

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ELIANE RAMOS**

**PARÂMETROS DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL COMO  
INDICADORES DO COMPROMETIMENTO MOTOR  
RELACIONADO À LATERALIDADE NA DOENÇA DE  
PARKINSON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Desportos – Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial ao processo de formação em nível de Mestrado.

Orientador: Dr. Antônio Renato Pereira Moro

**FLORIANÓPOLIS – SC  
2013**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ramos, Eliane

Parâmetros da força de preensão manual como indicadores do comprometimento motor relacionado à lateralidade na doença de Parkinson. [dissertação] / Eliane Ramos ; orientador, Antônio Renato Pereira Moro - Florianópolis, SC, 2013.

103 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. Doença de Parkinson. 3. Força de preensão manual. 4. Lateralidade. I. Moro, Antônio Renato Pereira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

**ELIANE RAMOS**

**PARÂMETROS DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL COMO  
INDICADORES DO COMPROMETIMENTO MOTOR  
RELACIONADO À LATERALIDADE NA DOENÇA DE  
PARKINSON**

**Florianópolis, 28 de fevereiro de 2013.**

**MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Área de concentração: Biodinâmica do Desempenho Humano.**

---

**Prof. Dr. Fernando Diefenthaler**  
**Coordenador da Pós-Graduação em Educação Física – CDS/UFSC**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro (orientador)**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cíntia de la Rocha Freitas (membro)**

---

**Prof. Dr. Paulo Roberto Veiga Quemelo (membro)**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Saray Giovana dos Santos (suplente)**

“A felicidade só é real quando compartilhada.”

Christopher McCandless  
Stampede Trail, Alaska, USA

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos participantes deste estudo, os portadores da doença de Parkinson da região sul do Brasil. Foram momentos únicos, que muitas vezes tornaram a tarefa repetitiva da avaliação física e entrevista um tanto divertida, cada qual remete à uma experiência que trouxe muito aprendizado.

Ao professor Moro, obrigada pela oportunidade, pela compreensão, ensinamentos, e parceria nos trabalhos/pesquisas paralelos ao projeto de dissertação. Agradeço a professora Saray e Cintia pela contribuição na elaboração da dissertação, e claro, obrigada pela sua energia maravilhosa profe Cintia, que contagia demais! E ao professor Paulo (membro externo da banca) pela contribuição na elaboração da dissertação, e pela amizade que começou bem longe daqui! Lembraças boas da FIU (Florida International University).

Aos demais integrantes do BIOMECA que além de contribuírem direta ou indiretamente (cada qual sabe o quanto foi essencial) para a elaboração deste projeto, foram companheiros no dia-a-dia, de momentos descontraídos importantíssimos para que o estresse não tomasse conta! Lá vai uma listinha: Adri, Aline, Dani, Jonathan, Rodrigo, Juliano, Luiz Antônio, Fernando, Tati, Bruno, Crespo e obviamente o Diogo que mais uma vez foi fundamental para que este projeto fosse concluído.

Meus sinceros agradecimentos ao Luiz Eduardo Ramos, integrante do laboratório Nersd - IFSC (Instituto Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina), pela parceria no desenvolvimento do *Software* para coleta de dados. Sem seu conhecimento e sua contribuição, muitos sonhos ficariam no papel!

Finalmente aos fundamentais na minha vida, agradeço por todo carinho (Leandra, Tânia, Louise), incentivo (Pai), paciência (Mãe) e contribuição (Ana Lúcia e Luiz) para mais essa conquista! Martin, obrigada por estar ao meu lado e ser paciente durante esses 2 anos de idas e vindas, a distância só nos uniu!

Enfim, agradeço à CAPES pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

RAMOS, Eliane. **Parâmetros da força de prensão manual como indicadores do comprometimento motor relacionado à lateralidade na doença de Parkinson.** 2013. 103f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Programa de Pósgraduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

Na doença de Parkinson (DP) os sintomas motores geralmente surgem de forma unilateral, com eventual progressão bilateral, mantendo, no entanto, proporções assimétricas. Neste sentido, a utilização da força de prensão manual (FPM) para investigar a capacidade funcional da mão pode ser utilizada na avaliação de indivíduos portadores de patologias neurológicas. Desta maneira, o presente estudo investigou a relação entre os parâmetros da curva patológica da FPM de portadores da DP e os distúrbios motores que comprometem a lateralidade destes indivíduos. Para isso foram avaliados 106 portadores da DP, sendo 65 do sexo masculino. Foi aplicado um questionário para caracterização dos participantes. As medidas antropométricas foram auto-referidas. Para a avaliação da FPM isométrica máxima, foi utilizado um dinamômetro hidráulico com transdutor de pressão. Os parâmetros da curva força-tempo de FPM isométrica máxima avaliados foram o pico de força alcançada (Fmax), tempo para atingir a força máxima (Tmax), taxa de desenvolvimento da força (TDF), taxa de declínio da força máxima (Dfmax), e área sob a curva de FPM isométrica máxima (Afmax). Com relação aos participantes do sexo masculino, estes apresentaram idade de  $66,5 \pm 9,4$  anos, classificados clinicamente no estágio  $2,2 \pm 0,7$  da escala modificada de H&Y, com  $7,5 \pm 5,4$  anos de DP, sendo que apenas dois possuíam dominância lateral esquerda, e 34 relataram predominância dos sinais da DP no hemisfério direito. No sexo feminino, a idade foi de  $66,8 \pm 9,3$  anos, com classificação de  $2,3 \pm 0,7$  no estágio da DP,  $6,7 \pm 6,0$  anos de DP, e apenas dois participantes com dominância lateral esquerda, 24 com predominância dos sinais da DP no hemisfério direito. Em relação aos resultados da Fmax foram observados valores dentro da normalidade para ambos os hemisférios no sexo masculino, e hemisfério esquerdo do sexo feminino, de acordo com os dados da literatura. Para a relação entre o comprometimento dos parâmetros da FPM e hemisfério de predominância dos sinais da DP, constatou-se que apenas a variável

Dfmax no sexo feminino apresentou comprometimento no hemicorpo apontado como mais comprometido pela doença. Constatou-se que, com exceção dos resultados dos parâmetros Dfmax e Tfmax, os demais parâmetros indicaram menor comprometimento no hemicorpo de dominância lateral para os participantes do sexo masculino. Já no sexo feminino, somente a TDF apresentou menor comprometimento no hemicorpo dominante. Dentre 20 testes realizados para verificar a correlação entre os parâmetros da FPM isométrica máxima e o estágio evolutivo da DP, 8 confirmaram que com a evolução da doença, aumenta o comprometimento da FPM, e outros 10 testes apresentaram tendência a este mesmo resultado. O estudo contribuiu para o levantamento de evidências relacionadas ao comprometimento motor na DP, embora não tenha sido possível indicar grande ocorrência de manifestações unilateralizadas que comprovassem significativamente a assimetria no comprometimento motor, característica inerente aos portadores da DP.

**Palavras-chave:** Doença de Parkinson. Força de prensão manual. Lateralidade.

## ABSTRACT

RAMOS, Eliane. **The use of handgrip strength parameters to detect asymmetry of motor symptoms in Parkinson's Disease.** 2013. 103p. Dissertation (Master of Physical Education) – Post-graduate Program in Physical Education, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

In Parkinson's disease (PD) motor symptoms usually occur unilaterally, and eventually become bilateral; however, these changes will stay proportionally asymmetric. In this sense, the use of handgrip strength (HGS) can be useful in evaluating individuals with neurological disorders. Thus, the present study investigated the relationship between the HGS parameters and the motor symptoms of PD patients that cause motor asymmetries. In order to evaluate the isometric HGS, 106 PD patients were evaluated, 65 were males. Initial interviews were performed for patients characterization, and anthropometric measurements were self-reported. For assessment of isometric HGS, an handgrip dynamometer, with a pressure transducer was used. The force-time parameters analysed were maximal isometric HGS (MHGS), time to reach peak force (Tfmax), rate of force development (RFD), rate of peak force decrement (RPF), and area under the force-time curve (IMP). The male participants were  $66.5 \pm 9.4$  years of age, classified on  $2.2 \pm 0.7$  stage of the H & Y modified scale, diagnosed with  $7.5 \pm 5.4$  years of PD, and only 1 participant were left handed, and 34 reported right side of onset of motor symptoms. In females, the age was  $66.8 \pm 9.3$  years, and  $2.3 \pm 0.7$  stage of the H&Y modified scale,  $6.7 \pm 6.0$  years since diagnosed with PD, 2 participants were left handed, and 24 reported right side of onset motor symptoms. Regarding to the results, the MHGS values observed were within the normal range for both right and left sides of the male participants, and left side of the females. The relationship between HGS parameters and side of onset motor symptoms showed that only the side of onset of motor symptoms for RPF of the females was significantly affected by the disease. Except for the results of RPF and Tfmax, the other parameters showed less impairment in the dominant side of male participants. In the females, only the RFD showed less impairment in the dominant side. Among the 20 statistical analyses performed to verify the correlation between the HGS parameters and disease progression (H&Y scale), 8 showed significantly better performance of the parameters in the early stages of the disease, with more impairment of

the parameters as the disease progresses; and 10 other showed a tendency towards the same results. These findings contributed to rise evidence related to motor impairments in PD, although evidence of asymmetry of the motor symptoms it was not largely verified, which could prove the asymmetric manifestations of motor impairment, an inherent characteristic of PD patients.

**Keywords:** Parkinson's disease. Handgrip. Laterality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dinamômetro hidráulico JAMAR® .....	29
Figura 2 – Posicionamento do protocolo de teste da FPM.....	30
Figura 3 – Curva força <i>versus</i> tempo do teste de força.....	34
Figura 4 – Curva força <i>versus</i> tempo e parâmetros.....	35
Figura 5 – Curva força <i>versus</i> tempo e parâmetros.....	36
Figura 6 – O gráfico à esquerda representa a curva.....	39
Figura 7 – Configuração do equipamento de coleta.....	41
Figura 8 – Representação do procedimento de calibração.....	42
Figura 9 – Gráfico da equação de conversão.....	43
Figura 10 – Teste do empurrão.....	45
Figura 11 – Posição adotada durante a avaliação da FPM.....	48
Figura 12 – Interface do <i>software</i> desenvolvido.....	48
Figura 13 – Exemplo da curva de desempenho da FPM.....	50
Figura 14 – Resultado da correlação - estágio da DP e FPM – masculino.....	61
Figura 15 – Resultado da correlação - estágio da DP e FPM – feminino.....	62
Figura 16 – Curva força-tempo do teste de FPM isométrica máxima.....	68
Figura 17 – Comparação entre sujeito saudável e portador da DP...	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores normativos de FPM isométrica máxima.....	32
Tabela 2 – Valores normativos de FPM isométrica máxima.....	32
Tabela 3 – Valores normativos de preensão manual.....	37
Tabela 4 – Escala modificada da classificação do nível.....	44
Tabela 5 – Caracterização dos participantes do estudo.....	53
Tabela 6 – Valores do parâmetro $F_{max}$ .....	54
Tabela 7 – Comparação dos parâmetros da FPM.....	57
Tabela 8 – Comparação dos parâmetros da FPM.....	59
Tabela 9 – Valores do parâmetro $T_{fmax}$ .....	65
Tabela 10 – Valores do parâmetro TDF.....	67
Tabela 11 – Valores do parâmetro $D_{fmax}$ .....	69
Tabela 12 – Valores do parâmetro $A_{fmax}$ .....	71

## LISTA DE SIGLAS

Afmax: Área sob a curva de força *versus* tempo;  
APARS: Associação Parkinson do Rio Grande do Sul;  
APASC: Associação Parkinson Santa Catarina;  
APPP: Associação Paranaense dos Portadores de Parkinsonismo;  
ASHT: American society of hand therapists;  
CV: Coeficiente de variação;  
Dfmax: Taxa de declínio da força máxima;  
DP: Doença de Parkinson;  
Fmax: Força máxima;  
FPM: Força de prensão manual;  
IC: Intervalo de confiança;  
OMS: Organização Mundial da Saúde;  
TDF: Taxa de desenvolvimento da força;  
Tfmax: Tempo para atingir a força máxima;  
UPDRS: Unified Parkinson disease rating scale.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	19
1.1	Objetivos.....	20
1.1.1	Objetivo geral .....	20
1.1.2	Objetivos específicos .....	21
1.2	Justificativa .....	21
1.3	Hipóteses.....	22
1.4	Delimitação do estudo.....	22
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	23
2.1	Doença de Parkinson.....	23
2.1.1	Lateralidade.....	26
2.2	Força de preensão manual.....	27
2.2.1	Parâmetros da força de preensão manual .....	33
2.3	Força de preensão manual na doença de Parkinson ....	37
3	MÉTODO.....	40
3.1	Caracterização do Estudo .....	40
3.2	Participantes .....	40
3.3	Instrumentos de medidas .....	41
3.4	Coletas de dados.....	45
3.4.1	Procedimentos para a coleta de dados .....	45
3.5	Processamento dos dados .....	49
3.6	Definição das variáveis .....	49
3.7	Tratamento estatístico dos dados .....	51
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	53
4.1	Força de Preensão Manual Isométrica Máxima em portadores da doença de Parkinson.....	53
4.2	Hemicorpo de predominância dos sinais da doença de Parkinson e parâmetros da força de preensão manual máxima .....	56
4.3	Dominância lateral e comprometimento dos parâmetros da força de preensão manual isométrica máxima.....	58

4.4 Parâmetros da força de preensão manual isométrica máxima e sua relação com o estágio evolutivo da doença de Parkinson.....	60
4.5 Parâmetros da força de preensão manual isométrica máxima .....	63
4.5.1 Força de preensão manual isométrica máxima - Fmax .....	63
4.5.2 Tempo para atingir a força máxima - Tfmax .....	65
4.5.3 Taxa de desenvolvimento da força - TDF .....	66
4.5.4 Taxa de declínio da força máxima - Dfmax .....	69
4.5.5 Área sob a curva força-tempo – Afmax .....	70
5 CONCLUSÃO .....	74
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	95
APÊNDICE 2 - ENTREVISTA.....	97



## 1 INTRODUÇÃO

Com o envelhecimento, mudanças ocorrem na manutenção dos sistemas orgânicos, onde as funções se reestabelecem de maneira diferente, de acordo com alterações morfológicas, bioquímicas e funcionais, que podem desencadear uma série de doenças crônico-degenerativas, como a doença de Parkinson (DP).

A DP é caracterizada como um processo crônico progressivo e neurodegenerativo que afeta os neurônios dopaminérgicos da zona compacta da substância negra do cérebro, acarretando em produção irregular de dopamina, que atua modulando a preparação e execução dos movimentos (GEVAERD, 2001; OLANOW et al., 2009; SIDAWAY et al., 2006; TEIVE; MENESES, 2003; TOLOSA et al., 2009).

Como não existem exames de diagnóstico específicos, torna-se difícil a avaliação clínica nas fases iniciais, para que se determinem as diferenças entre a DP e outras síndromes parkinsonianas. O Tremor de repouso, bradicinesia, rigidez e perda dos reflexos posturais são geralmente os principais sinais que identificam a presença da DP (HOEHN; YAHR, 1967; JANKOVIC, 2008; PARKINSON, 2002).

Os sintomas motores iniciais, geralmente surgem de forma unilateral, com eventual progressão bilateral, mantendo predominância do comprometimento no membro afetado inicialmente.

Devido às especializações distintas dos hemisférios direito e esquerdo do cérebro em relação à cognição e percepção, é importante comparar pacientes portadores da DP com sintomas motores iniciais no lado direito do corpo (o que infere a presença de patologias do hemisfério esquerdo) com pacientes que apresentam sintomas motores iniciais no lado esquerdo (inferindo patologias do hemisfério direito), pois os sinais motores assimétricos apresentados representam um modelo interessante para avaliar a degeneração nigroestriatal, que por sua vez pode afetar funções cognitivas e contribuir para o surgimento de outros sintomas não motores (CRONIN-GOLOMB, 2010).

A literatura científica comprova a utilização da força de preensão manual (FPM) em inúmeras áreas do conhecimento, para investigar a capacidade funcional da mão humana em diversas situações, como na avaliação de indivíduos portadores de patologias neurológicas (ANDRIA et al., 2006; ATTIVISSIMO et al., 2009).

Inúmeros trabalhos científicos procuraram avaliar e analisar somente resultados de força máxima de preensão manual (GERALDES et al., 2008; KALLMAN et al., 1990; LEYK et al., 2007; MASSY-

WESTROPP et al., 2004; RANTANEN et al., 1999; SASAKI et al., 2007), no entanto, existem dinamômetros adaptados, que possibilitam a aquisição de valores de força por unidade de tempo, permitindo, com auxílio de um *software*, a obtenção de curvas de força *versus* tempo para visualização do desenvolvimento e comportamento da FPM (NAKADA et al., 2004; SHECHTMAN et al., 2007). A tradução da relação entre a força manifestada e o tempo gasto para realizá-la pode contribuir para uma melhor análise funcional de aspectos dinâmicos da força isométrica máxima (KAMIMURA; IKUTA, 2001).

Os parâmetros da curva força *versus* tempo vêm sendo estudados para verificar o comportamento e características durante a obtenção da força máxima isométrica, e com a avaliação da funcionalidade da mão através desses parâmetros, é possível estabelecer eventos fisiológicos e biomecânicos da função da mão humana (ANDRIA et al., 2006; IZQUIERDO et al., 1999; KAMIMURA; IKUTA, 2001).

Alguns estudos analisaram as características dinâmicas do desempenho da força de preensão manual em portadores da DP, em que foram observadas anormalidades nos resultados, quando comparados com sujeitos saudáveis (ANDRIA et al., 2006; ATTIVISSIMO et al., 2009; CORCOS et al., 1996; JORDAN et al., 1992; KUNESCH et al., 1995; STELMACH; WORRINCHAM, 1988; STELMACH et al., 1989).

Realizar um estudo que relacione os parâmetros da curva patológica da FPM de portadores da DP, com distúrbios motores que comprometem a lateralidade destes indivíduos, pode contribuir para que futuramente seja estabelecido um padrão de comportamento dos parâmetros da FPM patológicos que auxilie no diagnóstico de sinais motores e na melhor caracterização de estágios de desenvolvimento da DP.

Desta maneira, a presente pesquisa visa responder a seguinte questão: “Há relação entre os parâmetros da curva patológica da FPM de portadores da DP e os distúrbios motores que comprometem a lateralidade destes indivíduos?”

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar a força de preensão manual como possível indicador do comprometimento motor relacionado à lateralidade em portadores da doença de Parkinson.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever os parâmetros da força de preensão manual (FPM) isométrica máxima em portadores da doença de Parkinson (DP);
- Avaliar se o hemicorpo de predominância dos sinais da DP apresenta maior comprometimento dos parâmetros da FPM isométrica máxima;
- Verificar se o hemicorpo dominante apresenta menor comprometimento dos parâmetros da FPM isométrica máxima;
- Identificar a relação entre os parâmetros da FPM isométrica máxima e o estágio evolutivo da DP.

## 1.2 Justificativa

Este estudo poderá contribuir com dados relevantes na investigação das possibilidades de estabilizar ou retardar o processo neurodegenerativo da DP, e prolongar a qualidade de vida destes indivíduos, obtendo novas informações referentes ao comportamento de variáveis motoras relacionadas à força de portadores da DP.

As avaliações e análises que compõem este estudo poderão auxiliar no desenvolvimento de intervenções terapêuticas para o controle e estabilização dos distúrbios motores da DP.

Há uma escassez de estudos que se proponham a investigar o comportamento da FPM bilateral em portadores da DP (ANDRIA et al., 2006; JORDAN et al., 1992), considerando os parâmetros do desenvolvimento da força e aspectos da lateralidade de portadores, que geralmente apresentam sinais motores da doença que primeiramente se desenvolvem e afetam o portador de maneira unilateral (AMICK et al., 2006; BARRETT et al., 2011; CRONIN-GOLOMB, 2010).

As características da curva força *versus* tempo nesta população e a definição de parâmetros que possam ser relacionados ao prejuízo motor ocasionado por esta doença, ainda não foram completamente definidas, e o comportamento dessas variáveis dinâmicas durante o desempenho da força em portadores da DP pode contribuir para esclarecer possíveis anormalidades que produzem as diferenças entre indivíduos saudáveis e portadores da DP. Com o estudo dos parâmetros da curva patológica da FPM, talvez seja possível contribuir para posteriormente estabelecer um padrão de comportamento dos

parâmetros da FPM patológicos que auxiliem no diagnóstico de sinais motores e na melhor caracterização de estágios de desenvolvimento da DP.

Os sinais motores assimétricos apresentados por portadores da DP parecem representar um modelo interessante para avaliar a degeneração nigroestriatal, que por sua vez pode afetar funções cognitivas e contribuir para o surgimento de outros sintomas não motores (CRONIN-GOLOMB, 2010).

### **1.3 Hipóteses**

H1: Os indivíduos analisados apresentam comprometimentos na FPM isométrica;

H2: Há associação entre a FPM e o hemicorpo de predominância dos sinais da DP;

H3: Os indivíduos analisados apresentam melhor desempenho da FPM no membro superior dominante;

H4: Há correlação negativa entre a performance nos parâmetros da FPM e o estágio evolutivo da DP.

### **1.4 Delimitação do estudo**

As coletas de dados se restringiram aos portadores da doença de Parkinson das associações de portadores desta doença da região sul do Brasil.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura inicia com a descrição da doença de Parkinson (DP), sinais e sintomas, entre outros aspectos característicos, enfatizando os distúrbios motores que a doença apresenta, principalmente aspectos relacionados à funcionalidade dos membros superiores. Em um segundo momento, aborda-se a questão da lateralidade e hemicorpo de predominância dos sinais da DP, novamente enfatizando os aspectos relacionados aos membros superiores. Na sua continuidade destacam-se estudos relacionados à força de preensão manual (FPM) isométrica, protocolos e testes para a mensuração da mesma, considerando os parâmetros dinâmicos da força que também podem ser avaliados e analisados a partir da construção da curva força *versus* tempo que a literatura apresenta. E por fim, são apresentados estudos da força de preensão manual em portadores da DP, abordando parâmetros relacionados à FPM isométrica e resultados apresentados e discutidos na literatura revisada.

