciente completamente independente, sem perceber dificuldades nas atividades rotineiras que ocorram em decorrência da doença) até 0% (paciente restrito ao leito) <sup>(26)</sup>.

### 1.1.7 CLÍNICA

As manifestações clínicas da DP incluem sintomas motores (tremor de repouso, bradicinesia, rigidez e anormalidades posturais), distúrbios autonômicos, transtornos psiquiátricos (depressão, ansiedade, etc) e prejuízos cognitivos <sup>(12,27)</sup>.

O tremor característico da DP é o sintoma inicial mais comum, ocorrendo mais freqüentemente em membros superiores, o qual se caracteriza por ser um tremor distal de repouso de 4 a 7 Hz. Ele se torna mais evidente quando a mão está em repouso e durante situações de estresse. Entretanto, pacientes com DP podem também apresentar tremor de ação e a característica do tremor pode mudar com a evolução da doença. O tremor usualmente inicia em uma mão, embora algumas vezes possa ser afetado inicialmente o pé ou a mandíbula <sup>(12)</sup>.

A acinesia é o sintoma mais incapacitante da DP. Manifesta-se por lentificação para iniciar e executar um movimento, dificuldade para alterar padrões motores e diminuição na amplitude dos movimentos, fadigabilidade e perda da capacidade de executar seqüências motoras complexas já conhecidas. A marcha pode apresentar passos curtos, diminuição no balanceio dos braços e, quando combinada com postura fletida, fica progressivamente mais rápida (festinação) e o paciente apresenta risco de quedas <sup>(28,29)</sup>.

Pode haver face inexpressiva, diminuição do volume da fala e escrita irregular. O fenômeno de congelamento inicialmente se manifesta por certa hesitação em iniciar o movimento, porém, no decorrer da doença, o paciente pode subitamente parar (*freezing*) <sup>(4)</sup>.

A rigidez se manifesta como aumento da resistência ao movimento passivo articular em roda denteada, ou seja, com disfunção tanto da musculatura agonista quanto da antagonista <sup>(30)</sup>.

A instabilidade postural surge tardiamente e sua presença no início da doença afasta o diagnóstico de DP. A incapacidade dos pacientes em mudar a direção dos

movimentos, associada à alteração postural e à rigidez, leva a quedas freqüentes e incapacidade para deambular<sup>(31,32)</sup>.

Embora os problemas neuropsiquiátricos não tenham sido originalmente descritos, hoje se reconhece que eles acometerão a maioria dos pacientes em algum momento no curso da doença. Esses eventos podem preceder a demência em 20 a 40% dos casos<sup>(33)</sup>.

Os sintomas cognitivos precoces mais comuns são o prejuízo na orientação visuo-espacial, nos testes de reconhecimento de faces e diminuição na velocidade de processamento cognitivo, principalmente nas tarefas complexas de tomada de decisões.

Depressão ocorre em aproximadamente 40% dos casos, independentemente da idade, da duração da doença, da gravidade ou dos sintomas cognitivos associados.

Outros sintomas não motores podem também acompanhar a DP, tais como disfunções autonômicas do tipo hipotensão postural ou pós-prandial, arritmias cardíacas, edema em membros inferiores, alterações olfatórias, depressão, ansiedade, distúrbios do sono, mudanças emocionais, constipação, urgência ou incontinência urinária, sudorese, seborréia, sialorréia, fadiga, dor, dificuldades de mastigação e deglutição<sup>(34,35,36)</sup>.

### **1.1.8 TRATAMENTO**

A natureza progressiva das manifestações clínicas (motoras e não motoras) associadas aos efeitos adversos precoces e tardios da intervenção terapêutica torna o tratamento da Doença de Parkinson bastante complexo. Estima-se que a taxa de morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra esteja ao redor de 10% ao ano, progressivamente piorando sintomas e aumentando a necessidade de medicamentos. Vários modelos de tratamento farmacológico, cirúrgico, transplante celular e não farmacológico estão sendo utilizados e estudados<sup>(3,9,10,11,37,38,39,40)</sup>.

O tratamento da Doença de Parkinson é fundamentalmente medicamentoso e os fármacos são classificados pelo mecanismo de ação. O efeito resultante dos diferentes mecanismos é o restabelecimento do equilíbrio entre vias colinérgicas e dopaminérgicas extrapiramidais. Sendo assim, seja aumentando a estimulação dopaminérgica, seja reduzindo a estimulação colinérgica ou glutamatérgica, o objetivo é a melhora dos sintomas.

Dentre os medicamentos mais utilizados temos: os anticolinérgicos que antagonizam a via colinérgica, ao contrário dos demais que acentuam a ação da dopamina; os agonistas dopaminérgicos, que estimulam diretamente receptores de dopamina. A levodopa é convertida em dopamina, principal neurotransmissor depletado, e a ela se associam inibidores da dopa descarboxilase (carbidopa ou benserazida) que impedem sua

transformação periférica em dopamina; os inibidores da MAO-B, que inativam irreversivelmente a enzima responsável pelo metabolismo da dopamina, aumentando, portanto, a neurotransmissão dopaminérgica; os inibidores da catecol-O-metiltransferase (COMT), os quais inibem a enzima que metaboliza levodopa central e periféricamente, aumentando sua oferta para o estriado e a amantadina, que aumenta a liberação de dopamina dos terminais intactos e inibe sua recaptção, ofertando-a aos receptores pós-sinápticos e ainda alterando a afinidade dos receptores à dopamina <sup>(10)</sup>.

Revisão sobre as estratégias e indicações terapêuticas está além do escopo deste trabalho. No entanto, cabe mencionar que os antiparkinsonianos têm freqüentes efeitos adversos relacionados a sua ação primária. O uso prolongado de levodopa e, com menor intensidade, de agonistas dopaminérgicos associa-se ao desenvolvimento de flutuações motoras. Essas se referem a respostas motoras inesperadas à administração do fármaco, como encurtamento da duração do efeito (fenômeno do *wearing off*) ou interrupção súbita da ação, levando à situação de alternância entre resposta e falta de resposta (fenômeno *on-off*) ao medicamento. Pacientes mais jovens são particularmente vulneráveis ao aparecimento desses sintomas. As complicações motoras podem atingir cerca de 80% dos jovens e 44% dos mais velhos após cinco anos de tratamento com levodopa <sup>(9,41)</sup>.

Efeitos adversos gastrintestinais, tais como náuseas, vômitos e anorexia, bem como hipotensão postural, ocorrem principalmente no início do tratamento com levodopa ou agonistas dopaminérgicos, sendo minimizados pela escalada lenta da dose. Efeitos adversos neuropsiquiátricos, tais como alucinações, psicose, confusão, pesadelos, insônia ou sonolência excessiva e depressão também podem ser induzidos por esses fármacos, principalmente em pacientes idosos <sup>(38)</sup>.

Há também o tratamento cirúrgico, que pode ser feito diretamente por procedimento ablativo ou indiretamente por estimulação profunda de alta freqüência. As regiões usadas atualmente são o núcleo intermédio ventral do tálamo, o globo pálido interno e o núcleo subtalâmico. Geralmente a intervenção talâmica controla o tremor, já a palidal e a subtalâmica controla acinesia, rigidez, alterações da marcha e da postura, discinesias induzidas por drogas e tremor. Os implantes neuronais de células fetais mesencefálicas são técnicas ainda em investigação <sup>(39,40)</sup>.

O tratamento da DP envolve também medidas não farmacológicas que são elementos fundamentais no manejo dos pacientes com DP. O tratamento não farmacológico da DP envolve cuidados gerais com nutrição, fisioterapia, terapia ocupacional e fonoaudiológica, bem como educação sobre a doença e apoio psicológico ao paciente e as pessoas que com ele convivem <sup>(27)</sup>.

A atividade física é parte fundamental na preservação das funções motoras dos pacientes parkinsonianos. Os problemas físicos são em grande parte resultantes da



imobilidade. A inatividade é acompanhada de uma série de complicações ou até mesmo a dependência total desse tipo de indivíduo <sup>(31,42)</sup>.

O tratamento fisioterapêutico consiste em treinamento das atividades de vida diária, manutenção ou melhora das condições musculares, além de exercícios posturais e de equilíbrio, exercícios respiratórios e prevenção de quedas <sup>(27,43)</sup>.

### 1.1.9 QUEDAS

Queda é um evento freqüente e limitante, sendo considerado um marcador de fragilidade, morte, institucionalização e de declínio na saúde, principalmente entre idosos. Queda é uma mudança de posição inesperada, não intencional que faz com que o indivíduo permaneça em um nível inferior, por exemplo sobre o mobiliário ou no chão.

O risco de cair aumenta significativamente com o avançar da idade, o que coloca queda como um dos grandes problemas de saúde pública devido ao aumento expressivo do número de idosos na população e a sua maior longevidade, competindo por recursos já escassos e aumentando a demanda por cuidados de longa duração <sup>(10)</sup>.

Diversos fatores de risco e múltiplas causas interagem como agentes determinantes e predisponentes, tanto para quedas acidentais quanto para quedas recorrentes, impondo aos profissionais de saúde, especialmente ao médico, o grande desafio de identificar os possíveis fatores de risco modificáveis e tratar os fatores etiológicos e comorbidades presentes <sup>(44)</sup>.

Evitar o evento de queda é considerado hoje uma conduta de boa prática gerontológica, tanto em hospitais quanto em instituições, sendo considerado um dos indicadores de qualidade de serviços para idosos. Além disso, constitui-se em política pública indispensável, não só porque afeta de maneira desastrosa a vida dos idosos e de suas famílias, como também drena montantes expressivos de recursos econômicos no tratamento de suas conseqüências, como a fratura de quadril <sup>(44)</sup>.

As quedas podem ser classificadas a partir da freqüência com que ocorrem e do tipo de conseqüência advinda do evento. A queda acidental é aquele evento único que dificilmente voltará a se repetir e é decorrente de uma causa extrínseca ao indivíduo, em geral pela presença de um fator de risco ambiental danoso, como um piso escorregadio, um degrau sem sinalização ou devido a atitudes de risco como, por exemplo, subir em banquinhos. Em contrapartida, a queda recorrente, expressa a presença de fatores etiológicos intrínsecos como doenças crônicas, distúrbios do equilíbrio corporal, déficits sensoriais, dentre outros <sup>(29,45)</sup>.

A queda pode ainda ser dividida de acordo com a presença ou não de lesões. As quedas com lesões graves são consideradas aquelas cuja consequência é uma fratura, trauma crânio encefálico ou luxação. Cortes, escoriações e hematomas são considerados lesões leves<sup>(32)</sup>.

Instabilidade postural, problemas de equilíbrio e quedas são características muito incapacitantes e comumente encontradas na DP, principalmente em estágios mais avançados da doença<sup>(4,32,44)</sup>.

A instabilidade postural é considerada um indicador de gravidade da doença e a sua presença representa um marco importante na escala de Hoehn and Yahr (estágio 3). Provavelmente a rigidez axial e o prejuízo na coordenação do tronco contribuam para os problemas de equilíbrio nesses pacientes<sup>(46)</sup>.

Os pacientes com DP têm grande dificuldade em modificar a resposta postural em situações que demandem ajustes, aumentando com isso a predisposição a quedas. Essas quedas são freqüentes nos pacientes com Doença de Parkinson, sendo que até 70% deles caem pelo menos uma vez ao ano e por volta de 50% caem de duas a mais vezes<sup>(30)</sup>.

Essas quedas normalmente estão relacionadas com o tipo de atividade realizada pelo paciente. Elas ocorrem mais freqüentemente quando o paciente tenta mudar de direção durante a marcha, no início dela e após levantar de uma cadeira<sup>(30,47)</sup>.

Nessa medida, os fatores de risco e os padrões das quedas nos pacientes com DP diferem significativamente de pessoas com a mesma idade, mas sem a doença. Os pacientes com DP caem como um bloco, aparentemente sem consciência de estarem caindo e raramente apresentam reação de proteção. Os fatores de risco específicos para quedas se relacionam à gravidade da doença, ao fenômeno de *freezing* e aos problemas de marcha e postura<sup>(32)</sup>.

Pacientes com DP geralmente caem dentro de casa, quando seus sintomas motores estão controlados (período *on*). Provavelmente isso se deva a maior imobilidade durante o período *off*. Aparentemente, a medicação antiparkinsoniana é pouco eficaz na redução desses problemas de equilíbrio. Estudos sugerem que a instabilidade postural é resistente ao tratamento farmacológico convencional e, na realidade, pode agravar as quedas tanto por melhorar a mobilidade, quanto por provocar discinesias em muitos pacientes. No entanto, o real papel das discinesias nas quedas ainda não está bem estabelecido.

Deve-se considerar também como fator importante e incapacitante o medo de cair, uma vez que os pacientes que já caíram, evitam realizar atividades do dia a dia por medo de um novo evento. E essa restrição de atividades pode explicar a maior proporção de quedas dentro de casa e o isolamento social.

O teste mais utilizado para se estabelecer uma estimativa de risco de queda é o *pull test*<sup>(48)</sup>. Ele é um item da Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson usado para verificar a instabilidade postural<sup>(25)</sup>.

O teste consiste em uma resposta ao súbito deslocamento posterior produzido por uma puxada nos ombros, enquanto o paciente está em pé, com os olhos abertos e os pés ligeiramente separados. O paciente é preparado e a manobra pode ser repetida mais de uma vez. Os resultados obtidos podem ser: 0 (normal), 1 (retropulsão, mas volta à posição original sem auxílio), 2 (ausência de resposta postural, podendo cair se não for amparado pelo examinador), 3 (muito instável, tende a perder o equilíbrio espontaneamente) e 4 (não consegue permanecer em pé sem auxílio).

A resposta a primeira manobra é possivelmente a mais informativa, sendo a que melhor representa as quedas inesperadas que ocorrem no cotidiano. Uma vez que os pacientes se adaptam ao teste e aprendem seu efeito, o que não ocorre na vida diária, o resultado das manobras subseqüentes pode ficar deturpado<sup>(48)</sup>.

Nos estágios mais iniciais da Doença de Parkinson as quedas são consideradas eventos raros. Porém, há estudos que afirmam haver alterações nas medidas de controle postural, com o aumento dos valores de centro de pressão e de velocidade de oscilação mesmo em pacientes no estágio 1 da Escala de Hoehn e Yahr. Tais estudos sugerem que isso se deva a alterações nas informações sensoriais desses pacientes, tais como quando há mudanças na cor de tapetes sobre os quais os pacientes estão caminhando, ou se movendo em um espaço estreito. Esses problemas clínicos mostram que quaisquer mudanças nos princípios perceptuais recebidos pelos pacientes parkinsonianos (principalmente visuais) costumam gerar desequilíbrio e distúrbios da marcha<sup>(5,49,50,51,52)</sup>.

## 1.2 EQUILÍBRIO

O equilíbrio corporal é um processo complexo que depende da integração do sistema visual, do sistema vestibular e do sistema proprioceptivo. Quando se refere a equilíbrio, especifica-se aquela situação na qual o corpo adota uma determinada posição em relação ao espaço, o qual a cabeça é dirigida para cima e a face para frente com corpo ereto no intuito de posicionar a cabeça na parte alta. Sendo assim, mesmo um comportamento cotidiano como a manutenção da posição ereta, ao contrário do que parece, é uma tarefa complexa que envolve um intenso relacionamento entre informação sensorial e atividade motora<sup>(53,54,55)</sup>.

Um sistema está em equilíbrio mecânico quando a somatória de forças que atuam sobre ele é igual a zero, entretanto essa não é uma tarefa fácil. Mesmo quando uma pessoa procura manter-se em pé o mais estável possível ocorrem oscilações constantes para a manutenção da posição bípede, decorrentes da dificuldade em manter os muitos segmentos corporais alinhados entre si sobre uma base de suporte restrita, utilizando um sistema muscular esquelético que produz forças que variam ao longo do tempo <sup>(55)</sup>.

A manutenção da postura vertical do corpo humano se assemelha a um pêndulo invertido (Figura 1), não sendo fácil equilibrá-lo, especialmente na presença de perturbações externas, buscando mantê-lo em uma orientação contra o campo gravitacional <sup>(56)</sup>.

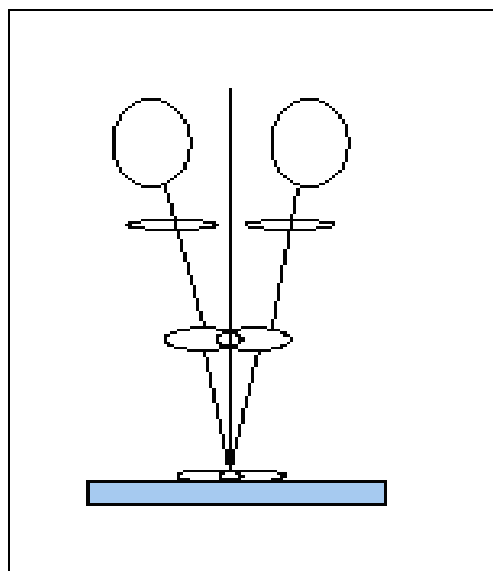


Figura 1. Pêndulo invertido (Extraído de Suárez H, 2009).

Os músculos posturais são ativados por mecanismos reflexos e controle voluntário dos movimentos corporais para manter o centro de massa dentro dos limites de estabilidade. O limite de estabilidade na postura vertical estática pode ser definido como a distância em que a pessoa está disposta e é capaz de se mover, sem perder o equilíbrio corporal ou alterar a base de sustentação, área delimitada pelas bordas externas dos pés em contato com a superfície de apoio <sup>(55,57,58,59)</sup>.

Os pré-requisitos biomecânicos para o equilíbrio corporal adequado referem-se ao alinhamento de segmentos, à amplitude de movimento, flexibilidade, condições da base de sustentação e força muscular <sup>(55)</sup>.

### **1.2.1 Sistema Visual**

A visão na manutenção do equilíbrio corporal é muito importante, pois enquanto a qualidade da informação visual não é afetada, o equilíbrio corporal permanece constante, quando essa informação é manipulada, com deslocamento do campo visual ou diminuição da acuidade visual ocorre o aumento da oscilação corporal e existe um prejuízo na manutenção do equilíbrio <sup>(49,55)</sup>.

No final dos anos 80 houve a descrição sobre a importância da informação visual para a manutenção do equilíbrio. Mesmo após uma destruição completa dos sistemas vestibulares, uma pessoa pode ainda utilizar de maneira efetiva os seus mecanismos visuais para a manutenção do equilíbrio, pois as imagens visuais auxiliam o indivíduo na manutenção do equilíbrio apenas por detecção visual de uma informação (visão) global, desde que esteja com os olhos abertos ou executando movimentos lentos. Na ausência da informação visual ou na execução de movimentos rápidos pode perder o equilíbrio <sup>(45,55)</sup>.

Para se obter uma visão precisa, é necessário que a imagem permaneça estável nas retinas, apesar do movimento da cabeça. Cada olho pode ser movido por um conjunto de seis músculos extra-oculares e o reflexo vestibulo-ocular atua pela detecção das rotações da cabeça, imediatamente comandando um movimento compensatório dos olhos na direção oposta. Esse movimento ajuda a manter a linha de visão firmemente fixa em um alvo visual. Como o reflexo vestibulo-ocular é um reflexo disparado pela aferência vestibular, ele opera surpreendentemente bem, inclusive mesmo no escuro ou quando os olhos estão fechados <sup>(55,60)</sup>.

Esse movimento compensatório dos olhos é chamado nistagmo e é constituído por um conjunto de batimentos oculares com um componente lento (numa determinada direção) que pode originar-se do labirinto ou dos núcleos vestibulares e outro componente rápido, que consiste no retorno rápido dos olhos à posição anterior que seria produzida na formação reticular do tronco cerebral <sup>(55)</sup>.

### **1.2.2 Sistema Vestibular**

A manutenção do equilíbrio geral é realizada pelo sistema vestibular, o qual detecta as sensações de equilíbrio, sendo composto de um sistema de tubos ósseos e câmaras na porção petrosa do osso temporal chamado de labirinto ósseo e dentro dele um sistema de tubos membranosos e câmaras, chamado de labirinto membranoso, que é a parte funcional do sistema vestibular <sup>(54,55,60)</sup>.

O labirinto ósseo está contido na parte petrosa do osso temporal, de ambos os lados da cabeça, medindo cerca de 20 mm de comprimento no seu eixo maior, paralelo à face posterior da porção petrosa e constitui o estojo que aloja o labirinto membranáceo, sendo constituído por três partes: a cóclea, o vestíbulo e os canais semicirculares. É revestido por uma membrana fibrosa muito fina, a qual é revestida por uma camada de epitélio e secreta a perilinfa, um fluido pouco denso. Sendo assim, o vestíbulo, a cóclea e os canais semicirculares constituem o labirinto ósseo, onde essas formações são cavidades escavadas na substância do osso e revestidos por perióstio, contendo um líquido claro (perilinfa), no qual o labirinto membranáceo está suspenso<sup>(55)</sup>.

O labirinto membranáceo contendo endolinfa está suspenso dentro do labirinto ósseo pela perilinfa e ambos os líquidos transportam ondas sonoras para os órgãos terminais para audição e equilíbrio.

O vestíbulo, parte do labirinto ósseo, é uma câmara central de forma ovóide medindo cerca de 4 mm de diâmetro. Situa-se entre a cóclea e os canais semicirculares e apresenta duas vesículas membranosas: o sáculo e o utrículo.

A cóclea tem o aspecto de uma concha de caracol, consiste em um canal espiralado com cerca de 32 mm de extensão e contém o ducto coclear (parte relacionada com a audição).

Outra estrutura que constitui o labirinto ósseo são os três canais semicirculares ósseos, os quais estão arrançados em ângulos retos entre si, formando um canal semicircular anterior, um lateral e um posterior. Os canais semicirculares anterior e posterior são verticais e o canal semicircular lateral é horizontal. Cada ducto semicircular apresenta uma dilatação chamada ampola que contém células receptoras que detectam as movimentações da cabeça, captando informações referentes ao equilíbrio. Como os canais semicirculares ocupam os três eixos ortogonais do espaço, formando ângulos retos uns com os outros, permite a captação de informações referentes a movimentos da cabeça em todos os planos<sup>(55)</sup>.

O labirinto membranáceo pode ser classificado em duas partes: o labirinto vestibular constituído pelo utrículo, sáculo e três ductos semicirculares (situados nos canais semicirculares) e a segunda parte do labirinto membranáceo que é o labirinto coclear, constituído pelo ducto coclear, situado na cóclea. O labirinto membranáceo, constituído pelo sáculo, utrículo e ductos semicirculares está diretamente relacionado com o equilíbrio.

O utrículo e o sáculo são chamados também de órgão otolíticos. Ambos contém receptores que suprem informações sobre a posição da cabeça relativamente à direção das

forças da gravidade e sobre qualquer aceleração linear da cabeça. Dentro deles há células pilosas cujos pêlos estão mergulhados numa substância gelatinosa. No interior desta estão minúsculas partículas de carbonato de cálcio, denominadas otólitos, que tornam a substância gelatinosa mais pesada que a endolinfa que preenche o labirinto membranáceo, permitindo conforme a mudança de posição da cabeça, a mudança da direção da força da substância gelatinosa sobre as células pilosas, determinando a saída dos pêlos de sua posição normal.

Sendo assim, o utrículo está orientado de modo que, qualquer inclinação da cabeça aciona a excitação de uma população de células ciliadas, ao mesmo tempo em que inibe outra, gerando um padrão específico de atividade aferente. Assim, o utrículo é importante para o reconhecimento da direção e orientação do movimento da cabeça no espaço e os estímulos para o utrículo são as acelerações gravitacionais e outros tipos de acelerações lineares.

O papel do sáculo no homem ainda é desconhecido, mas existem argumentos de que o sáculo poderia participar na manutenção do equilíbrio em condições de ausência da força gravitacional, como nas viagens de astronautas, para os quais, faltando gravidade, mantêm-se flutuando, mas conservando a cabeça em certa posição elevada. Supõem-se também que o sáculo seja um órgão destinado à percepção de vibrações, funcionalmente mais relacionado com a audição do que ao equilíbrio corporal e que se sabe que sons explosivos muito intensos podem disparar um reflexo de sensação súbita de deslocamento no espaço, por excitação sacular.

Toda vez que a cabeça é movida, a parede óssea do canal semicircular, o saco membranoso nele incluído e os corpos a eles ligados das células ciliadas, naturalmente movem-se juntos. A endolinfa que não está unida ao crânio, devido à inércia, tende a manter sua posição original, pressionando contra a massa gelatinosa, incluindo os cílios no seu interior, estimulando as células ciliadas, sendo assim a velocidade e a magnitude do movimento da cabeça determina a direção na qual os cílios serão inclinados e como e quanto às células ciliadas serão estimuladas <sup>(55)</sup>.

O sistema vestibular tem um papel importante na manutenção do equilíbrio, com interação com o sistema nervoso central, através das fibras nervosas aferentes que provém das cristas ampulares ou das máculas otolíticas, que atingem a cavidade craniana pelo meato acústico interno, onde se encontram os corpos celulares bipolares formando o gânglio de Scarpa (ou gânglio Vestibular). São essas fibras que vão formar a porção vestibular do oitavo par de nervos cranianos <sup>(54,55)</sup>.

As fibras aferentes do sistema vestibular terminam nos núcleos vestibulares, localizados no bulbo rostral e na ponte caudal, os núcleos vestibulares incluem os núcleos vestibulares superior, lateral, medial e inferior, sendo que as fibras ampulares aferentes terminam nos núcleos vestibular superior, lateral e medial, enquanto as fibras aferentes otolíticas terminam nos núcleos lateral e inferior, as fibras aferentes também geram colaterais para o cerebelo.

Os núcleos vestibulares têm associações com os núcleos óculo-motores, medulares, neurovegetativos, completando o arco reflexo vestibulo-efetor, muscular ou vegetativo.

Em suma, os núcleos vestibulares são estações de integração das informações enviadas pelas estruturas envolvidas na manutenção do equilíbrio corporal, controlando os três reflexos fundamentais para o equilíbrio: o vestibulo-ocular, vestibulo-espinhal e vestibulo-cerebelar e também os demais reflexos oculares e espinhais coadjuvantes. É importante ressaltar que algumas fibras do nervo vestibular não se dirigem a estes núcleos e terminam diretamente no cerebelo, principalmente no lóbulo flóculo-nodular, constituindo a via vestibulo-cerebelar diretamente <sup>(55)</sup>.

### **1.2.3 Sistema Proprioceptivo**

Importantes para a manutenção do equilíbrio corporal também são as informações proprioceptivas. A orientação do corpo no espaço também depende de impulsos de proprioceptores nas cápsulas das articulações, que enviam dados sobre a posição relativa das várias partes do corpo e impulsos de exteroceptores cutâneos, especialmente os de tato e pressão <sup>(29,55)</sup>.

As sensações exteroceptivas são importantes na manutenção do equilíbrio, por exemplo, as sensações de pressão das plantas dos pés podem expressar: se o seu peso está distribuído de maneira igual entre os dois pés e se seu peso está mais para frente ou para trás em seus pés <sup>(29)</sup>.

A informação proprioceptiva mais importante, necessária à manutenção do equilíbrio, é a proveniente dos receptores articulares do pescoço, pois quando a cabeça é inclinada em determinada direção pela torção do pescoço, faz com que o sistema vestibular dê ao indivíduo uma sensação de desequilíbrio. Isto se deve ao fato de eles transmitirem sinais exatamente opostos aos sinais transmitidos pelo sistema vestibular. No entanto, quando todo o corpo se desvia em uma determinada direção, os impulsos provenientes do



sistema vestibular não são opostos aos que se originam nos proprioceptores do pescoço, permitindo que nessa situação a pessoa tenha uma percepção de uma alteração de equilíbrio de todo o corpo <sup>(47,55,61)</sup>.

Há uma dependência direta do sistema vestibular e seus auxiliares (sistema visual e proprioceptivo) em relação à manutenção do equilíbrio <sup>(52,55,56,60,62)</sup>.

#### 1.2.4 Estratégias Posturais

Nem todas as tarefas posturais exigem o mesmo tipo de movimento para a recuperação do equilíbrio. As diferentes reações posturais automáticas são desencadeadas em diferentes situações. Estas reações distintas apresentam diferenças nos padrões de ativação muscular, nos movimentos corporais e na força articular, e são chamadas de “estratégias” ou “sinergias de controle postural”.

São três as principais estratégias utilizadas para retornar o corpo à posição de equilíbrio: estratégia de tornozelo e de quadril (Figura 2) e estratégia do passo <sup>(55)</sup>.

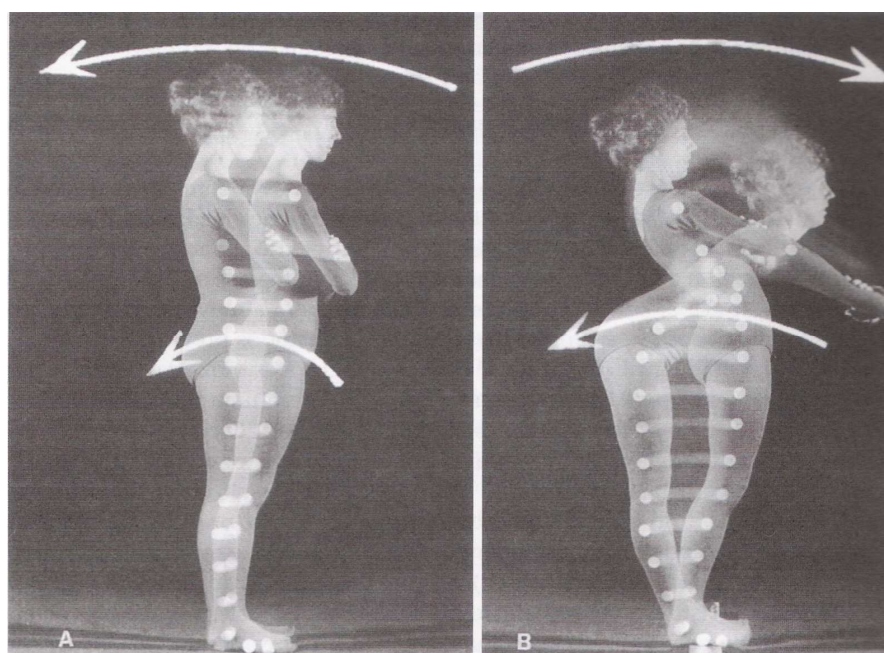


Figura 2. Estratégias de equilíbrio. Em (A), o indivíduo se recupera da inclinação para frente usando a estratégia do tornozelo. Em (B), o indivíduo se recupera usando a estratégia do quadril (Extraído de Herdman SJ, 2002).

Uma estratégia do tornozelo é usada pela maioria dos indivíduos que se recupera de um distúrbio postural, como uma translação horizontal da superfície de apoio

firme e plana, quando estão em pé sobre ela. O corpo se inclina de forma irregular, como um pêndulo invertido, exercendo uma força ao redor das articulações do tornozelo. É utilizada para manutenção do equilíbrio frente a pequenas oscilações <sup>(52,55,56,62)</sup>.

A estratégia do quadril, que consiste em movimentos rápidos do corpo nas articulações do quadril, é tipicamente usada sobre as superfícies estreitas de apoio (pranchas), superfícies flexíveis ou inclinadas (almofadas, rampas), quando a postura imóvel é estreitada (ficar em pé em apenas uma perna ou ao lado de outra pessoa), ou quando a posição do centro de massa deve ser corrigida rapidamente, isto é, quando a velocidade do distúrbio é alta. Ou seja, estratégia do quadril é utilizada quando a base de suporte se torna menor e mais instável. Os movimentos que fazem parte da estratégia do quadril são centrados nesta articulação e se caracterizam pela ativação precoce da musculatura proximal do tronco e quadril <sup>(55)</sup>.

Por sua vez, a estratégia do passo é utilizada em grandes perturbações para evitar a queda, sendo caracterizada pela ativação inicial dos abdutores do quadril e co-contracção do tornozelo <sup>(55)</sup>.

Existem evidências de que essas estratégias de controle postural são programadas por sistemas centrais e podem ser combinadas, dependendo das condições biomecânicas, das expectativas do indivíduo e de experiências anteriores <sup>(52,55,56,62,63)</sup>.

As estratégias emergem do processamento neural para fornecer um plano de ação baseado nos objetivos, no contexto ambiental, e particularmente na atividade ou tarefa. São organizadas no espaço e no tempo para produzir forças efetivas que contraponham o distúrbio. Indivíduos sem comprometimento neurológico modulam a magnitude de sua resposta postural automática com a magnitude do distúrbio. Com a exposição repetida a distúrbios inesperados às estratégias posturais, que inicialmente são executadas com ativação muscular excessiva, apresentam uma redução na magnitude de sua resposta <sup>(64)</sup>.

### **1.2.5 Instrumentos de Avaliação do Equilíbrio**

Testes funcionais e laboratoriais que simulam a habilidade de controle do equilíbrio são úteis para verificar o acometimento dos sistemas envolvidos, gerarem hipóteses quanto aos determinantes da limitação funcional observada e, como uma forma de triagem, na identificação de pacientes que apresentam risco para quedas <sup>(6)</sup>.

As plataformas de força, eletromiografias e sistemas de fotofilmações estão incluídos entre os testes laboratoriais empregados na avaliação do equilíbrio. Estas

avaliações medem especialmente as oscilações corporais, deslocamento do centro de gravidade e ativação muscular <sup>(57,65)</sup>.