### 2.1 Doença de Parkinson

A Doença de Parkinson (DP) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum, afetando principalmente indivíduos na faixa dos 60 anos de idade (OLANOW et al., 2009). É caracterizada como um processo crônico progressivo e neurodegenerativo que afeta os neurônios dopaminérgicos da zona compacta da substância negra do cérebro, acarretando em produção irregular de dopamina, que atua modulando a preparação e execução dos movimentos (GEVAERD, 2001; OLANOW et al., 2009; SIDAWAY et al., 2006; TEIVE; MENESES, 2003; TOLOSA et al., 2009). Esta enfermidade é conhecida como parkinsonismo primário, sendo esta idiopática, ou seja, o mecanismo desencadeador da morte destas células nervosas é desconhecido.

Não existem exames de diagnóstico específicos para a DP. A avaliação clínica, principalmente nas fases iniciais, que produza diferenças entre as síndromes parkinsonianas é tarefa difícil. O PET scan (Tomografia por emissão de pósitrons) pode detectar alterações no sistema dopaminérgico auxiliando o diagnóstico precoce da doença (BROOKS, 1993; TAI; PICCINI, 2004).

Existem outras enfermidades de causa específica que apresentam sintomas encontrados na DP, conhecidas como parkinsonismo

secundário, decorrestes de quadros de arterosclerose, exposição a toxinas, parkinsonismo pós-encefalite, e devido ao uso de alguns medicamentos (LIMONGI, 2000). O mesmo autor também classifica outras síndromes parkinsonianas como o parkinsonismo-plus e parkinsonismo associado a outras doenças degenerativas como doença de Huntington, doença de Hallervorden-Spatz, distonia e doença de Wilson.

O declínio das funções motoras de portadores da DP é considerado como um processo esperado para a população acometida pela doença (JANKOVIC; KAPADIA, 2001). A DP apresenta como principais distúrbios motores: tremores, rigidez, acinesias, bradicinesia, distúrbios da marcha, postura com inclinação anterior, redução do balanço dos membros superiores e instabilidade postural (BARAM, 2002; JANKOVIC, 2008; LIMONGI, 2000). O Tremor de repouso, bradicinesia, rigidez e perda dos reflexos posturais são geralmente os principais sinais que identificam a presença da DP (HOEHN; YAHR, 1967; JANKOVIC, 2008; PARKINSON, 2002).

Os sintomas da DP não são unicamente motores, podendo ocorrer alterações do sono, do sistema nervoso autônomo, quadros de depressão e comprometimento da memória (LIMONGI, 2000).

Com relação ao comprometimento motor na DP, que é foco deste estudo, apresentam-se algumas definições, de acordo com alguns autores:

**Tremor** - É definido como um movimento de vibração de partes do corpo, repetitivo, anormal, não intencional de ritmo geralmente sinusoidal (DEUSCHL et al., 1998; ZHANG et al., 2005). Segundo Deuschl et al. (1998), a classificação de tremores é baseada na distinção entre tremor de repouso, postural, de movimento e tremor intencional (tremor durante movimentos dirigidos).

O tremor de repouso é o sintoma mais reconhecido na DP, com frequência de 4 a 6 Hz, mais comumente visto nas extremidades dos membros superiores, mão e dedos (SEKINE et al., 2004). No estudo de Hoehn e Yahr (1967), o tremor foi o sintoma inicial mais frequente, ocorrendo em 70% dos portadores de parkinsonismo primário.

Em casos de tremores com frequência de  $\approx 10$ Hz em pacientes na fase "OFF" da medicação (período em que a medicação não controla satisfatoriamente a deficiência motora e promove resultados sub-ótimos), esta oscilação previne contração máxima da unidade motora contrátil, o que pode contribuir para a fraqueza muscular (BERARDELLI et al., 2001).

A frequência de ressonância pode diminuir a partir da adição de peso (carregando objetos, ou apoiando o membro acometido) e aumentar com o aumento da rigidez (DEUSCHL, 2001). A adição de inércia (peso) ao membro oscilante é um aspecto/hábito comum em portadores da DP que apresentam tremor de repouso. Estes costumam carregar objetos para manter o membro contraído voluntariamente.

**Bradicinesia** - Definida como lentidão na execução do movimento. Segundo Berardelli et al. (2001), o principal déficit apresenta relação com o desenvolvimento insuficiente de força muscular para atingir o nível de desempenho adequado para a execução apropriada de determinado movimento, considerando que existem outros fatores que contribuem em potencial para a bradicinesia na DP, como fraqueza e rigidez muscular, tremor, variabilidade no movimento e lentidão no raciocínio.

**Rigidez muscular** - É definida pelo aumento na resistência muscular durante o movimento passivo (BERARDELLI et al., 1983). Ocorre devido à falta de sincronismo entre a ação da musculatura agonista e a antagonista em determinado movimento, dificultando a ação muscular por déficit na coordenação (REIS, 2004).

**Acinesia (freezing)** - É a dificuldade de iniciar o movimento considerando que não há presença de lesão corticoespinal ou de unidade motora. A acinesia é causada por uma falha dos sistemas que ativam estes neurônios motores corticoespinhais (BRADLEY et al., 2004).

**Distúrbios posturais** - A instabilidade postural em portadores da DP, segundo estudo realizado por Horak et al. (1992), está associada ao déficit de coordenação, e a padrões de movimentos posturais que apresentam inflexibilidade e são ineficazes na correção do desequilíbrio, e ineficientes na adaptação a mudanças nas condições ambientais (HORAK et al., 1992).

Os tratamentos para controle da DP incluem: Administração de fármacos como a L-DOPA (L-3,4-dihidroxiifenilalanina), mais conhecida como Levodopa, um precursor da dopamina (OLANOW et al., 2009), sua administração não é comprovada como sendo completamente segura, bem como se pode ou não afetar a progressão natural da doença (AGID et al., 1999); Cirurgias no tratamento de distúrbios motores como a palidotomia no tratamento da bradicinesia e talamotomia no tratamento do tremor (FERRAZ et al., 1998; OLANOW et al., 2009); Inclusão de programas de atividade física, considerando que estudos comprovam a contribuição da prática de atividades físicas na estimulação da produção da dopamina que atua modulando a

preparação e execução dos movimentos (CRIZZLE; NEWHOUSE, 2006; SUTOO; AKIYAMA, 2003).

Destacam-se duas escalas como as mais utilizadas para a avaliação do estágio clínico-funcional do portador da DP: A escala dos estágios de incapacidade de Hoehn e Yahr (1967), com duas versões, que é composta por 5 (escala original) e 7 estágios (escala modificada) referentes ao nível de comprometimento funcional e motor, em que indivíduos categorizados no estágio 1 apresentam comprometimento mínimo, e o estágio 5 é o mais avançado; e a escala unificada de avaliação da DP proposta por Fahn et al. (1987) (Unified Parkinson's Disease Rating Scale - UPDRS) (GOULART; PEREIRA, 2005). Segundo SCALZO et al. (2009), a UPDRS é a escala mais aceita atualmente. Este instrumento é composto por 4 subescalas: atividade mental, comportamento e humor (escore 0 à 16); atividades de vida diária (escore 0 à 52); exploração motora (escore 0 à 56); e complicações (score 0 à 23), em que o scores de valor "0" representam a ausência dos componentes relacionados a DP (FAHN et al., 1987).

### 2.1.1 Lateralidade

A Doença de Parkinson (DP) geralmente apresenta sintomas iniciais de forma unilateral, com eventual progressão bilateral (CUBO et al., 2010; HOEHN; YAHR, 1967), mantendo predominância do comprometimento no membro afetado inicialmente (DJALDETTI et al., 2006; LEE et al., 1995). Devido a especializações distintas dos hemisférios direito e esquerdo do cérebro em relação à cognição e percepção, é importante, segundo Cronin-Golomb (2010), comparar pacientes portadores da DP com sintomas motores iniciais no lado direito do corpo (o que infere a presença de patologias do hemisfério esquerdo) com pacientes que apresentam sintomas motores iniciais no lado esquerdo (inferindo patologias do hemisfério direito). O mesmo autor afirma que esses distúrbios unilaterais evidenciam dissociações intra-hemisférios e desequilíbrios de performances entre os hemisférios direito e o esquerdo, o que novamente possui relação com o lado de surgimento dos primeiros sintomas da DP.

Amick et al. (2006) apresentaram resultados significantes da associação entre o lado do surgimento dos sintomas motores da DP e o desempenho de testes de memória. Cooper et al. (2009) também corroboram com esta informação sugerindo em seu estudo que há uma necessidade em direcionar a atenção para déficits cognitivos, principalmente com relação à memória verbal, habilidades de

percepção visual, e linguagem em portadores da DP com sintomas motores referentes ao lado direito, independente do lado de predominância dos sintomas.

No estudo de Cooper et al. (2009), que investigaram a relação entre a gravidade dos sintomas motores unilateralmente e déficits na função cognitiva global em portadores da DP, os resultados indicaram que ocorre uma maior disfunção cognitiva em indivíduos que apresentam maior comprometimento motor no lado direito, o que representa a presença de patologia no lado esquerdo do cérebro. No entanto, os autores pontuam que o estudo aplicou uma bateria de testes cognitivos direcionados para habilidades de linguagem, uma função predominante do hemisfério esquerdo do cérebro.

Kempster et al. (1989) examinaram a assimetria da degeneração nigral e a relação com o tempo de resposta motora com administração de levodopa, em pacientes portadores da DP com oscilações motoras e evidências clínicas de distúrbio assimétrico inicial. O estudo revelou que os portadores da DP que apresentavam distúrbios motores unilaterais iniciais também apresentaram presença de degeneração assimétrica da substância negra com grande perda neuronal no hemisfério contralateral ao hemicorpo inicialmente afetado.

Os sinais motores assimétricos, apresentados por portadores da DP, parecem proporcionar um modelo interessante para avaliar a degeneração nigroestriatal que por sua vez pode afetar funções cognitivas e contribuir para o surgimento de outros sintomas não motores em portadores da DP.

Barrett et al. (2011) encontraram associação entre a mão dominante e o lado de surgimento dos primeiros sintomas da DP. No entanto, Rooden et al. (2009) sugerem que a proporção maior de indivíduos que experimentam os primeiros sintomas da DP no membro dominante, é resultante da hipótese de que os sujeitos notam as mudanças e distúrbios mais prematuramente no membro dominante simplesmente pelo fato de que este é utilizado com mais frequência que o contralateral.

## **2.2 Força de preensão manual**

A mão humana, um instrumento complexo do corpo humano, é fundamental na execução de inúmeras tarefas, desde atividades ocupacionais diárias e comuns a todos os indivíduos à execução de movimentos técnicos específicos em atividades laborais, artísticas e esportivas. Esse instrumento foi e é hoje responsável pelo

desenvolvimento da espécie humana (DIAS et al., 2010; FUGLEVAND, 2010; GANDEVIA; FITZPATRICK, 2011; LYNETTE; LEDERMAN, 2006). Com um conjunto de aproximadamente 29 músculos de capacidade extraordinária, considerando que muitos dos músculos da mão operam em múltiplas articulações (AN et al., 1981), a mão executa uma infinidade de movimentos em determinadas posturas adotadas para a realização de inúmeras tarefas. Estas tarefas envolvem movimentos complexos que geralmente requerem a contração de vários músculos da mão ou de praticamente sua totalidade (ALEXANDER, 1992).

Napier (1956) apresenta dois padrões de movimento básicos de preensão executados pela mão humana: a força de preensão, que envolve a flexão dos dedos com pressão sobre a região palmar, e a preensão de precisão, na execução do movimento de pinçamento de objetos que pode envolver a aproximação dos dedos indicador e/ou médio, anelar e mínimo, com oposição do polegar. Ambos os movimentos possuem características anatômicas e funcionais distintas.

A força de preensão manual (FPM) é um parâmetro comumente utilizado na avaliação da função da mão e monitoramento da recuperação e funcionalidade após lesões e procedimentos cirúrgicos (TREDGETT; DAVIS, 2000). A literatura científica comprova a utilização desse parâmetro em inúmeras áreas do conhecimento, para investigar a capacidade funcional da mão humana em diversas situações, como no desempenho esportivo (LEYK et al., 2007), na avaliação de indivíduos portadores de patologias neurológicas (ATTIVISSIMO et al., 2009), na ergonomia (BYSTROM et al., 2005), e como parâmetro indicador de força muscular de indivíduos saudáveis (YOUNG et al., 1989). No entanto, a avaliação da FPM pode apresentar medidas subjetivas, pois é totalmente dependente da cooperação do sujeito avaliado no momento de aplicação da força (TREDGETT; DAVIS, 2000).

Resultados sub-máximos adquiridos devido à insinceridade no esforço empregado, podem ocorrer devido à problemas como insegurança na execução do movimento, falta de estímulo ou pressão por parte dos avaliadores, intenção de obter valores sub-máximos para mascarar valores reais da força e prejudicar resultados que possam determinar a necessidade de afastamento de atividades de reabilitação ou laborais (SHECHTMAN; TAYLOR, 2000).

Na avaliação da FPM, o instrumento padrão para mensuração desta variável é o dinamômetro, e de acordo com Caixeta (2008), existem vários equipamentos, classificados em quatro categorias:

hidráulicos, mecânicos, pneumáticos e eletrônicos. O equipamento mais utilizado, tanto em pesquisas acadêmicas quanto na área clínica, é o dinamômetro hidráulico de prensão manual JAMAR<sup>®</sup> (Sammons Preston Rolyan, Bolingbrook, IL, USA) (CROSBY et al., 1994; FIGUEIREDO, 2007) (Figura 1).

Figura 1 - Dinamômetro hidráulico JAMAR<sup>®</sup>.

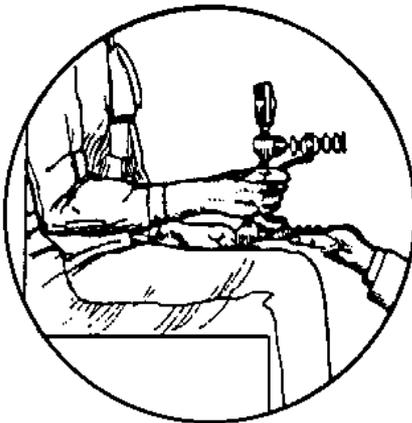


Fonte: Sammons Preston Rolyan, Bolingbrook, IL, USA

O dinamômetro JAMAR<sup>®</sup> é recomendado pela *American Society of Hand Therapists* (Sociedade Americana de Terapeutas da Mão) (ASHT) que utiliza como referência Bechtol (1954), um dos precursores na utilização do dinamômetro JAMAR<sup>®</sup>, com seu trabalho intitulado de “*The use of a dynamometer with adjustable hand spacings*” Bechtol avaliou 435 sujeitos (215 homens e 220 mulheres) que apresentaram maior índice de força quando o dinamômetro foi utilizado na segunda e terceira posições (possui cinco posições) de ajuste referente ao tamanho da empunhadura (CROSBY et al. 1994; STOKES, 1983).

Em relação ao protocolo utilizado, a *American Society of Hand Therapists* (1992) recomenda que o sujeito avaliado permaneça sentado em uma cadeira sem apoio para membros superiores, com a coluna ereta, membros inferiores em ângulo de 90° graus de flexão do joelho, e membro superior a ser avaliado com o ombro aduzido e em rotação neutra, cotovelo em 90° graus de flexão, antebraço em meia pronação (DIAS, 2010) e punho em posição neutra ou em até 30° graus de extensão (MATHIOWETZ et al., 1985). O dinamômetro é posicionado na mão do membro superior a ser avaliado, de forma que o antebraço, sem apoio, continue sustentado a 90° graus de flexão do cotovelo. O avaliador deve sustentar levemente a extremidade inferior do dinamômetro durante a realização do teste (FESS, 1992) (Figura 2).

Figura 2 - Posicionamento do protocolo de teste de FPM, recomendado pela ASHT.



Fonte: Adaptado de FESS (1992).

O protocolo recomendado pela ASHT sugere como resultado (valor final da avaliação da FPM) a média dos valores obtidos em três avaliações realizadas na mensuração/avaliação da FPM (FESS, 1992). Alguns autores utilizaram variações em relação ao número de mensurações consideradas para o resultado final da FPM. Crosby et al. (1994) consideraram somente a primeira mensuração como resultado da avaliação, enquanto Geraldtes et al. (2008) realizaram três tentativas, considerando a melhor marca dentre as três avaliações.

Haidar et al. (2004) compararam o nível de consistência entre a avaliação com resultado da média de três tentativas e a avaliação com o resultado do melhor desempenho entre duas a três avaliações e não encontraram diferença entre as duas metodologias para obtenção do melhor desempenho.

Dias et al. (2010) apontam para a necessidade de se manter a fidedignidade na aplicação do protocolo, adotando critérios semelhantes e utilizando a padronização universal (FEES, 1992), pois modificações e/ou adaptações no protocolo interferem diretamente na produção de novos estudos que possam utilizar como referência estudos já desenvolvidos, agrupando-os e comparando resultados entre populações distintas.

Com relação a esses valores de referência encontrados na literatura, variáveis que caracterizam as populações estudadas como o sexo, idade, peso e altura são variáveis que influenciam resultados obtidos na avaliação da FPM (FIGUEIREDO, 2007).

Mathiowetz et al. (1985), apresentam dados normativos de força de pinçamento e FPM com 638 indivíduos (310 sexo masculino, e 328 sexo feminino) (Tabela 1), concluindo que o pico da FPM é alcançado para ambos o sexos entre os 25 e 39 anos de idade, e que após essa faixa etária ocorre um declínio gradual da FPM. Outros estudos também apresentam achados que corroboram com esta informação (ANGST et al., 2010; BOHANNON et al., 2006; GUNTHER et al., 2008; MASSY-WESTROPP et al., 2011; MATHIOWETZ et al., 1985; MOURA, 2008;). Estes estudos apresentam valores de força máxima com média de aproximadamente 55 kg para o sexo masculino e 36 kg para o sexo feminino para esta faixa etária de 25 a 39 anos. Na Tabela 1 são apresentados valores normativos de um dos primeiros estudos que utilizou as recomendações da ASHT para a avaliação da FPM.

Em estudo recente de Massy-Westropp et al. (2011), a FPM foi avaliada em 2678 australianos (1366 do sexo masculino, e 1312 do sexo feminino), de acordo com a idade, sexo e IMC (Tabela 2). Estes resultados também apresentam valores máximos com melhor desempenho na quarta década de vida, bem como em outros estudos (ANGST et al., 2010; BOHANNON et al., 2006; GUNTHER et al., 2008).

Tabela 1 - Valores normativos de FPM isométrica máxima.

Valores Normativos de Preensão Manual Isométrica Máxima (kg)							
Idade	Lado	Homens			Mulheres		
		Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
20-24	D	54,88±9,34	41,27	75,74	31,93±6,58	20,86	43,08
	E	47,39±9,89	32,20	68,03	27,66±5,94	14,97	39,91
25-29	D	54,78±10,43	35,37	71,66	33,79±6,30	21,77	43,99
	E	50,11±7,35	34,92	17,69	28,80±5,53	21,77	43,99
30-34	D	55,24±10,16	31,75	77,10	35,69±8,75	20,86	62,13
	E	50,07±9,84	29,02	65,76	30,84±8,03	16,33	52,15
35-39	D	54,29±10,88	34,47	79,82	33,61±4,90	22,68	44,90
	E	51,20±9,84	33,11	71,20	30,07±5,31	22,22	41,27
40-44	D	52,97±9,39	38,10	74,83	31,93±6,12	17,23	46,71
	E	51,16±8,48	33,11	71,20	28,25±6,26	15,87	42,63
45-49	D	49,84±10,43	29,48	70,29	28,21±6,85	17,69	45,35
	E	45,71±10,34	26,30	72,56	25,40±5,76	16,78	37,64
50-54	D	51,52±8,21	35,83	68,48	29,84±5,26	17,23	39,46
	E	46,21±7,71	31,75	64,85	25,99±4,85	15,87	34,47
55-59	D	45,85±12,11	26,76	69,84	26,08±5,67	14,97	39,00
	E	37,73±10,61	19,50	58,05	21,45±5,40	14,06	34,47
60-64	D	40,68±9,25	23,13	62,13	24,99±4,58	16,78	34,92
	E	34,83±9,21	12,24	52,61	20,73±4,58	13,15	29,93
65-69	D	41,32±9,34	25,40	59,41	22,49±4,40	15,87	33,56
	E	34,83±8,98	19,50	53,06	18,59±3,72	13,15	28,57
70-74	D	34,15±9,75	14,51	48,98	22,49±5,31	14,97	35,37
	E	29,39±8,21	14,51	42,18	18,82±4,63	10,43	30,39
75+	D	29,80±9,52	18,14	61,22	19,32±4,99	11,34	29,48
	E	24,94±7,71	14,06	53,97	17,05±4,04	10,88	27,66

Fonte: Adaptado de Mathiowetz et al. (1985).

Ambos os estudos, utilizaram o protocolo universal recomendado pela ASHT, e o instrumento utilizado para a aquisição da FPM foi o dinamômetro hidráulico JAMAR®.

Tabela 2 - Valores normativos de FPM isométrica máxima. Média e desvio padrão da FPM em kilogramas por faixa etária.

Idade	Homens (kg)			Idade	Mulheres (kg)		
	Direito	Esquerdo	IMC		Direito	Esquerdo	IMC
20-29	47±9,5	45±8,8	26,4±5,1	20-29	30±7,0	28±6,1	25,1±5,8
30-39	47±9,7	47±9,8	28,3±5,2	30-39	31±6,4	29±6,0	27,3±6,8
40-49	47±9,5	45±9,3	28,4±4,6	40-49	29±5,7	28±5,7	27,7±7,7
50-59	45±8,4	43±8,3	28,7±4,3	50-59	28±6,3	26±5,7	29,1±6,4
60-69	40±8,3	38± 8,0	28,6±4,4	60-69	24±5,3	23±5,0	28,1±5,1
70 +	33±7,8	32±7,5	27,2±3,9	70 +	20±5,8	19±5,5	27,0±4,7

Fonte: Adaptado de Massy-Westropp et al. (2011).