Não faz parte do escopo deste trabalho realizar um comparativo entre os diversos testes de equilíbrio corporal. A seguir estão apenas descritos alguns testes e aparelhos usados com esse fim.

Vários testes têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar funcionalmente o equilíbrio e a marcha e busca estabelecer parâmetros para identificação de idosos com maior suscetibilidade a cair. Dentre estes, destacam-se: *Timed Up & Go Test*, a Escala de Equilíbrio de Berg (*Berg Functional Balance Scale*) e o Índice Dinâmico da Marcha (*Dynamic Gait Index*) <sup>(55,61)</sup>.

O *Timed Up & Go Test* é bastante simples e não exige nenhum expertise específico, necessitando apenas de um procedimento sistematizado que consiste em medir o tempo gasto na tarefa de levantar-se de uma cadeira (a partir da posição encostada), andar 3 metros até um demarcador no solo, girar e voltar andando no mesmo percurso, sentando-se novamente com as costas apoiadas no encosto da cadeira. A instrução dada é que o paciente execute a tarefa de forma segura e o mais rapidamente possível. Os autores admitiram como tempo normal para a realização da tarefa por adultos saudáveis, um tempo de 10 segundos; considera-se que 11 a 20 segundos sejam os limites normais de tempo para idosos frágeis ou pacientes deficientes; mais de 20 segundos na execução da atividade é considerado um valor indicativo da necessidade de intervenção adequada <sup>(61)</sup>.

A Escala de Equilíbrio de Berg e o Índice Dinâmico da Marcha são testes funcionais de avaliação do equilíbrio e da marcha que contém um maior número de tarefas motoras e necessitam de um maior treinamento e expertise na sua aplicação. Em geral, são aplicados por fisioterapeutas dentro de um espectro maior de avaliação físico-funcional de idosos. Todos têm sido largamente apontados na literatura internacional como instrumentos válidos na determinação de idosos com maior chance de quedas.

A Escala de Equilíbrio de Berg foi desenvolvida para monitorar o desempenho dos idosos quanto a tarefas motoras de equilíbrio em idosos, para identificar indivíduos que se beneficiariam de um encaminhamento para fisioterapia e para prever quedas em idosos da comunidade e institucionalizados. A escala consiste de 14 tarefas, categorizadas numa escala ordinal de cinco pontos, que vai desde 0 - incapaz de realizar a tarefa, até 4 - realiza de forma independente, baseada na qualidade e necessidade de assistência para realizar a tarefa de forma assim como, no tempo para completar a prova. Os escores dos 14 itens são combinados em um escore total que vai de 0 a 56 pontos, com um escore maior relacionado a um melhor desempenho. Os elementos do teste são representativos de atividades do dia a dia como sentar, levantar, inclinar-se à frente, virar-se, dentre outros. BERG e

colaboradores, 1992, demonstraram que o escore de 45 ou menos foi preditivo de quedas recorrentes em um estudo de meta-análise com 110 sujeitos <sup>(55)</sup>.

O Índice Dinâmico da Marcha é composto por oito tarefas de deambulação que avaliam velocidade e instabilidade na marcha durante o acelerar e desacelerar, em movimento de rotação e fléxo-extensão da cabeça, em movimentos de rotação axial do corpo, em movimentos de ultrapassar e circundar obstáculos e em subir e descer degraus. Uma pontuação de 19 ou menos foi associada a quedas em idosos na comunidade <sup>(55,61)</sup>.

Há também a Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC), criada pela empresa americana NeuroCom®. O aparecimento da Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC) vem complementar a bateria clássica de testes para equilíbrio, embora seja mais amplamente utilizada nas avaliações de comprometimento vestibular na prática clínica <sup>(66)</sup>.

Sua importância clínica reside primeiramente no fato de diagnosticar a presença de distúrbio do equilíbrio corporal e depois, se esse distúrbio é conseqüente a um problema da aferência ou integração sensorial, à resposta motora ineficiente ou ainda a uma combinação de ambos <sup>(67)</sup>.

A PDC é um sistema computadorizado que nos permite isolar e quantificar a participação das informações vestibulares, visuais e somatossensoriais, bem como sua integração sensorial na manutenção do equilíbrio corporal. São dois os testes básicos realizados pela PDC, o *Sensory Organization Test* (SOT), que nos informa a respeito da organização sensorial e o *Motor Control Test* (MCT), que nos permite avaliar a intensidade e coordenação da resposta motora aos estímulos recebidos na postura ortostática.

O aparelho consta de uma superfície de referência onde o paciente permanece em pé. Esse plano é dotado de sensores de pressão, que serão ativados em função do deslocamento do peso do paciente sobre a planta do pé em resposta ao deslocamento do corpo. A superfície de referência é circundada por um campo visual móvel que sofre deslocamentos ântero-posteriores, variando a informação visual <sup>(66,68)</sup>.

Cabe lembrar que em momento algum a PDC nos fornece a etiologia da disfunção apresentada, apenas enumerando os sistemas envolvidos no processo <sup>(66,68)</sup>.

No sujeito a ser avaliado são coladas pequenas marcas sobre pontos anatômicos. Esses pontos são achados de acordo com técnicas de anatomia palpatória, garantindo assim referências ósseas confiáveis. Tira-se uma foto do sujeito em 4 diferentes vistas: anterior, lateral direita, posterior e lateral esquerda. Essas fotos são carregadas no software e os pontos anatômicos marcados são repassados de acordo com o protocolo a ser seguido. Através dos pontos o software realiza uma mensuração de medidas (cm) e ângulos específicos. Após a mensuração o software imprime um relatório com fotos, ângulos

e medidas, projeção do centro de gravidade na base de sustentação e observações do avaliador <sup>(59,69)</sup>.

Há outros tipos de aparelhos que fazem posturografias computadorizadas. Ao revisar alguns estudos que utilizaram posturografia computadorizada para avaliar o equilíbrio de pacientes com Doença de Parkinson, observou-se uma grande variedade de aparelhos utilizados, os quais têm diferentes protocolos de registro de equilíbrio. No estudo de Ebersbach e Gunkel, 2011 foi utilizada posturografia dinâmica com o aparelho T&T medilogic GmbH da Alemanha como forma de avaliar o equilíbrio de 58 pacientes parkinsonianos e de 29 controles saudáveis <sup>(67)</sup>. No estudo de Ganesan e col., 2010, foi utilizada posturografia dinâmica do aparelho Biodex Balance System dos EUA, para avaliar o equilíbrio de 20 pacientes com DP e de 20 controles pareados por idade e sexo <sup>(48)</sup> e no de Visser e col., 2010, uma plataforma móvel multidirecional para avaliar o equilíbrio de 14 pacientes com DP e 18 controles pareados por idade e sexo <sup>(70)</sup>.

No entanto, de maneira geral, todos os estudos encontraram diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros investigados entre o grupo com DP e o grupo controle, mas nem em todos foi possível correlacionar os achados da posturografia com o exame clínico.

### **1.3 Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU)**

Atualmente, um sistema de realidade virtual e plataforma de força foram desenvolvidos para aprimorar os métodos quantitativos de Avaliação do Equilíbrio Corporal e de Reabilitação dos Sistemas Equilibratórios.

Balance Rehabilitation Unit ou Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU) é um sistema que permite avaliar e treinar pacientes com desordens de equilíbrio, vertigem ou instabilidade. A BRU, desenvolvido pela Medicaa®, quantifica as desordens do equilíbrio por meio das medidas da área de deslocamento do centro de massa (área de elipse ou centro de pressão) e velocidade de oscilação em onze condições sensoriais (BRU®, 2006). Essas onze condições sensoriais compõem a posturografia, módulo de avaliação funcional do equilíbrio da BRU.

A BRU (Figura 3) consiste em um aparelho que usa um sistema de realidade virtual e que está dividido em dois módulos: 1) Posturografia (diagnóstico funcional), 2) Reabilitação, onde é possível alterar a frequência, direção do movimento, percepção de profundidade e velocidade de movimento dos estímulos escolhidos para tratamento, 3) PTG

(Postural Training Games), que consiste em um módulo de jogos de treinamento do equilíbrio. A Unidade de Reabilitação do Equilíbrio permite treinar de uma maneira controlada os reflexos envolvidos no controle postural e na estabilização de imagens, com uma grande variedade de estímulos. Inclui computador com o programa do BRU®; estrutura metálica de segurança; suporte de proteção com alças e cinto de segurança; plataforma de força; óculos de realidade virtual; acelerômetro e almofada de espuma.



Figura 3. Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU).

O diagnóstico funcional é feito pela posturografia, objeto deste estudo, e não se refere ao diagnóstico médico de patologia vestibular ou neurológica. Todos os pacientes que são encaminhados à posturografia já devem ter um diagnóstico médico definido.

A plataforma possui área de 40 cm x 40 cm (Figura 4), é marcada por meio de coordenadas verticais e horizontais, dispõe de uma linha horizontal de 8 cm (linha intermaleolar) para o posicionamento dos pés do paciente e uma linha vertical de 12 cm que intercepta o ponto médio da linha intermaleolar <sup>(6)</sup>.

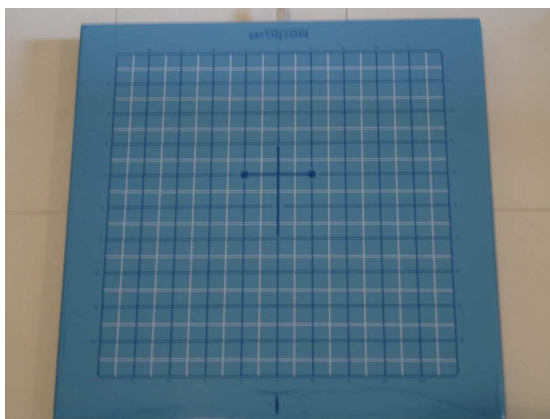


Figura 4. Plataforma da BRU.

A avaliação é realizada com o paciente em postura ereta estática e braços estendidos ao longo do corpo. O paciente deve ficar em pé sobre a plataforma, descalço, com os maléolos internos direito e esquerdo posicionados nas extremidades da linha intermaleolar. A BRU® utiliza o ponto médio da linha intermaleolar como o centro do limite padrão do círculo de estabilidade. A avaliação preconiza o uso de um único tipo de base de sustentação, com os pés em paralelo.

Não há risco de queda durante o procedimento. A segurança é garantida pela utilização do suporte de proteção do equipamento e pela presença de um examinador próximo ao paciente. No entanto, não é possível realizar a avaliação à posturografia em pacientes com incapacidade para compreender e atender a comando verbal simples; impossibilitados de permanecer de forma independente na posição ortostática; com comprometimento visual grave ou não compensado com uso de lentes corretivas; com distúrbios ortopédicos que resultam em limitação de movimento e utilização de próteses em membros inferiores.

A seguir são descritos os parâmetros que a posturografia em BRU oferece e o que eles representam <sup>(6)</sup>.

A posturografia é um exame aplicado com o paciente posicionado sobre uma plataforma, que registra 3 (três) parâmetros, que aqui estão citados em suas abreviaturas em inglês, conforme são descritos na literatura: o COP – center of pressure (centro de pressão) em cm<sup>2</sup> (centímetros quadrados), o SV – sway velocity (velocidade de oscilação) em cm/s (centímetros por segundo). O terceiro parâmetro registrado é chamado de Limite de Estabilidade (LOS – limits of stability) e avalia como o paciente maneja o seu centro de massa sem sentir instabilidade ou percepção de queda. O parâmetro LOS corresponde à área de oscilação do paciente, em cm<sup>2</sup> (centímetros quadrados), usando uma estratégia de

equilíbrio conhecida como estratégia de tornozelo. Na figura 5 há uma representação dos resultados obtidos em um exame de posturografia.

<b>Summary</b>				
<b>LOS Area: 58</b>				
<b>Stimulus</b>	<b>Condition</b>	<b>Time</b>	<b>Ellipse area</b>	<b>Sway velocity</b>
No stimulus	Firm, EO	60 s	<b>2,30 cm<sup>2</sup></b>	<b>1,62 cm/s</b>
No stimulus	Firm, EC	60 s	<b>5,73 cm<sup>2</sup></b>	<b>5,29 cm/s</b>
No stimulus	Foam, EC	60 s	<b>6,92 cm<sup>2</sup></b>	<b>5,35 cm/s</b>
Saccadic	Firm, EO	60 s	<b>20,23 cm<sup>2</sup></b>	<b>5,34 cm/s</b>
Optokinetic, Bars →	Firm, EO	60 s	<b>41,22 cm<sup>2</sup></b>	<b>2,26 cm/s</b>
Optokinetic, Bars ←	Firm, EO	60 s	<b>9,92 cm<sup>2</sup></b>	<b>1,26 cm/s</b>
Optokinetic, Bars ↓	Firm, EO	60 s	<b>8,37 cm<sup>2</sup></b>	<b>1,38 cm/s</b>
Optokinetic, Bars ↑	Firm, EO	60 s	<b>6,38 cm<sup>2</sup></b>	<b>1,40 cm/s</b>
Visual vest, Circular, Bars →	Firm, EO	60 s	<b>9,75 cm<sup>2</sup></b>	<b>2,78 cm/s</b>
Visual vest, Circular, Bars ↓	Firm, EO	60 s	<b>11,34 cm<sup>2</sup></b>	<b>3,21 cm/s</b>

Figura 5. Representação dos resultados obtidos em exame de posturografia.

LOS - limite da estabilidade; No stimulus – sem óculos de realidade virtual; Saccadic – Sacádico; Optokinetic, Bars → - Optocinético, barras para a direita; Optokinetic, Bars ← - Optocinético, barras para a esquerda; Optokinetic, Bars ↓ - Optocinético, barras para baixo; Optokinetic, Bars ↑ - Optocinético, barras para cima; Visual vest, Circular, Bars → - Interação visual vestibular, barras horizontais; Visual vest, Circular, Bars ↓ - Interação visual vestibular, barras verticais; Ellipse area – Centro de Pressão; Sway velocity – Velocidade de Oscilação; Firm EO – superfície firme, olhos abertos; Firm EC – superfície firme, olhos fechados; Foam EC – sobre colchonete, olhos fechados.

A plataforma de equilíbrio converte a pressão aplicada sobre uma superfície plana em sinais elétricos para determinar a área do centro de pressão do paciente e a velocidade de oscilação. Todos esses resultados ajudam a avaliar o desempenho do equilíbrio do paciente nessas condições.

Na Posturografia são gerados estímulos visuais, que recriam situações da vida real. Os estímulos visuais são projetados nos óculos de realidade virtual. Para a realização desse exame, o indivíduo permanece em ortostase sobre uma plataforma, com os pés apoiados em marcação própria, durante toda a realização do teste, não movimentando membros superiores, calcanhares e pés. Os pacientes podem utilizar lentes corretivas visuais, se for de uso habitual. O teste é composto de 11 (onze) etapas, sendo que essas etapas apresentam sempre a mesma ordem. As quatro primeiras etapas (itens 1 a 4) são feitas sem o uso dos óculos de realidade virtual e as sete etapas seguintes (itens 5 a 11) são feitas com o referido óculos, conforme abaixo detalhado:

1) Limites de estabilidade (LOS):

1.1) o paciente moverá o seu corpo como um bloco o máximo que puder para frente, deslocando o seu peso para os dedos do pé, sem elevar os calcanhares e retornará para o centro;



1.2) o paciente moverá o seu corpo como um bloco o máximo que conseguir para a direita e retornará para o centro;

1.3) o paciente moverá o seu corpo como um bloco o máximo que conseguir para a esquerda e retornará para o centro;

1.4) o paciente moverá o seu corpo como um bloco o máximo que conseguir para trás, deslocando o seu peso para os calcanhares, sem elevar os dedos do pé e retornará para o centro;

2) olhos abertos, superfície firme;

3) olhos fechados, superfície firme;

4) olhos fechados, indivíduo sobre um colchonete posicionado em cima da plataforma;

5) olhos abertos, superfície firme, observando estímulo sacádico. Deverá ler as letras que estiverem aparecendo e não deverá mover o corpo;

6) olhos abertos, superfície firme, observando estímulo de barras optocinéticas para a direita;

7) olhos abertos, superfície firme, observando estímulo de barras optocinéticas para a esquerda;

8) olhos abertos, superfície firme, observando estímulo de barras optocinéticas para baixo;

9) olhos abertos, superfície firme, observando estímulo de barras optocinéticas para cima;

10) olhos abertos, superfície firme, paciente moverá a cabeça da esquerda para a direita, enquanto durar o estímulo de interação visual-vestibular com barras optocinéticas para a direita;

11) olhos abertos, superfície firme, paciente moverá a cabeça de cima para baixo, enquanto durar o estímulo de interação visual-vestibular com barras optocinéticas para baixo.

A posturografia fornece os parâmetros LOS para a etapa 1 e SV e COP para as etapas 2 a 11. Esses parâmetros são descritos para cada participante, em cm<sup>2</sup> (centímetros quadrados), cm/s (centímetros por segundo) e cm<sup>2</sup> (centímetros quadrados), respectivamente. Além dos valores quantitativos, é fornecido um gráfico para cada condição que contém o LOS e o COP (Figura 6).

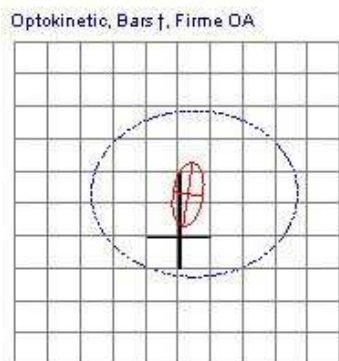


Figura 6. Representação gráfica do LOS (círculo azul) e do COP (círculo vermelho) gerada pela posturografia.

Optokinetic, Bars ↑, Firme OA: estímulo optocinético de barras verticais para cima, superfície firme, olhos abertos.

A duração de cada uma das etapas é de 60 (sessenta) segundos. Se o paciente não tolerar sessenta segundos em alguma etapa, o exame é interrompido e é repetida a etapa que precisou ser interrompida.

O paciente fica amparado por uma cinta de velcro, pertencente à Unidade BRU. Essa cinta fica em torno do tórax do participante para ampará-lo em caso de desequilíbrio. Após ter sido posicionado em segurança, são colocados os óculos, através dos quais o participante receberá os estímulos visuais e vestibulares virtuais.

Todos os estímulos recriam situações da vida corriqueira, como atravessar ruas, observar carros em movimento, subir e descer escadas, entre outras. A posturografia apresenta sempre os mesmos estímulos em preto e branco e a mesma seqüência deles para todos os participantes.

Indivíduos acima de 70 anos e com história de duas ou mais quedas em ambiente aberto foram submetidos a um protocolo de treinamento com o sistema de Realidade Virtual da BRU, empregando diferentes condições sensoriais: alteração na superfície de suporte, estimulação de respostas oculomotoras sacádicas, optocinéticas, reflexo vestibulo-ocular e interação vestibulo-visual. Após seis semanas de treinamento foi observado que estes indivíduos apresentavam uma redução dos valores da velocidade de oscilação (SV) e do centro de pressão (COP) em comparação com as respostas posturais nas condições estáticas com olhos abertos e campos visuais estáticos e dinâmicos <sup>(62)</sup>.

As respostas posturais de 20 pacientes (média etária de 64 anos) com doença de Parkinson (DP) tratados com levodopa e no estágio 1 da escala de Hoehn e Yahr e 24 indivíduos hígidos (grupo controle) com média etária de 59 anos foram registradas durante a estimulação optocinética horizontal de 60º/s e após a sua interrupção. O LOS foi

significativamente menor ( $P < 0,001$ ) nos pacientes com DP, quando comparados ao grupo controle; o valor do COP apresentou aumento significativo após a interrupção da estimulação optocinética nos pacientes com DP ( $P < 0,001$ ) e não se observou diferença significativa nos pacientes do grupo controle. Estes achados mostram que os pacientes com DP apresentam deficiência no limite de estabilidade e nas estratégias do controle postural<sup>(56)</sup>.

Até o presente momento somente o estudo citado acima avaliou o equilíbrio de pacientes com DP com a BRU. Porém, é importante ressaltar que nesse estudo somente foram avaliados pacientes no estágio 1 da escala de Hoehn e Yahr, bem como não foram executadas posturografias em sua sequência completa como proposto no presente estudo, ou seja, com suas onze etapas. Além disso, somente foram investigados o LOS e o COP, sendo que este último antes e após a retirada de um estímulo visual optocinético, não sendo avaliado o parâmetro SV. Entretanto, o estudo é de grande valia por mostrar que há alterações no limite de estabilidade e no centro de pressão de pacientes em estágio inicial da DP e que mudanças nas referências visuais podem trazer prejuízo ao equilíbrio de pacientes parkinsonianos mesmo em estágio inicial da doença.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

Alterações do equilíbrio e risco de quedas contribuem para o prejuízo da qualidade de vida na Doença de Parkinson e aumentam a morbimortalidade desta doença. Uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos nas alterações do equilíbrio é fundamental. A posturografia da Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU) é um novo instrumento para avaliação quantitativa do equilíbrio. Esse instrumento foi muito pouco explorado na Doença de Parkinson. O presente estudo foi desenvolvido para avaliar alterações do equilíbrio em diferentes fases da Doença de Parkinson por meio da BRU.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS**

- Avaliar o equilíbrio por meio do exame de posturografia realizado em Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU), em participantes com Doença de Parkinson.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar a avaliação do equilíbrio por meio do exame de posturografia realizado em BRU, em participantes com Doença de Parkinson e indivíduos sem a doença;
- correlacionar as alterações no exame de posturografia realizado em BRU com o estágio da doença avaliado pela escala de Hoehn e Yahr;
- avaliar os pacientes de acordo com a Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS) e Escala de "Schwab and England Activities of Daily Living" (SE);
- estudar a associação da avaliação do equilíbrio por meio do exame de posturografia realizado em BRU com quedas e exame clínico.

### 3. REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA

1. Bloem BR. Postural instability in Parkinson's disease. *Clin Neurol Neurosurg* 1992; 94 (Suppl.):S41-S45.
2. Burch D, Sheerin F. Parkinson's disease. *Lancet*. 2005; 365: 622-627.
3. Rieder CRM, Picon PD, Amaral KM. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas: Doença de Parkinson. In: Paulo Dornelles Picon, Alberto Beltrame. Protocolos Clínicos e Diretrizes Terapêuticas: Medicamentos Excepcionais. Brasília, 2002, v.1, p 235 -260.
4. Bloem B, Hausdorff J, Visser J, Giladi N. Falls and freezing gait in Parkinson's disease: a review of two interconnected, episodic phenomena. *Mov Disord* 2004; 19:871 - 884.
5. Gao X, Chen H, Schwarzschild MA, Logroscino G, Ascherio A. Perceived imbalance and risk of Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2008 Mar 15; 23(4):613 -616.
6. Gazzola JM, Doná F, Ganança MM, Suárez H, Ganança FF, Caovilla HH. Realidade virtual na avaliação e reabilitação dos distúrbios vestibulares. *Acta ORL*. 2009; 27(1): 22 – 27.
7. Parkinson J. An essay on the shaking palsy. Sherwood, Neely, Jones. London, 1817.
8. Teive HAG. O papel de Charcot na Doença de Parkinson. *Arq. Neuropsiquiatria*. 1998; 56(1): 141-145.
9. Poewe W, Antonini A, Zijlmans JC, Burkhard PR, Vingerhoets F. Levodopa in the treatment of Parkinson's disease: an old drug still going strong. *Clin Interv Aging*. 2010 Sep 7; 5:229 - 238.
10. Chen JJ. Parkinson's disease: health-related quality of life, economic cost, and implications of early treatment. *Am J Manag Care*. 2010 Mar; 16 Suppl Implications:S87-93.

11. Garcia RPJ, Meseguer E. Breve história de la L-dopa. *Neurologia*. 2002; 17(4): 214-217.
12. Paulson H, Stern M. Clinical manifestations of Parkinson's disease. In: Watts RL, Koller WC. *Movement Disorders: Neurologic principles and Practice*. New York: McGraw-Hill; 1996: 183-200.
13. Tanner C, Hubble J, Chan P. Epidemiology and genetics of Parkinson's disease. In: Watts RL, Koller WC. *Movement Disorders: Neurologic principles and Practice*. New York: McGraw-Hill; 1996: 137-152.
14. Bekris LM, Mata IF, Zabetian CP. The genetics of Parkinson disease. *J Geriatr Psychiatry Neurol*. 2010 Dec; 23(4):228-42.
15. Ferrer I. Neuropathology and neurochemistry of nonmotor symptoms in Parkinson's disease. *Parkinsons Dis*. 2011 Feb 17; 2011:708404.
16. Gibb W, Lees A. The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1988; 51: 745 – 752.
17. Lang AE, Lozano AM. Parkinson's Disease. *NEJM*. 1998; 339(15): 1044-1053.
18. Gibb W. Neuropathology of Parkinson's disease and related syndromes. *Neurol Clinics*. 1992; 10: 361 – 376.
19. Hughes AJ, Ben-Shlomo Y, Daniel SE, Lees AJ. What features improve the accuracy of clinical diagnosis in Parkinson's disease: a clinicopathologic study. *Neurology*. 1992; 42: 1142- 1146.
20. Hughes AJ, Daniel SE, Ben-Shlomo Y, Lees AJ. The accuracy of diagnosis of parkinsonian syndromes in a specialist movement disorder service. *Brain*. 2002; 125: 861 – 870.
21. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinic-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*. 1992; 55: 181-184.
22. Gelb D, Oliver E, Gilman S. Diagnostic Criteria for Parkinson's Disease. *Arch Neurol*. 1999; 56: 33 – 39.
23. Goulart F, Pereira L. Uso de escalas para avaliação da Doença de Parkinson em fisioterapia. *Rev. Crefito* 3, 2005, 2(1): 49 – 56.
24. Martinez-Martin P, Gil-Nagel A, Garcia LM, Gomez JB, Martinez-Sarries J, Bermejo F: Unified Parkinson's Disease Rating Scale: characteristics and structure (The Cooperative Multicentric Group). *Mov Disord* 1994; 9:76-83.

25. Movement Disorder Society Task Force on Rating Scales for Parkinson's Disease. The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS): Status and recommendations. *Mov Disord*. 2003; 18 (7): 738 – 750.
26. Perlmutter JS. Assessment of Parkinson disease manifestations. *Curr Protoc Neurosci*. 2009 Oct; Chapter 10:Unit10.1.
27. Morris ME. Movement disorders in people with Parkinson disease: a model for physical therapy. *Phys Ther* 2000; 80:578 – 597.
28. Cano-de la Cuerda R, Macías-Jiménez AI, Cuadrado-Pérez ML, Miangolarra-Page JC, Morales-Cabezas M. Posture and gait disorders and the incidence of falling in patients with Parkinson. *Rev Neurol*. 2004 Jun 16-30; 38(12):1128 - 1132.
29. Lewis GN, Byblow WD. Altered sensorimotor integration in Parkinson's disease. *Brain* 2002; 125: 2089 - 2099.
30. Matinolli M, Korpelainen JT, Korpelainen R, Sotaniemi KA, Matinolli VM, Myllylä VV. Mobility and balance in Parkinson's disease: a population-based study. *European Journal of Neurology*. 2009; 16: 105–111.
31. Mancini M, Rocchi L, Horak FB, Chiari L. Effects of Parkinson's disease and levodopa on functional limits of stability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008 May; 23(4):450 - 458.
32. McVey MA, Stylianou AP, Luchies CW, Lyons KE, Pahwa R, Jernigan S, Mahnken JD. Early biomechanical markers of postural instability in Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2009; 30(4):538 - 542.
33. Hely M. A, Reid WG, Adena MA, Halliday GM, Morris JG. The Sydney multicenter study of Parkinson's disease: The inevitability of dementia at 20 years. *Movement Disorders*. 2008; 23: 837–844.
34. González-Fernández J, Prieto-Albin R, Velasco-Palacios L, Jorge-Roldán S, Cubo-Delgado E. Digestive disorders in Parkinson's disease: dysphagia and sialorrhea. *Rev Neurol*. 2010 Feb 8;50 Suppl 2:S51 - 54.
35. Santin R, Fonseca VF, Bleil CB, Rieder CRM, Hilbig A. Olfactory function and Parkinson's disease in Southern Brazil. *Arq Neuropsiquiatr*. 2010; 68(2): 252 – 257.



36. Wattendorf E, Welge-Lüssen A, Fiedler K, Bilecen D, Wolfensberger M, Fuhr P, Hummel T, Westermann B. Olfactory impairment predicts brain atrophy in Parkinson's disease. *J Neurosci*. 2009 Dec 9; 29(49):15410 - 15413.
37. Horak FB, Frank J, Nutt J. Effects of dopamine on postural control in parkinsonian subjects: scaling, set and tone. *J Neurophysiol*. 1996; 75: 2380 - 2396.
38. Kempster PA, Williams DR, Selikhova M, Holton J, Revesz T, Lees AJ. Patterns of levodopa response in Parkinson's disease: a clinico-pathological study. *Brain* 2007; 130; 2123 – 2128.
39. Lang AE, Lees A. Surgical treatment for Parkinson's disease: deep brain surgery. *Mov Disord*. 2002a; 17(sup4): 128 – 147.
40. Lang AE, Lees A. Surgical treatment for Parkinson's disease: neural transplantation. *Mov Disord*. 2002b; 17(Sup4): 148 – 155.
41. Chung KA, Lobb BM, Nutt JG, McNames J, Horak F. Objective measurement of dyskinesia in Parkinson's disease using a force plate. *Movement Disorders*. 2010; 25: 602 – 608.
42. Nocera J, Horvat M, Ray CT. Effects of home-based exercise on postural control and sensory organization in individuals with Parkinson disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2009 Dec;15(10):742 - 745.
43. Canning CG, Sherrington C, Lord SR, Fung VS, Close JC, Latt MD, Howard K, Allen NE, O'Rourke SD, Murray SM. Exercise therapy for prevention of falls in people with Parkinson's disease: a protocol for a randomized controlled trial and economic evaluation. *BMC Neurol*. 2009 Jan 22; 9:4.
44. Lord S. Aging and falls: Causes and prevention. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2007; 7(4):347.
45. Lord SR, Webster IW. Visual field dependence in elderly fallers and non fallers. *Int J Aging Hum Dev* 1990; 31:267 - 277.
46. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol*. 1994; 49:M72-M84.
47. Jobst E, Melnik M, Byl N, Dowling G, Aminoff M. Sensory perception in Parkinson disease. *Arch Neurol* 1997; 54: 345 - 352.
48. Ganesan M, Pal PK, Gupta A, Sathyaprabha TN. Dynamic posturography in evaluation of balance in patients of Parkinson's disease with normal pull test:

- concept of a diagonal pull test. *Parkinsonism Relat Disord*. 2010 Nov; 16(9):595 -599.
49. Azulay JP, Mesure S, Blin O. Influence of visual cues on gait in Parkinson disease: contribution to attention or sensory dependence? *J Neurol Sci* 2006; 248:192 - 195.
  50. Chastan N, Debono B, Malmete D, Weber 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; 23:366 - 372.
  51. Kempster PA, O'Sullivan S, Holton JL, Revesz T, Lees AJ. Relationships between age and late progression of Parkinson's disease: a clinico-pathological study. *Brain*. 2010; 133; 1755 – 1762.
  52. Suárez H, Geisinger D, Suárez A, Carrera X, Buzo R, Amorin I. Postural control and sensory perception in patients with Parkinson's disease. *Acta Oto-Laryngologica*. 2009 Apr; 129(4):354 -360.
  53. Ganança FF, Castro ASO, Branco FC, Natour J. Interferência da tontura na qualidade de vida de pacientes com síndrome vestibular periférica *Rev. Bras. Otorrinolaringol*. 2004; 70(1): 94 –101.
  54. Ganança MM. *Vertigem tem cura? O que aprendemos nestes últimos 30 anos*. Lemos Editorial. São Paulo, 1998.
  55. Herdman SJ. *Reabilitação Vestibular*. 2<sup>nd</sup> ed. São Paulo. Ed. Manole; 2002.
  56. Suárez H, Geisinger D, Suárez A, Carrera X, Spiller P, Lapilover V. Postural strategies in normal subjects and in patients with instability due to central nervous system diseases after sudden changes in the visual flow. *Acta Otolaryngol*. 2008; 128: 398 – 403.
  57. Błaszczyk JW, Orawiec R. Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: sway ratio analysis. *Hum Mov Sci*. 2010 Aug 26.
  58. Liaw MY, Chen CL, Pei YC, Leong CP, Lau YC. Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Med J*. 2009 May-Jun; 32(3):297-304.
  59. Nashner LM. Adaptation of human movement to altered environments. *Trends Neurosci*. 1991; 5: 358 - 379.
  60. Lavinsky L. *Tratamento em Otologia*. Rio de Janeiro. Editora Revinter, 2006.