Um dos trabalhos mais recentes encontrados na literatura, com utilização do dinamômetro JAMAR<sup>®</sup>, que abrange maior número de resultados de FPM isométrica máxima para indivíduos saudáveis, separados por sexo e faixa etária, é a meta-análise de Bohannon et al. (2006), com 3103 participantes.

### 2.2.1 Parâmetros da força de preensão manual

A literatura apresenta inúmeros trabalhos que procuraram avaliar somente resultados de força máxima de preensão manual, ou seja, o pico máximo de força alcançado durante o teste com dinamômetro de preensão manual (GERALDES et al., 2008; KALLMAN et al., 1990; LEYK et al., 2007; MASSY-WESTROPP et al., 2004; RANTANEN et al., 1999; SASAKI et al., 2007).

Existem dinamômetros adaptados, protótipos desenvolvidos (ANDRIA et al., 2006; CHEN et al., 2011; CHU JUNG; HALLBECK, 2004; SILVA, 2010) e modelos comerciais que possuem transdutores (sensor de conversão de sinal), como o Microfet 4 (BOHANNON, 2006), Jtech GripTrack (CLERKE et al., 2005), e o Qubit (NICOLAY; WALKER, 2005), que possibilitam a aquisição de valores de força por unidade de tempo, permitindo, com auxílio de um software, gerar curvas de valores da aplicação de força, para visualização do desenvolvimento e comportamento da FPM (NAKADA et al., 2004; SHECHTMAN et al., 2007). A tradução da relação entre a força manifestada e o tempo gasto para realizá-la pode contribuir para uma melhor análise funcional de aspectos dinâmicos da força isométrica máxima (KAMIMURA; IKUTA, 2001).

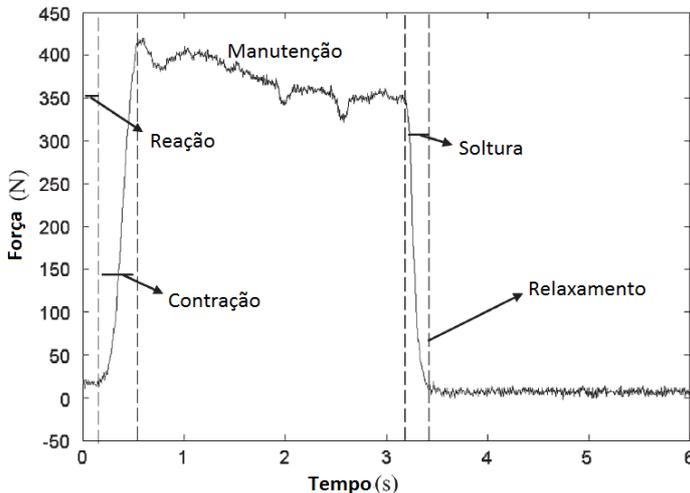
Os parâmetros da curva força *versus* tempo vêm sendo estudados para verificar o comportamento e características durante a obtenção da força máxima isométrica, avaliando a funcionalidade da mão através desses parâmetros é possível estabelecer eventos fisiológicos e biomecânicos da função da mão humana (ANDRIA et al., 2006; IZQUIERDO et al., 1999; KAMIMURA; IKUTA, 2001).

Kamimura e Ikuta (2001) fazem referência a alguns autores quanto às características constituintes da curva força *versus* tempo típica de sujeitos saudáveis. Existe um rápido crescimento da força, com alcance rápido do auge na altura da curva, em seguida, manutenção da força e subsequente declínio progressivo e gradual da altura da curva (SHECHTMAN et al., 2007).

O tempo estabelecido para a realização do teste varia entre 3 e 10 segundos, considerando a curva de desenvolvimento da força de

preensão isométrica máxima em indivíduos saudáveis (Figura 3) apresentada a seguir e a revisão da literatura em questão, o tempo para obtenção da força de preensão isométrica máxima não ultrapassa os 3 segundos, no entanto, alguns estudos têm como objetivo verificar, por exemplo, parâmetros relacionados à fadiga muscular e/ou possíveis alterações patológicas, pois em casos específicos podem ocorrer variações no tempo de aquisição da força máxima (ANDRIA et al., 2006, 2008; HAIDAR et al., 2004; KAMIMURA; IKUTA, 2001; MASSY-WESTROPP et al., 2004; SHECHTMAN et al., 2007; THYBERG et al., 2005).

Figura 3 - Curva força *versus* tempo do teste de força de preensão manual máxima isométrica (Fase de reação seguida da contração, manutenção da força, queda da força e relaxamento).



Fonte: Adaptado de ANDRIA et al. (2006).

As características dinâmicas da FPM isométrica abordadas em vários estudos são avaliadas a partir da determinação de parâmetros que são definidos e analisados de acordo com as exigências e necessidades de cada pesquisa.

Parâmetros da curva força *versus* tempo em estudos de FPM e as unidades de medida correspondentes:

Força máxima (N): Maior valor obtido durante o teste de FPM. Este parâmetro é largamente utilizado em muitos estudos como valor

de referência para determinar a força muscular de membros superiores em indivíduos saudáveis, sujeitos com alguma patologia ou disfunções neuro-músculo esqueléticas (ANGST et al., 2010; BOHANNON et al., 2006; CHEN et al., 2011; CROSBY et al., 1994; DESROSIERS et al., 1997; GUNTHER et al., 2008; HAIDAR et al., 2004; KAMIMURA; IKUTA, 2001; MASSY-WESTROPP et al., 2011; MATHIOWETZ et al., 1986; SYLVA, 2010). Para Jung e Hallbeck (2004), a força máxima também é chamada de força estática, sendo o valor calculado utilizando a média dos 3 primeiros segundos de força mantida e as variações de força durante esse período que devem estar entre  $\pm 10\%$  da média.

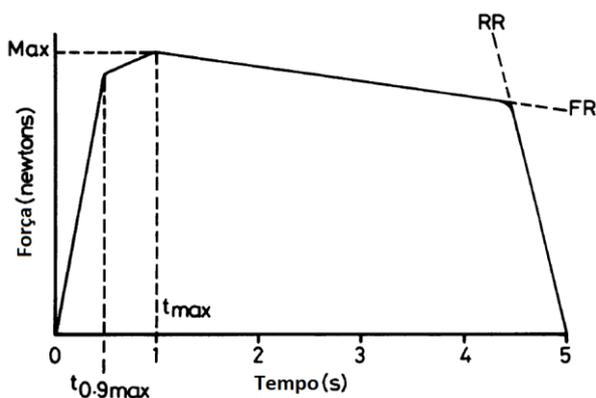
Tempo gasto para atingir a força máxima (s): Definido por Jung e Hallbeck (2004) como o tempo necessário para atingir a força máxima, ou seja, o valor em segundos do momento em que o indivíduo atinge o pico de força durante o teste (DAVIS et al., 2010; HELLIWELL et al., 1987; KAMIKURA; IKUTA, 2001).

Média da força (N): Soma de todos os valores de força durante o teste dividido pelo tempo total do teste em décimos de segundo (DAVIS et al., 2010).

Relação entre tempo e força máxima (N/s): Valor da divisão entre força máxima alcançada e o tempo registrado no momento da força máxima alcançada (DAVIS et al., 2010).

Relação entre força média e máxima (N): Força média dividida pela força máxima (DAVIS et al., 2010).

Figura 4 - Curva força *versus* tempo e parâmetros.



Max= força máxima; T<sub>max</sub>= tempo até atingir a força máxima; t<sub>0.9max</sub>= 90% da força máxima; FR= taxa de perda da força até o início da fase de soltura;

RR= taxa de soltura até eixo  $y=0$ . Fonte: Adaptado de HELLIWELL et al. (1987).

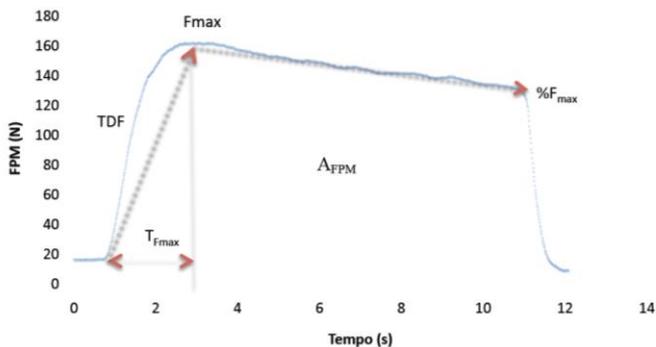
Relação entre força máxima e massa corporal (N/kg): Cálculo da força máxima dividida pela massa corporal (DAVIS et al., 2010).

Taxa de declínio da força máxima (taxa de fadiga em N/s): É a taxa de perda de força subsequente ao pico de força máxima alcançada até o término da captação de sinais de força (resultado da força máxima menos a força final multiplicado por 100, e este resultado dividido pela força máxima ((MGS-FGS)100/MGS)) (HELLIWELL et al., 1987).

Taxa de soltura (N/s): taxa de perda de força do ponto de soltura (RR) até o valor correspondente a zero da curva, referente ao eixo  $y$  (Figura 4).

Taxa de desenvolvimento da força (N/s): Valor calculado a partir da relação entre força máxima, força inicial e tempo para atingir a força máxima (SHECHTMAN et al., 2007; SILVA, 2010) (Figura 5).

Figura 5 - Curva força *versus* tempo e parâmetros.



TDF= taxa de desenvolvimento da força;  $T_{fmax}$ = tempo para atingir a força máxima;  $F_{max}$ = força máxima;  $A_{FPM}$ = área da curva;  $\%F_{max}$ = percentual de decréscimo da força de prensão máxima. Fonte: Adaptado de SILVA (2010).

Área da curva (N/s): Valor da área sob a curva, referente ao tempo total da aquisição de sinais de força (ANDRIA et al., 2006; ATTIVISSIMO et al., 2009; BAUTMANS et al., 2007; HELLIWELL et al., 1987; NAKADA et al., 2007).

### 2.3 Força de preensão manual na doença de Parkinson

Existe uma redução de força com o aumento da idade (SASAKI et al., 2007), principalmente para indivíduos acima dos 60 anos de idade, devido à perda moderada de massa muscular após a quinta década de vida, com declínio mais acelerado após os 60 anos. Essa perda relacionada ao envelhecimento resulta em comprometimento da função muscular e, conseqüentemente, contribui para a diminuição da força muscular, um componente diretamente relacionado com eventos de quedas na terceira idade, e estes eventos podem contribuir para outras complicações relacionadas à mobilidade e saúde do idoso (DESCHENES, 2004).

Desrosiers et al. (1995) estabeleceram dados normativos de força de preensão manual (FPM) para indivíduos de ambos os sexos acima dos 60 anos de idade (Tabela 3), com 60 indivíduos por categoria. Devido ao reduzido (8%) número de indivíduos canhotos, os resultados foram analisados sem distinguir o membro dominante. A maioria (83%) dos indivíduos foram caracterizados, de acordo com questionário aplicado, como fisicamente ativos, estes executavam trabalhos de grande exigência de membros superiores (84%). Os indivíduos do sexo masculino apresentaram maior FPM ( $p < 0,001$ ) que o sexo feminino, e ocorreu a redução da FPM com o aumento da idade para ambos os sexos, com acentuada perda de força em indivíduos acima de 80 anos de idade.

Nesta mesma faixa etária (acima dos 60 anos) estão os indivíduos portadores da DP, geralmente acometidos pela doença após os 50 anos de idade (HOEHN; YAHR, 1967; JANKOVIC; KAPADIA; 2001; OLANOW et al., 2009). Alguns autores sugerem que a força de preensão manual isométrica máxima para esta população não é afetada pela doença quando comparados com a normalidade (CHEN et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2009; JORDAN et al., 1992).

Tabela 3 - Valores normativos de preensão manual isométrica máxima referente à terceira idade.

Faixa etária	Mulheres (kg)				Homens (kg)			
	Direito	Min-Max	Esquerd o	Min-Max	Direito	Min-Max	Esquerd o	Min-Max
60-69	25,3±4,8	18-42	23,6±4,7	12-36	45,6±8,6	31-70	43,6±8,7	30-72
70-79	23,7±5,1	11-36	22,0±4,7	10-30	42,4±9,1	24-69	40,5±8,5	26-62
80+	20,0±4,3	12-32	18,5±4,4	10-30	34,5±7,2	16,5-48	32,1±7,0	18-47

Fonte: Adaptado de Desrosiers et al. (1995).

No entanto, estudos que analisaram as características dinâmicas do desempenho da força durante a execução de movimento de preensão manual encontraram anormalidades nas variáveis dinâmicas nos resultados com portadores da DP, quando comparados com sujeitos saudáveis (ANDRIA et al., 2006; ATTIVISSIMO et al., 2009; CORCOS et al., 1996; JORDAN et al., 1992; KUNESCH et al., 1995; STELMACH; WORRINCHAM, 1988; STELMACH et al., 1989). Estes achados podem indicar que as alterações durante a produção de força não interferem na capacidade de força máxima do indivíduo, porém o comportamento dessas variáveis dinâmicas durante o desempenho da força em portadores da DP contribui para esclarecer possíveis anormalidades que produzem as diferenças entre indivíduos saudáveis e portadores da DP.

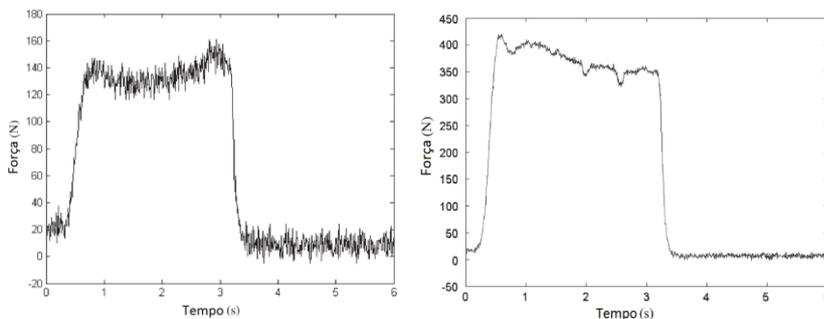
Segundo alguns autores, parâmetros do desenvolvimento da força, como tempo de reação (contração e soltura), força e velocidade (ATTIVISSIMO et al., 2009; JORDAN et al., 1992), área da curva força *versus* tempo (ANDRIA et al., 2006), apresentam valores distintos para indivíduos portadores da DP e indivíduos saudáveis.

Considerando os sintomas motores comuns na DP, a bradicinesia - caracterizada como lentidão no movimento (JAKOVIC, 2007), pode contribuir para a obtenção de valores diferenciados de parâmetros da curva força *versus* tempo durante a execução do movimento de preensão, produzindo diferenças na taxa de desenvolvimento da força. Wing (1988) apresenta dados da relação entre a bradicinesia e a velocidade no acréscimo e decréscimo da produção de força isométrica, e conclui que no membro mais afetado pela bradicinesia, a fase de decréscimo da força é mais longa que a fase de acréscimo.

Outros distúrbios motores como a acinesia e a rigidez muscular também podem influenciar o desempenho dinâmico da força de preensão manual (FELLOWS; NOTH, 2003). Jordan et al. (1992) encontraram correlação positiva entre a taxa de soltura da força e medidas clínicas de acinesia e rigidez.

Em relação ao tremor, Andria et al. (2006) afirmam em seu estudo que portadores da DP apresentaram tremor patológico após a fase de relaxamento ilustrada nas curvas força *versus* tempo (Figura 6). Embora os gráficos da Figura 6 apresentem escalas de força (eixo y) diferentes, é possível visualizar valores negativos de força no gráfico à esquerda, considerando o tremor patológico, como afirmam os autores (ANDRIA et al., 2006), o que não acontece na curva à direita, correspondente ao teste realizado com indivíduo saudável.

Figura 6 - O gráfico à esquerda representa a curva do teste de FPM realizado com portador da DP e o gráfico à direita apresenta os parâmetros do teste realizado com indivíduo saudável.



Fonte: Adaptado de ANDRIA et al. (2006).

Em portadores da DP, segundo o estudo de Attivissimo et al. (2009), observam-se valores inferiores de força máxima devido à rigidez envolvendo debilidade muscular, e valores superiores de tempo de contração e soltura em resposta à bradicinesia presente, quando comparados a indivíduos saudáveis. Chen et al. (2011) corroboram com esta informação com o parâmetro "média da fase de ascensão da curva" (Média da diferenciação do sinal de força na fase de crescimento vertical da curva), ao encontrarem valores inferiores para portadores da DP em relação a indivíduos saudáveis, confirmando a consistência dos achados com a presença de bradicinesia.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Caracterização do Estudo

Este estudo, quanto à sua natureza, caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, esta, de acordo com Thomas e Nelson (2002), tende a remeter a problemas imediatos, oferecendo assim, resultados de valor imediato, utilizando os chamados ambientes do mundo real, ou seja, utilizando indivíduos e dispendo de controle limitado sobre o ambiente da pesquisa.

Em relação à abordagem do problema, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa. Conforme Serapioni (2000), a abordagem quantitativa atua em níveis de realidade e tem como objetivo trazer à luz dados, indicadores e tendências observáveis. Quanto aos objetivos, classifica-se como uma pesquisa descritiva do tipo correlacional, pois segundo Thomas e Nelson (2002), a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno e/ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

#### 3.2 Participantes

Os participantes do presente estudo foram recrutados por meio de três entidades localizadas na região sul do Brasil. Participaram do estudo portadores da doença de Parkinson (DP) vinculados à Associação Parkinson do Rio Grande do Sul (APARS) localizada em Porto Alegre, RS, à Associação Parkinson Santa Catarina (APASC) localizada em Florianópolis, SC, e à Associação Paranaense dos Portadores de Parkinsonismo (APPP), em Curitiba, PR.

Sendo assim, foram selecionados de forma intencional por voluntariado, 114 portadores da DP, e após análise dos critérios para inclusão no estudo e resultados dos testes realizados, 8 participantes foram excluídos da amostra. Os participantes excluídos não atenderam os critérios de seleção das curvas força-tempo, descritos no item 3.5.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

- Ser portador da DP (diagnóstico médico);
- Não possuir lesões musculares, esqueléticas ou articulares que interferissem na realização do movimento de preensão manual;
- Não apresentar distúrbios motores provenientes de acidente vascular cerebral, doenças de origem congênita, e traumatismos;

- Ser capaz de compreender e realizar o teste de força de prensão manual de acordo com as orientações do avaliador;
- Estar sob efeito (fase *ON*) de medicação antiparkinsonismo.

### 3.3 Instrumentos de medidas

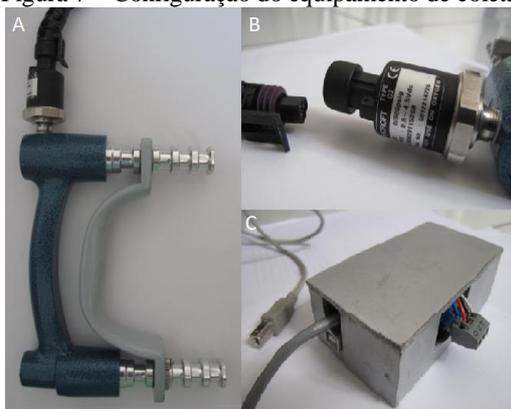
Para a realização das coletas de dados foram utilizados os seguintes instrumentos descritos nos itens 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3, cada qual descrito conforme sua funcionalidade.

#### 3.3.1 Instrumento para coleta dos sinais de força

Para aquisição dos sinais de força foi utilizado um dinamômetro hidráulico Baseline<sup>®</sup> (Enterprises Inc, Irvington, NY, USA), com resolução de 0,1kg e limite de carga de 136kg (1333 Newtons), e um transdutor de pressão Ashcroft<sup>®</sup> (Stratford, CT, USA), modelo G2, com saída de tensão referente a carga aplicada de 0,5 à 4,5 volts, e pressão máxima de 500 psig, acoplado ao dinamômetro (Figura 7).

Para interpretação do sinal de tensão foi utilizada a plataforma ARDUINO<sup>™</sup>, com microcontrolador ATmega 1280, provido de conversor analógico digital de 10 bits (0-1023) e tensão de operação de 0 à 5 volts. A comunicação entre o ARDUINO<sup>™</sup> e o computador foi realizada por meio de um cabo USB, e o tratamento dos dados via software. O software utilizado foi desenvolvido em linguagem de programação C#. A frequência de aquisição dos sinais de força estabelecida foi de 1000Hz.

Figura 7 – Configuração do equipamento de coleta.

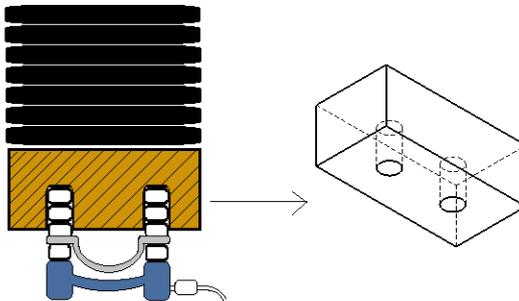


A: dinamômetro hidráulico digital. B: transdutor de pressão Ashcroft®. C: Microcontrolador ATmega 1280. Fonte: Autor.

### 3.3.1.1 Calibração do dinamômetro

As massas de cada anilha foram mensuradas previamente na plataforma de força piezoelétrica Quattro Jump 9290AD Kistler® (Kistler Instrument AG, Winterthur, Switzerland). Com objetivo de manter o dinamômetro estável durante o procedimento de aplicação das cargas, foi construída uma estrutura para apoio da carga no dinamômetro (Figura 8), e este foi fixado a uma bancada com a utilização de uma morsa.

Figura 8 – Representação do procedimento de calibração do dinamômetro.