61. Huang SL, Hsieh CL, Wu RM, Tai CH, Lin CH, Lu WS. Minimal detectable change of the timed “up & go” test and the dynamic gait index in people with Parkinson disease. *Phys Ther.* 2011 Jan; 91(1):114 - 121.
62. Suárez H, Suárez A, Lavinsky L. Postural adaptation in elderly patients with instability and risk of falling after balance training using a virtual-reality system. *Tinnitus J.* 2006;12 (1):41-44.
63. Suárez H, Muse P, Suarez A, Arocena M. Postural behavior responses to visual stimulation in patients with vestibular disorders. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 2000; 120:168 - 172.
64. Horak FB, Nashner L. Central programming of postural movements; adaptation to altered support-surface configuration. *J Neurophysiol.* 1991; 55: 1369 – 1386.
65. Tossavainen T, Juhola M, Pyykko I, Keikki A, Toppilad E. Development of virtual reality stimuli for force platform posturography. *Int J Med Informatics* 2003; 70:277 - 283.
66. Rossi-Izquierdo M, Soto-Varela A, Santos-Pérez S, Sesar-Ignacio A, Labella-Caballero T. Vestibular rehabilitation with computerized dynamic posturography in patients with Parkinson’s disease: improving balance impairment. *Disabil. Rehabili.* 2009; 31(23): 1907 – 1916.
67. Ebersbach G, Gunkel M. Posturography reflects clinical imbalance in Parkinson’s disease. *Mov Disord.* 2010 Dec 13.
68. Peñasco-Martín B, de los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, de la Peña-González AI. Application of virtual reality in the motor aspects of neurorehabilitation. *Rev Neurol.* 2010; 16; 51(8):481 - 488.
69. Owen Black F. Clinical status of computerized dynamic posturography in neurotology. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2001; 9: 314 - 318.
70. Visser JE, Oude Nijhuis LB, Jansenn L, Bastiaanse CM, Borm GF, Duysens J, Bloem BR. Dynamic Posturography in Parkinson’s Disease: diagnostic utility of the “first trial effect”. *Neuroscience* 2010; 168: 387-394.

#### **4. ARTIGO EM LÍNGUA INGLESA**

## VIRTUAL BALANCE ASSESSMENT IN PARKINSON'S DISEASE

<sup>1</sup>Lílian Saldanha Paiva; <sup>2</sup>Marcelo Wierzynski de Oliveira, MD; <sup>3</sup>Luiz Lavinsky, MD, PhD;  
<sup>1</sup>Mariana Feller Gonçalves da Silva; <sup>4</sup>Artur F. S. Schuh, MD; <sup>4</sup>Carlos Roberto de Mello Rieder, MD, PhD.

<sup>1</sup> Post-Graduation in Medicine: Medical Sciences. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brazil.

<sup>2</sup> Post-Graduation in Medicine: Surgery. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brazil.

<sup>3</sup> Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre-RS, Brazil.

<sup>4</sup> Neurology Service of Hospital de Clinicas de Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brazil.

**Running Title:** Virtual Balance Assessment in PD

**Keywords:** Parkinson's Disease, Posturography, Balance Rehabilitation Unit, Balance Impairment, Virtual Reality

**Word count:** 3.213

**Financial disclosure/ conflict of interest:** None of the authors have any conflict of interest or any financial disclosures to make

**Funding sources:** FIPE/HCPA (Fundo de Incentivo a Pesquisa e Eventos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)

---

\* Corresponding author:  
Carlos R. M. Rieder, MD, PhD  
carlosrieder@terra.com.br  
Neurology Service of Hospital de Clinicas de Porto Alegre. Rua Ramiro Barcelos, 2350  
Porto Alegre - RS – Brazil - 90035-903 - Phone: +55 51 2101-8181 / +55 51 2101-8520

## **Abstract**

**Background:** Postural instability and falls are disabling features of idiopathic Parkinson's disease (PD). However, clinical evaluation of postural stability remains difficult and imprecise. Balance Rehabilitation Unit (BRU) consists in a virtual reality system to assess balance by posturography, providing quantitative measures of limits of stability, body center of pressure and body sway velocity in eleven different sensorial conditions. In this study, we assessed balance of patients with PD using BRU posturography and compared with healthy controls.

**Methods:** Forty four PD patients (HY 1 to 3) and 76 healthy controls were studied. The patients were evaluated in the best ON state using UPDRS, Schwab and England Activities of Daily Living Scale and BRU posturography. In patients, BRU posturography was related to performance in pull test, Hoehn and Yahr Stages and falls.

**Results:** PD patients have showed lower limits of stability (LOS) ( $P=0,002$ ) and higher body center of pressure (COP) ( $P<0,0001$ ) and body sway velocity (SV) ( $P<0,0001$ ) than controls in all conditions assessed by BRU posturography. Even patients with normal pull test had lower LOS and higher COP and SV than controls. It was investigated the sensitivity and specificity of BRU posturography parameters and LOS seemed to be the most accurate parameter to establish postural instability in patients with the best combination of high sensitivity and specificity.

**Conclusions:** The BRU posturography can help in the identification of changes in sensory systems related to balance impairment and is a helpful tool to identify balance impairment even when this symptom is not presented clinically.

## **Introduction**

Postural instability and falls are disabling features in advanced stages of idiopathic Parkinson's disease (PD). Clinical evaluation of postural stability is relevant for staging, management and prognosis of PD. However, clinical balance tests in PD patients remains difficult and imprecise <sup>1</sup>.

Currently, the pull test, question 30 of the Unified Parkinson Disease Rating Scale (UPDRS) is the clinical tool most often used to grade the different degrees of postural instability in PD. Nevertheless, the pull test has several limitations, such as inter-rater reliability depending on the manner of test execution <sup>2</sup>.

In contrast to the pull test, posturography is an objective and quantitative measure of balance<sup>1</sup>. Among the devices currently available, Balance Rehabilitation Unit (BRU) is a virtual reality system to assess balance by posturography. Advantages of BRU posturography include the standardized application of balance perturbations, objectiveness of results and the generation of multiple and concurrent quantitative outcome measures of limits of stability (LOS), body center of pressure (COP) and postural sway velocity (SV) in eleven different sensory conditions by recreating the stimuli to which we are exposed in daily life <sup>3</sup>.

The rationale behind this system is to analyze how the exposure to different types of visual, vestibular and somatosensory information impacts on postural control. If it is possible to elucidate which of the sensory stimuli that the patient is daily exposed elicit instability, a better comprehension about postural stability can be reached and further treatment, such as customized rehabilitation programs, may be designed to generate postural adaptation as a response to specific stimuli which cause instability <sup>4</sup>.

In this study we used quantitative assessment of balance using BRU posturography in patients with PD, in different stages of the disease, and compared with healthy controls.

## Methods

Forty four patients with diagnosis of idiopathic Parkinson's Disease, according to the UK Parkinson's Disease Society Brain Bank criteria were studied. Patients were recruited from the Movement Disorder Clinic of Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brazil, and they should have been in stage 1, 2 or 3 of the Hoehn and Yahr scale. All the PD patients were being treated with anti-Parkinson medications. In patients, the clinical and posturographic assessments were performed during the best 'ON' period after taking the usual medications. Written informed consent was obtained from all subjects, which were approved by the Research and Ethics Committee of Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

The study had the participation of 76 healthy controls, recruited for this study among patients' relatives, partners, companions and other volunteers. Subjects with cognitive deficits and causes other than PD to balance impairment were excluded.

An assessment was performed, which verified the following in the study group: age, gender, duration of disease, presence and frequency of falls, used medication and the classification according to Hoehn and Yahr (HY), the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) and the Schwab and England Activities of Daily Living (SE).

The Balance Rehabilitation Unit (BRU) posturography was performed in patients and controls, by the same investigator in order to avoid measurement bias. The BRU platform has an area of 40 cm x 40 cm and is marked by horizontal and vertical coordinates for positioning patient's feet. The BRU platform converts the pressure applied on its surface into electrical signals to determine the limits of stability, the center of pressure area and the sway velocity, providing balance information. For this examination, subjects were asked not to move the upper limbs and feet.

The exam was composed of 11 (eleven) steps, which were automatically generated in the same sequence. The duration of each step was 60 seconds. Actual falls were prevented by a safety harness of the BRU. BRU Posturography provided the following parameters: Limit of Stability (LOS) to step 1 and Center of Pressure (COP) and Sway Velocity (SV) to steps 2 through 11. The LOS and COP were described for each participant in cm<sup>2</sup> (square centimeters) and the SV was described in cm/s (centimeters per second).

The first four stages (items 1 to 4) were performed without the use of virtual reality goggles and the following seven steps (items 5-11) were done with the virtual reality goggles, through which the participant received the virtual stimuli, as following:

1. Limits of stability (LOS): the patient must perform movements in the 4 directions (forward-backward-right-left) to enable assessment, trying to reach his/her stability limit in these 4 directions. In the performance of these movements it is important not to use hip strategies, only ankle strategies.



2. eyes open, firm surface (COP1 and SV1);
3. eyes closed, firm surface (COP2 and SV2);
4. eyes closed, on a foam placed on the platform (COP3 and SV3);
5. eyes open, firm surface, watching saccadic stimulus (COP4 and SV4);
6. eyes open, firm surface, watching optokinetic stimulus with bars to the right (COP5 and SV5);
7. eyes open, firm surface, watching optokinetic stimulus with bars to the left (COP6 and SV6);
8. eyes open, firm surface, watching optokinetic stimulus with bars to the bottom (COP7 and SV7);
9. eyes open, firm surface, watching optokinetic stimulus with bars to the top (COP8 and SV8);
10. eyes open, firm surface, subject moves his/her head from left to right, while the integrative visual vestibular stimulus is being delivered (COP9 and SV9);
11. eyes open, firm surface, subject moves his/her head from top to bottom, while the integrative visual vestibular stimulus is being delivered (COP10 and SV10).

The data was entered in Microsoft Excel 2007 and later transferred to SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 10.0 for Windows. The category variables were described using absolute and relative frequencies. The quantitative variables were described through median and quartile interval. Comparisons between control and patients groups for age were performed using Student's t-test and chi-square for gender. Sway paths of posturography were not normally distributed within groups and were compared with nonparametric tests. For group comparisons between patients and controls were used Kruskal-Wallis test. For comparisons between patients by Hoehn and Yahr Stages 1, 2 and 3 was used Mann-Whitney test. A P-value < 0,05 was considered to indicate statistical significance.

## Results

Forty four patients with PD and 76 healthy controls were assessed. The analysis that verified the age and gender did not show a significant difference between patients and controls. The main clinical characteristics of the sample are listed in Table 1. All patients were receiving therapy with levodopa. Some of them associated with amantadine (n=10), pramipexole (n=8) and entacapone (n=2).

Twenty seven patients (61.4%) have already reported motor fluctuations. Dyskinesias were reported by 32 (72.7%).

There was significant difference in all parameters of BRU posturography between PD patients and controls (Table 2).

When the patients were analyzed in relation to the results of BRU posturography, according to their Hoehn and Yahr Stage (HY) (Table 3), we found significant difference in LOS (limit of stability) and COP3 (body center of pressure when patient is on a foam surface and eyes closed). It was found significant difference in COP3 - body center of pressure when patient is on a foam surface and eyes closed ( $P=0,006$ ) between patients in HY1 and HY2 ( $P=0,006$ ) and in LOS – limits of stability ( $P=0,014$ ) and COP3 - body center of pressure when patient is on a foam surface and eyes closed ( $P=0,006$ ) between HY1 and HY3. We also found significant difference between HY2 and HY3 in LOS – limits of stability ( $P=0,039$ ) and COP3 - body center of pressure when patient is on a foam surface and eyes closed ( $P=0,039$ ).

History of falls in the precedent year was assessed in all participants. Controls have not reported falls and 33 out of 44 PD patients reported falls. When we compared BRU posturography parameters between fallers (n=33) and non fallers (n=11) in PD patients, it was not found significant difference in those scores, respectively. The frequency of falls among PD patients were categorized according to the answers of item 13 of UPDRS part II (0=none, 1= rare falling, 2= occasionally falls, less than once per day, 3=falls an average of once daily and 4=falls more than once daily) and have not showed significant difference between fallers in HY1, 2 and 3 ( $P=0,125$ ). Comparison between where they usually fell (home, street, other) and HY stages have not showed significant difference ( $P=0,371$ ).

We compared the score of pull test with posturographic measures in patients. It was used the pull test (item 30 of the UPDRS) delivering a sudden pull to both shoulders from behind. Response was rated pathological if retropulsion of more than two steps backwards (corresponding to a score of 1 in the UPDRS) or loss of balance (corresponding to a score of 2) occurred. Clinical assessment showed normal pull-test performance in 24 patients scoring “0”. Impaired pull-test performance was presented in 20 patients with 14 patients scoring “1” and 6 patients scoring “2”. We have found lower LOS scores and higher

COP and SV scores in group of PD patients with normal pull test than controls (Table 4) and statistical significance in all BRU posturography parameters between controls and PD patients with abnormal pull test ( $P < 0,0001$ ). Figure 1 demonstrates LOS, COP1 and COP3 between controls, PD patients with normal pull test and PD patients with abnormal pull test.

Ultimately, we investigated the sensitivity and specificity of BRU posturography parameters to verify the presence or absent of disequilibrium in our PD patients. It was considered pull test as a gold standard. Pull test performance from only patients was divided dichotomically in normal ( $n=24$ ) and abnormal ( $n=20$ ). It was found a sensitivity of 90% and specificity of 83.3% for LOS (limits of stability) with a cut-off point of 139.00 and area =0.888 under the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve. The other BRU posturography parameters have showed lower areas under the roc curve and cut-off points with a sensitivity around 90% showed lower specificities.

## Discussion

Various studies have reported different methods to assess balance in PD <sup>1, 2, 5</sup>. Several studies have attempted to quantify the balance impairment in PD using force platforms, but studies with computerized posturography generally provided results about the balance behavior under static and dynamic conditions and usually dynamic conditions were associated with mobile platforms<sup>1</sup>. With regard to this aspect, although the BRU platform is stationary, this system is able to generate stimuli in a very similar way people are exposed to in real life situations <sup>4</sup>. Furthermore, the possibility of measuring through a force platform the behavior of the LOS (limits of stability), COP (body center of pressure) and SV (body sway velocity) for each condition where visual, vestibular and somatosensory stimuli are delivered, allows the evaluation of the impact of the sensory characteristics of patients on postural responses.

In relation to BRU posturography parameters, LOS is the limits of stability and is defined as the area over which a subject could safely move without changing the base of support (forward, left, right and backward), using the ankle strategy <sup>2,4</sup>. COP is the body center of pressure and SV is the postural sway velocity. COP and SV were numbered according to the conditions in which patients were submitted during the test. Increase in LOS scores suggests a good control of balance. In contrast to LOS, decrease in COP and SV scores represents a subject with appropriated balance or, in other words, the correspondent stimuli which provided the COP or SV had slightly interfered on the balance.

Differences between balance of PD patients and healthy controls are well known in clinical assessment, but generally it used to be correlated to motor symptoms of PD as freezing, impaired gait, abnormal pull test <sup>6,7</sup>. There is little information on the quantification of balance impairment in PD with Balance Rehabilitation Unit (BRU) posturography. Actually there is only one previous study where BRU were used to assess balance in PD patients, but not all BRU posturography parameters were investigated. In this study, the authors have assessed LOS and body center of pressure (COP) before and after a sudden change in visual flow velocity of PD patients and have found LOS significantly decreased in twenty PD patients as compared with the control group ( $P < 0,001$ ). Only PD patients in Stage 1 of the Hoehn and Yahr Scale were included in their study, suggesting that patients with PD even in the early stages have decreased limits of stability (LOS) and changes in the visual input impair their postural control <sup>8</sup>. In our study we have reached similar findings. The area values of the limits of stability (LOS), body center of pressure (COP) and postural sway velocity (SV) of the group with Parkinson's disease were significantly different (lower LOS and higher COP and SV) compared to a control group, strongly suggesting impairment of their postural capabilities.

Despite the fact that our findings in BRU posturography are difficult to be quantitative compared to other types of posturographies, due to differences performing those exams, lower LOS scores of PD patients were found in a study where other kind of dynamic posturography were performed in 20 patients with PD (HY2) and 20 matched healthy controls<sup>2</sup>.

Concerning about severity of disease, in our study, PD patients have showed significant difference in LOS and COP3, in different stages of the disease, suggesting that as the disease progresses, the worse it gets in terms of balance performance, motor skills and more dependent they become in daily living activities<sup>9</sup>. It could be correlated to those studies where postural instability is reported to be characteristic of later stages of PD<sup>1,2,10</sup>.

Special attention should be given to COP3. Combination of an unreliable somatosensory information and deprivation of vision or these conditions alone have been reported before as affecting body balance<sup>11</sup> of PD patients<sup>12,13,14</sup>. However, in our study, the findings about COP3 lead us to think that probably changes on the vestibular pathways could be impairing balance of our PD patients, considering that when patients were on a foam surface, with eyes closed, they were supposed to be depending on their vestibular system basically. So, further research should be taken about vestibular disorders in PD<sup>15,16</sup>.

In order to investigate if there was a parameter more accurate to be used as a tool to identify postural abnormalities in PD patients, we investigated the sensitivity and specificity of each BRU posturography parameters. LOS seemed to be the most accurate parameter to establish balance impairment in the studied patients with the best combination of high sensitivity and specificity. Other parameters have showed lower areas under ROC curve and when a sensitivity of 90% was considered, they have showed lower specificities.