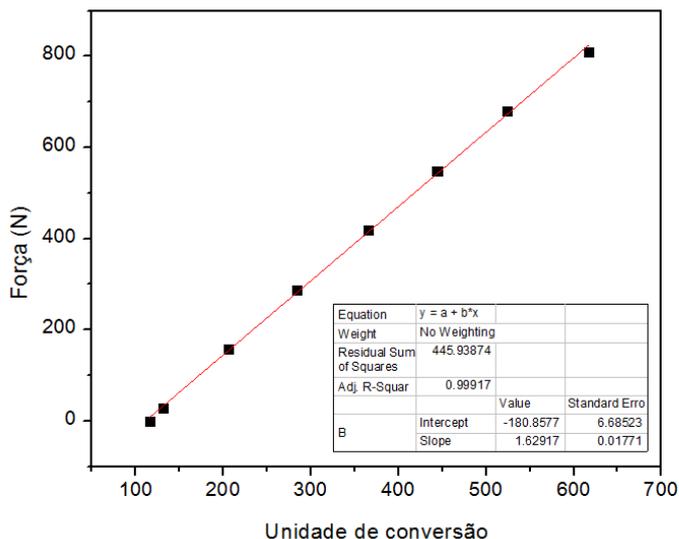


Fonte: autor.

A calibração foi realizada com aplicação de cargas em sequência de 20N à 800N, com intervalos de tempo de aproximadamente 7 segundos entre as aplicações, para anotação dos valores gerados pelo microcontrolador (a tensão gerada pelo transdutor foi convertida pelo microcontrolador em valores correspondentes a carga aplicada) (Figura 9). Os valores correspondem à quantificação da conversão sinal analógico digital.

Através de uma regressão linear entre os valores gerados pelo microcontrolador e carga aplicada, foi gerado um gráfico com a equação de conversão (Figura 9).

Figura 9 – Gráfico da equação de conversão referente aos valores de calibração.



Fonte: dados do estudo.

### 3.3.2 Entrevista estruturada

Para melhor caracterizar os sujeitos do estudo, foi utilizada uma entrevista estruturada (Adaptada de Ferreira, 2005) (Apêndice 1), constituída de questionamentos referentes a dados pessoais e antropométricos, algum tipo de alteração de ordem musculoesquelética existente, perguntas referentes ao estado clínico dos sujeitos, buscando levantar informações sobre o processo evolutivo da doença, limitações encontradas, estágio da doença (HOEHN; YAHR, 1967), quantidade e períodos em que os efeitos da medicação estão ativos, tipo de medicamento e quantidade ingerida;

### 3.3.3 Classificação do estágio evolutivo da doença de Parkinson

Para classificar o estágio evolutivo da doença dos participantes, foi utilizada a escala modificada de Hoehn e Yahr (1967) (SHENKMAN et al., 2001), aplicada somente pelo avaliador (autor do presente estudo), para a classificação do nível de comprometimento

funcional e motor de portadores da doença de Parkinson (DP) (Tabela 4), utilizada mundialmente por diversos pesquisadores (FRANCHIGNONI et al., 2005; ICKENSTEIN et al., 2012; MA et al. 2009; MELO et al., 2010; NAKAMURA et al., 2010; PAULA et al., 2006; ROBICHAUD et al., 2005; RODRIGO et al., 2012; VAN DEN BOS et al. 2012;).

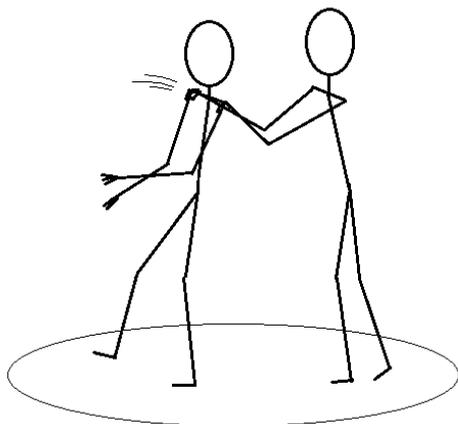
Tabela 4 – Escala modificada da classificação do nível de comprometimento funcional e motor de portadores da DP (HOEHN; YAHR, 1967).

Estágio 1	Doença unilateral
Estágio 1,5	Envolvimento unilateral e axial
Estágio 2	Doença bilateral sem déficit de equilíbrio
Estágio 2,5	Doença bilateral leve, com recuperação no “teste do empurrão” (>3 passos = 2,5)
Estágio 3	Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural; capacidade para viver independente.
Estágio 4	Incapacidade grave, ainda capaz de caminhar ou permanecer de pé sem ajuda
Estágio 5	Confinado à cama ou cadeira de rodas a não ser que receba ajuda.

Fonte: Adaptado de SHENKMAN et al. (2001).

Conforme descrito no estágio 2,5 da Tabela 4, foi realizado o teste do empurrão para avaliar a instabilidade postural dos participantes (MUNHOZ et al., 2004) (Figura 10). O paciente é puxado bruscamente para trás pelos ombros, e de maneira repentina, após as orientações do avaliador, que deve orientar o participante sobre a execução do teste para que este se prepare e previna uma possível queda. É permitida a execução prévia do teste para melhor compreensão (GOETZ et al., 2004; HUNT et al., 2006). O paciente com resposta normal recupera o equilíbrio executando no máximo três passos para trás. No caso de recuperação do equilíbrio com mais de 3 passos e sem ajuda, este está classificado no estágio 2,5 da escala H&Y (SHENKMAN et al., 2001).

Figura 10 - Teste do empurrão.



Fonte: Autor.

### 3.4 Coletas de dados

Para a realização das coletas de dados foram utilizadas as instalações das associações (APASC, APARS e APPP) de portadores da doença Parkinson da região sul do Brasil. Todos os procedimentos realizados na coleta de dados foram executados somente pelo pesquisador autor do presente estudo.

#### 3.4.1 Procedimentos para a coleta de dados

Primeiramente este projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (Protocolo: 144.480).

Os sujeitos foram convidados a participar do estudo, e após serem devidamente informados, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1).

As coletas foram realizadas nas instalações das associações de Parkinson da região sul do Brasil (APARS, APASC e APPP). Os testes de FPM foram realizados durante a Fase “ON” da mediação, e não foi necessário realizar controle de horário da coleta, pois as avaliações eram realizadas anteriormente, durante ou após as atividades sociais nas instituições, e os portadores da DP geralmente se encontram em

horários de pico da dose para obter o melhor aproveitamento das atividades.

#### 3.4.1.1 Caracterização dos participantes

Para a caracterização dos participantes do estudo foi aplicada uma entrevista estrutura, realizada antes do teste de força de preensão manual. De acordo com o item 3.3.2, para os dados antropométricos, as medidas foram auto-referidas, e o endereço de cada participante foi registrado em caso de interesse em receber o resultado da avaliação realizada.

O questionário também incluiu informações referentes a determinação da dominância lateral dos participantes, bem como determinação do lado de predominância dos sinais da doença de Parkinson, em que os participantes relataram qual o hemicorpo que havia sido acometido primeiro pela doença. Quando não era possível lembrar esta informação, o mesmo foi confirmado quando o participante relatou que membro apresentava maior acometimento pela doença.

Os questionamentos a cerca da presença de bradicinesia, tremor, rigidez e outros sinais da DP, foram realizados para posteriormente identificar e talvez justificar possíveis variações no comportamento da força, que poderiam estar relacionados à estes sinais da DP.

Os resultados da classificação no estágio da doença de acordo com a escala utilizada (escala modificada de HOEHN; YAHR, 1967), também foram registrados no questionário.

#### **3.4.1.2 Mensuração da força de preensão manual isométrica máxima**

Para mensurar a força de preensão manual (FPM) isométrica máxima os participantes permaneceram sentados em uma cadeira sem apoio para membros superiores, com a coluna ereta, membros inferiores em ângulo de 90° graus de flexão do joelho, e membro superior a ser avaliado com o ombro aduzido e em rotação neutra, cotovelo em 90° graus de flexão, antebraço em meia pronação (DIAS, 2010) e punho em posição neutra ou em até 30° graus de extensão (FESS, 1992; MATHIOWETZ et al., 1985).

O dinamômetro foi posicionado na mão que foi sorteada para a primeira avaliação, no posicionamento "2" que correspondente a uma empunhadura semelhante a do dinamômetro JAMAR<sup>®</sup>, recomendada

por Innes (1999), que segue as recomendações da Sociedade Americana de Terapeutas da Mão (ASHT). O dinamômetro utilizado neste estudo possui a mesma estrutura e sistema de ajuste de empunhadura que o instrumento referido acima.

Durante o teste, o antebraço permaneceu sem apoio, de forma que o avaliado continuasse sustentando a posição de 90° graus de flexão do cotovelo. O avaliador sustentou levemente a extremidade inferior do dinamômetro durante a realização do teste, com objetivo de evitar possíveis quedas do equipamento (FESS, 1992) (Figura 11).

O tempo total do teste estabelecido para aquisição de sinais de força foi de 10 segundos, segundo protocolo utilizado por alguns estudos (KAMIMURA; IKUTA, 2001; MASSY-WESTROPP et al., 2004; NOVO JÚNIOR, 1988; SILVA, 2010; THYBERG et al., 2005).

O indivíduo foi instruído a exercer o máximo de força o mais rápido possível (SHECHTMAN et al., 2007) ao comando do avaliador, e tentar manter essa força até ouvir um sinal sonoro (ROBICHAUD et al., 2005) que indicava o momento de cessar a aplicação de força.

Para determinar os 10 segundos de aquisição dos sinais pelo programa, foram pré definidos dois limiares de força (50 e 100N) como dispositivo para acionar a contagem dos 10 s de teste. O limiar adequado foi selecionado de acordo com os valores de força mensurados enquanto o indivíduo segurava o dinamômetro previamente ao comando de início do teste. Foi necessária a adoção de limiares diferentes, pois enquanto alguns indivíduos não conseguiam alcançar 100N durante a execução do teste, outros ultrapassavam os 50N apenas ao sustentarem o dinamômetro.

Durante a realização do teste não foi visualizado o gráfico referente ao comportamento da força aplicada em tempo real, no entanto, após o término do teste o gráfico era exibido na tela do computador (Figura 12).

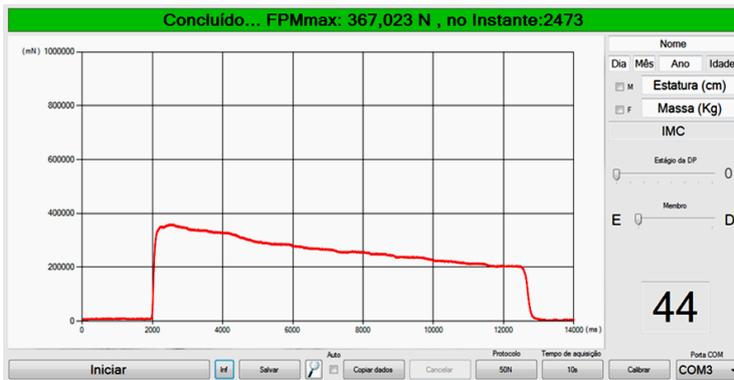
Foram realizadas 3 coletas para cada hemisfério alternadamente, com intervalo de 60 segundos entre cada teste (GERALDES et al., 2008; INNES, 1999). O tempo total de teste foi de 25 minutos para a realização da avaliação da FPM e aplicação do questionário (Apêndice 2).

Figura 11 – Posição adotada durante a avaliação da FPM isométrica máxima, conforme as recomendações da ASHT (FESS, 1992).



Fonte: autor.

Figura 12 – Interface do *software* desenvolvido para o presente estudo.



Fonte: autor.

### 3.5 Processamento dos dados

Para a visualização dos valores da captação dos sinais de força de cada teste realizado, foi gerado um arquivo no Microsoft Excel 2010, e posteriormente, os dados da aquisição dos sinais de força foram filtrados com filtro digital passa-baixa (10Hz) Butterworth de quarta ordem, para atenuar variações na frequência devido a ruídos, interferências ou outros sinais.

Com base nas três curvas de força *versus* tempo adquiridas para cada membro superior de cada participante, as variáveis do estudo foram geradas (Fmax, TDF, Tfmax, Dfmax, Afmax) (Figura 13) conforme descritas no item 3.6 - Definição de variáveis). Foi utilizado o *software* Microsoft Excel 2010 para o cálculo das variáveis estudadas.

Critérios de seleção das curvas força-tempo:

As seis curvas de força *versus* tempo obtidas para cada participante passaram por critérios de seleção, sendo que foi selecionada somente uma curva para cada hemitorço avaliado. Para a seleção adotou-se os critérios abaixo, na seguinte ordem:

1° Foi observado no gráfico um comportamento coerente com as orientações para realização do teste, ou seja, o participante deveria atingir o pico, considerando a orientação para exercer o máximo de força o mais rápido possível, nos primeiros 3 s do teste, com declínio subsequente da força até o final do teste;

2° Foi selecionado o gráfico de melhor desempenho no parâmetro Fmax;

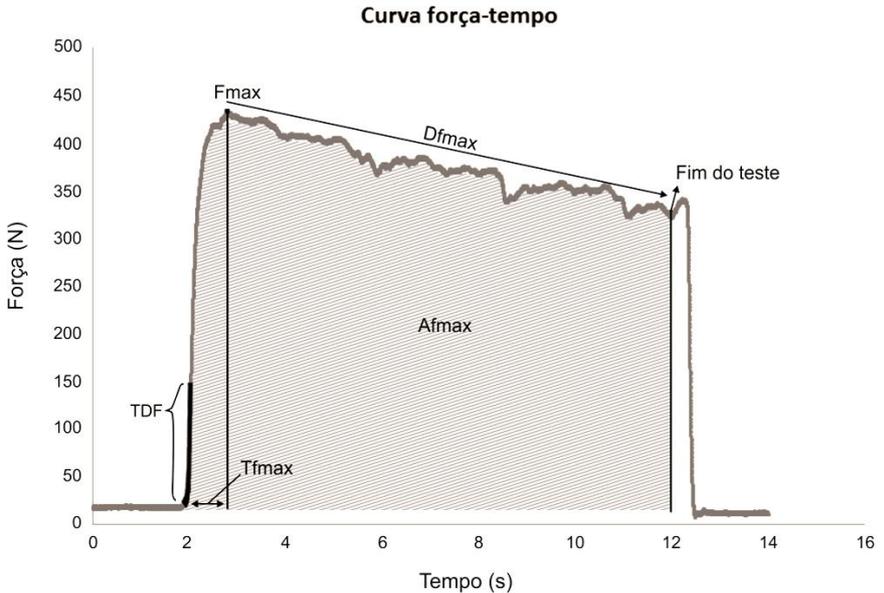
3° Foi selecionado o gráfico de melhor desempenho no parâmetro Tfmax.

### 3.6 Definição das variáveis

As variáveis motoras analisadas neste estudo são referentes ao comportamento durante o teste de força de preensão manual isométrica máxima, que compõe a curva força *versus* tempo. A área da curva força-tempo de preensão manual isométrica máxima, que é composta por todos os parâmetros descritos abaixo compreende 10 segundos de aquisição dos sinais de força. Para definir o início da contração muscular, foi calculada a mediana dos valores de força obtidos nos

primeiros 1,5 segundos em que o participante se preparava sustentando o dinamômetro na empunhadurara recomendada para a avaliação.

Figura 13 – Exemplo da curva de desempenho da FPM de sujeito saudável, com respectivos parâmetros estudados no presente estudo.



Fonte: autor.

#### Força máxima alcançada ( $F_{max}$ )

É o valor máximo alcançado durante o teste de força de prensão manual (FPM) isométrica máxima, expresso em Newtons (N) (CHEN et al., 2011; CROSBY et al., 1994; DESROSIERS et al., 1997; GUNTHER et al., 2008; HAIDAR et al., 2004; KAMIMURA; IKUTA, 2001; MASSY-WESTROPP et al., 2011; MATHIOWETZ et al., 1986). Valor de melhor performance entre as 3 avaliações realizadas para cada hemicorpo (DESROSIERS et al., 1995; HAIDAR et al., 2004).

#### Tempo para atingir a força máxima ( $T_{fmax}$ )

É o instante, expresso em segundos (s), em que é atingida a força máxima no teste (KAMIKURA; IKUTA, 2001; PARK; STELMACH,

2007), calculado como a diferença entre o instante em que o participante atinge a força máxima e o instante em que o indivíduo inicia a contração.

Taxa de desenvolvimento de força (TDF)

Inclinação média da curva força-tempo no intervalo de tempo de 0-200 ms relativos ao início da contração (AAGAARD et al., 2002). É a variação da força muscular pela variação do tempo, expressa em Newtons por segundo (N/s). O início da contração muscular é definido como 2,5% da diferença entre o valor mínimo de contração observado e o pico de força alcançada (AAGAARD et al., 2002).

Taxa de declínio da força máxima (Dfmax)

Percentual de manutenção após alcance do pico de força (DETÂNICO et al. 2012; NICOLAY e WALKER, 2005). Calculada através da divisão dos valores subsequentes ao pico pelo valor de pico, obtendo a média desses resultados e multiplicado-a por 100.

Área sob a curva força-tempo de FPM isométrica máxima (Afmax)

É o trabalho total realizado durante o teste da FPM, o qual envolve a relação força-tempo (BAUTMANS et al., 2007), expresso em Newtons por segundo (N/s). Esta variável é definida pela integração da área sob a curva para os 10 segundos de aquisição de sinais de força.

### **3.7 Tratamento estatístico dos dados**

Para apresentação dos dados foi adotada estatística descritiva em termos de média, desvio-padrão e coeficiente de variação.

A normalidade dos dados bilaterais foi verificada com a aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para comparar os valores dos parâmetros relacionados ao comportamento da força de preensão manual (FPM) isométrica máxima entre os hemisferos (lado mais comprometido em relação ao lado menos comprometido), foi utilizado o teste t pareado (unicaldal) para amostras dependentes quando os dados apresentavam distribuição normal, e utilizado o teste de Wilcoxon (unicaldal) para amostras dependentes para as variáveis com distribuição não normal. O mesmo procedimento foi adotado para comparar os valores dos parâmetros da FPM isométrica máxima entre o lado de dominância lateral e o lado não dominante dos portadores da DP.

Para verificar as relações entre os parâmetros da FPM e o estágio evolutivo da doença, foi utilizada a correlação de Pearson.

Foi adotado um nível de significância menor ou igual a 0,05 para todos os resultados dos testes aplicados.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados das comparações e correlações entre os aspectos de lateralidade, predominância dos sinais da doença de Parkinson (DP) e o comportamento de parâmetros da força de preensão manual (FPM) isométrica máxima de portadores da DP. O capítulo está dividido em subtítulos de acordo com os objetivos específicos do estudo.

Na Tabela 5 são apresentadas as características dos participantes do estudo separadas por sexo. Os avaliados estavam classificados entre os estágios 1 e 4 da DP, a maioria era destro e apresentava predominância dos sinais da doença no hemisfério direito.

Tabela 5 – Caracterização dos participantes do estudo.

	sexo masculino (n=65)	sexo feminino (n=41)
Idade (anos)	66,5±9,4	66,8±9,3
Estatura (cm)	170±7,7	157±7,7
Massa corporal (kg)	75,8±11,8	68,2±14,2
Estágio da dp*	2,2±0,7	2,3±0,7
Tempo de DP (anos)	7,5±5,4	6,7±6,0
Lateralidade (Esq/Dir)	1/64	2/39
Lado da DP# (Esq/Dir)	31/34	17/24

\*Hoehn e Yahr (1967); #Lado de predominância dos sinais da DP.

Fonte: autor.

### 4.1 Força de Prensão Manual Isométrica Máxima em portadores da doença de Parkinson

Na Tabela 6 são apresentados os dados da avaliação da FPM isométrica máxima, referente ao pico de força alcançada (Fmax) dos portadores da DP analisados. Na Tabela 6 também são apresentados os dados do estudo de Bohannon et al. (2006) referentes a indivíduos saudáveis.

Não há na literatura, uma tabela de referência com dados normativos para a FPM isométrica máxima, somente estudos distintos com populações de diferentes regiões. O estudo realizado por Bohannon et al. (2006) trata-se de uma meta análise que abrange uma amostra de 12 estudos, totalizando 3103 (1263 homens e 1840 mulheres) sujeitos. Os estudos analisados por Bohannon et al. (2006) não consideraram a dominância lateral dos participantes, ou seja, somente foram apresentados os valores para o hemisfério direito e

esquerdo. Sendo assim, como critério para esta comparação, os dados do presente estudo apresentados na Tabela 1 também não foram classificados de acordo com a dominância lateral. Os participantes foram distribuídos em faixas etárias de acordo com o estudo utilizado para comparação. Todos os estudos que integram a meta análise de Bohannon et al. (2006), seguiram o mesmo protocolo para aquisição dos dados de força.

Tabela 6 – Valores do parâmetro Fmax de indivíduos saudáveis (BOHANNON et al., 2006) e portadores da DP participantes do presente estudo.

Bohannon et al. (2006)				Presente estudo				
Sexo masculino								
Faixa etária	n	Esquerdo (kg) (95% IC)	Direito (kg) (95% IC)	n	Esquerdo (kg)	B/I/A (n)	Direito (kg)	B/I/A (n)
35-39	117	51,6 (44,0-59,3)	53,3 (44,0-62,6)	1	38,4	1/0/0	41,0	1/0/0
40-44	111	49,8 (42,5-57,1)	54,1 (47,1-61,2)	1	43,7	0/1/0	40,7	1/0/0
45-49	110	48,7 (40,3-57,2)	50,4 (42,5-58,3)	1	46,6	0/1/0	46,8	0/1/0
50-54	100	45,2 (39,4-51,1)	50,6 (44,2-56,9)	3	35,4 (31,8-41,9)	2/1/0	37,0 (34,3-40,1)	3/0/0
55-59	100	41,0 (33,7-48,4)	44,1 (36,7-51,4)	7	37,4 (24,3-51,1)	2/4/1	39,0 (24,6-49,6)	2/5/0
60-64	120	38,7 (33,4-44,0)	41,7 (36,8-46,7)	11	34,4 (17,2-56,9)	5/4/2	36,5 (23,5-53,4)	4/6/1
65-69	82	38,2 (32,0-44,4)	41,7 (35,4-47,9)	18	33,8 (20,9-46,5)	7/10/1	36,2 (19,9-49,9)	6/11/1
70-74	120	36,2 (30,3-42,1)	38,2 (32,0-44,5)	8	31,0 (22,4-40,8)	3/5/0	32,7 (25,3-42,0)	6/2/0
75+	217	29,8 (24,8-34,7)	28,0 (12,7-31,0)	15	29,6 (19,9-46,4)	2/10/3	32,5 (18,9-55,4)	0/7/8
Sexo feminino								
45-49	133	30,8 (25,8-35,7)	33,9 (28,9-39,0)	2	24,1 (23,7-24,5)	2/0/0	24,7 (22,9-26,5)	2/0/0
50-54	116	28,8 (24,0-33,5)	30,9 (26,7-35,2)	2	24,1 (22,6-25,6)	0/0/0	19,8 (13,8-25,8)	0/0/0
55-59	123	27,2 (24,6-29,5)	29,9 (26,4-33,6)	5	23,4 (13,9-36,5)	3/1/1	20,8 (16,6-28,6)	4/1/0
60-64	132	23,0 (18,6-27,3)	25,9 (22,2-29,6)	10	23,6 (19,3-30,4)	0/9/1	24,5 (19,1-36,3)	5/4/1
65-69	118	22,9 (19,6-26,2)	25,6 (22,5-28,8)	6	22,0 (17,1-38,5)	3/2/1	23,6 (21,6-30,2)	3/2/1
70-74	166	22,5 (19,1-25,8)	24,2 (20,7-27,8)	4	22,2 (17,1-26,6)	1/2/1	22,5 (20,0-24,9)	1/3/0
75+	361	16,4 (14,7-18,1)	18,0 (16,0-19,9)	11	18,3 (9,4-27,5)	3/4/4	19,6 (11,7-30,6)	3/3/5

Classificação da força de acordo com o intervalo de confiança (IC) em cada faixa etária proposto por Bohannon et al. (2006): B – abaixo do IC; I – incluído no IC; A – acima do IC.

Fonte: dados do estudo de Bohannon et al. (2006) e do presente estudo.

Com relação aos resultados da Fmax dos participantes do presente estudo, observa-se na Tabela 6 que na maioria dos grupos separados por sexo e hemicorpo (direito e esquerdo), atingiram valores correspondentes aos alcançados por indivíduos saudáveis apresentados pela literatura (BOHANNON et al., 2006). Para os participantes do

sexo masculino, 64,6% apresentaram valores de Fmax no hemicorpo direito dentro do intervalo de confiança (IC) ou superiores ao de indivíduos saudáveis da mesma faixa etária (BOHANNON et al., 2006), enquanto que para o hemicorpo esquerdo esse valor foi de 66,2%. Já no sexo feminino, 48,8% no hemicorpo direito e 63,4% no hemicorpo esquerdo apresentaram valores dentro ou acima do IC para indivíduos saudáveis.

Apesar da maioria dos participantes do presente estudo terem atingido valores para os hemicorpos direito e esquerdo (com exceção do sexo feminino) dentro do IC apresentado por Bohannon et al. (2006), é possível observar (Tabela 6) que as médias dos resultados por faixa etária dos portadores da DP apresentam, em sua maioria, valores abaixo das médias apresentadas por faixa etária para indivíduos saudáveis.

Ao questionar os participantes a respeito do volume de atividade física semanal, foi constatado que a maioria (n=88) participava das atividades (musculação, fisioterapia, hidroginástica, ginástica de academia, bocha, dança e pilates) oferecidas pelas associações e projetos de apoio a portadores da DP, sendo que 43,4% (44,6% do sexo masculino e 41,4% do sexo feminino) dos participantes da amostra mantiam um volume mínimo de 150 minutos (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2011) de atividade física semanal. É possível que estas práticas tenham influenciado os níveis de força alcançados, como sugerido em estudos que investigam os efeitos do exercício físico no tratamento de sintomas da DP (CRIZZLE; NEWHOUSE, 2006; DAVID et al., 2012; GOODWIN et al., 2008; SCHILLING et al. 2010). A prática de exercício físico regular pode amenizar distúrbios motores como a perda de força, lentidão na execução de movimentos, tremor de repouso e outros sinais relacionados à DP (RUBERT; REIS; ESTEVES, 2007).

Os resultados de Fmax podem ter sido influenciados por diversas razões pertinentes a atividades físicas desempenhadas, considerando também aspectos relacionados a hábitos e práticas ocupacionais, como a utilização de apoio (bengala, andador) para deslocamento, realização de atividades manuais específicas durante trabalho laboral, mudança de hábitos também por conta da inibição ocasionada pelos sinais visíveis da DP, como carregar objetos na mão mais acometida pela doença, como forma de adicionar peso para amenizar o distúrbio motor aparente, no caso do tremor de repouso (DEUSCHL, 2001).

Outro fator que pode ter aproximado os valores de Fmax dos portadores da DP de indivíduos saudáveis é a ingestão de fármacos. Com exceção de um participante, com diagnóstico da DP recente (6 meses), classificado no estágio dois da escala modificada da DP de Hoehn e Yahr (1967) (SHENKMAN et al., 2001), os demais estavam sob efeito de medicação antiparkinsoniana (Fase “ON”), pois as avaliações eram realizadas anteriormente, durante ou após as atividades sociais nas instituições, e portadores da DP têm o hábito de programar a ingestão da medicação para obter o melhor aproveitamento destas práticas sociais.

Vários estudos confirmam a contribuição do tratamento dopaminérgico (ingestão de levodopa) na melhora da capacidade motora de portadores da DP (BROWN et al., 1997; CANO-DE-LA-CUERDA et al., 2010; CASTIELLO et al., 2000; CORCOS et al., 1996; FELLOWS e JOHANNES, 2003; HALLET e KHOSHBIN., 1980; ROBICHAUD et al., 2005; SALENIUS et al., 2002; STRAMBI et al. 2004).

Corcos et al. (1996) sugerem que há perda de força com a interrupção do tratamento com levodopa, bem como Salenius et al. (2002) afirmam que os gânglios basais parecem influenciar na organização temporal da atividade do córtex motor (contrações musculares), portanto, anormalidades da função de temporização pelos gânglios basais, devido ao desequilíbrio do sistema dopaminérgico, podem contribuir para sinais de bradicinesia e perda de força muscular.

#### **4.2 Hemicorpo de predominância dos sinais da doença de Parkinson e parâmetros da força de preensão manual máxima**

Para as comparações dos parâmetros do comportamento da força de preensão manual (FPM) isométrica máxima entre os hemicorpos em relação ao lado de predominância dos sinais da doença de Parkinson (DP), foi primeiramente realizado o teste estatístico para confirmar a existência de diferenças significativas entre os sexos, e posteriormente foram divididos os grupos para execução dos testes estatísticos subsequentes.

O teste estatístico revelou que para os parâmetros Fmax, TDF e Afmax, houve diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) entre os sexos, em que as médias desses parâmetros indicaram melhor performance do sexo masculino. Alguns estudos também revelaram a melhor performance de indivíduos saudáveis do sexo masculino na terceira

idade (BUCHMAN et al., 2005; HUGHES et al., 2001; LINDLE et al., 1997).

Com relação aos parâmetros referentes ao desempenho da FPM isométrica máxima e o hemicorpo de predominância dos sinais da DP (Tabela 7), houve diferença significativa ( $p=0,031$ ) somente para o sexo feminino, para o parâmetro taxa de declínio da força máxima (Dfmax), que confirmou o maior comprometimento desta variável no hemicorpo mais afetado pela doença, sendo que o hemicorpo mais afetado manteve em média 77,5% da força máxima alcançada até o fim do teste, enquanto o membro menos afetado manteve uma média de 80,1% do pico de força alcançado.

Tabela 7 – Comparação dos parâmetros da FPM isométrica máxima entre o lado mais comprometido da DP e o lado menos comprometido em ambos os sexos.

Parâmetros	Sexo Masculino			Sexo Feminino		
	n	LDP+	LDP-	n	LDP+	LDP-
Fmax	65	335,3±85,4	341,7±77,2	41	217,6±59,6	215,3±49,3
Tfmax	65	1,49±0,72	1,36±0,82	41	1,46±0,96	1,37±0,74
TDF	65	781,2±464,1	831,1±438,4	41	425,4±246,6	395,1±250,4
Dfmax	65	78,7±9,6	77,6±9,8	41	77,5±10,4*	80,1±8,5*
Afmax	65	2667,4±793,9	2688,6±776,2	41	1680,7±490,1	1708,3±421,6

LDP+ Lado do corpo em que os sinais da DP são mais evidentes.

LDP- Lado do corpo em que os sinais da DP são menos evidentes.

\* diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre o LDP+ e o LDP- para cada sexo.

Fonte: autor.

Cano-de-la-Cuerda et al. (2010) investigaram a incidência de perda de força muscular em portadores da DP através de uma revisão de literatura. Um dos estudos que os autores apresentaram abordava a FPM em portadores da DP, no qual não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre os hemicorpos direito e esquerdo, embora o hemicorpo mais afetado pela DP tenha apresentado valores inferiores de força muscular em relação ao membro menos afetado.

É possível que portadores da DP alterem a dominância lateral (STOCHL et al., 2012) devido ao acometimento pela DP no membro que anteriormente executava a maioria das atividades, que passam a ser executadas, parcialmente, pelo membro contralateral, possivelmente tornando-o mais forte. Isso pode justificar a não associação entre o desempenho da maioria dos parâmetros da FPM isométrica máxima e o hemicorpo de predominância dos sinais da DP. No entanto, a mudança com relação a preferência lateral também pode estar associada à

assimetria nos níveis de dopamina nigroestriatal devido à degeneração desses neurônios dopaminérgicos decorrente do comprometimento relacionado a DP (DONALDSON; JOHSON; 2006; MOHR et al., 2003; DE LA FUENTE-FERNANDEZ et al., 2000).

Cubo et al. (2010) avaliaram a predominância lateral dos sintomas motores da DP e sua relação com a cognição e outros sintomas não motores da doença. Os autores sugerem que danos ao hemisfério esquerdo do cérebro desempenham um papel desproporcionalmente maior em psicoses relacionadas à DP ao longo do tempo. De acordo com os autores, portadores da DP com predominância de sinais motores da doença no hemisfério direito deveriam, portanto, ser cuidadosamente investigados quanto à incidência de quadros de psicose relacionados com a progressão da DP.

Com tudo, é importante observar que, os participantes do presente estudo foram classificados (escala modificada de Hoehn and Yahr (1967)), em sua maioria, em estágios acima do estágio 1,5 (comprometimento unilateral), ou seja, a maioria apresentou sinais da DP bilateralmente, o que pode ter influenciado nas comparações entre o hemisfério mais comprometido e o menos comprometido, e assim talvez contribuído para a ausência de diferenças significativas.

### **4.3 Dominância lateral e comprometimento dos parâmetros da força de preensão manual isométrica máxima**

Com relação à dominância lateral e a performance nos parâmetros da FPM isométrica máxima (Tabela 8), foram verificadas, para os participantes do sexo masculino, diferenças significativas entre o membro dominante e o contralateral, em que o membro dominante apresentou melhor performance para maioria dos parâmetros (Fmax, TDF e Afmax). Já os participantes do sexo feminino, apenas um parâmetro (TDF) apresentou diferenças significativas ( $p=0,016$ ) com melhor performance para o membro dominante. Vários autores apresentam resultados com sujeitos normais em que o membro dominante é geralmente 5% a 10% mais forte que o contralateral nas avaliações da FPM (BECHTOL, 1954; CROSBY et al., 1994; INCEL et al., 2002; NICOLAY; WALKER, 2005; OZCAN et al., 2004; PEOLSSON et al., 2001; PETERSEN et al., 1989).

Para os 41 participantes do sexo feminino avaliados neste estudo, apenas dois relataram dominância lateral no hemisfério esquerdo, e a maioria ( $n=24$ ) relatou maior comprometimento no hemisfério direito, resultados que corroboram com os achados de

Barrett et al. (2011). Essas informações são importantes para destacar que o lado de maior comprometimento relacionado à DP pode ter influenciado na performance dos parâmetros da FPM em relação à dominância lateral. Há também a possibilidade desses resultados estarem relacionados a queda no desempenho da FPM para a terceira idade (BOHANONN et al., 2006; LUNA-HEREDIA et al., 2005; DESROSIERS et al., 1995; MASSY-WESTROPP et al., 2004; MASSY-WESTROPP et al., 2011; MATHIOWETZ et al., 1986), como foi reportado no estudo de Teixeira (2008), que não detectou diferenças significativas entre os hemisferos direito e esquerdo para o grupo (n=17) da terceira idade, por acentuado declínio da FPM predominantemente no hemisfero direito. Budziareck et al. (2008) também relataram declínio da força manual somente para o hemisfero direito, para os sujeitos cujas atividades profissionais não exigiam grande esforços manuais. Uma vez que a maioria das tarefas do dia-a-dia são predominantemente executadas pelo membro dominante (VAN ROODEN et al. 2009), é possível que o hemisfero contralateral não sofra perda por desuso tão significativa quanto o hemisfero dominante (TEIXEIRA, 2008).

Tabela 8 - Comparação dos parâmetros da FPM isométrica máxima entre o lado dominante e o não-dominante para ambos os sexos

Parâmetros	Sexo Masculino			Sexo Feminino		
	n	Dominante	Não-dominante	n	Dominante	Não-dominante
Fmax	65	349,2± 80,0*	327,9±81,5*	41	220,9±55,5	212,0±53,5
Tfmax	65	1,54±0,85**	1,31±0,67**	41	1,47±0,89	1,37±0,81
TDF	65	859,2±453,6*	753,0±444,3*	41	450,0±262,2*	370,6±227,96*
Dfmax	65	78,9±9,7	77,5±9,7	41	79,1±9,5	78,4±9,7
Afmax	65	2783,6±759,8*	2572,5±795,7*	41	1734,0±461,9	1655,5±449,3

\* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o lado de dominância lateral e o lado contralateral para cada sexo. \*\*Apesar de haver diferença significativa para este parâmetro, o resultado das médias infere que o hemisfero não-dominante apresentou melhor performance.

Fonte: autor.

Alguns autores observaram em seus estudos que sujeitos com dominância lateral esquerda apresentam performance semelhante da FPM para o membro contralateral, no entanto, sujeitos com dominância lateral direita geralmente apresentam melhor performance em relação ao hemisfero esquerdo (INCEL et al., 2002; MASSY-WESTROPP et al., 2004; PETERSEN et al., 1989). No estudo de Crosby et al. (1994) a força de prensão do hemisfero direito foi 10% maior para o indivíduo

com dominância lateral direita mas para o indivíduo com dominância lateral esquerda, os valores entre os hemisferos se aproximaram.

#### **4.4 Parâmetros da força de prensão manual isométrica máxima e sua relação com o estágio evolutivo da doença de Parkinson**

No teste de correlação de Pearson, realizado para verificar a existência de relação entre o comprometimento dos parâmetros da FPM isométrica máxima e o estágio evolutivo da DP, foi verificada, para os participantes do sexo masculino, correlação negativa significativa ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros Fmax direito e esquerdo, Amax direito e esquerdo, e TDF direito, conforme a Figura 14, ou seja, quanto maior o estágio da DP, pior foram os resultados na performance desses parâmetros.

No parâmetro T<sub>fmax</sub> para o hemisfero direito não verificou-se correlação significativa, e o mesmo foi observado para o hemisfero esquerdo.

Com relação aos parâmetros D<sub>fmax</sub> para ambos os hemisferos e a TDF para o hemisfero esquerdo, embora estes não tenham apresentado correlação significativa, é possível observar uma tendência de pior desempenho com o aumento do comprometimento da DP, de acordo com o estágio de classificação.

Para o sexo feminino verificou-se correlação negativa significativa ( $p < 0,05$ ) entre o estágio evolutivo da DP e os parâmetros da FPM isométrica máxima, Fmax do hemisfero esquerdo, e Amax dos hemisferos direito e esquerdo. Estes resultados indicam que com a evolução da doença há redução no desempenho da FPM.

Com relação aos demais parâmetros (Fmax do hemisfero direito, TDF, D<sub>fmax</sub> e T<sub>max</sub> de ambos os hemisferos) não foi constatada correlação significativa, embora estes parâmetros tenham apresentado (Figura 15), com exceção da t<sub>max</sub> para o hemisfero esquerdo, uma tendência de maior comprometimento de acordo com a evolução dos estágios da DP.

Figura 14 – Resultado da correlação entre o estágio da DP e o desempenho nos parâmetros do teste de FPM isométrica máxima para os indivíduos do sexo masculino.

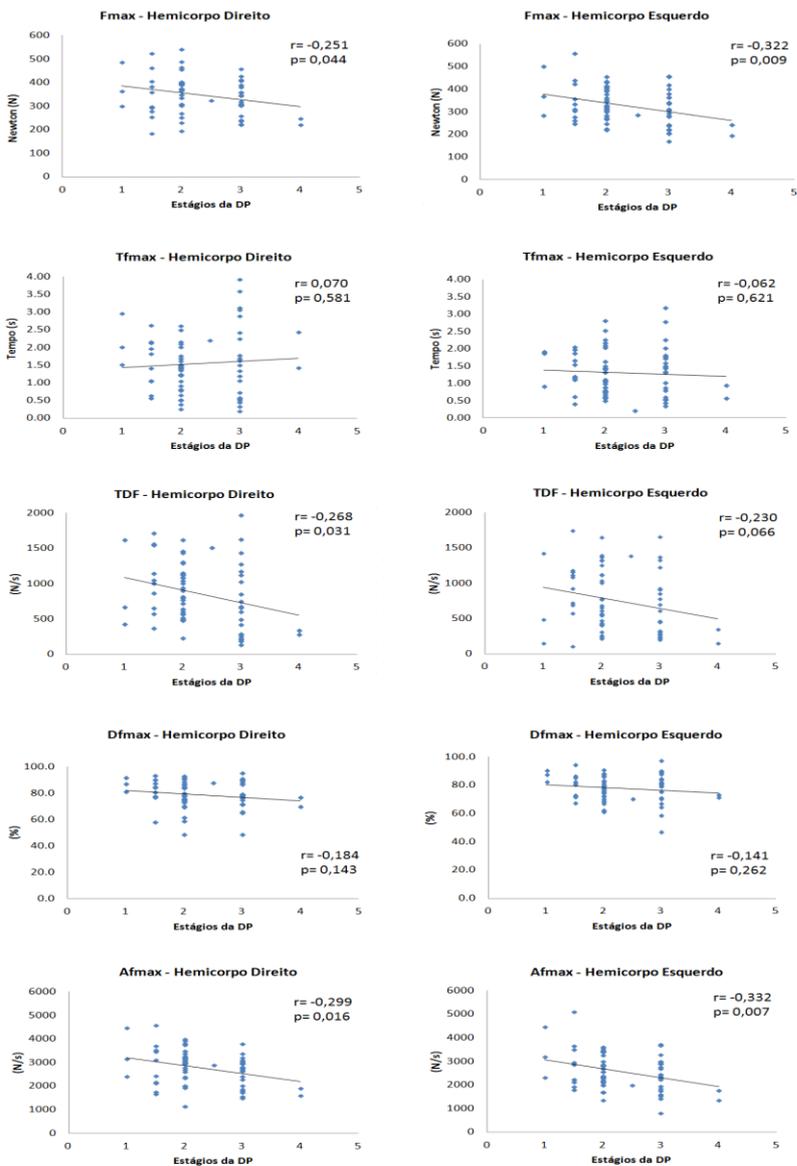
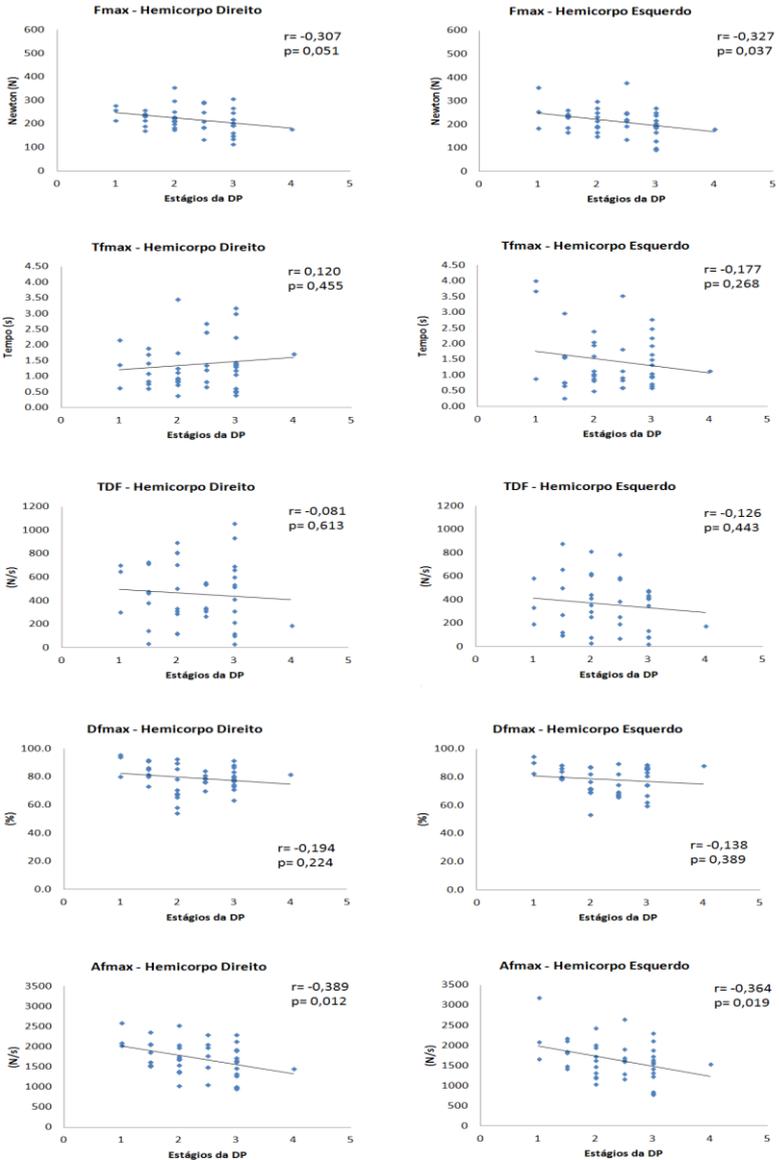


Figura 15 – Resultado da correlação entre o estágio da DP e o desempenho nos parâmetros do teste de FPM isométrica máxima para os indivíduos do sexo feminino.