In the present study, PD patients with normal pull test had lower scores of LOS and higher scores of COP and SV than controls in all conditions of the BRU posturography. Although previous studies, where other types of posturographies were used, have found differences also<sup>1,17</sup>, we should state that BRU is a useful tool to identify balance impairment even when patients are not presenting this symptom clinically.

Our study had few limitations. We evaluated the patients only in the best ON state. Although PD patients could not be able to remain in a stand position in their OFF state as long as the BRU posturography takes, future studies should try to evaluate patients in both OFF and ON states. In addition, we could not determine differences in the BRU posturography scores between fallers and nonfallers PD patients. Although PD patients on more severe stages of the disease presented higher scores on the BRU posturography, they did not referred many falls in the preceding years. We believe it happened because the immobility made them less exposed to situations that can result in falls, compared to PD patients in early stages of the disease.

To conclude, the use of a virtual reality system which recreates the environmental sensory stimulation and records the postural responses with these stimuli could be useful to assess balance in Parkinson's disease. Our results indicated that the BRU posturography can help in the identification of changes in sensory systems related to balance disorders in PD patients, even when patients are not presenting this symptom clinically.

BRU posturography can reproduce different conditions of sensory conflicts with a mix of visual, vestibular and somatosensory information and can register how they impact on postural control. It can relevantly contribute for further treatment as customizing rehabilitation programs for balance disorders in patients with Parkinson's disease.

## References

1. Ebersbach G, Gunkel M. Posturography reflects clinical imbalance in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2010 Dec 13.
2. Ganesan M, Pal PK, Gupta A, Sathyaprabha TN. Dynamic posturography in evaluation of balance in patients of Parkinson's disease with normal pull test: concept of a diagonal pull test. *Parkinsonism Relat Disord.* 2010 Nov; 16(9):595 -599.
3. Suárez H, Suárez A, Lavinsky L. Postural adaptation in elderly patients with instability and risk of falling after balance training using a virtual-reality system. *Tinnitus J.* 2006;12 (1):41-44.
4. Suárez H, Arocena M, Geisinger D, Suárez A, Carrera X. Analysis of the role of virtual reality technology in the assessment and rehabilitation of instability in the elderly population. In: Vincent ML, Moreau TM. *Accidental Falls: Causes, Preventions and Interventions.* Nova Science Publishers Inc, 2008; p107 – 120.
5. Visser JE, Oude Nijhuis LB, Jansenn L, Bastiaanse CM, Borm GF, Duysens J, Bloem BR. Dynamic Posturography in Parkinson's Disease: diagnostic utility of the "first trial effect". *Neuroscience* 2010; 168: 387-394.
6. Bloem B, Hausdorff J, Visser J, Giladi N. Falls and freezing gait in Parkinson's disease: a review of two interconnected, episodic phenomena. *Mov Disord* 2004; 19:871 - 884.
7. Gao X, Chen H, Schwarzschild MA, Logroscino G, Ascherio A. Perceived imbalance and risk of Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2008 Mar 15;23(4):613 -616.
8. Suárez H, Geisinger D, Suárez A, Carrera X, Buzo R, Amorin I. Postural control and sensory perception in patients with Parkinson's disease. *Acta Oto-Laryngologica.* 2009 Apr; 129(4):354 -360.
9. Kempster PA, O'Sullivan S, Holton JL, Revesz T, Lees AJ. Relationships between age and late progression of Parkinson's disease: a clinico-pathological study. *Brain.* 2010; 133; 1755 – 1762.
10. Bloem BR (1992) Postural instability in Parkinson's disease. *Clin Neurol Neurosurg* 94 (Supl.):S41-S45.
11. Nashner LM. Adaptation of human movement to altered environments. *Trends Neurosci.* 1991; 5: 358 - 379.

12. Suárez H, Geisinger D, Suárez A, Carrera X, Spiller P, Lapilover V. Postural strategies in normal subjects and in patients with instability due to central nervous system diseases after sudden changes in the visual flow. *Acta Otolaryngol.* 2008; 128: 398 – 403.
13. Azulay JP, Mesure S, Blin O. Influence of visual cues on gait in Parkinson disease: contribution to attention or sensory dependence? *J Neurol Sci* 2006; 248:192 - 195.
14. Lewis GN, Byblow WD. Altered sensorimotor integration in Parkinson's disease. *Brain* 2002;125: 2089 - 2099.
15. Suarez H, Muse P, Suarez A, Arocena M. Postural behavior responses to visual stimulation in patients with vestibular disorders. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 2000; 120:168 - 172.
16. Rossi-Izquierdo M, Soto-Varela A, Santos-Pérez S, Sesar-Ignacio A, Labella-Caballero T. Vestibular rehabilitation with computerised dynamic posturography in patients with Parkinson's disease: improving balance impairment. *Disabil. Rehabili.* 2009; 31(23): 1907 – 1916.
17. Chastan N, Debono B, Malmete D, Weber 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; 23:366 - 372.



### Figures

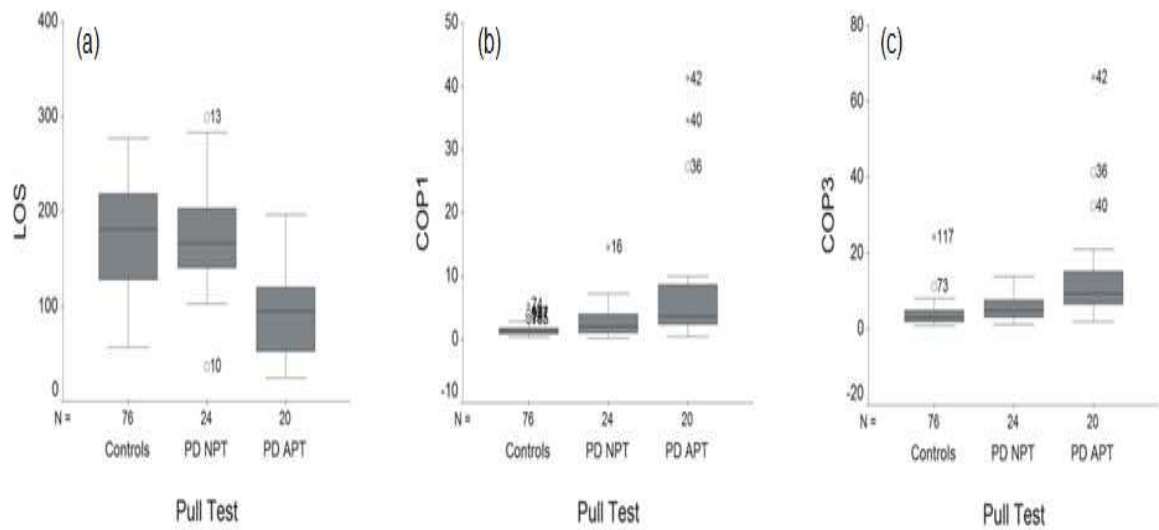


Fig.1. (a) Limits of Stability (LOS), (b) Center of Pressure, when patient is on a firm surface with eyes opened (COP1) and (c) Center of Pressure, when patient is on a foam surface, with eyes closed (COP3) between controls, PD patients with normal pull test (PD NPT) and PD patients with abnormal pull test (PD APT).

## Tables

**Table 1.** Characteristics of PD patients and controls.

Parameters	PD patients (n=44)	Controls (n=76)	P-value
Age	66,52 ± 9,36	65,66±9,08	0,62
Disease Duration (years)	9,5 ± 3,69	-	-
Gender	Female	55 (72,4%)	0,71
Hoehn and Yahr	-	-	-
Stage 1	5 (11,4%)	-	-
Stage 2	27 (61,4%)	-	-
Stage 3	12 (27,3%)	-	-
Unified Parkinson´s Disease Rating Scale (UPDRS)	-	-	-
UPDRS-I	3.00 (1.00 to 4.00)	-	-
UPDRS-II	13.50 (11.00 to 17.00)	-	-
UPDRS-III	24.50 (19.25 to 31.50)	-	-
UPDRS-IV	4.50 (2.00 to 6.75)	-	-
Schwab and England Activities of Daily Living (SE)	90.00 (72.50 to 90.00)	-	-

Values expressed as Mean ± SD for age and disease duration. Values expressed as Median (quartile interval) for UPDRS and SE.

**Table 2.** BRU posturography parameters of PD patients and controls.

Conditions	Parameters	PD patients (n=44)	Controls (n=76)	P-value
Firm surface, eyes opened	LOS	139.00 (95.00 to 175.00)	181.00 (128.25 to 219.25)	0,002
Firm surface, eyes opened	COP1	2.88 (1.51 to 4.99)	1.32 (0.85 to 1.73)	<0,0001
	SV1	1.03 (0.80 to 1.75)	0.72 (0.59 to 0.87)	<0,0001
Firm surface, eyes closed	COP2	3.71 (1.34 to 6.63)	1.65 (1.02 to 2.43)	<0,0001
	SV2	1.31 ( 0.93 to 2.21)	0.92 (0.74 to 1.11)	<0,0001
Foam surface, eyes closed	COP3	6.85 (3.71 to 11.17)	3.05 (1.99 to 5.03)	<0,0001
	SV3	1.78 (1.26 to 2.51)	1.28 (0.94 to 1.59)	<0,0001
Saccadic	COP4	3.40 (1.76 to 6.63)	1.54 (0.93 to 2.53)	<0,0001
	SV4	1.59 (1.06 to 2.72)	1.06 (0.79 to 1.43)	<0,0001
Optokinetic, Bars →	COP5	2.71 (1.42 to 4.47)	1.54 (0.94 to 2.42)	0,001
	SV5	1.33 (0.81 to 2.18)	0.93 (0.72 to 1.21)	<0,0001
Optokinetic, Bars ←	COP6	2.99 (1.47 to 5.71)	1.42 (0.79 to 2.17)	<0,0001
	SV6	1.42 (1.05 to 2.05)	0.87 (0.64 to 1.09)	<0,0001
Optokinetic, Bars ↓	COP7	3.05 (1.66 to 6.36)	1.46 (0.90 to 2.61)	<0,0001
	SV7	1.37 (0.89 to 1.86)	0.93 (0.67 to 1.20)	<0,0001
Optokinetic, Bars ↑	COP8	3.94 (1.71 to 6.39)	1.65 (0.86 to 2.85)	<0,0001
	SV8	1.32 (0.89 to 1.93)	0.91 (0.68 to 1.14)	<0,0001
Visual vestibular interaction ↔	COP9	4.93 (2.36 to 9.35)	2.84 (1.81 to 4.22)	<0,0001
	SV9	1.61 (1.30 to 2.48)	1.26 (0.95 to 1.72)	<0,0001
Visual vestibular interaction ↑	COP10	4.74 (2.54 to 9.33)	3.02 (1.96 to 3.89)	<0,0001
	SV10	1.90 (1.17 to 2.41)	1.28 (1.00 to 1.73)	<0,0001

LOS, Limits of Stability. COP, Center of Pressure, and SV, Sway Velocity, were numbered according to the investigated condition; Values expressed as median and quartile interval. The arrow represents the direction of the optokinetic stimulus.

\*Kruskal-Wallis test

**Table 3.** Balance analysis between PD patients in Hoehn and Yahr Stages 1, 2 and 3.

Condition	Parameters	HY1 (n=5)	HY2 (n=27)	HY3 (n=12)	P-value		
					HY1 x HY2	HY1 x HY3	HY2 x HY3
<b>Firm surface, eyes opened</b>	LOS	170.00 (129.00 to 252.00)	143.00 (101.00 to 189.00)	97.50 (50.50 to 138.00)	0,183	0,014	0,039
<b>Firm surface, eyes opened</b>	COP1	1.77 (1.04 to 2.68)	3.49 (1.60 to 5.38)	2.52 (1.23 to 21.50)	0,077	0,279	0,663
	SV1	0.76 (0.50 to 1.44)	1.10 (0.84 to 1.63)	1.12 (0.91 to 3.33)	0,077	0,064	0,425
<b>Firm surface, eyes closed</b>	COP2	3.16 (0.88 to 3.45)	4.22 (1.30 to 6.32)	5.23 (1.52 to 19.35)	0,150	0,234	0,480
	SV2	0.89 (0.61 to 1.91)	1.38 (1.01 to 1.84)	1.55 (0.80 to 4.26)	0,122	0,195	0,708
<b>Foam surface, eyes closed</b>	COP3	3.20 (2.16 to 4.05)	6.78 (4.32 to 9.48)	11.53 (6.50 to 27.77)	0,006	0,006	0,039
	SV3	0.97 (0.89 to 1.78)	1.79 (1.26 to 2.51)	1.83 (1.28 to 4.03)	0,077	0,064	0,578
<b>Saccadic</b>	COP4	2.89 (0.79 to 9.59)	3.40 (2.19 to 6.41)	3.26 (1.69 to 26.98)	0,511	0,506	0,663
	SV4	1.03 (0.68 to 2.97)	1.62 (1.15 to 2.66)	1.63 (0.93 to 5.23)	0,335	0,328	0,822
<b>Optokinetic, Bars →</b>	COP5	2.73 (1.28 to 2.87)	2.70 (1.49 to 4.45)	4.53 (1.53 to 35.59)	0,511	0,442	0,188
	SV5	0.92 (0.64 to 2.46)	1.32 (0.86 to 1.86)	2.06 (0.87 to 4.45)	0,545	0,234	0,258
<b>Optokinetic, Bars ←</b>	COP6	2.30 (0.91 to 3.34)	2.99 (1.43 to 4.84)	7.38 (2.04 to 17.69)	0,310	0,130	0,080
	SV6	0.69 (0.64 to 2.20)	1.52 (1.12 to 1.83)	1.59 (1.09 to 3.66)	0,087	0,130	0,425
<b>Optokinetic, Bars ↓</b>	COP7	0.95 (0.81 to 4.82)	2.80 (1.86 to 5.04)	7.40 (1.91 to 16.20)	0,109	0,082	0,104
	SV7	0.63 (0.56 to 2.26)	1.43 (1.03 to 1.64)	1.62 (0.91 to 3.43)	0,122	0,160	0,480
<b>Optokinetic, Bars ↑</b>	COP8	1.30 (0.56 to 5.50)	4.08 (1.97 to 5.56)	5.16 (1.99 to 21.08)	0,201	0,104	0,233
	SV8	0.68 (0.55 to 2.32)	1.34 (0.95 to 1.96)	1.57 (0.90 to 2.81)	0,150	0,195	0,753
<b>Visual vestibular interaction ↔</b>	COP9	3.73 (1.52 to 4.46)	5.10 (2.42 to 8.07)	9.77 (2.31 to 19.54)	0,166	0,130	0,133
	SV9	1.62 (0.88 to 2.12)	1.86 (1.45 to 2.39)	1.47 (1.04 to 3.64)	0,389	0,646	0,845
<b>Visual vestibular interaction ↓</b>	COP10	2.51 (1.27 to 3.79)	4.85 (2.95 to 8.23)	11.27 (2.55 to 24.67)	0,060	0,082	0,111
	SV10	1.25 (1.02 to 2.10)	2.03 (1.23 to 2.41)	2.01 (1.16 to 4.08)	0,183	0,328	0,685

LOS, Limits of Stability. COP, Center of Pressure and SV, Sway Velocity, were numbered according to investigated condition. Values expressed as median and quartile interval. The arrow represents the direction of the optokinetic stimulus. HY1, HY2, HY3, Hoehn and Yahr Stage 1 to 3.

\*Mann-Whitney test

**Table 4.** Differences in BRU posturography parameters between controls, PD patients with normal pull test and PD patients with abnormal pull test.

Condition	Parameters	Controls (n=76)	PD patients with normal pull test (n=24)	PD patients with abnormal pull test (n=20)	P-value Controls x PD patients with normal pull test	P-value Controls x PD patients with abnormal pull test	P-value PD patients with normal pull test x PD Patients with abnormal pull test
<b>Firm surface, eyes opened</b>	LOS	181.00 (128,25 to 219,25)	166.50 (140.75 to 203.50)	95.00 (50.50 to 124.50)	0,884	<0,0001	<0,0001
<b>Firm surface, eyes opened</b>	COP1	1.33 (0.85 to 1.74)	2.07 (1.02 to 3.99)	3.68 (2.34 to 9.15)	0,009	<0,0001	0,024
	SV1	0.72 (0.59 to 0.87)	0.87 (0.66 to 1.40)	1.40 (1.00 to 2.48)	0,008	<0,0001	0,002
<b>Firm surface, eyes closed</b>	COP2	1.65 (1.02 to 2.44)	2.93 (1.25 to 5.90)	5.80 (2.55 to 9.34)	0,034	<0,0001	0,050
	SV2	0.92 (0.74 to 1.11)	1.08 (0.78 to 1.70)	1.79 (1.16 to 3.95)	0,052	<0,0001	0,017
<b>Foam surface, eyes closed</b>	COP3	3.05 (2.00 to 5.04)	4.97 (3.20 to 7.65)	9.35 (6.47 to 15.83)	0,002	<0,0001	0,004
	SV3	1.29 (0.94 to 1.60)	1.44 (1.08 to 1.89)	2.15 (1.44 to 4.03)	0,059	<0,0001	0,030
<b>Saccadic</b>	COP4	1.54 (0.93 to 2.53)	2.90 (1.22 to 6.15)	4.70 (2.67 to 16.82)	0,008	<0,0001	0,066
	SV4	1.07 (0.79 to 1.44)	1.38 (0.93 to 2.42)	1.89 (1.38 to 3.11)	0,012	<0,0001	0,106
<b>Optokinetic, Bars →</b>	COP5	1.55 (0.94 to 2.42)	1.93 (1.27 to 3.39)	3.13 (2.21 to 17.38)	0,088	<0,0001	0,021
	SV5	0.93 (0.72 to 1.22)	1.16 (0.77 to 1.85)	1.80 (1.12 to 2.95)	0,056	<0,0001	0,075
<b>Optokinetic, Bars ←</b>	COP6	1.42 (0.79 to 2.18)	2.68 (0.83 to 4.92)	3.81 (2.37 to 8.92)	0,009	<0,0001	0,114
	SV6	0.87 (0.64 to 1.09)	1.14 (0.88 to 1.77)	1.59 (1.26 to 3.14)	0,002	<0,0001	0,055
<b>Optokinetic, Bars ↓</b>	COP7	1.46 (0.90 to 2.61)	2.20 (1.11 to 5.15)	3.88 (2.47 to 8.98)	0,021	<0,0001	0,043
	SV7	0.93 (0.67 to 1.21)	1.15 (0.75 to 1.62)	1.54 (1.23 to 2.42)	0,027	<0,0001	0,043
<b>Optokinetic, Bars ↑</b>	COP8	1.66 (0.86 to 2.85)	3.07 (1.32 to 6.36)	4.97 (2.69 to 6.83)	0,009	<0,0001	0,144
	SV8	0.91 (0.68 to 1.14)	1.05 (0.75 to 1.73)	1.75 (1.08 to 2.28)	0,042	<0,0001	0,036
<b>Visual vestibular interaction ↔</b>	COP9	2.85 (1.81 to 4.23)	4.00 (1.68 to 8.11)	7.52 (3.81 to 9.78)	0,107	<0,0001	0,077
	SV9	1.27 (0.95 to 1.72)	1.56 (1.06 to 2.26)	1.97 (1.37 to 3.02)	0,038	<0,0001	0,289
<b>Visual vestibular interaction †</b>	COP10	3.02 (1.97 to 3.89)	3.93 (1,71 to 8.83)	6.38 (3.02 to 12.39)	0,052	<0,0001	0,183
	SV10	1.29 (1.01 to 1.74)	1.74 (1.14 to 2.35)	2.09 (1.57 to 3.10)	0,043	<0,0001	0,175

LOS, Limits of Stability. COP, Center of Pressure and SV, Sway Velocity, were numbered according to investigated condition. Values expressed as median and quartile interval. The arrow represents the direction of the optokinetic stimulus.

\*Mann-Whitney test

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma da Unidade de Reabilitação do Equilíbrio (BRU) é capaz de gerar estímulos de uma maneira muito similar aos quais as pessoas estão expostas na vida real. Além disso, a possibilidade de medir o comportamento do LOS (limite de estabilidade), do COP (centro de pressão) e SV (velocidade de oscilação) em diferentes condições permite avaliar o impacto dos estímulos visuais, vestibulares e somatossensoriais nas respostas posturais.

Em nosso estudo, os valores do LOS, do COP e da SV do grupo com doença de Parkinson foram significativamente diferentes (escores menores de LOS e maiores de COP e SV), em comparação ao grupo controle, sugerindo comprometimento das capacidades posturais do grupo estudado.

No que diz respeito à gravidade da doença, em nosso estudo, os pacientes foram classificados nos estágios 1, 2 e 3 da escala de Hoehn e Yahr (HY) e mostraram diferença significativa nos parâmetros LOS e COP3 (centro de pressão da etapa 3 – paciente sobre uma almofada, com olhos fechados), em diferentes estágios da doença, sugerindo que, conforme a doença progride, pior se torna a mobilidade, o desempenho do equilíbrio corporal e mais dependentes os pacientes se tornam em atividades da vida diária.

Ainda em relação à alteração encontrada em COP3, sugerimos que futuras pesquisas investiguem a presença de distúrbios vestibulares em pacientes com Parkinson, uma vez que na etapa geradora desse parâmetro, o paciente permanece com olhos fechados (sem input visual) e sobre almofada (*input* proprioceptivo não confiável), dependendo exclusivamente de seu *input* vestibular.

A fim de investigar se havia um parâmetro mais preciso para ser usado como uma ferramenta para identificar alterações posturais em pacientes com DP verificamos a sensibilidade e especificidade de cada um deles. LOS parece ser o parâmetro mais acurado para estabelecer desequilíbrio nos pacientes estudados, com a melhor combinação de alta sensibilidade e especificidade. Os outros parâmetros mostraram áreas mais baixas sob a curva ROC e, quando uma sensibilidade de 90% foi considerada, eles mostraram baixa especificidade.

Por fim, no presente estudo, os pacientes com *pull test* normal apresentaram menores escores de LOS e escores mais altos do COP e SV do que os controles em todas as condições da posturografia, comprovando que a BRU é uma ferramenta útil para identificar comprometimento do equilíbrio mesmo quando os pacientes ainda não estão apresentando este sintoma clinicamente.

Por fim, como perspectivas futuras, a posturografia da BRU fornece informações quantitativas do equilíbrio de pacientes com DP em onze condições sensoriais diferentes de forma prática. Pode ser usada em futuras pesquisas, como método comparativo nos estudos do tipo antes e depois da introdução de determinada conduta terapêutica ou como referência de avaliação em termos de prognóstico de equilíbrio de pacientes com Parkinson.

## **6. ANEXOS**



ANEXO I  
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO

TÍTULO:

Avaliação do equilíbrio em pacientes com doença de Parkinson por meio de exame de posturografia em unidade virtual.

AUTORES:

Lílian Saldanha Paiva, Carlos Roberto de Mello Rieder, Luiz Lavinsky.

Caro Sr (a),

Você está sendo convidado a participar de um estudo. Abaixo fornecemos alguns esclarecimentos sobre dúvidas que você possa ter.

Em caso de qualquer dúvida quanto ao estudo, o que ele envolve e sobre os seus direitos, você poderá nos perguntar durante a sua consulta e/ou exame ou contatar a Dra. Lílian Saldanha Paiva pelo telefone (51) 3330-2444, o Dr. Carlos Rieder pelo telefone (51) 2101-8182 ou (51)2101-8520 ou o Dr. Luiz Lavinsky pelo telefone (51) 3330-2444.

Qual o objetivo da pesquisa?

Comparar os resultados encontrados em posturografia realizada em Unidade Virtual de Reabilitação do Equilíbrio, em participantes com diagnóstico de Parkinson e em participantes sem esse diagnóstico.

Como é feito este estudo?

Durante consulta com médico neurologista do ambulatório de Distúrbios do Movimento do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, o(a) senhor(a) será avaliado(a) por uma escala de estágio de incapacidade.

Após, a pesquisadora Lílian Paiva entrará em contato com o(a) senhor(a) para agendar um horário. Após o agendamento, o(a) senhor(a) deverá se dirigir no dia marcado à Clínica Lavinsky, situada na Rua Quintino Bocaiúva, 673 – Bairro Moinhos de Vento, em Porto Alegre, na sala de Fisioterapia, situada no 2º andar da clínica. Nesse local, o(a) senhor(a) será avaliado(a) pela pesquisadora Lílian Paiva, que preencherá três escalas, caracterizando o seu estado geral, o seu desempenho motor e o seu grau de dependência para realizar atividades do dia-a-dia.

Após as escalas, o(a) senhor(a) será submetido(a) a um exame, chamado Posturografia em Unidade de Reabilitação de Equilíbrio, um aparelho pioneiro no Brasil.

Esse exame dura cerca de 20 minutos e consiste em posicioná-lo(a) sobre uma plataforma que medirá a sua oscilação, durante determinadas situações, como por exemplo, enquanto está com olhos abertos, com olhos fechados e enquanto observa certas imagens que aparecerão em um óculos de realidade virtual. Você será informado do resultado do exame assim que ele estiver disponível.

Essa oscilação corresponde à maneira como o seu equilíbrio corporal reagirá a cada um dos estímulos oferecidos pelo aparelho. Os estímulos serão visuais, do labirinto ou uma combinação dos dois.

Os valores encontrados serão usados como comparativo entre os participantes com diagnóstico de Parkinson e os sem esse diagnóstico.

A mesma pesquisadora preencherá ao final do encontro um questionário para averiguar quedas, o tempo de doença e uso de medicamentos.

No total será utilizada uma hora para a aplicação das escalas, posturografia e questionário.

Serão reembolsadas as despesas com passagens de ônibus no valor de R\$ 4,00 para o participante.

Quais são os riscos em participar deste estudo?

O exame funcional de posturografia não oferece riscos ou desconfortos.

O que você ganha com este estudo?

Sua colaboração neste estudo é no sentido de poderem ser comparados os resultados obtidos entre os participantes com diagnóstico de Parkinson e os sem esse diagnóstico.

Quais são os seus direitos?

Você não precisará pagar por este exame. A sua participação é voluntária, de forma que, caso você decida não participar, isto não afetará o tratamento normal ao qual você tem direito. Os resultados do estudo poderão ser publicados em uma revista científica ou apresentados num evento científico, mas o seu nome não será revelado.

Importante:

Você tem a liberdade de desistir do estudo a qualquer momento, sem fornecer um motivo, assim como pedir maiores informações sobre o estudo e o procedimento a ser feito.

A equipe está à disposição para esclarecimento de quaisquer dúvidas. Assim, você pode entrar em contato com a Dra. Lílian Saldanha Paiva pelo telefone (51) 3330-2444, o Dr. Carlos Rieder pelo telefone (51) 2101-8182 ou (51)2101-8520 ou o Dr. Luiz Lavinsky pelo telefone (51) 3330-2444.

Eu, \_\_\_\_\_, RG n. \_\_\_\_\_:

1. Concordo total e voluntariamente em fazer parte deste estudo.
2. Recebi uma explicação completa do objetivo do estudo, dos procedimentos envolvidos e o que se espera de mim. O médico e/ou a fisioterapeuta me explicaram os possíveis problemas que podem surgir em consequência da minha participação neste estudo.
3. Informei o médico sobre medicamentos que estou tomando.
4. Concordo em cooperar inteiramente com o médico e/ou a fisioterapeuta, supervisores.
5. Estou ciente que tenho total liberdade de desistir do estudo a qualquer momento e que esta desistência não irá, de forma alguma, afetar meu tratamento ou admissão médica futura.
6. Estou ciente que a informação em meu registro médico é essencial para a avaliação dos resultados do estudo. Concordo em liberar esta informação sob o entendimento de que ela será tratada sem que meu nome seja revelado.
7. Estou ciente de que não serei referido por nome em qualquer relatório relacionado a este estudo. Da minha parte, não devo restringir, de forma alguma, os resultados que possam surgir neste estudo.

8. Fui informado da disponibilidade de tratamento médico e a indenização, conforme estabelece a legislação, caso existam danos a minha saúde, diretamente causados por esta pesquisa.

9. Fui informado de que se existirem gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa.

10. Estou ciente do compromisso dos pesquisadores em proporcionar informação atualizada durante o estudo, ainda que esta possa afetar a minha vontade em continuar participando.

11. Estou ciente da segurança de que não serei identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade.

\_\_\_\_\_. Data da Assinatura: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_. RG do acompanhante: \_\_\_\_\_.  
Assinatura do acompanhante  
ou responsável

\_\_\_\_\_. Data da Assinatura: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.  
Assinatura do investigador

## ANEXO II

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO

#### TÍTULO:

Avaliação do equilíbrio em pacientes com doença de Parkinson por meio de exame de posturografia em unidade virtual.

#### AUTORES:

Lílian Saldanha Paiva, Carlos Roberto de Mello Rieder, Luiz Lavinsky.

Caro Sr (a),

Você está sendo convidado a participar de um estudo. Abaixo fornecemos alguns esclarecimentos sobre dúvidas que você possa ter.

Em caso de qualquer dúvida quanto ao estudo, o que ele envolve e sobre os seus direitos, você poderá nos perguntar durante a sua consulta e/ou exame ou contatar a Dra. Lílian Saldanha Paiva pelo telefone (51) 3330-2444, o Dr. Carlos Rieder pelo telefone (51) 2101-8182 ou (51)2101-8520 ou o Dr. Luiz Lavinsky pelo telefone (51) 3330-2444.

Qual o objetivo da pesquisa?

Comparar os resultados encontrados em posturografia realizada em Unidade Virtual de Reabilitação do Equilíbrio, em participantes com diagnóstico de Parkinson e em participantes sem esse diagnóstico.

Como é feito este estudo?

A pesquisadora Lílian Paiva entrará em contato com o(a) senhor(a) para agendar um horário para participar da pesquisa. Após o agendamento, o(a) senhor(a) deverá se dirigir no dia marcado à Clínica Lavinsky, situada na Rua Quintino Bocaiúva, 673 – Bairro Moinhos de Vento, em Porto Alegre, na sala de Fisioterapia, situada no 2º andar da clínica.

O(A) Senhor(a) será submetido a um exame, chamado Posturografia em Unidade de Reabilitação de Equilíbrio, um aparelho pioneiro no Brasil.

Esse exame dura cerca de 20 minutos e consiste em posicioná-lo(a) sobre uma plataforma que medirá a sua oscilação, durante determinadas situações, como por exemplo, enquanto está com olhos abertos, com olhos fechados e enquanto observa certas imagens que aparecerão no óculos de realidade virtual.

Essa oscilação corresponde à maneira como o seu equilíbrio corporal reagirá a cada um dos estímulos oferecidos pelo aparelho. Os estímulos serão visuais, do labirinto ou uma combinação dos dois.

Os valores encontrados serão usados como comparativo entre os participantes com diagnóstico de Parkinson e os sem esse diagnóstico.

Você será informado do resultado do exame assim que ele estiver disponível.

Serão reembolsadas as despesas com passagens de ônibus no valor de R\$ 4,00 para o participante.

Quais são os riscos em participar deste estudo?

O exame funcional de posturografia não oferece riscos ou desconfortos.

O que você ganha com este estudo?

Sua colaboração neste estudo é no sentido de poderem ser comparados os resultados obtidos entre os participantes com diagnóstico de Parkinson e os sem esse diagnóstico.

Quais são os seus direitos?

Você não precisará pagar por este exame. A sua participação é voluntária, de forma que, caso você decida não participar, isto não afetará o tratamento normal ao qual você tem direito. Os resultados do estudo poderão ser publicados em uma revista científica ou apresentados num evento científico, mas o seu nome não será revelado.

Importante:

Você tem a liberdade de desistir do estudo a qualquer momento, sem fornecer um motivo, assim como pedir maiores informações sobre o estudo e o procedimento a ser feito.

A equipe está à disposição para esclarecimento de quaisquer dúvidas. Assim, você pode entrar em contato com a Dra. Lílian Saldanha Paiva pelo telefone (51) 3330-2444, o Dr. Carlos Rieder pelo telefone (51) 2101-8182 ou (51)2101-8520 ou o Dr. Luiz Lavinsky pelo telefone (51) 3330-2444.

Eu, \_\_\_\_\_, RG n. \_\_\_\_\_:

1. Concordo total e voluntariamente em fazer parte deste estudo.
2. Recebi uma explicação completa do objetivo do estudo, dos procedimentos envolvidos e o que se espera de mim. O médico e/ou a fisioterapeuta me explicaram os possíveis problemas que podem surgir em consequência da minha participação neste estudo.
3. Informe-me o médico sobre medicamentos que estou tomando.
4. Concordo em cooperar inteiramente com o médico e/ou a fisioterapeuta, supervisores.
5. Estou ciente que tenho total liberdade de desistir do estudo a qualquer momento e que esta desistência não irá, de forma alguma, afetar meu tratamento ou admissão médica futura.
6. Estou ciente que a informação em meu registro médico é essencial para a avaliação dos resultados do estudo. Concordo em liberar esta informação sob o entendimento de que ela será tratada sem que meu nome seja revelado.
7. Estou ciente de que não serei referido por nome em qualquer relatório relacionado a este estudo. Da minha parte, não devo restringir, de forma alguma, os resultados que possam surgir neste estudo.
8. Fui informado da disponibilidade de tratamento médico e a indenização, conforme estabelece a legislação, caso existam danos a minha saúde, diretamente causados por esta pesquisa.
9. Fui informado de que se existirem gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa.
10. Estou ciente do compromisso dos pesquisadores em proporcionar informação atualizada durante o estudo, ainda que esta possa afetar a minha vontade em continuar participando.
11. Estou ciente da segurança de que não serei identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade.