Em estudo de Robichaud et al. (2005) que buscou determinar se os prejuízos observados em indivíduos com DP no desempenho de contrações isométricas refletiam a gravidade da doença, os autores observaram correlação significativa que apontou menor performance nos resultados do teste (flexão e extensão do cotovelo) com o aumento no comprometimento motor avaliado através da escala UPDRS.

Em teste isocinético com flexão e extensão de joelho e quadril, e dorsiflexão plantar em velocidades angulares de 90, 120 e 150 graus/segundos à 10 rpm, com portadores da DP, Durmus et al. (2010) verificaram correlação significativa entre a força muscular e os escores da escala UPDRS. Os autores afirmam que o aumento na severidade da doença acarreta em maior incidência de anormalidades do sistema locomotor e também sugerem que a fraqueza muscular pode estar relacionada com o estado clínico destes indivíduos e não com a duração da DP.

Não foram encontrados estudos na literatura consultada relacionando o estágio evolutivo da DP com variáveis referentes à FPM.

#### **4.5 Parâmetros da força de preensão manual isométrica máxima**

Para a apresentação dos resultados e discussão subsequente de cada parâmetro referente ao teste de FPM isométrica máxima, como pode ser observado nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, os participantes foram classificados de acordo com a idade, sexo e lateralidade. Foram apresentados os valores para os hemicorpos direito e esquerdo, sem considerar a dominância lateral dos participantes.

##### **4.5.1 Força de preensão manual isométrica máxima - Fmax**

Os valores do coeficiente de variação (CV) observados para a variável Fmax (23 e 25% para o sexo masculino e 24 e 27% para o sexo feminino, nos hemicorpos direito e esquerdo, respectivamente) demonstram a alta variabilidade dos dados (GOMES, 1990), informação importante para identificar a heterogeneidade da amostra quanto ao resultado da performance nessa variável.

Foram constatadas diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) para a performance da Fmax entre os sujeitos do sexo feminino ( $219,1 \pm 51,8N$  e  $213,8 \pm 57,3N$  para os hemicorpos direito e esquerdo, respectivamente) e masculino ( $349,0 \pm 80,1N$  e  $328,1 \pm 81,4N$  para os hemicorpos direito e esquerdo, respectivamente), sendo que o sexo masculino apresentou

melhor desempenho. Diversos estudos confirmam que os homens apresentam melhor desempenho de força que as mulheres (CROSBY et al., 1994; GUNTHER et al., 2008; HANTEN et al., 1999; JAKOBSEN et al., 2010; LEYK et al., 2007; MOREIRA et al., 2001; NICOLAY; WALKER, 2005; NEWMAN et al., 1984; PEOLSSON et al., 2001; PETERS et al., 2011; ROBERTSON et al., 1996;).

Com relação aos resultados da performance deste parâmetro (Fmax), ao comparar os portadores da DP com sujeitos saudáveis, alguns autores confirmaram que o pico de força não é significativamente afetado pelo comprometimento motor desta população (ABOU-RAYA et al., 2009; ANDRIA et al., 2006; CHU CHEN et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2009; MA et al., 2009; JORDAN et al., 1992; PANG e MAK, 2009), embora haja uma tendência dos portadores da DP apresentarem resultados inferiores.

Chu Chen et al. (2011) avaliaram a FPM de 16 indivíduos portadores da DP (12 do sexo masculino) e 15 indivíduos saudáveis (9 do sexo masculino) com médias de idade de  $63,1 \pm 1,8$  anos e  $61,2 \pm 1,8$  anos, respectivamente. Os autores não verificaram diferenças significativas para o parâmetro Fmax entre os portadores da DP ( $219,5 \pm 10,78N$ ) e sujeitos saudáveis ( $219,5 \pm 12,74N$ ). Jordan et al. (1992) também avaliaram a Fmax em três grupos constituídos de portadores da DP diagnosticados recentemente e que não faziam uso de medicação ( $n=32$ ), portadores da DP que estavam em tratamento ( $n=29$ ), e indivíduos saudáveis ( $n=24$ ), sendo que não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos para o valores do parâmetro Fmax. Guimarães et al. (2009) também não verificaram diferenças estatisticamente significativas entre portadores da DP ( $n=36$ , 13 indivíduos do sexo feminino) e indivíduos saudáveis ( $n=34$ , 20 do sexo feminino) com relação ao desempenho na Fmax ( $268,5 \pm 107,8N$  e  $289,1 \pm 99,0N$ , respectivamente). Da mesma maneira, os estudos de Ma et al. (2009) e Pang e Mak (2009) também não constataram diferenças entre portadores da DP e grupos controle ( $281,1 \pm 81,2N$  vs  $296,0 \pm 85,8N$  e  $217,8 \pm 93,9N$  vs  $251,7 \pm 96,0N$ , respectivamente).

Em contra partida, apenas dois estudos evidenciaram diferenças significativas entre a Fmax de portadores da DP e indivíduos saudáveis. Fink et al. (2008) mensuraram a Fmax de 46 portadores da DP (sexo masculino) e 5,891 sujeitos normais, que apresentaram médias de  $355,74N$  e  $407,7N$  para este parâmetro, respectivamente, confirmando diferenças significativas entre os grupos. Howard et al. (2005), também verificaram diferenças significativas em seu estudo com indivíduos do

sexo masculino, entre portadores da DP (n=52) (358,7N) e sujeitos saudáveis (n=5,943) (408,7N).

#### 4.5.2 Tempo para atingir a força máxima - Tfmax

Na comparação da performance referente ao tempo para atingir a força máxima (Tfmax), não foi verificada diferença estaticamente significativa ( $p=0,272$  hemicorpo direito, e  $p=0,659$  hemicorpo esquerdo) entre os sexos (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores do parâmetro Tfmax (tempo para atingir a força máxima) referente ao comportamento da FPM isométrica máxima.

Faixa etária	Tfmax (s)					
	Homens			Mulheres		
	n	D	E	n	D	E
35-39	1	1,5	0,6	0	-	-
40-44	1	0,7	0,7	0	-	-
45-49	1	0,3	1,8	2	1,8±0,1	1,3±1,5
50-54	3	0,6±0,5	0,8±0,6	2	0,8±0,2	1,2±0,9
55-59	7	2,4±1,9	1,4±0,8	5	1,9±1,1	2,4±1,2
60-64	11	1,3±0,6	1,2±0,6	10	1,4±0,9	1,0±0,5
65-69	18	1,5±0,7	1,4±0,6	6	1,1±0,7	1,6±1,3
70-74	8	1,6±0,9	1,3±1,0	5	1,1±0,4	1,4±0,6
75-79	12	2,0±1,1	1,5±0,6	9	1,1±0,6	1,3±0,7
80-84	2	2,2±0,3	0,8±0,4	2	2,4±0,9	2,0±1,2
85-89	1	1,4	1,5	0	-	-
Média±dp		1,6±1,0	1,3±0,7		1,4±0,8	1,5±0,9
CV (%)		64	51		57	63

Fonte: autor.

No estudo de Kamimura e Ikuta (2001), em que foi investigada a confiabilidade dos dados nos testes de FPM com sujeitos saudáveis, com duração de 6 e 10 segundos, não encontraram diferenças estaticamente significativas entre os sexos. O tempo para atingir o pico de força ficou entre 1,1±0,5 segundos para o sexo feminino (membro não dominante) e 1,7±1,0 segundos para o sexo masculino (membro dominante) para o teste de 6 segundos de duração (de acordo com os autores, os resultados foram similares para o teste de 10 segundos).

Considerando os resultados ilustrados acima para cada faixa etária, o tempo para atingir a força máxima não ultrapassou os três segundos. Segundo Andria et al. (2006), três segundos são suficientes

para se atingir a força máxima durante teste de FPM isométrica máxima com sujeitos saudáveis.

Segundo Corcos et al. (1996), em estudo que investigou a relação entre taxa de desenvolvimento de força e o estado clínico de portadores da DP, com aplicação de um teste de contração isométrica máxima de flexão e extensão do cotovelo durante um período de 4 segundos, o tempo para atingir o pico de força de pacientes com bradicinesia ficou entre 3 e 4 segundos, enquanto pacientes saudáveis atingiram a força máxima em menos de 1 segundo. Os autores afirmam que este atraso para atingir o pico de força pode ser ainda maior em casos severos de bradicinesia. Hallett (1990) afirma que um dos mecanismos da bradicinesia é a incapacidade de ativar a musculatura a um nível necessário para completar determinado movimento no tempo desejado.

Estudos que avaliaram a força em portadores da DP afirmam que estes sujeitos apresentam comprometimento na velocidade de produção de força, o que resulta em aumento do tempo para atingir a força máxima, e estas alterações teriam relação com a presença de bradicinesia e perda de força muscular (ATTIVISSIMO et al., 2009; PARK; STELMACH, 2007; STELMACH; WORKINGHAM, 1988).

Attivissimo et al. (2009) analisaram o comportamento da FPM isométrica máxima em portadores da DP e sujeitos normais, e concluíram que sintomas como a bradicinesia, rigidez muscular e acinesias, são limitadores que alteram o tempo de reação em atividades motoras de portadores da doença.

Além da produção de força irregular, Stelmach et al. (1989) afirmam que portadores da DP necessitaram duas vezes mais tempo para atingir o pico de força quando comparados ao grupo controle e o grupo da terceira idade.

#### 4.5.3 Taxa de desenvolvimento da força - TDF

Como pode-se observar na Tabela 10, para o parâmetro da TDF, o sexo masculino apresentou maiores níveis de força por tempo de contração que o sexo feminino ( $p < 0,001$ ).

A TDF pode determinar consequências funcionais importantes, por representar a força que pode ser gerada na fase inicial da contração muscular (0-200ms) (AAGAARD et al., 2002). Segundo Aagaard et al. (2002), para a população idosa, altos valores de TDF são de grande importância para manter a habilidade de recuperar o equilíbrio durante

súbitas perturbações posturais, potencialmente reduzindo o risco de quedas.

Chu Chen et al. (2011) avaliaram a inclinação média da curva (cálculo definido pela média da diferença entre a força no início da contração e o valor em que a força atinge 85% do pico) de FPM em portadores da DP ( $257,7 \pm 26,5$  N/s) e sujeitos saudáveis ( $451,8 \pm 60,8$  N/s), sendo que os portadores da DP apresentaram valores significativamente menores que indivíduos saudáveis. Da mesma forma, no estudo de Anzak et al. (2011), avaliando a FPM isométrica máxima de portadores da DP (n=9, sendo 8 homens) e sujeitos saudáveis (n=9, sendo 7 homens), em um teste com duração de 5 segundos, foram verificados valores de TDF de  $1119,2 \pm 71,5$  N/s e  $1593,5 \pm 95,1$  N/s; respectivamente.

Tabela 10 – Valores do parâmetro TDF (Taxa de desenvolvimento da força) referente ao comportamento da FPM isométrica máxima.

TDF (N/s)						
Faixa etária	Homens			Mulheres		
	n	D	E	n	D	E
35-39	1	1088,3	784,9	0	-	-
40-44	1	816,7	1379,1	0	-	-
45-49	1	1969,8	855,7	2	$514,3 \pm 283,3$	$564,5 \pm 441,0$
50-54	3	$1359,5 \pm 243,6$	$1255,3 \pm 443,1$	2	$524,5 \pm 261,3$	$438,5 \pm 523,1$
55-59	7	$973,9 \pm 499,6$	$887,5 \pm 461,1$	5	$347,1 \pm 190,5$	$236,4 \pm 194,5$
60-64	11	$937,7 \pm 412,6$	$842,4 \pm 524,1$	10	$500,9 \pm 234,4$	$405,8 \pm 186,1$
65-69	18	$827,8 \pm 479,5$	$719,5 \pm 419,9$	6	$455,2 \pm 260,2$	$377,6 \pm 243,7$
70-74	8	$715,7 \pm 483,7$	$721,6 \pm 482,3$	5	$632,9 \pm 259,8$	$480,2 \pm 102,2$
75-79	12	$715,9 \pm 342,8$	$523,2 \pm 318,8$	9	$422,8 \pm 332,9$	$289,6 \pm 211,0$
80-84	2	$497,2 \pm 222,4$	$540,3 \pm 548,0$	2	$147,5 \pm 62,8$	$152,7 \pm 28,2$
85-89	1	572,9	578,6	0	-	-
Média		$859,5 \pm 453,8^*$	$752,7 \pm 444,0^*$		$459,0 \pm 261,7^*$	$361,6 \pm 225,0^*$
CV (%)		53	59		57	62

\* diferença significativa ( $p < 0,001$ ) entre os sexos para cada hemicorpo

Fonte: autor.

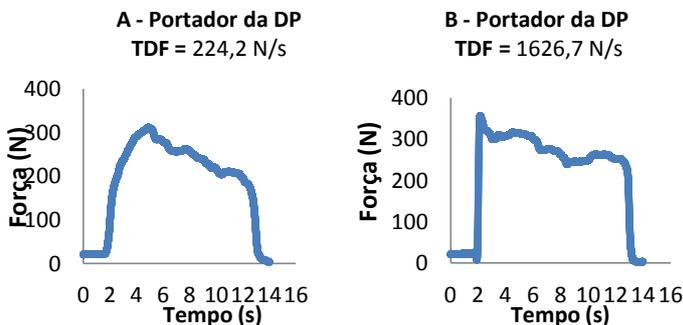
Episódios de desequilíbrio e quedas são comuns em portadores da DP, muitas vezes relacionados à perda súbita de reflexos posturais, distúrbios da marcha (MICHALOWSKA et al., 2005), rigidez, bradicinesia e dicinesias induzidas pela ingestão de levodopa (ROBINSON et al., 2005).

Na Figura 16 estão representadas curvas força-tempo de dois participantes do presente estudo. À esquerda, o participante (A) que

possui níveis mais baixos de produção de força por tempo, relatou sinais de bradicinesia e perda de força. Corcos et al. (1996) sugerem que a bradicinesia é decorrente do comprometimento na velocidade de ativação muscular. Na curva à direita (B) o participante relatou apenas sinais de tremor de repouso.

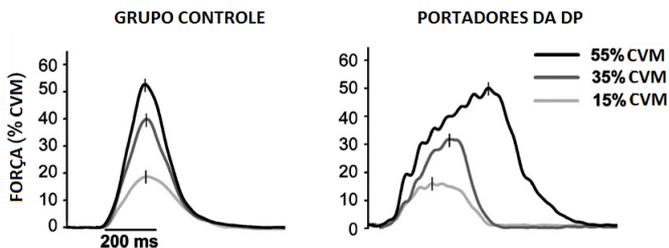
Em relação às características na produção de força, segundo Park e Stelmach (2007), pacientes portadores da DP apresentaram maior irregularidade na curva força-tempo, caracterizada por mudanças na taxa de produção de força, com queda na TDF e maior oscilação durante o desenvolvimento da força quando comparados a sujeitos saudáveis (Figura 17).

Figura 16 – Curva força-tempo do teste de FPM isométrica máxima de portador da DP - hemisfério direito (A e B).



Fonte: autor.

Figura 17 – Comparação entre sujeito saudável e portador da DP. Amplitude da produção de força durante teste com estímulo visual para controle da CVM (contração voluntária máxima).



Fonte: Adaptado de Park e Stelmach (2007).

#### 4.5.4 Taxa de declínio da força máxima - Dfmax

O parâmetro Dfmax (taxa de declínio da força máxima), também chamado de *endurance*, reflete a tentativa de manter a performance desejada de forma constante durante o tempo de teste (NICOLAY; WALKER, 2005), não diferiu entre os sexos ( $p=0,784$  hemicorpo direito e  $p=0,734$  hemicorpo esquerdo) e apresentou baixa variabilidade (CV) dos dados em ambos os sexos e hemicorpos (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores do parâmetro Dfmax (taxa de declínio da força máxima) referente ao comportamento da FPM isométrica máxima.

Faixa etária	Dfmax (%)					
	Sexo masculino			Sexo feminino		
	n	D	E	n	D	E
35-39	1	78,0	62,3	0	-	-
40-44	1	75,1	75,8	0	-	-
45-49	1	65,5	58,5	2	90,8±1,5	88,1±0,8
50-54	3	77,5±7,0	80,5±5,7	2	73,5±7,5	79,4±14,5
55-59	7	82,5±10,1	82,3±10,9	5	84,9±7,8	82,1±9,7
60-64	11	78,4±16,5	74,5±14,4	10	79,1±5,7	76,3±7,4
65-69	18	80,2±8,7	80,3±7,0	6	71,4±15,2	70,6±11,8
70-74	8	75,3±7,6	76,4±6,2	5	80,4±7,1	83,3±5,3
75-79	12	77,6±7,6	79,0±6,6	9	77,7±9,1	76,4±10,0
80-84	2	79,7±14,3	71,5±0,3	2	86,6±7,1	87,2±1,4
85-89	1	84,2	67,3	0	-	-
Média		78,6±10,0	77,7±9,4		79,2±9,6	78,3±9,6
CV (%)		13	12		12	12

Fonte: autor.

Dias et al. (2012) avaliaram a FPM isométrica máxima em teste com duração de 10 segundos, em indivíduos saudáveis do sexo masculino ( $n=18$ ) com idade média de  $23,94\pm3,96$  anos. A taxa de fadiga, que pode ser definida com o declínio da contração muscular máxima (BLACKWELL et al., 1999), ou seja, inversamente proporcional à Dfmax, foi de  $15,0\pm8,0\%$  para o hemicorpo dominante e  $16,0\pm7,0\%$  para o hemicorpo não-dominante, ou seja, aproximadamente 85 e 84% da força máxima foi mantida durante o teste.

Massy-Westropp et al. (2004) também apresentaram valores para o mesmo teste com sujeitos saudáveis de ambos os sexos, com médias de  $75,6 \pm 13,0\%$  (hemicorpo direito) e  $72,2 \pm 16,2\%$  (hemicorpo esquerdo) para os sujeitos com dominância lateral direita, e  $77,4 \pm 13,8\%$  (hemicorpo direito) e  $77,7 \pm 12,6\%$  (hemicorpo esquerdo) para os sujeitos com dominância lateral esquerda, para uma amostra com faixas etárias acima de 18 anos. Os autores definiram esses valores como “*percentual do pico ao final de 10 segundos*”. De acordo com estes valores, é possível observar que indivíduos com dominância lateral esquerda apresentam maior semelhança entre hemicorpos direito e esquerdo com relação ao desempenho na manutenção da força máxima, que os indivíduos com dominância lateral direita.

Desrosiers et al. (1997) realizaram testes com dinamômetro Jamar com indivíduos acima dos 60 anos, estimando a *endurance* pelo número de segundos em que o sujeito avaliado conseguia manter 50% de sua força máxima. Os resultados indicaram que apesar de não haver diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as faixas etárias, houve uma tendência ao decréscimo na manutenção da força máxima com o aumento da idade.

A relação entre parâmetros de força e tempo permite a obtenção de indicadores de velocidade e força muscular, e segundo Attivissimo et al. (2009), sujeitos saudáveis apresentam melhor performance quando comparados com portadores da DP. Os autores apontam a dificuldade do portador da DP em realizar a manutenção da força manual, observada na avaliação dos parâmetros da curva força-tempo da FPM isométrica máxima.

#### 4.5.5 Área sob a curva força-tempo – Afmax

Segundo Byrd e Jenness (1982), o parâmetro de integração dos valores da área sob a curva força-tempo representa uma alternativa para mensurar a resistência muscular.

Como observado na Tabela 12, com relação ao trabalho total (Afmax) realizado no teste da FPM isométrica máxima, foram observadas diferenças significativas entre os sexos ( $p < 0,001$ ). Com esta comparação é possível verificar que, de forma geral, o sexo masculino obteve melhor performance no teste, pois os níveis de força alcançados tem relação direta com os resultados obtidos para este parâmetro (DIAS et al., 2012; HELLIWELL et al., 1987; YAMIJI et al., 2006;), juntamente com os níveis de manutenção do pico de força.

No estudo de Jakobsen et al. (2010) os sujeitos do sexo masculino foram capazes de manter e sustentar o esforço no teste de prensão manual, produzindo maior trabalho total quando comparados com sujeitos do sexo feminino.

Shechtman et al. (2007) também aplicaram o teste de FPM isométrica máxima avaliando características da produção de força por tempo (5 segundos), e verificaram diferenças significativas entre os sexos, em que a integração da área sob a curva na fase de queda da força máxima apresentou valores mais altos para o sexo masculino.

Segundo Andria et al. (2006), o parâmetro referente a área sob a curva força-tempo abrange todos os parâmetros que compõe o teste de FPM, como as fases de contração, força máxima e fase de soltura, sendo considerado o parâmetro mais completo que evidencia as diferenças entre indivíduos saudáveis e portadores da DP.

Tabela 12 – Valores do parâmetro Afmax (área sob a curva força-tempo) referentes ao comportamento da FPM isométrica máxima.