\_\_\_\_\_. Data da Assinatura: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_. RG do acompanhante: \_\_\_\_\_.  
Assinatura do acompanhante  
ou responsável

\_\_\_\_\_. Data da Assinatura: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.  
Assinatura do investigador

ANEXO III

ESCALA DE ESTÁGIO DE INCAPACIDADE DE HOEHN E YAHR

Estágio 0	Nenhum sinal da doença
Estágio 1	Doença unilateral
Estágio 1,5	Acometimento unilateral e axial
Estágio 2	Acometimento bilateral, sem prejuízo do equilíbrio
Estágio 2,5	Leve acometimento bilateral, recuperação no teste de equilíbrio ("pull test")
Estágio 3	Acometimento leve a moderado; alguma instabilidade postural; independente fisicamente
Estágio 4	Acometimento severo; ainda capaz de caminhar ou permanecer em pé sem auxílio
Estágio 5	Usando cadeira de rodas ou acamado exceto se auxiliado

## ANEXO IV

## ESCALA UNIFICADA DE AVALIAÇÃO DA DOENÇA DE PARKINSON

<b>I. Cognição, Comportamento e Humor</b>	
<b>1. Prejuízo Intelectual</b>	
0	Nenhum
1	Leve. Consistente perda de memória, com lembrança parcial dos eventos e sem outras dificuldades.
2	Moderada perda de memória, com desorientação e dificuldade moderada para resolver problemas complexos. Leve, mas definitivo prejuízo na realização das tarefas domésticas, necessitando ajuda ocasionalmente.
3	Perda severa de memória com desorientação no tempo e freqüentemente no espaço. Total prejuízo na resolução de problemas.
4	Total perda de memória com orientação preservada somente para pessoa. Incapaz de realizar julgamentos ou solucionar problemas. Necessita muito auxílio nos cuidados pessoais. Não pode sair sem acompanhante.
<b>2. Alteração do Pensamento</b>	
0	Não
1	Sonhos vívidos / sonhando acordado
2	Alucinações "benignas" com "insight"/ discernimento retido.
3	Alucinações ou ilusões ocasionais ou freqüentes, sem "insight", podendo interferir com as atividades diárias.
4	Alucinações persistentes, ilusões ou psicoses elaboradas. Inabilidade para cuidar de si mesmo.
<b>3. Depressão</b>	
0	Ausente
1	Períodos de tristeza ou culpa maior que o normal, nunca persiste por dias ou semanas.
2	Depressão persistente (uma semana ou mais)
3	Depressão persistente com sintomas vegetativos (insônia, anorexia, perda de peso e perda de interesse)
4	Depressão persistente com sintomas vegetativos e pensamentos suicidas.
<b>4. Motivação/ Iniciativa</b>	
0	Normal
1	Perda do interesse maior que o usual; mais passivo.
2	Perda da iniciativa ou desinteresse em atividades eletivas (fora da rotina).
3	Perda de iniciativa ou desinteresse em atividades do dia-a-dia (rotineiras).
4	Retraído/ Isolacionismo, completa perda da motivação.
<b>II. Atividades da vida diária</b>	
<b>5. Fala</b>	
0	Normal.
1	Levemente afetada. Sendo compreendido sem dificuldade.
2	Moderadamente afetada. Às vezes pedindo para repetir as declarações para que sejam compreendidas.
3	Severamente afetada. Freqüentemente pedindo para repetir as declarações para que sejam compreendidas.
4	Ininteligíveis na maior parte do tempo.
<b>6. Salivação</b>	
0	Normal
1	Leve, mas definido excesso de saliva na língua; podendo "babar"



	durante o sono
2	Moderado excesso de saliva; podendo "babar" um pouco.
3	Marcado excesso de saliva com alguma "baba".
4	"Babando" muito, necessitando constantemente de lenço ou toalha.
<b>7. Ao engolir</b>	
0	Normalmente
1	Se afogando raramente.
2	Ocasionalmente se afogando.
3	Necessitando alimentos macios.
4	Necessitando de Sonda NG ou Gastrostomia para alimentar-se.
<b>8. Caligrafia</b>	
0	Normal
1	Um pouco vagarosa e caligrafia reduzida de tamanho.
2	Moderadamente lenta com caligrafia reduzida de tamanho, todas as palavras são legíveis.
3	Severamente afetada; nem todas as palavras são legíveis.
4	A maioria das palavras não são legíveis.
<b>9. Ao cortar alimentos e manusear utensílios</b>	
0	Normal
1	Um tanto quanto vagaroso ou desajeitado, mas sem necessitar de auxílio.
2	Pode cortar a maior parte da comida, de modo vagaroso e desajeitado; algumas vezes necessitando de auxílio.
3	Comida tem que ser cortada por alguém, mas pode alimentar-se lentamente.
4	Necessita ser alimentado.
<b>10. Ao trocar de roupa</b>	
0	Normalmente
1	Um tanto quanto vagaroso, mas sem necessitar de auxílio.
2	Ocasionalmente auxiliado com botões, coloca os braços nas mangas.
3	Muita necessidade de auxílio, podendo fazer algumas coisas sozinho.
4	Necessita ser vestido.
<b>11. Higiene pessoal</b>	
0	Normal.
1	Um tanto quanto vagaroso, mas sem necessitar de auxílio.
2	Necessita auxílio para tomar banho; ou muito vagaroso nos cuidados de higiene.
3	Requer ajuda para escovar os dentes, tomar banho, pentear os cabelos, indo ao banheiro.
4	Cateter de Foley ou outros auxílios mecânicos.
<b>12. Ao trocar de posição na cama e arrumar os lençóis</b>	
0	Normal.
1	Um tanto quanto vagaroso, mas sem necessitar de auxílio.
2	Vira-se na cama e ajusta os lençóis sozinho, mas tem grande dificuldade
3	É capaz de iniciar a tentar, mas não se vira ou ajusta os lençóis sozinho.
4	Não consegue executar, realizado por outra pessoa.
<b>13. Quedas [não relacionadas ao "congelamento"]</b>	
0	Nunca.
1	Raramente tem quedas.
2	Ocasionalmente cai, menos de uma vez por dia.
3	Quedas cerca de uma vez por dia.
4	Quedas mais que uma vez por dia.
<b>14. "Congelamento" quando caminha</b>	
0	Nunca.
1	Raramente ocorre "congelamento" quando caminha; pode ter hesitação inicial.

2	Ocasionalmente ocorre "congelamento" quando caminha.
3	Freqüentemente ocorre "congelamento". Ocasionalmente cai por "congelamento"
4	Freqüentemente cai por "congelamento".
<b>15. Marcha</b>	
0	Normal.
1	Dificuldade leve. Pode não balançar os braços ou pode tender a arrastar as pernas (marcha arrastada).
2	Dificuldade moderada, mas requer pouca ou nenhuma assistência
3	Distúrbio severo da marcha, necessitando de auxílio.
4	Não pode caminhar, mesmo com auxílio.
<b>16. Tremor</b>	
0	Ausente.
1	Leve e raramente presente
2	Moderado; aborrecendo o paciente.
3	Severo; interferindo com muitas atividades.
4	Marcado; interferindo com a maioria das atividades.
<b>17. Sintomas sensoriais relacionados ao Parkinsonismo</b>	
0	Ausente.
1	Às vezes tem amortecimentos, formigamentos, ou dor leve
2	Freqüentemente tem amortecimentos, formigamento ou dor; sem produzir estresse.
3	Freqüentemente tem sensações dolorosas.
4	Dor excruciante.
<b>III. Exame Motor</b>	
<b>18. Fala</b>	
0	Normal.
1	Leve perda da expressão, dicção e/ou volume.
2	Monótona, inarticulada, mas compreensível; moderadamente prejudicada.
3	Marcadamente prejudicada, difícil de compreender.
4	Ininteligível.
<b>19. Expressão Facial</b>	
0	Normal.
1	Mínima hipomímia, podendo ser "face de pôquer".
2	Leve, mas definida diminuição anormal da expressão facial.
3	Moderada hipomímia; lábios separados algumas vezes.
4	Fácies em máscara ou fixa com severa ou completa perda da expressão facial; lábios separados mais de 0.5 cm.
<b>20. Tremor de repouso</b>	
0	Ausente.
1	Leve e raramente presente.
2	Leve em amplitude e persistente. Ou moderado na amplitude, mas somente intermitentemente presente.
3	Moderada amplitude e presente a maior parte do tempo.
4	Marcada amplitude e presente a maior parte do tempo.
	<i>Face, lábios e queixo: Mão direita: Mão esquerda: Pé direito: Pé esquerdo:</i>
<b>21. Tremor postural e de ação das mãos</b>	
0	Ausente.
1	Leve, presente com a ação.

2	Moderado em amplitude, presente com a ação.	
3	Moderado em amplitude, postural e de ação.	
4	Marcado em amplitude, interferindo com a alimentação.	<i>Direita:</i> <i>Esquerda:</i>
<b>22. Rigidez</b> [ <i>movimento passivo das articulações maiores com o paciente relaxado em posição sentada, ignore a roda denteada</i> ]		
0	Ausente	
1	Leve ou detectável só quando ativado por outros movimentos.	
2	Leve a moderada.	
3	Marcada, mas total extensão de movimentos obtida facilmente.	
4	Severa, total extensão de movimentos obtida com dificuldade.	<i>Pescoço:</i> <i>Superior direita:</i> <i>Superior esquerda:</i> <i>Inferior direita:</i> <i>Inferior esquerda:</i>
<b>23. "Finger Taps"</b> [ <i>paciente bate o polegar com o dedo indicador em rápida sucessão com a maior amplitude possível, cada mão separadamente</i> ]		
0	Normal	
1	Um tanto quanto lento e/ ou reduzido na amplitude.	
2	Moderadamente prejudicado. Cansaço definido e inicial. Pode apresentar pausas ocasionais durante o movimento.	
3	Prejuízo severo. Frequente hesitação ao iniciar o movimento ou pausas no movimento continuado.	
4	Difícilmente pode executar a tarefa.	<i>Direita:</i> <i>Esquerda:</i>
<b>24. Movimentos manuais</b> [ <i>Paciente abre e fecha as mãos sucessivamente e rapidamente com a maior amplitude possível, cada mão separadamente</i> ]		
0	Normal	
1	Levemente lento e/ ou reduzido na amplitude.	
2	Moderadamente prejudicado. Cansaço nítido e inicial. Pode ter pausas ocasionais no movimento.	
3	Prejuízo severo. Frequente hesitação ao iniciar movimentos ou pausas no movimento continuado.	
4	Difícilmente pode executar a tarefa.	<i>Direita:</i> <i>Esquerda:</i>
<b>25. Movimentos rápidos alternantes das mãos</b> [ <i>movimentos de pronação-supinação das mãos, verticalmente ou horizontalmente, com a maior amplitude possível, cada mão separadamente</i> ]		
0	Normal	
1	Levemente lento e/ ou reduzido na amplitude.	
2	Moderadamente prejudicado. Cansaço nítido e inicial. Pode ter pausas ocasionais no movimento.	
3	Prejuízo severo. Frequente hesitação ao iniciar movimentos ou pausas no movimento continuado.	
4	Difícilmente pode executar a tarefa.	<i>Direita:</i> <i>Esquerda:</i>
<b>26. Agilidade das pernas</b> [ <i>paciente bate sucessivamente e rapidamente o calcanhar no chão, erguendo totalmente a perna. Amplitude deve ser aproximadamente de 8 cm</i> ].		
0	Normal.	
1	Levemente lento e/ ou reduzido na amplitude.	
2	Moderadamente prejudicado. Cansaço nítido e inicial. Pode ter pausas ocasionais no movimento.	

3	Prejuízo severo. Freqüente hesitação ao iniciar movimentos ou pausas no movimento continuado.	
4	Difícilmente pode executar a tarefa.	<i>Direita:</i> <i>Esquerda:</i>
<b>27. Ao levantar-se da cadeira</b> [ <i>paciente tentando levantar de uma cadeira de metal ou madeira reta com os braços mantidos cruzados</i> ]		
0	Normal	
1	Lento; ou pode necessitar mais que uma tentativa.	
2	Impulsiona-se com os braços da cadeira.	
3	Tende a cair para trás e pode ter que tentar mais que uma vez, mas pode levantar sem auxílio.	
4	Sem capacidade de levantar sem auxílio.	
<b>28. Postura</b>		
0	Normalmente ereto.	
1	Não fica totalmente ereto, postura levemente inclinada, poderia ser normal para pessoas mais idosas.	
2	Coloca-se moderadamente inclinado, definitivamente anormal; pode estar ligeiramente inclinado para um lado.	
3	Postura severamente inclinada com cifose; pode estar moderadamente inclinado para um lado.	
4	Marcada flexão com extrema anormalidade de postura.	
<b>29. Marcha</b>		
0	Normal	
1	Caminha lentamente, pode ter marcha arrastada com passos curtos, mas sem festinação (acelerando os passos) ou propulsão.	
2	Caminha com dificuldade, mas requer pouca ou nenhuma assistência; pode ter alguma festinação, passos curtos ou propulsão.	
3	Severo distúrbio da marcha, necessitando auxílio.	
4	Não pode caminhar, mesmo com auxílio.	
<b>30. Estabilidade Postural</b> [ <i>Resposta ao súbito deslocamento posterior produzido por puxada nos ombros enquanto o paciente está de pé com os olhos abertos e os pés ligeiramente separados. Paciente é preparado, podendo ser repetido algumas vezes a manobra</i> ]		
0	Normal	
1	Retropulsão, mas volta à posição original sem auxílio.	
2	Ausência de resposta postural podendo cair se não for amparado pelo examinador.	
3	Muito instável, tende a perder o equilíbrio espontaneamente.	
4	Não consegue parar sem auxílio.	
<b>31. Bradicinesias e hipocinesias corporais</b> [ <i>Combinando lentificação, hesitação, diminuição do balanço dos braços, pequena amplitude, e pobreza dos movimentos em geral</i> ]		
0	Sem.	
1	Mínima lentificação, dando ao movimento um caráter “deliberado”; poderia ser normal para algumas pessoas. Possivelmente amplitude reduzida.	
2	Leve grau de lentificação e pobreza dos movimentos que é definitivamente anormal. Alternativamente, alguma redução da amplitude.	
3	Moderada lentificação, pobreza ou diminuição da amplitude dos movimentos.	
4	Marcada lentificação, pobreza ou diminuição da amplitude dos movimentos.	
<b>IV. Complicações da Terapia</b> [ <i>na última semana</i> ]		

<b>A. Discinesias</b>	
<b>32. Duração: Qual a proporção do dia (acordado) em que as discinesias estão presentes? [Informação histórica]</b>	
0	Nenhuma
1	1-25%
2	26-50%
3	51-75%
4	76-100%
<b>33. Incapacidade: o quanto as discinesias são incapacitantes?</b>	
0	Não incapacitante.
1	Levemente incapacitante.
2	Moderadamente incapacitante.
3	Gravemente incapacitante.
4	Totalmente incapacitante.
<b>34. Discinesias dolorosas: o quanto as discinesias são dolorosas?</b>	
0	Nenhuma discinesia dolorosa.
1	Leve.
2	Moderada.
3	Grave.
4	Acentuada.
<b>35. Presença de distonia no início da manhã:</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>B. Flutuações Clínicas</b>	
<b>36. Os períodos 'off' são previsíveis?</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>37. Os períodos 'off' são imprevisíveis?</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>38. Os períodos 'off' surgem repentinamente, em questão de segundos?</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>39. Qual a proporção do dia acordado em que o paciente fica 'off', em média?</b>	
0	Nenhuma.
1	1-25%
2	26-50%
3	51-75%
4	76-100%
<b>C. Outras complicações</b>	
<b>40. O paciente tem anorexia, náusea ou vômitos?</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>41. Algum distúrbio do sono, como hipersonia ou insônia?</b>	
0	Não.
1	Sim.
<b>42. O paciente tem ortostase sintomática?</b>	
0	Não.
1	Sim.

## ANEXO V

## ESCORE NA ESCALA DE "SCHWAB AND ENGLAND ACTIVITIES OF DAILY LIVING"

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

## ANEXO VI

## QUESTIONÁRIO

1. Data			
2. Sexo	<input type="checkbox"/> Feminino	<input type="checkbox"/> Masculino	
3. Idade			
4. Data de nascimento			
5. O(A) senhor(a) caiu alguma vez no último ano?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
6. Onde?	<input type="checkbox"/> Casa	<input type="checkbox"/> Rua	<input type="checkbox"/> Outro
7. Tempo total da doença (anos)			
8. Quais medicamentos usa?			
9. Apresenta fenômeno de "wearing off" (encurtamento da duração do efeito da levodopa; perda do efeito antes da próxima dose)?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
10. Apresenta fenômeno de "on-off"?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
11. Apresenta discinesias?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	