Faixa etária	Afmax (N/s)					
	Sexo masculino			Sexo feminino		
	n	D	E	n	D	E
35-39	1	3192,7	2347,5	0	-	-
40-44	1	2974,4	3271,4	0	-	-
45-49	1	3011,9	2880,5	2	2170,9±270,4	2061,4±69,7
50-54	3	2811,8±462,3	2814,0±636,0	2	1404,7±487,9	1821,1±121,8
55-59	7	3210,1±886,8	3035,1±877,9	5	1716,5±510,6	1890,9±849,1
60-64	11	2879,2±993,8	2630,8±1197,6	10	1886,8±320,5	1765,4±315,2
65-69	18	2862,1±760,0	2682,5±714,0	6	1671,1±484,4	1513,5±592,0
70-74	8	2425,0±455,1	2309,3±406,2	5	1907,6±287,4	1816,9±320,5
75-79	12	2699,1±704,9	2391,6±632,6	9	1553,5±419,9	1435,2±430,8
80-84	2	1636,7±36,8	1579,7±304,6	2	1230,8±312,8	1192,8±489,9
85-89	1	2128,4	1932,0	0	-	-
Média		2776,4±767,2*	2579,6±790,4*		1722,2±421,1*	1666,8±489,4*
CV (%)		28	31		24	29

\* diferença significativa ( $p < 0,001$ ) entre os sexos para cada hemisfério

Fonte: autor.

Em estudo com portadores da DP e sujeitos saudáveis, que propôs a utilização de *feedback* visual no controle da FPM aplicada em 5 objetos distintos que possibilitavam 5 empunhaduras distintas, foi calculada a média da força máxima durante os 5 segundos do teste, evidenciando a perda de força devido a fadiga muscular em portadores da DP, sugerindo que a doença não afeta o controle da FPM apesar da perda evidente de força muscular (KURILLO et al., 2004).

Nogaki et al. (1999) realizou avaliação isocinética de membros inferiores, com portadores da DP para investigar o pico de torque entre o hemicorpo mais afetado pela DP e o contralateral. Os achados sugeriram que, a fraqueza muscular nos avaliados é dependente da velocidade de movimento, levantando à suspeita de que a fraqueza dependente da velocidade é característica inerente da DP, a qual reflete a disfunção do mecanismo central, que em indivíduos saudáveis garante a força muscular adequada à necessidade de velocidade em movimentos rápidos.

A temporização é um elemento importante mesmo em tarefas que o principal critério para cumprir o objetivo seja a realização de contrações máximas, como por exemplo, em uma mesa, deslizar um objeto pesado de um local para outro. Um dos aspectos característicos dessa tarefa é a força empregada para superar o atrito. Este exemplo caracteriza a importância da produção de força e sua relação com o tempo para executá-la (STELMACH; WORRINCHAM 1988).

A habilidade de força de preensão constante, é um pré-requisito no desempenho de muitas tarefas do dia-a-dia (KURILLO et al., 2004). Distúrbios desta habilidade podem dificultar seriamente ações que requerem preensão e manipulação de objetos. As alterações na força de aderência à objetos rígidos não são acompanhadas por movimentos dos dedos, e portanto não são percebidas visualmente, pois na maioria das circunstâncias, o controle sensorial da força de preensão depende da propriocepção e informações de receptores cutâneos, sem informação visual (HERMSDORFER; MAI, 1996).

Na realização da FPM, vários fatores podem ter influenciado na medida e no desempenho, além da presença de distúrbios do movimento relacionados à patologia em questão, como características antropométricas (CLERKE et al., 2005; EKSIUGLU, 2004; RUIZ-RUIZ et al., 2002; RUIZ et al. 2006), sexo (BUCHMAN et al., 2005; DESROSIERS et al. 1995; JAKOBSEN et al., 2010; LEYK et al., 2007), idade (KALLMAN et al. 1990; WATANABE et al., 2011;), dominância lateral (CROSBY et al. 1994; INCEL et al., 2002; PEOLSSON et al., 2001; TEIXEIRA, 2008), nível de atividade física (DIAS et al., 2012; FERNANDES; MARINS, 2011; WATTS et al. 2003), e posicionamento dos segmentos durante o teste (ANDRIA et al., 2006; INNES, 1999;).

Contudo, a comparação direta entre os resultados deste estudo e a literatura pesquisada não foi possível em alguns momentos, devido às diferenças entre os procedimentos de análise dos resultados, bem como o protocolo de teste utilizado. Por exemplo, a proposta da

realização do teste da FPM com duração de 10 segundos contínuos, foi adotada apenas por alguns autores (DIAS et al., 2012; MASSY-WESTROPP et al., 2004; NOVO JÚNIOR, 1988; KAMIMURA; IKUTA, 2001; THYBERG et al., 2005), e ainda assim, não se tratavam de estudos com indivíduos portadores da DP.

Há inúmeros estudos que realizaram avaliações da força manual de portadores da DP (ALBERTS et al., 1998; ANDRIA et al., 2006; ATTIVISSIMO et al., 2009; BENNETT, 1997; CASTIELLO et al., 2000; CASTIELLO; CHU CHEN et al., 2011; CORCOS et al., 1996; FELLOWS; JOHANNES, 2003; FELLOWS et al., 2006; FELLOWS et al., 1998; GORDON, 1997; JORDAN et al., 1992; KURILLO et al., 2004; NOWAK et al., 2006; PARK; STEMACH, 2007; SPRAKER et al., 2010; STELMACH et al., 1989; VAN DEN BOS et al., 2012), no entanto, em sua maioria, estes diferem do presente estudo em relação aos métodos empregados, equipamentos utilizados, empunhadura utilizada, composição das variáveis analisadas, que variam de acordo com os objetivos de cada estudo e que podem ter influenciado nos resultados dos mesmos.

Quanto as limitações do presente estudo, considera-se que um grupo controle para realizar comparações entre os resultados de portadores da DP e sujeitos saudáveis poderia enriquecer os achados do estudo, e talvez confirmar as suspeitas com relação as diferenças na capacidade de produção de força de sujeitos saudáveis e portadores da DP. Os resultados deste estudo também podem ter sido influenciados pela não aleatorização na seleção dos participantes, devido a intencionalidade no recrutamento, que dependeu de voluntários interessados em participar da avaliação. E por fim, o número desproporcional de participantes distribuídos em cada faixa etária dificultou a realização das comparações dos resultados.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos objetivos propostos, do referencial teórico consultado e dos resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que:

- Em relação aos resultados de força máxima ( $F_{max}$ ) obtidos na avaliação, com excessão do hemicorpo direito do sexo feminino, foram observados valores dentro da normalidade de acordo com os dados da literatura;
- Ao investigar a relação entre o comprometimento dos parâmetros da força e hemicorpo de predominância dos sinais da DP, constatou-se que apenas a variável declínio da força máxima ( $Df_{max}$ ) no sexo feminino apresentou comprometimento no hemicorpo apontado como mais comprometido pela doença;
- Verificou-se que, com exceção dos resultados dos parâmetros  $Df_{max}$  e tempo para atingir a força máxima ( $Tf_{max}$ ), os demais parâmetros indicaram menor comprometimento no hemicorpo de dominância lateral para os participantes do sexo masculino. Já no sexo feminino, somente o parâmetro taxa de desenvolvimento da força (TDF) apresentou menor comprometimento no hemicorpo dominante;
- Dentre 20 testes realizados para verificar a correlação entre os parâmetros da FPM isométrica máxima e o estágio evolutivo da DP, oito confirmaram que com a evolução da doença aumenta o comprometimento da FPM, além disso, outros 10 testes apresentaram tendência a este mesmo resultado.

De maneira geral, a partir da configuração do equipamento proposto e do software desenvolvido, acredita-se que o estudo contribuiu para o levantamento de evidências relacionadas ao comprometimento motor na DP, embora não foi possível indicar grande ocorrência de manifestações unilateralizadas que comprovassem significativamente a assimetria no comprometimento motor, característica inerente aos portadores da DP.

## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 1318–1326, 2002

AGID, Y. et al. Levodopa in the Treatment of Parkinson's Disease: A Consensus Meeting. **Movement Disorders**, v. 14, p. 911–913, 1999.

ABOU-RAYA, S.; HELMII, M. ABOU-RAYA, A. Bone and mineral metabolism in older adults with Parkinson's disease. **Age and Ageing**, v. 38, p. 675–680, 2009.

ALEXANDER, R. M. **The human machine**. New York, Oxford: Columbia University Press, 1992. p. 20.

AMICK, M.M.; GRACE, J.; CHOU, K.L. Body side of motor symptom onset in Parkinson's disease is associated with memory performance. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 12, p. 736–740, 2006.

AN, K.N.; HUI, F.C.; MORREY, B.F.; LINSCHIED, R.L.; CHAO, E.Y. Muscles across the elbow joint: a biomechanical analysis. **Journal of Biomechanics**, v. 14, p. 659-669, 1981.

ANDRIA, G. et al. Functional evaluation of handgrip signals for Parkinsonian patients. **IEEE Transactions on instrumentation and measurement**, v. 55, p. 1467-1473, 2006.

ANGST, F.; DRERUP, S.; WERLE, S.; HERREN, D. B.; SIMMEN, B. R. GOLDHAHN, J. Prediction of grip and key pinch strength in 978 healthy subjects. **Musculoskeletal Disorders**, v. 11, p. 1-6, 2010.

ANZAK, A. et al. Improvements in rate of development and magnitude of force with intense auditory stimuli in patients with Parkinson's disease. **European Journal of Neuroscience**, v. 34, p. 124–132, 2011.

ATIVISSIMO, F.; CAVONE, G.; LANZOLLA, A.M.L.; SAVINO, M. Application of hand grip signals for an objective evaluation of

Parkinson disease: analysis and comparison with standard functional clinical tests. **Measurement**, v. 42, p. 1123-1130, 2009.

BARAM, Y.; AHARON-PERETZ, J.; SIMIONOVICI, Y.; RON, L. Walking on Virtual Tiles. **Neural Processing Letters**, v. 19, p. 227-233, 2002.

BAUTMANS, I. et al. Handgrip performance in relation to self-perceived fatigue, physical functioning and circulating IL-6 in elderly persons without inflammation. **BMC Geriatrics**, v. 7, n. 5, 2007.

BERARDELLI, A.; SABRA, A.F.; HALLETT, M. Physiological mechanisms of rigidity in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 46, p. 45-53, 1983.

BERARDELLI, A. et al. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. **Brain**, v. 124, p. 2131-2146, 2001.

BARRETT, M.J. et al. Handedness and motor symptom asymmetry in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 82, p.1122-1124, 2011.

BECHTOL, C. The use of a dynamometer with adjustable hand spacings. **The journals of joint and bone surgery**, p. 820-832, 1954.

BLACKWELL, J. R.; KORNAZ, K. W.; HEATH, E. M. Effect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum superficialis. **Applied Ergonomics**, v. 30, p. 401-405, 1999.

BOHANNON, R. W. et al. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. **Physiotherapy**, v. 92, p. 11-15, 2006.

BRADLEY, W. G.; DAROFF, R. B.; FENICHEL, G. M.; MARSDEN, C. **Neurology in Clinical Practice: Principles of diagnosis and management**, 4 ed, v. 1, 2004.

BROOKS, D.J. PET studies on the early and differential diagnosis of Parkinson's disease. **Neurology**, v. 43, p. S6-16, 1993.

BYSTROM, S.; HALL, C.; WELANDER, T.; KILBOM, A. Clinical disorders and pressure-pain threshold of the forearm and hand among automobile assembly line workers. **Journal of Hand Surgery (British and European Volume)**, v. 20B, p. 782-790, 1995.

BUCHMAN et al. Gender differences in upper extremity motor performance of older persons. **Geriatrics and Gerontology International**, v. 5, p. 59-65, 2005;

BUDZIARECK, M. B.; DUARTE, R. R. P.; BARBOSA-SILVA, M. C. G. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. **Clinical Nutrition**, v. 27, p. 357-362, 2008.

CAIXETA, A. P. L. A influência do posicionamento do cotovelo na avaliação da força de preensão palmar. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, UnB, 2008.

CANO-DE-LA-CUERDA, R. et al. Is there muscular weakness in Parkinson's Disease? **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 89, p. 70-76, 2010.

CASTIELLO, U. et al. The reach-to-grasp movement in Parkinson's disease before and after dopaminergic medication. **Neuropsychologia**, v. 38, p. 46-59, 2000.

CHU CHEN, C.; LIN, W. Y.; CHAN, H. L.; HSU, Y. T.; TU, P. H.; LEE, S. T.; CHIOU, S. M.; TSAI, C. H.; LU, C. S.; BROWN, P. Stimulation of the subthalamic region at 20 Hz slows the development of grip force in Parkinson's disease. **Experimental Neurology**, v. 231, p. 91-96, 2011.

CLERKE, A. M.; CLERKE, J. P.; ADAMS, R. D. Effects of Hand Shape on Maximal Isometric Grip Strength and its Reliability in Teenagers. **Journal of Hand Therapy**, v. 18, p. 19-29, 2005.

COOPER, A. A.; MIKOS, A. E.; WOOD, M. F.; KIRSCH-DARROWB, L.; JACOBSON, C. E.; OKUN, M. S.; RODRIGUEZ, R. L.; BOWERS, D.; FERNANDEZ, H. H. Does laterality of motor impairment tell us something about cognition in Parkinson disease? **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 15, p. 315-317, 2009.

CORCOS, D.M; CHEN, C.M; QUINN, N.P; MCAULEY, J; ROTHWELL, J.C. Strength in Parkinson's disease: relationship to rate of force generation and clinical status. **Annals of Neurology**, v.39, p. 79–88, 1996.

CRIZZLE, A. M.; NEWHOUSE, I. J. Is Physical Exercise Beneficial for Persons with Parkinson's Disease? **Clinical Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 5, p. 422-425, 2006.

CRONIN-GOLOMB, A. Parkinson's Disease as a Disconnection Syndrome. **Neuropsychological Review**, v. 20, p. 191–208, 2010.

CROSBY, C.A.; WEHBÉ, M.A. & MAWR, B. Hand strength: normative values. **The Journal of hand surgery**, v. 19A, p. 665-670, 1994.

CUBO et al. Motor laterality asymmetry and nonmotor symptoms in Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 25, n. 1, p. 70–75, 2010.

DAVID et al. Progressive resistance exercise and Parkinson's disease: a review of potential mechanisms. **Parkinson's Disease**, p. 1-10, 2012.

DAVIS, J. J. et al. Using grip strength force curves to detect simulation: A preliminary investigation. **Archives of Clinical Neuropsychology**, v. 25, p. 204–211, 2010.

DE LA FUENTE FERNANDES, R. et al. 2000. Nigrostriatal dopamine system and motor lateralization. **Behavioural Brain Research**, v. 112, p. 63–68, 2000.

DJALDETTI, R.; ZIV,I.; MELAMED, E. Djaldetti et al. The mystery of motor asymmetry in Parkinson's disease. **Lancet Neurology**, V.5, p. 796–802, 2006

DESCHENES, M. R. Effects of aging on muscle fibre type and sSize. **Sports Medicine**. v. 34, p. 809-824, 2004.

DESROSIERS, J. et al. Upper extremity performance test for the elderly (TEMPA): normative data and correlates with sensorimotor parameters. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.76, p.1125-1129, 1995.

DESROSIERS, J.; BRAVO, G.; HEBERT, R. Isometric grip endurance of healthy elderly men and women. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 24, p. 75-85, 1997.

DEUSCHL, G; BAIN, P; BRIN, M. Consensus Statement of the Movement Disorder Society on Tremor. **Movement Disorders**, v. 13, p. 2-23, 1998.

DEUSCHL, G.; RAETHJEN, J.; LINDEMANN, M.; KRACK, P. The pathophysiology of tremor. **Muscle Nerve**, v. 24, p. 716–735, 2001.

DIAS, J. A. et al. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. **Revista Brasileira de Cineantropometria Desempenho Humano**, v. 12, p. 209-216, 2010.

DIAS, J. A. et al. Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? **Science & Sports**, v. 27, p. e9-e14, 2012.

DONALDSON, G.; JOHNSON, G. The clinical relevance of hand preference and laterality. **Physical Therapy Reviews**, v. 11, p. 195–203, 2006.

DURMUS, B. et al. Lower extremity isokinetic muscle strength in patients with Parkinson's disease. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 17, p. 893–896, 2010.

EKSIOGLU, M. Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 34, p. 1–12, 2004.

FAHN, S; ELTON, R. Unified Parkinson's Disease Rating Scale. In: Fahn S, Marsden CD, Caine DB, Goldstein M (Eds). **Recent developments in Parkinson's disease**, v. 2. Florham Park: Macmillan Health Care information. p. 153-63,293-304, 1987

FERRAZ, F.P. et al. Talamotomia e palidotomia estereotáxica com planejamento computadorizado no tratamento da doença de Parkinson: Avaliação do desempenho motor a curto prazo de 50 pacientes. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. v. 56, p. 789-797, 1998.

FESS, E.E. **Grip strength. In: Clinical assessment recommendations.** 2<sup>a</sup> ed. Chicago: American Society of Hand Therapists, p. 41-45, 1992.

FINK, H. A. et al. Association of Parkinson's disease with accelerated bone loss, fractures and mortality in older men: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study. **Osteoporos International**, v. 19, p. 1277–1282, 2008.

FINK, H. A. et al. Association between Parkinson's disease and low bone density and falls in older men: the osteoporotic fractures in men study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, p. 1559–1564, 2005.

FUGLEVAND, A. J. Mechanical Properties and Neural Control of Human Hand Motor Units. **Journal of Physiology**, p. 1-25, 2011.

FELLOWS, S. J.; NOTH, J. Grip Force Abnormalities in De Novo Parkinson's Disease. **Movement Disorders**, v. 19, p. 560–565, 2003.

FELLOWS, J. S.; NOTH, J.; SCHWARZ. Precision grip and Parkinson's disease. **Brain**, v. 121, p. 1771-1784, 1998.

FELLOWS, J. S. et al. The effect of subthalamic nucleus deep brain stimulation on precision grip abnormalities in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 12, p. 149–154, 2006.

FERNANDES, A. A.; MARINS, J. C. B. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. **Fisioterapia Movimento**, v. 24, n. 3, p. 567-578, 2011

FERREIRA, G. M. L. Estudo dos efeitos de uma atividade verbal para a modulação do movimento em variáveis motoras relacionadas à marcha de um indivíduo com Doença de Parkinson. **Dissertação de mestrado.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2005.

FIGUEIREDO, I. M. et al. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. **Acta Fisiátrica**, v. 14, p. 104 -110, 2007.

FINDLEY, L. J.; GRETTY, M. A.; HALMAGYI, G.M. Tremor, the cogwheel phenomenon and clonus in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 44, p. 534-546, 1981.

FRANCHIGNONI, F. et al. Balance and fear of falling in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 11, p. 427-433, 2005.

GANDEVIA, S. C.; FITZPATRICK, R. C. Human hand function: the limitations of brain and brawn. **Journal of Physiology**, v. 589, p. 5581-5582, 2011.

GERALDES, A. A. R. et al. A força de preensão manual é boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 1, p. 12-16, jan/fev, 2008.

GEVAERD, M. S. **Um modelo de amnésia associada à doença de Parkinson: Estudos comportamentais e neuroquímicos em ratos lesados com 1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetraidropiridina (MPTP)**. Tese de Doutorado. Curso de Pós Graduação em Farmacologia, UFSC, 2001.

GILBERT, J. C.; KNOWLTON, R. Simple method to determine sincerity of effort during a maximal isometric test of grip strength. **American Journal of Physical Medicine**, v. 62, p. 135-144, 1983.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13ª ed. Piracicaba: Nobel AS, 1990.

GOURLART, F.; PEREIRA, L. X. Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. **Fisioterapia e pesquisa**, v. 11, p. 49-56, 2005.

GOODWIN, V. A. et al. The effectiveness of exercise Interventions for people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. **Movement Disorders**, v. 23, n. 5, p. 631-640, 2008.

GUIMARÃES, A. V.; DAMIANI, E. P.; BARBOSA, A. R. Desempenho motor em indivíduos com e sem a doença de Parkinson. Resumo. Disponível em:

<http://parkfloripa.blogspot.com/2009/09/desempenho-motor-em-individuos-com-e.html>. Acesso em: 4 abr 2010.

GUNTHER, C. M. et. al. Grip Strength in Healthy Caucasian Adults: Reference Values, **Journal of Hand Surgery**, v. 33A, p. 558 – 565, 2008.

GOETZ, C. G. et al. Movement Disorder Society Task Force Report on the Hoehn and Yahr Staging Scale: Status and Recommendations. **Movement Disorders**, v. 19, n. 9, p. 1020–1028, 2004.

H Aidar, S.G. et al. Average versus maximum grip strength: which is more consistent? **Journal of Hand Surgery (British and European Volume)**, v.29B, n.1, p.82-84, 2004.

HALLETT, M. Clinical neurophysiology of akinesia. **Revue Neurologique**, v. 146, n. 10, p. 585-590, 1990.

HALLETT, M.; KHOSHBIN, S. A physiological mechanism of bradykinesia. **Brain**, v. 103, p. 301-314, 1980.

HANTEN, W. P. et al. Maximum Grip Strength in Normal Subjects from 20 to 64 Years of Age. **Journal of Hand Therapy**, v.12, p. 193-200, 1999.

HELLIWELL, P., HOWE, A. & WRIGHT, V. Functional assessment of the hand: reproducibility, acceptability, and utility of a new system for measure strength. **Annals of Rheumatic Diseases**, v. 46, p.203-208, 1987.

HERMSDORFER, J.; MAI, N. Disturbed grip-force control following cerebral lesions. **Journal of Hand Therapy**, v. 9, p. 33-40, 1996.

HOEHN, M.; YAHR. M. Parkinsonism, onset, progression and mortality. **Neurology**, v. 17, p. 427-42, 1967.

HORAK, F. B.; NUTT, J. G.; NASHNER, L. M. Postural inflexibility in Parkinsonian subjects. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 111, p. 46-58, 1992.

HUGHES, V. A. et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. **Journal of Gerontology: BIOLOGICAL SCIENCES**, v. 56A, n. 5, B209–B217, 2001.

HUNT, A. L.; SETHI, K. D. The Pull Test: A History. **Movement Disorders**, v. 21, n. 7, p. 894–899, 2006.

INNES, E. Handgrip strength testing: a review of the literature. **Australian Occupational Therapy Journal**, v. 46, p. 120-140, 1999.

INCEL, N. A. et al. Grip Strength: Effect of Hand Dominance. **Singapore Medical Journal**, v. 43, n. 5, p. 234-237, 2002.

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

IZQUIERDO, M. et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 167, p. 57-68, 1999.

JAKOBSEN, L. H.; RASK, I. K.; KONDRUP, J. Validation of handgrip strength and endurance as a measure of physical function and quality of life in healthy subjects and patients. **Nutrition**, v. 26, p. 542–550, 2010.

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

JANKOVIC, J.; KAPADIA, A.S. Functional Decline in Parkinson Disease. **Archives of Neurology**, v. 58, p. 1611-1615, 2001.

JORDAN, A. N.; SAGAR, H.J.; COOPER, J.A. A component analysis of the generation and release of isometric force in Parkinson's disease. **Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 55, p. 572-576, 1992.

JUNG, M.; HALLBECK, M.S. Quantification of the effects of instruction type, verbal encouragement, and visual feedback on static

and peak handgrip strength. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 34, p. 367-374, 2004.

KALLMAN, D.A; PLATO, C.C; TOBIN, J.D. The role of muscle loss in the age- related decline of grip strength: cross- sectional and longitudinal perspective. **Journal of Gerontology**, v. 45, p. M82-8, 1990.

KAMIMURA, T.; IKUTA, Y. Evaluation of grip strength with a sustained maximal isometric contraction for six ou ten seconds. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 33, p. 225-229, 2001.

KEMPSTER, P. A. et al. Asymmetry of substantia nigra neuronal loss in Parkinson's disease and its relevance to the mechanism of levodopa related motor fluctuations. **Journal of Neurology, neurosurgery, and Psychiatry**, v. 52, p. 72-76, 1989.

KUNESCH, E. et al. Altered force release control in Parkinson's disease. **Behavioural Brain Research**, v. 67, p. 43-49, 1995.

KURILLO, G.; Zupan, A.; Bajd, T. Force tracking system for the assessment of grip force control in patients with neuromuscular diseases. **Clinical Biomechanics**, v. 19, p. 1014–1021, 2004.

LEE, C. S. et al. Patterns of asymmetry do not change over the course of idiopathic parkinsonism: Implications for pathogenesis. **Neurology**, v. 45, p. 435-439, 1995.

LEYK, D; GORGES, W; RIDDER, D; Wunderlich, M; RUTHER, T; SIEVERT, A; ESSFELD, D. Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, 415–421, 2007.

LEWIS, G. N.; BYLOW, W. D.; WALT, S. E. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic visual cues. **Brain**, v. 123, p. 2077-2090, 2000.

LINDLE, R. S. et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20–93 yr. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, p.1581-1587, 1997.

LIMONGI, J. C. P. **Conhecendo Melhora Doença de Parkinson**. 1ª ed. São Paulo, 2000.

LOPES, A. G. Efeitos do treinamento físico sobre o nível de atividade física, capacidade funcional e comprometimento motor na doença de Parkinson. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro - SP, 2006.

LUNA-HEREDIA, E.; MARTÍN-PENA, G.; RUIZ-GALIANA, J. Handgrip dynamometry in health adults. **Clinical Nutrition**, v. 24, p. 250–258, 2005.

LYNETTE, A. J.; LEDERMAN, S. J. **Human Hand Function**. New York: Oxford University Press, 2006.

MA, H. et al. The effect of eating utensil weight on functional arm movement in people with Parkinson's disease: a controlled clinical trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 23, p. 1086–1092, 2009.

MASSY-WESTROPP, N. HEALTH, M; RANKIN, W; AHERN, M; KRISHNAN, J; HEARN, T. C. Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. **Journal of Hand Surgery**, v. 29A, p. 514-519, 2004.

MASSY-WESTROPP, N. M.; Gill, t. k.; TAYLOR, A. W.; BOHANNON, R. W.; HILL, C. L. Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. **BMC Research Notes**, v. 127, p. 1-5, 2011,

MATHIOWETZ, V.; WIEMER, D. M.; FEDERMAN, S. M. Grip and -Pinch Strength: Norms for 6-to 19-Year. The **American journal of Occupationat Therapy**, v. 40, 705-711, 1986.

MATHIOWETZ, V.; KASHMAN, N.; VOLLAND, G.; WEBER, K.; DOWE, M.; ROGERS, S. Grip and pinch strength: normative data for adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, p. 69-72, 1985.

MELO, L. M.; CHIEN, H. F.; BARBOSA, E. R. Identification of wearing-off manifestations (reduction of levodopa effect) in Parkinson's disease using specific questionnaire and comparison of the

results with routine ambulatory evaluations. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 68, n. 4, p. 506-510, 2010.

MICHALOWSKA, M. et al. Falls in Parkinson's disease. Causes and impact on patients' quality of life. **Functional Neurology**, v. 20, n. 4, p. 163-168, 2005.

MOHR, C. et al. Opposite turning behavior in right-handers and non-right-handers suggests a link between handedness and cerebral dopamine asymmetries. **Behavioral Neuroscience**, v. 117, n. 6, p. 1448-1452, 2003.

MOREIRA, D.; GODOY, J. R. P; SILVA JUNIOR, W. Estudo sobre a realização da preensão palmar com a utilização do dinamômetro: Considerações anatômicas e cinesiológicas. **Fisioterapia Brasil**, v. 2, n. 5, 2001.

MOURA, P. M. L. S. **Estudo da força de preensão palmar em diferentes faixas etárias do desenvolvimento humano**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2008.

MUNHOZ, R. P. et al. Evaluation of the pull test technique in assessing postural instability in Parkinson's disease. **Neurology**, v. 62, p. 125-127, 2004.

NAKADA, M. et al; Relationships between Force Curves and Muscle Oxygenation Kinetics during Repeated Handgrip. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, v. 23, p. 191-6, 2004.

NAKAMURA, T. et al. Lowered Cardiac Sympathetic Nerve Performance in Response to Exercise in Parkinson's Disease. **Movement Disorders**, v. 25, n. 9, p. 1183-1189, 2010.

NAPIER, J.R. The Prehensile Movements of Human Hand. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 38-B, p. 902-913, 1956.

NEWMAN, D. G. Norms for hand grip strength. **Archives of Disease in Childhood**, v. 59, p. 453-459, 1984.

- NICOLAY, C. W.; WALKER, A. L. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 605–618, 2005.
- NOGAKI, H.; KAKINUMA, S.; MORIMATSU, M. Movement velocity dependent muscle strength in Parkinson's disease. **Acta Neurologica Scandinavica**, v. 99, p. 152-157, 1999
- NOVO JÚNIOR, J. M. Teste de preensão isométrica da mão: metodologia e implicações fisiológicas. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 1988.
- OLANOW, C. W.; STERN, M. B.; SETHI, K. The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease. **Neurology**, v. 72 , p. S1-S136, 2009.
- OZCAN, A. et al. Comparison of pressure pain threshold, grip strength, dexterity and touch pressure of dominant and non-dominant hands within and between right- and left-Handed Subjects. **Journal of Korean Medicine Science**, v.19, p. 874-8, 2004.
- PANG, M. Y. C.; MAK, M. K. Y. Trunk muscle strength, but not trunk rigidity, is independently associated with bone mineral density of the lumbar spine in patients with Parkinson's Disease. **Movement Disorders**, v. 24, n. 8, p. 1176–1182, 2009.
- PARKINSON, J. An essay on the Shaking Palsy. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 14, p. 223-36, 2002.
- PAULA, F. R. et al. Impact of an exercise program on physical, emotional, and social aspects of quality of life of individuals with Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 21, n. 8, p. 1073–1077, 2006.
- PARK, J.; STELMACH, G. E. Force development during target-directed isometric force production in Parkinson's disease. **Neuroscience Letters**. v. 412, p. 173–178, 2007.

PETERS, M. J. H. Revised normative values for grip strength with the Jamar dynamometer. **Journal of the Peripheral Nervous System**, v. 16, p. 47–50, 2011.

PETERSEN, P. et al. 1989. Grip strength and hand dominance: challenging the 10 percent rule. **The american journal of occupational therapy**, v. 43, n. 7, p. 444-447, 1989.

PEOLSSON, A.; HEDLUND, R.; OBERG, B. Intra- and inter- tester reliability and reference values for hand strength. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 33, p. 36–41, 2001.

RANTANEN, T. et al. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. **JAMA**, v. 281, 558-60, 1999.

REIS, T. **Doença de Parkinson: pacientes familiares e cuidadores**. Porto Alegre: Pallotti, 2004.

ROBERTSON, L. D. et al. Muscular fatigue patterning in power grip assessment. **Journal of Occupational Rehabilitation**, v. 6, n. 1, p. 71-85, 1996.

ROBICHAUD, J. A. et al. Force Control and Disease Severity in Parkinson's Disease. **Movement Disorders**, v. 20, n. 4, p. 441–450, 2005.

ROBINSON, K. et al. Falling risk factors in Parkinson's disease. **Neuro Rehabilitation**, v. 20 n. 3, p.169–182, 2005.

RODRIGO, S. E.; LESCANO, C. N.; RODRIGO, R. H.; Application of Kohonen maps to kinetic analysis of human gait. **Brazilian Journals of Biomedical Engineering**, v. 28, n. 3, p. 217-226, 2012.

RUIZ-RUIZ, J. et al. Hand Size Influences Optimal Grip Span in Women but not in Men. **Jouranal of Hand Surgery**, v.27, p. 897-901, 2002.

RUIZ, J. et al. Hand Span Influences Optimal Grip Span in Male and Female Teenagers. **Journal of Hand Surgery**, v. 31, p. 1367–1372, 2006.

SALENIUS, S. et al. Defective cortical drive to muscle in Parkinson's disease and its improvement with levodopa. **Brain**, v. 125, p. 491-500, 2002.

SASAKI, H. et al. Grip strength predicts cause-specific mortality in middle-aged and elderly persons. **Journal of Medicine**, v.120, 337-342, 2007.

SCALZO, P.L. et al. Validation of the Brazilian version of the Berg balance scale for patients with Parkinson's disease. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v.67 (3-B), p. 831-835, 2009.

SCORZA, F. A.; HENRIQUES, L. D.; ALBUQUERQUE, M. Doença de Parkinson tratamento medicamentoso e seu impacto na reabilitação de seus portadores. **O mundo da Saúde**, v. 25, n. 4, 2001.

SENA, E. L. S.; MEIRA, E. C.; SOUZA, A. S.; SANTOS, I. S. C.; DE SOUZA, D. M.; ALVAREZ, A. M.; HISAKO, L.; GONÇALVES, T. Tecnologia cuidativa de ajuda mútua grupal para pessoas com Parkinson e suas famílias. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 19, p. 93-103, 2010.

SEKINE, M.; AKAY, M.; TAMURA, T.; HIGASHI, Y.; FUJIMOTO, T. Fractal dynamics of body motion in patients with Parkinson's disease. **Journal of Neural Engineering**, v. 1, p. 8-15, 2004.

SILVA, A. Q. A. Estudo das características da força de preensão manual em mulheres com artrite reumatóide. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2010.

SOLOMON, N. P.; ROBIN, D. A. Perceptions of effort during handgrip and tongue elevation in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 11, p. 353-361, 2005.

SPRAKER, M. B. et al. Basal ganglia hypoactivity during grip force in drug naïve Parkinson's disease. **Human Brain Mapping**, v. 31, p.1928-1941, 2010.

STELMACH, G. E; WORRINCHAM, C. J. The preparation and production of isometric force in Parkinson's disease. **Neuropsychologia**, Vol. 26, p. 93-103, 1988.

STELMACH, G. E.; TEASDALE, N.; PHILLIPS, J.; WORRINGHAM, C.J. Force production characteristics in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, v. 165, p. 165-172, 1989.

STOCHL, J. et al. Changes of hand preference in Parkinson's disease. 2012. **Journal of Neural Transmission**, v.119, n. 6, p. 693-696, 2012.

STOCHL, J. et al. On the structure of motor symptoms of Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 23, n. 9, p.1307-1312, 2008.

STOKES, H. M. The seriously uninjured hand - weakness of grip. **Journal of Occupational Medicine**, v. 25, p. 8.13-8.14, 1983.

STEWART, K. C. et al. Side onset influences motor impairments in Parkinson disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 15, p. 781-783, 2009.

Stranbi, S. et al. Effect of medication in Parkinson's disease: a wavelet analysis of EMG signals. **Medical Engineering & Physics**, v. 26, p. 279-290, 2004.

SUTEERAWATTANANON, M. et al. Effects of visual and auditory cues on gait in individuals with Parkinson's disease. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 219, p. 63-69, 2004.

SUTOO, C.; AKIYAMA, K. Regulation of brain function by exercise. **Neurobiology of Disease**, v. 13, p. 1-14, 2003.

SERAPIONI, M. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 187-192, 2000.

SIDAWAY, B.; ANDERSON, J.; DANIELSON, G.; MARTIN, L.; SMITH, G. Effects of Long-Term Gait Training Using Visual Cues in an Individual With Parkinson Disease. **Physical Therapy**, v. 86, n. 2, p. 186-194, 2006.

- SHECHTMAN, O.; SINDHU, B. S.; DAVENPORT, P. W. Using the force-time curve to detect maximal grip strength effort. **Journal of Hand Therapy**, v. 20, p. 37-48, 2007.
- SHECHTMAN, O.; TAYLOR, C. The Use of the Rapid Exchange Grip Test in Detecting incertainty of Effort, Part II: Validity of the Test. **Journal of Hand Therapy**. v. 13, p. 203-210, 2000.
- SHENKMAN, M. L. et al. Spinal Movement and Performance standing and reach task in PD. **Physical Therapy**, v. 81, n. 8, p. 1400-1411, 2001.
- RUBERT, V.A.; REIS, D.C.; ESTEVES, A.C. Doença de Parkinson e exercício físico. **Revista Neurociências**, v. 15, n. 2, p. 141-146, 2007.
- SCHILLING, B. K. et al. Effects of moderate-volume, high-load lower-body resistance training on strength and function in Persons with Parkinson's disease: A Pilot Study. **Parkinsons Disease**, v. 16, p. 824-734, 2010.
- TAI, Y.F; PICCINI, P. Applications of positron emission tomography (PET) in neurology. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 75, p. 669-676, 2004.
- TEIXEIRA, L. A. Categories of manual asymmetry and their variation with advancing age. **Cortex**, v. 44, p. 707-716, 2008.
- THYBERG, I. et al. Activity limitation in rheumatoid arthritis correlates with reduced grip force regardless of sex: The Swedish TIRA Project. **Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research)**, v. 53, n. 6, p. 886-896, 2005.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- TEIVE, H. A. G.; MENESES, M. S. Histórico. In: MENESES, M. S.; TEIVE, H. A. G. **Doença de Parkinson**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

TOLOSA, E., Caig, C., SANTAMARÍA, J., COMPTA, Y. Diagnosis and the premotor phase of Parkinson disease. **Neurology**, v. 72, n. 2, p. S12-S20, 2009.

TREDGETT, M. W.; DAVIS, T. R. C. Rapid repeat testing or grip strength for detection of hand weakness. **Journal of Hand Surgery (British and European Volume)**, v. 25B, p. 372- 375, 2000.

VAN ROODEN, S. M.; VISSER, M.; VERBAAN, D.; MARINUS, J. Handedness associated to side of onset of Parkinson's disease? **Parkinsonism and Related disorders**, v. 15, p. 546–547, 2009.

VAN DEN BOS, F. et al. Bone mineral density and vitamin D status in Parkinson's disease patients. **Journal of Neurology**, p. 1-7, 2012.

WATANABE, K. et al. Differences in parameters of the explosive grip force test between young and older women. **The journals of gerontology series a: biological sciences and medical sciences**, v. 66A, n. 5, p. 554-558, 2011.

WATTS, P. B. et al. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 420–424, 2003.

WING, A. M. A comparison of the rate of pinch grip force increase and decrease in Parkinsonian bradykinesia. **Neuropsychologia**, v. 26, p. 479-482, 1988.

**WORLD HEALTH ORGANIZATION**. Global Recommendations on Physical activity for Health. 2010. **58p. Disponível em:** <[http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf)> . **Acesso em: 20 out. 2012.**

YAMAJI, S. et al. The influence of different target values and measurement times on the decreasing force curve during sustained static gripping work. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 25, n. 1, p. 23–28, 2006.

ZHANG, J.; CHU, F.; MOHAMMED, N. DSP controller based signal processing of physiological hand tremor. **Proceedings of the**

**American control conference.** p.1569-1574, Portland, OR, USA, 2005.

ZONTA, M. B.; KUMAGAI, N. Y. Reabilitação. In: MENESES, M. S.; TEIVE, H. A. G. **Doença de Parkinson.** 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.



## APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
LABORATÓRIO DE BIOMECÂNICA



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título do projeto:

“Avaliação da força de preensão manual como indicador do comprometimento motor relacionado à lateralidade em portadores da doença de Parkinson”

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar de um estudo que visa avaliar a força de preensão manual como um possível indicador do comprometimento motor relacionado à lateralidade em portadores da doença de Parkinson (DP). Os resultados desta pesquisa poderão ser utilizados como norteadores no desenvolvimento de testes que auxiliem no diagnóstico da doença de Parkinson, como possíveis indicadores do nível de comprometimento motor do paciente, bem como no auxílio para o desenvolvimento de intervenções (reabilitação), que visam contribuir para tornar os portadores da DP aptos a desenvolverem suas atividades diárias com maior controle e autonomia.

A coleta das informações para o estudo serão realizadas nas instalações das associações de portadores da doença de Parkinson, antes ou após reuniões com os associados. Neste estudo serão realizados os seguintes procedimentos:

- Entrevista: questionamentos para identificar características pessoais e o estágio de evolução da doença de Parkinson;
- Teste de força de preensão manual:

Para coleta dos valores referentes à força de preensão manual isométrica máxima, o participante permanecerá sentado em uma cadeira, segurando devidamente o instrumento de medição em uma das mãos, realizará uma força de preensão no aparelho que registrará valores de força isométrica. Serão realizadas 3 coletas para cada membro, com intervalo de 1 minuto entre cada teste. Calcula-se um tempo total de teste de aproximadamente 15 minutos.

Destacamos que este estudo praticamente não apresenta riscos ao avaliado, considerando que a realização do teste de força e preensão manual é um procedimento que requer a execução de movimentos semelhantes à muitas atividades manuais realizadas diariamente. A adesão a este estudo é voluntária e, caso haja necessidade, o participante pode retirar-se do mesmo a qualquer momento. Na presença de dúvidas, os pesquisadores podem ser questionados antes e durante o processo de coleta de dados e intervenção.

A pesquisa terá como responsáveis o Prof<sup>o</sup> Dr. Antônio Renato Pereira Moro e a mestrandia Eliane Ramos. Os pesquisadores garantem o sigilo e a privacidade da identidade do participante, sendo os dados divulgados de forma geral sem identificação do participante. Dessa forma, solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a elaboração deste estudo.

#### TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão realizadas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Cidade \_\_\_\_\_, data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## APÊNDICE 2 - ENTREVISTA

Avaliação da força de prensão manual como indicador do comprometimento motor relacionado À lateralidade em portadores da doença de Parkinson

Nome: \_\_\_\_\_ Freqüente associação: \_\_\_\_\_  
 Data de nascimento: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Telefone para contato: \_\_\_\_\_ Resultados: S( ) N( )  
 Massa corporal: \_\_\_\_\_ Endereço.: \_\_\_\_\_  
 Estatura: \_\_\_\_\_

Protocolo: 50N 100N
---------------------------

- 1) A quanto tempo aconteceu o diagnóstico da Doença de Parkinson?
- 2) Quais dos sintomas da doença estão mais evidentes no momento?
- 3) Qual a lateralidade de seus membros superiores e inferiores? Destro ou sinistro?
- 4) Que lado foi acometido primeiro (\*) e qual continua mais evidente?

MS	D		E	
MI	D		E	
ESCALA 0= assintomático 1=leve 2=moderado 3=forte				
* = 1° afetado Δ = 2° afetado				

- 5) Faz uso contínuo do medicamento para controle dos sintomas desde o diagnóstico da doença?
- 6) Qual(ais) medicamento(s)? Qual a última dose ingerida, e como está distribuída durante o dia? Ou **cirurgia?**  
 Nome: \_\_\_\_\_ mg: \_\_\_\_\_ quant. e frequência: \_\_\_\_\_
- 7) Acontecem períodos durante o dia em que o medicamento não surte efeito sobre os sintomas? (períodos off). Em que horário esta situação é mais freqüente?
- 8) Faz uso de algum outro tipo de medicamento além do medicamento para controle dos sintomas da Doença de Parkinson ?
- 9) Pratica algum tipo de atividade física (de forma controlada e sistemática)?
- 10) Quantas vezes por semana pratica A.F.? Horas por dia?
- 11) Possui algum tipo de lesão muscular, esquelética ou articular que interfira na realização de atividades manuais?
- 12) Sente dores crônicas ou agudas em alguma região do corpo, relacionadas ou não ao Parkinson?

13) Possui algum outro tipo de doença crônico-degenerativa diagnosticada (Diabetes, Arteriosclerose, hipertensão, doenças cardíacas, coluna vertebral, câncer, Alzheimer, reumatismo, esclerose múltipla, artrite, deformante, artrose)?

14) Tem sofrido quedas (frequência nos últimos 6 meses)?

15) Em qual fase da doença você se encontra? (Unilateral = 1) (Unilateral e axial = 1.5) (Bilateral sem déficit do equilíbrio =2) (Teste do empurrão <3 passos =2.5) (Bilateral leve a moderada, instabilidade postural, vive independente =3) (Incapac. Grave, caminha e fica de pé sem ajuda =4)

16) Possui problemas de audição (utiliza aparelho para correção)?

17) Pratica alguma atividade manual específica/técnica (trabalho, esporte, hobby)?